

Геохимия атмосферы



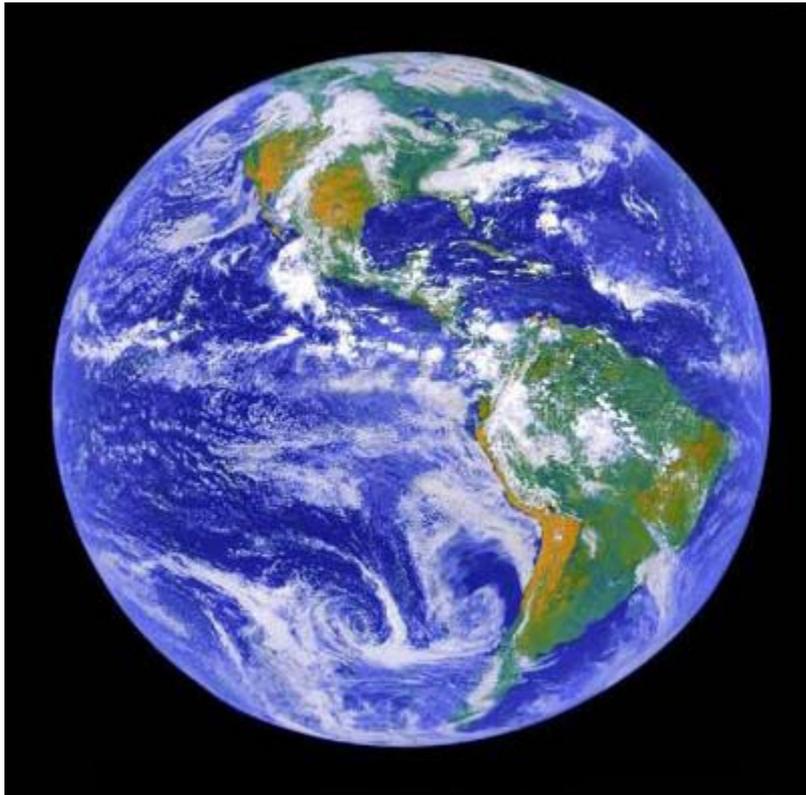
Атмосфера (от греч. ατμός — «пар» и σφαῖρα — «сфера») — газовая оболочка небесного тела, удерживаемая около него гравитацией.

Поскольку не существует резкой границы между атмосферой и межпланетным пространством, то обычно атмосферой принято считать *область вокруг небесного тела, в которой газовая среда вращается вместе с ним как единое целое.*

Атмосфера Земли— это мощная газовая оболочка Земли, доходящая вплоть до ядра и плавно переходящая в межзвездное пространство.



