

Физическая экология

Занятие 2

Происхождение и состав
окружающей среды

Распределение природной среды по массе

Земля ($6 \cdot 10^{27}$ г) в долях:

- Атмосфера – $0,85 \cdot 10^{-6}$
- Океан – $0,14 \cdot 10^{-3}$
- Кора – $0,48 \cdot 10^{-2}$
- Мантия – 0,669
- Ядро – 0,326

Границы биосферы, или среды обитания земной жизни, гораздо уже границ природной среды!

Состав окружающей среды

10 самых распространенных химических элементов (% по массе)

| Вселенная | Земля | Земная кора | Океан | Атмосфера | Биосфера |
|-----------|----------|-------------|------------|---------------------------|----------|
| H – 77 | Fe – 35 | O – 46,6 | O – 85,8 | N – 75,5 | O – 53 |
| He – 21 | O – 29 | Si – 29,5 | H – 11 | O – 23,2 | C – 39 |
| O – 0,8 | Si – 14 | Al – 8,2 | Cl – 1,94 | Ar – 1,3 | H – 6,6 |
| C – 0,3 | Mg – 14 | Fe – 5,0 | Na – 1,05 | C – $9,3 \cdot 10^{-3}$ | N – 0,5 |
| Ne – 0,2 | S – 2,9 | Ca – 3,6 | Mg – 0,13 | Ne – $1,3 \cdot 10^{-3}$ | Ca – 0,4 |
| Fe – 0,1 | Ni – 2,4 | Na – 2,8 | S – 0,09 | Kr – $0,45 \cdot 10^{-3}$ | K – 0,2 |
| Si – 0,07 | Ca – 2,1 | K – 2,6 | Ca – 0,041 | He – $72 \cdot 10^{-6}$ | Si – 0,1 |
| N – 0,06 | Al – 1,8 | Mg – 2,1 | K – 0,039 | Xe – $40 \cdot 10^{-6}$ | P – 0,1 |
| Mg – 0,06 | Na – 0,3 | Ti – 0,57 | Br – 0,007 | H – $23 \cdot 10^{-6}$ | Mg – 0,1 |
| S – 0,04 | P – 0,2 | H – 0,22 | C – 0,003 | S – $70 \cdot 10^{-9}$ | S – 0,07 |

Косная материя

Земное ядро – источник магнитного поля

Кора – это верхний слой жесткой оболочки Земли, литосферы. Состоит из метаморфических, магматических и осадочных пород.

Современная биогеохимическая классификация элементов приведена в таблице 1.