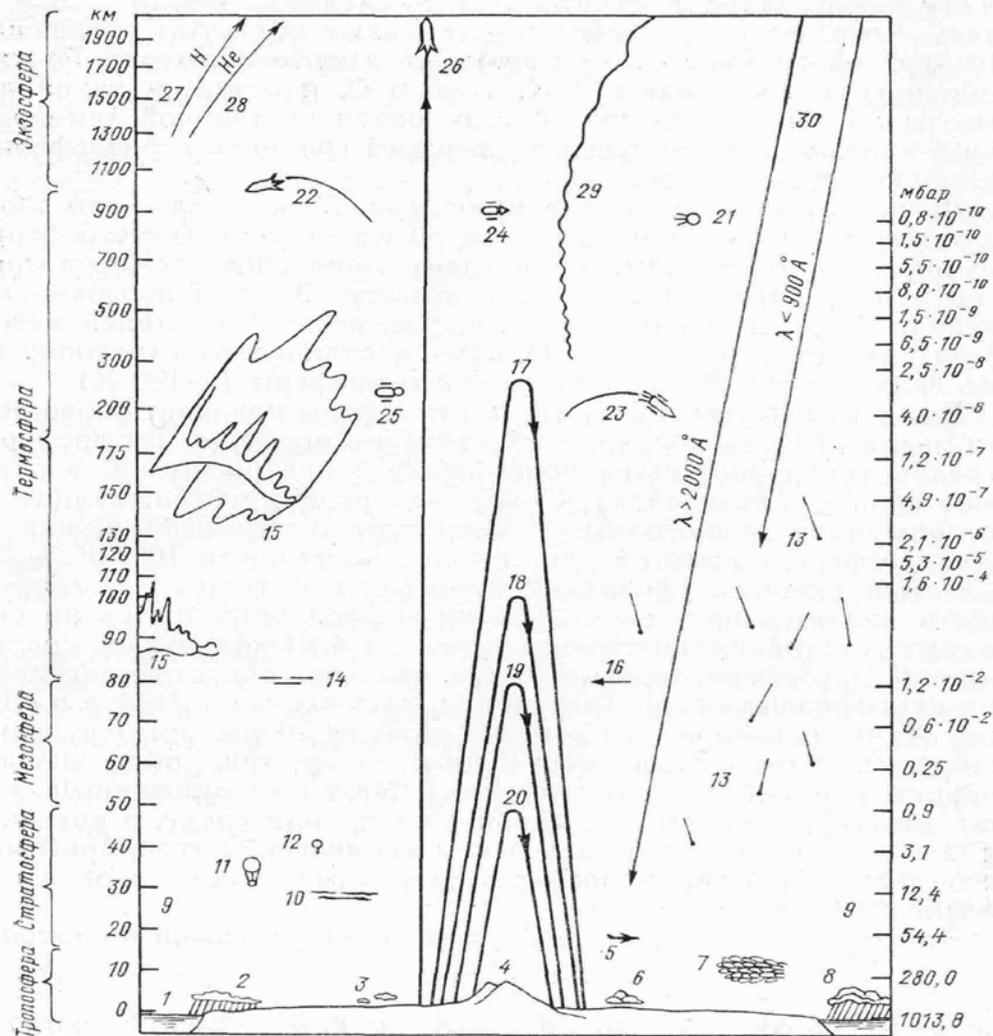
Атмосферные газы Земли рассеивают синие длины волн интенсивнее других, поэтому если смотреть из космоса, то вокруг нашей планеты имеется голубое гало, а если смотреть с Земли, то видно голубое небо



Земля днем

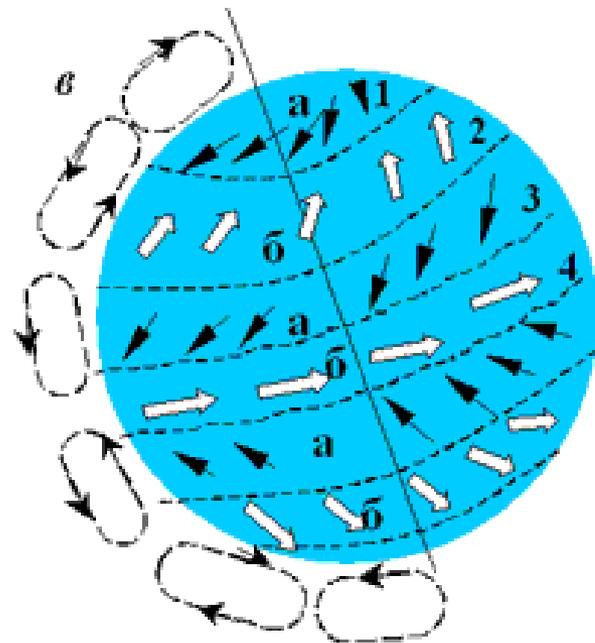


Марс



21.1. Строение атмосферы.

1 — уровень моря; 2 — слоисто-дождевые облака; 3 — кучевые облака хорошей погоды; 4 — высшая точка Земли — горы Джомолунгма (Эверест), 8848 м; 5 — самолет; 6 — мощно-кучевые облака; 7 — перистые облака; 8 — ливневые (грозовые) облака; 9 — слой максимальной концентрации озона; 10 — перламутровые облака; 11 — стратостат; 12 — радиозонд; 13 — метеоры; 14 — серебристые облака; 15 — полярные сияния; 16 — американский самолет-ракета X-15; 17-19 — радиоволны, отражающиеся от ионизованных слоев и возвращающиеся на Землю; 20 — звуковая волна, отражающаяся от теплового слоя и возвращающаяся на Землю; 21 — первый советский искусственный спутник Земли; 22 — межконтинентальная баллистическая ракета; 23 — геофизические исследовательские ракеты; 24 — метеорологические спутники; 25 — космические корабли «Союз-4 и -5»; 26 — космические ракеты, уходящие за пределы атмосферы, а также радиоволна, пронизывающая ионизованные слои и уходящая из атмосферы; 27, 28 — диссипация атомов H и He; 29 — траектория солнечных протонов p ; 30 — ультрафиолетовое излучение.



Система общей циркуляции земной атмосферы: а, б — зоны высокого (1, 3) и низкого (2, 4) давлений; в — схема циркуляции потоков воздуха в различных зонах

Вертикальное строение атмосферы

(ассамблея Международного союза по геодезии и геофизике, Брюссель, 1951)