Таблица 1

Биогеохимическая классификация элементов

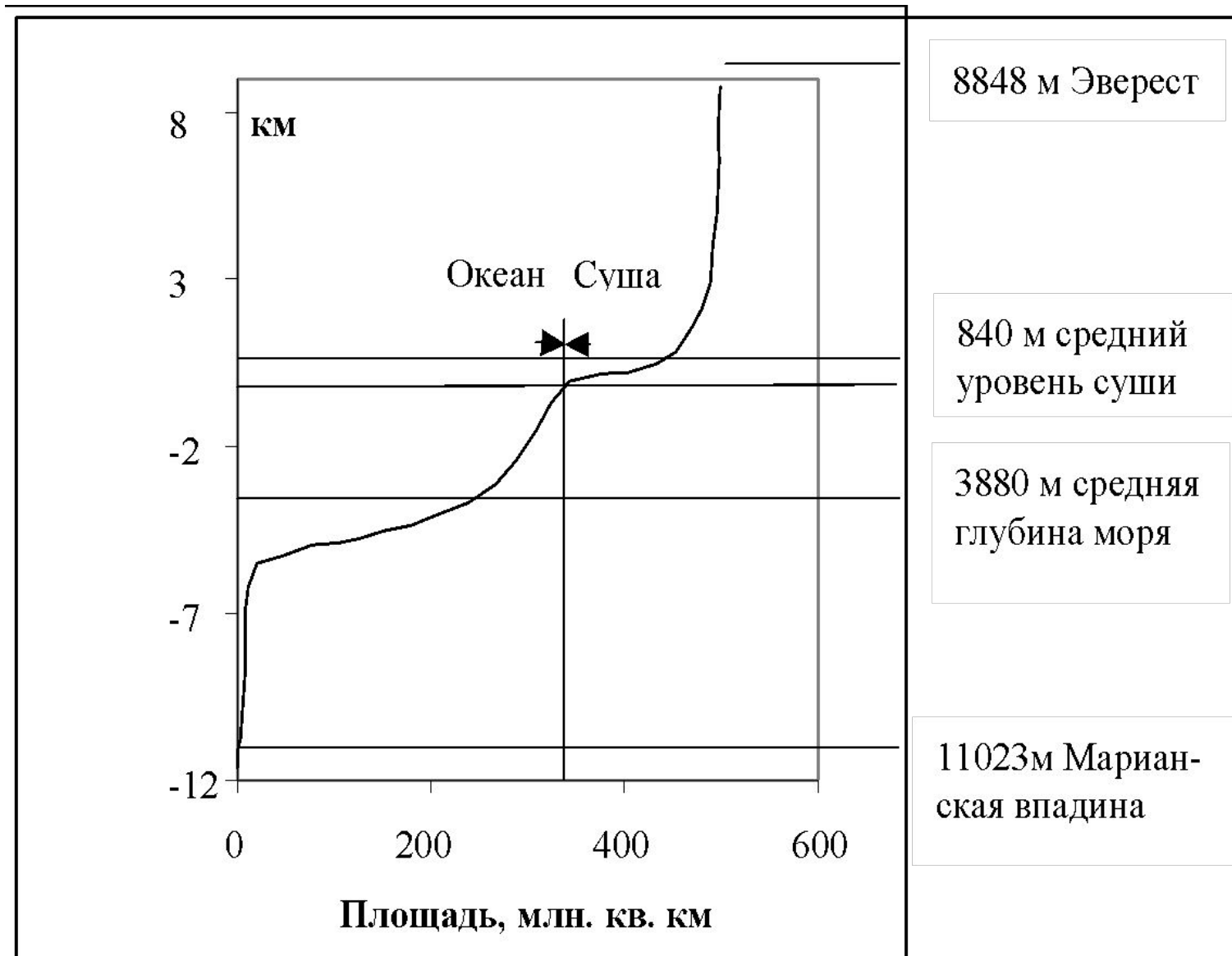
| | |
|---------------|---|
| Литофильные | Li, Be, B, O, F, Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Ca, Sc, Mn, V, Ge, Br, Rb, Sr, Y, Mo, I, Cs, Ba, La, Ln, Ac, Th, U. |
| Халькофильные | S, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Mo, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sb, Te, Hg, Tl, Pb, Bi. |
| Сидерофильные | C, P, Fe, Co, Ni, Ge, Mo, Ru, Rh, Pb, Sn, Ta, Re, Os, Ir, Pt, Au. |
| Атмофильные | H, C, N, O, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn. |
| Биофильные | H, C, N, O, P, S, Na, Mg, K, Ca, V, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Mo, Cl, Br, I, F, Si. |

Альфред Вегенер, Alfred Lotar Wegener (1880 - 1930)

Немецкий метеоролог и геофизик, автор пионерской гипотезы дрейфа континентов, ставшей основой современной теории тектоники плит.



Гипсографическая кривая литосферы



Гидросфера и гляциосфера

Гидросфера – $1,85 \cdot 10^9$ Гт, т.е. $1,85 \cdot 10^{24}$ г

из них:

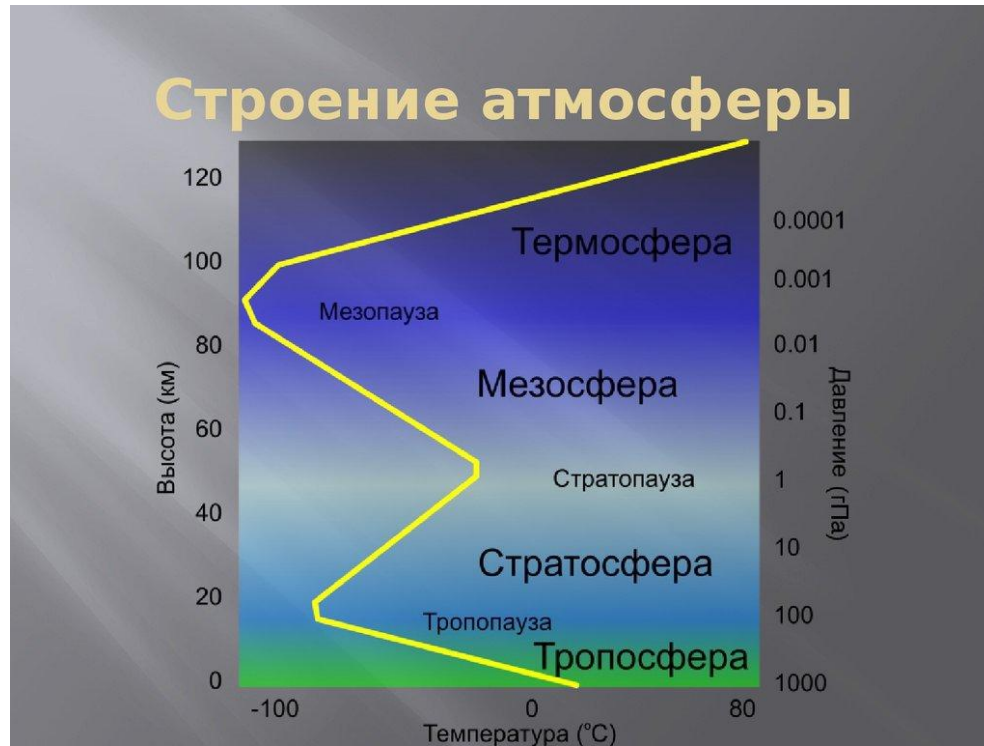
Мировой океан – $1,37 \cdot 10^9$ Гт

Подземные воды – $0,44 \cdot 10^9$ Гт

Гляциосфера (материковые льды) – $0,03 \cdot 10^9$ Гт.