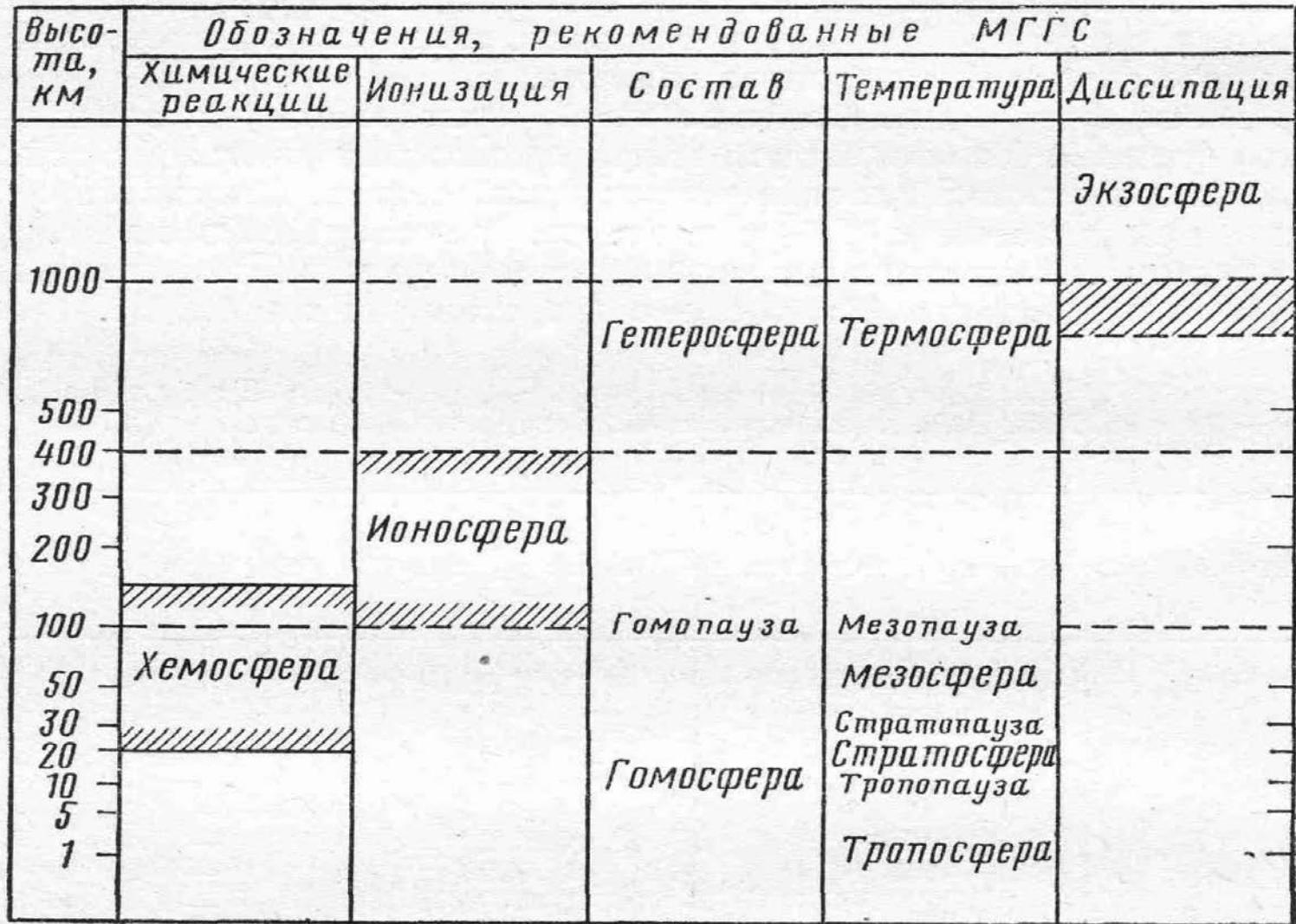


Рис. 38. Вертикальное строение атмосферы

Второй максимум температур ионизирующий космический излучение

Состав атмосферы

Состав	Масса, т
Газы атмосферы	$5270 \cdot 10^{12}$
Газы гидросферы	$16 \cdot 10^{12}$
Газы Земных недр	$440\ 000 \cdot 10^{12}$

Давление воздуха с высотой убывает:

$$P = P_0 \cdot e^{-Mz}, \text{ где}$$

P – давление на высоте Z ;

P_0 – давление на уровне поверхности океана;

$$m = gM/(RT), \text{ где}$$

g – ускорение свободного падения;

M – средняя молекулярная масса атмосферных газов
(28,966)

R – универсальная газовая постоянная

T – абсолютная температура

температура

Температура воздуха не может быть непосредственно замерена и рассчитывается, исходя из наблюдаемого давления воздуха по теореме Лапласа:

$$T_m = g (h_1 - h_0) / R \cdot \ln P_0 / P_1$$

T_m – средняя температура слоя между высотами h_1 и h_0 ;

P_0 и P_1 – давление на высотах h_1 и h_0 ;

g – ускорение свободного падения;

R – универсальная газовая постоянная;

Температура определяется плотностью и скоростью соударений газовых молекул и поэтому в верхних частях почти не имеет физического смысла.

Тропосфера (11 км в высоких широтах, 17 км - тропики):

T^0 уменьшается $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на 100 м.

Верхняя граница тропосферы $T^0 \approx -55\text{ }^{\circ}\text{C}$

(прыжки с парашютом)

Стратосфера:

Выше 35 км T^0 повышается и на высоте 50 км $\approx 0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Выше T^0 понижается и на высоте 70 км $\approx -60\text{ }^{\circ}\text{C}$

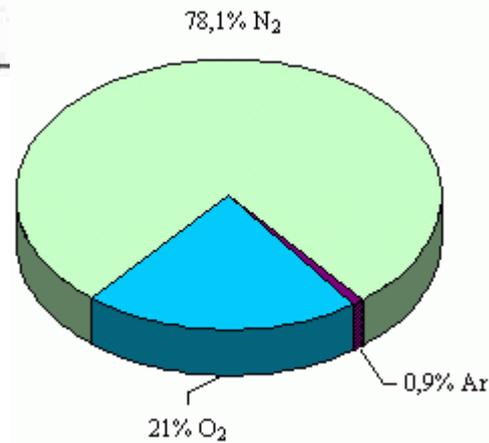
Выше 80 км T^0 резко возрастает

Максимальная T^0 на высоте 400 км ($\approx 500\text{ }^{\circ}\text{C}$)

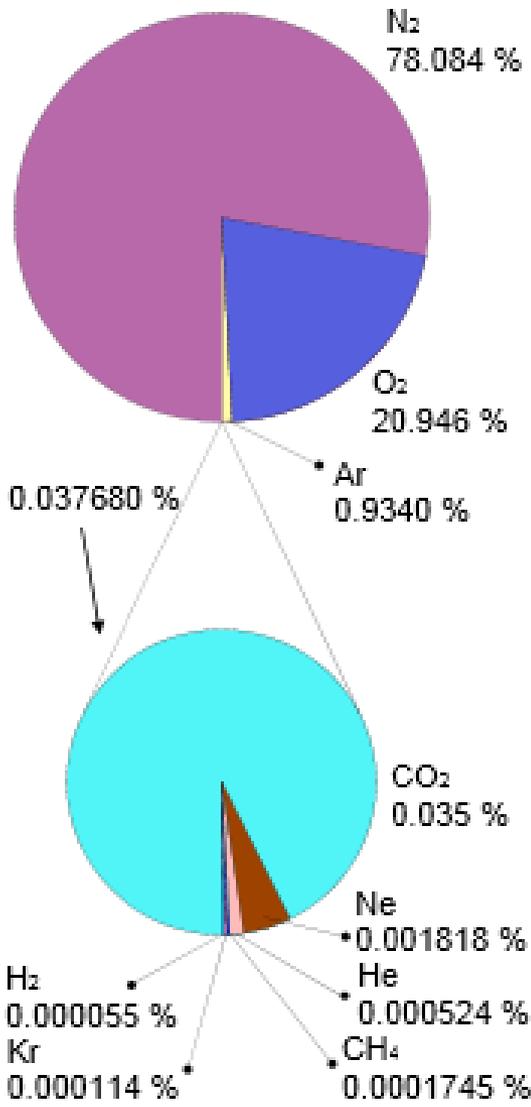
Состав сухого воздуха тропосферы

Газ	Содержание, об. %	Молекулярная масса	Газ	Содержание, об. %	Молекулярная масса
N	78,09	28,016	He	$5,24 \cdot 10^{-4}$	4,003
O	20,95	32,000	Kr	$1,0 \cdot 10^{-4}$	83,800
Ar	0,93	39,944	H ₂ *	$5,0 \cdot 10^{-5}$	2,016
CO ₂	0,03	44,010	Xe	$8,0 \cdot 10^{-6}$	131,300
Ne	$1,8 \cdot 10^{-3}$	20,183	O ₃	$1,0 \cdot 10^{-6}$	48,000

* Результаты исследования нейтрального водорода в верхней атмосфере описаны В. Г. Куртом [1966 г.].



Состав сухого воздуха



Газ	Содержание по объёму, %	Содержание по массе, %
<u>Азот</u>	78,084	75,50
<u>Кислород</u>	20,946	23,10
<u>Аргон</u>	0,932	1,286
<u>Вода</u>	0,5-4	—
<u>Углекислый газ</u>	0,0387	0,059
<u>Неон</u>	$1,818 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
<u>Гелий</u>	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$7,2 \cdot 10^{-5}$
<u>Метан</u>	$1,7 \cdot 10^{-4}$	—
<u>Криптон</u>	$1,14 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$
<u>Водород</u>	$5 \cdot 10^{-5}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$
<u>Ксенон</u>	$8,7 \cdot 10^{-6}$	—
<u>Закись азота</u>	$5 \cdot 10^{-5}$	$7,7 \cdot 10^{-5}$

Другие газы и аэрозоли

CH_4 , N_2O , SO_2 , **Rn** (ппр – 3,8 сут), **Tn** (54,5 сек).

Металлы: **Hg, I, Br, K, Cs, Rb, Cr, Zn, Cu, As, Sb, Na, Cd** и др.