Атмосфера



тропосфера $dT/dh = -6 \text{ K} \cdot \text{км}^{-1}$

тропопауза: полюс - 7 км, экватор - 17 км

стратосфера: 200 К - 280 К

мезосфера: 280 К - 180 К, 85 км

Эволюция природной среды

Принцип устойчивости экосистемы

Земная жизнь возможна только в сообществах (биоценозах) и в определенных условиях обитания (биотопе).

Устойчивое состояние экосистемы называется гомеостазом – динамическим постоянством ее видового и численного состава.

Гомеостаз биоценоза основан на разнообразии биологических видов.

Единство биоценоза и биотопа составляет основную идею современной экологии – идею природной экосистемы.

Механизм эволюции экосистемы

Эволюционная экология – это раздел экологии, исследующий эволюцию видов в связи с факторами внешней среды и эволюцию биоценозов и экосистем.

Эволюция видов по Дарвину:

- естественный отбор,
- изменчивость,
- наследование изменений.

Естественный отбор:

- внутривидовый,
- межвидовый,
- при внешних изменениях.



Гаузе Георгий Францевич, советский микробиолог, эволюционист, один из основоположников экологии. В 1934 г. опубликовал в США книгу на английском языке под названием «The Struggle for Existence». Эта работа оказала громадное влияние на развитие экологии.

Экологическая ниша

Экологическая ниша вида – это совокупность абиотических и биотических факторов, которые соответствуют его жизненным требованиям, при которых он может развиваться и воспроизводиться.

Принцип конкурентного исключения (правило Гаузе, 1934 г.) утверждает, что два вида со сходными экологическими требованиями не могут длительное время занимать одну и ту же экологическую нишу. Либо эти два вида немного изменятся, и каждый займет немного другую нишу (*дифференциация ниш*), либо один из видов обречен на вымирание.

Искусственная экологическая ниша.

Правила смены видов в биоценозах:

- захват экологической ниши – «свято место пусто не бывает»;
- крупные организмы исчезают раньше и замещаются более мелкими организмами;
- более эволюционно организованные виды, как правило, замещаются менее организованными, но быстро размножающимися существами;
- всегда побеждают те, кто легче изменяется, в том числе генетически.

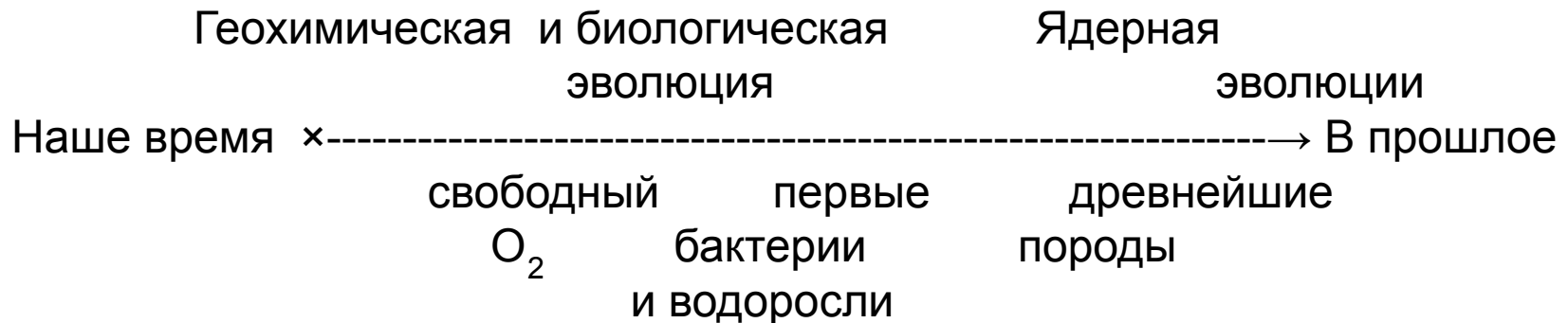
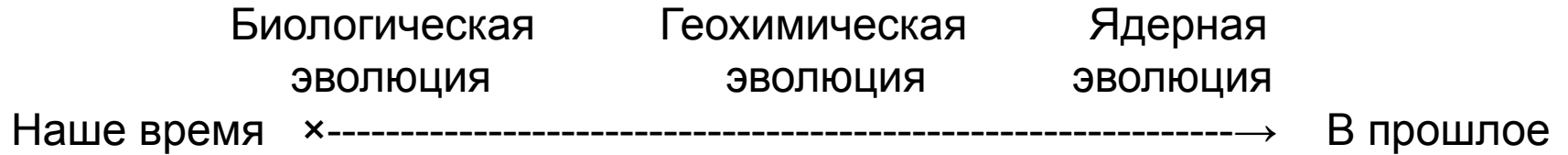
Последовательность эволюции