Воздух – среда миграции многих химических элементов и их соединений (ионы, коллоиды, аэрозоли, пыль), **микрорганизмов.**

Отмечается изменение состава воздуха:

- Относительно широты;
- От высоты;
- Территория-акватория;
- От «внутреннего дыхания Земли»
- От воздействия техносферы

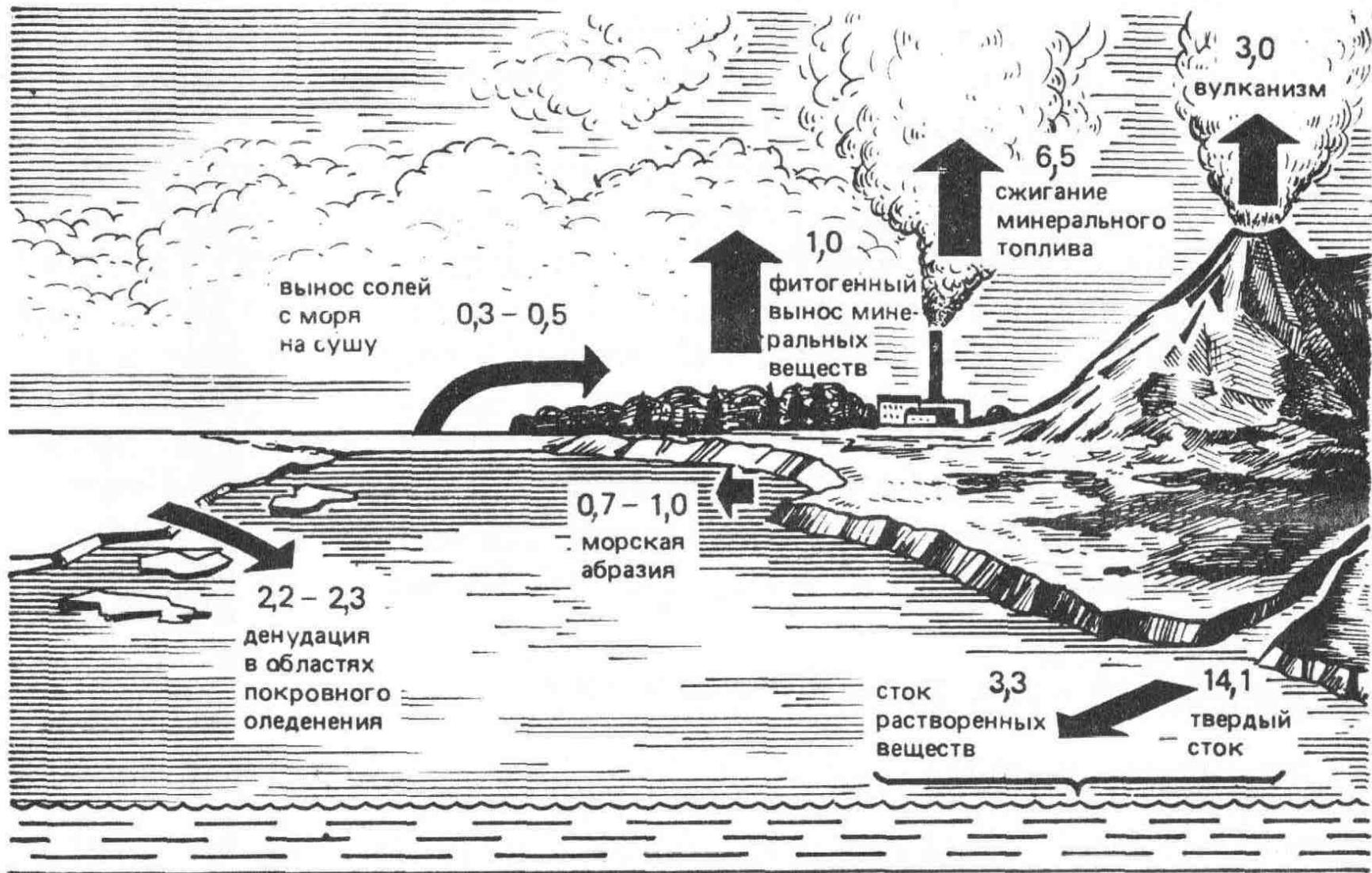


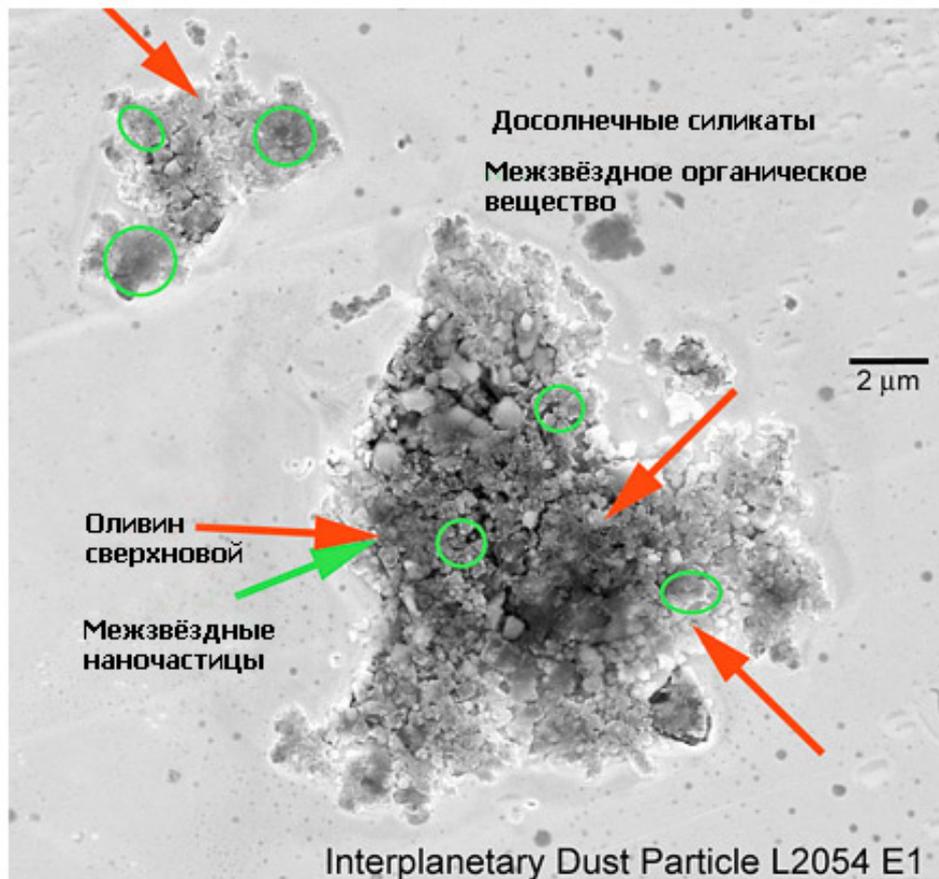
Рис. 31. Вынос минеральных веществ в атмосферу в сравнении с некоторыми другими потоками веществ (млрд. т). Растительность поставляет в атмосферу около 1 млрд. т минеральных веществ в год (по Л. Г. Бондареву)

Вулканические извержения



При извержении вулкана Кракатау 26 августа 1883 года 19 кубических километров пепла было выброшено на высоту 70 км. Аэрозольный слой окутал всю планету и существовал до начала 1886 года, что привело к понижению температуры, которое продолжалось почти два десятилетия (Ярмолюк В. В., 1993).

Извержение вулкана Пинатубо на Филлипинах в 1991 году сопровождалось выбросами пыли и 20 млн. т диоксида серы на высоту до 40 км, что вызвало, снижения температур в регионе на 0,5° (Добрецов Н. Л. и др., 1995).



Некоторые из найденных частиц принадлежат комете 26P/Grigg-Skjellerup, что пронеслась над нашей планетой в апреле 2003 г. А два образца оказались совершенно уникальными: их химический состав показывает, что они принадлежали тому газовому облаку, из которого родилось Солнце.

Ещё один образец мог находиться некогда в составе охлаждённого газа, который остался от взрыва сверхновой. Существует гипотеза, что Солнечная система могла появиться "на обломках" другой звезды. Некоторые частички, ставшие свидетелями тех катаклизмов, попали на поверхность кометы, которая заморозила их в своих недрах. Спустя 4,5 миллиарда лет они оказались в руках учёных и ныне могут быть косвенным подтверждением гипотезы.

Происхождение и эволюция атмосферы

Эволюция атмосферы неотделима от эволюции Земли, литосферы, гидросферы, биосферы, а в последнее время и ноосферы.

Состав Земной атмосферы уникален.

Первичный состав атмосферы:

- Преобладали CH_4 , NH_3
 - Присутствовали H_2 , H_2O , CO , CO_2 , HCl и др.
- 

На восстановительный характер атмосферы указывает отсутствие красноцветов древнее 2 млрд. лет.

Причины эволюции атмосферы:

1. Аккреция вещества межпланетного пространства (проекты преобразования Марса);
2. Выделение газов при остывании расплавов (например, вулканизм);
3. Химическое взаимодействие газов всех геосфер;
4. Биогенные процессы;
5. Диссоциация газов под действием излучения;
6. Ноосферные (техносферные) процессы.

Кислород

Первичный кислород возник при фотодиссоциации воды

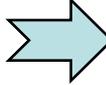
Возникновение жизни резко усилило генерацию кислорода.

Фотосинтез (3 млрд. лет назад): $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{НСОН} + \text{O}_2 \uparrow$

Около 500 млн лет O_2 назад было больше современного уровня

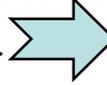
В герцинское время снизилось до современного уровня (около 300 млн лет назад).

Современный состав атмосферы установился около 50 млн лет назад (с палеогена).

Ежегодно количество O_2 уменьшается в атмосфере на 10 – 12 млрд. тонн  за последние 20 лет человечество изъяло примерно 250-300 млрд. тонн O_2

Установившейся равновесный уровень содержания кислорода в современной атмосфере сохранится надолго до полного окисления Fe^{2+} в мантии. После этого должно начаться выделение глубинного кислорода за счет бародиффузного распада окислов железа:



Парциальное давление O_2 после 600 млн. лет начнет расти и через 1 млрд. лет достигнет 2,6 атм., а к моменту прекращения тектонической активности Земли и ее дегазации (около 1,6 млрд лет) приблизится к 43 атм.  Наземная жизнь сгорит в такой атмосфере.

Азот

В свободном состоянии присутствует во всех горных породах и метеоритах.

Первичный азот поступал в атмосферу в виде N_2 или аммиака NH_3 .

В современной атмосфере 55% реликтового азота, а 45% – дегазировало из мантии.

В настоящее время происходит изъятие азота из атмосферы организмами и накопление его в осадках.

Благоприятны для фиксации азота в осадках аридный климат, отсутствие дождей. Значительное количество азота в виде азотных соединений скапливается, например, в гуано.

Островное государство Науру



Подземная атмосфера

Огромна роль во всех эндогенных процессах:

- активность процессов;
- транспортировка вещества (флюиды)
- формирование геохимических барьеров

4 типа газов в подземной атмосфере (по В.В. Белоусову, 1937):

- 1. Газы биохимического происхождения** (CH_4 , CO_2 , N_2 , H_2S , H_2 , O_2 , тяжелые углеводороды) – торф, уголь, газ, нефть
- 2. Газы воздушного происхождения** – поры
- 3. Газы химического происхождения при процессах происходящих в недрах** (метаморфизм, магматизм) – H_2S , CO_2 , CH_4 , N_2 , H_2 , CO , HCl , HF , NH_3 , SO_2 , Cl , и др.
- 4. Газы радиоактивного происхождения** – Rn, Tn, He, Ar.