Сукцессия (от лат. *successio* - преемственность, наследование) - это постепенная, необратимая, направленная смена одних биоценозов другими на одной и той же территории под влиянием природных факторов или воздействия человека. Термин впервые употребил французский ботаник Де Люк в 1806 г. для обозначения смен растительности.

Сукцессия завершается стадией равновесного состояния, называемого климаксом. В разных абиотических условиях формируются неодинаковые климаксовые экосистемы.

Гомеостаз характеризует стабильность экосистемы, сукцессия является следствием изменений, происходящих в биотопе.

Биосфера: последовательность фаз



Атмосфера: обоснование эволюции

| | Венера | Марс | Земля |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Масса атмосферы, г | $5 \cdot 10^{23}$ | $3 \cdot 10^{19}$ | $5 \cdot 10^{21}$ |
| Средняя молярная масса | 43,4 | 43,5 | 29 |
| Давление, бар | 92 | $7 \cdot 10^{-3}$ | 1 |
| Температура, К | 730 | 220 | 288 |
| Состав атмосферы (объемные %) | | | |
| CO ₂ | 96 | 95 | 0.033 |
| N ₂ | 3,5 | 3,5 | 77 |
| O ₂ | - | 0,13 | 21 |
| Ar | 0,01 | 1,6 | 0,9 |
| H ₂ O | < 0,01 | < 0,03 | 0,1 – 1,0 |

Свидетельство изменения состава атмосферы



Окисленное железо в литосфере; характерные красные слои появляются в породах с возрастом 2,5 млрд. лет

Признаки жизнедеятельности



Строматолиты из Архея
(Австралия)



Современные строматолиты
(Shark Bay, Австралия)



Состав атмосферы: азот (N₂)

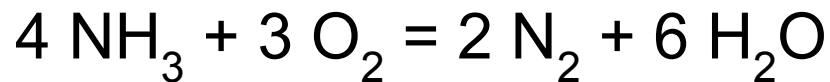
Атмосфера: масса свободного N₂ -- 4·10⁶ Гт

Земная кора: масса связанного N₂ -- 5·10⁶ Гт (?)

Стационарный поток азота через атмосферу равен 1,3·10¹⁴ г·год⁻¹

Время жизни (обмена) азота в атмосфере – 3·10⁶ лет

Предположительно при вулканических извержениях некоторая масса азота была запасена в атмосфере в форме аммиака. При появлении свободного кислорода, происходило разложение аммиака



Животные и основные виды растений не способны усваивать азот непосредственно из воздуха.

Минеральные удобрения: азот, фосфор, калий

Растениям для роста необходимы азот, фосфор и калий в соотношении примерно 19 к 12 к 7.

Поток азота с минеральными удобрениями - 10^{14} г·год⁻¹

Катализ высокого давления:

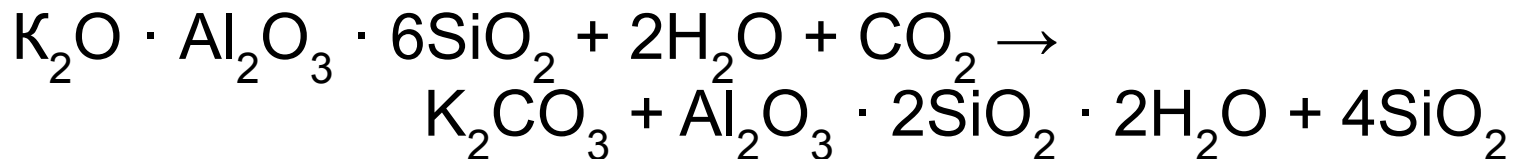
воздух (N_2 и O_2) + природный газ (CH_4) → аммиак (NH_3) + отходы (CO_2 и H_2O)

Фосфор: богатейшие месторождения апатитов крупнейшие из них в Марокко, а также в США (Флорида) и в России (Хибины).

18% веса земной коры приходится на минерал ортоклаз.

Это двойная соль кремневой кислоты $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$.

Вот что происходит с ортоклазом в результате химического выветривания:



Дополнительная литература

- Маркушев А.А. Происхождение и эволюция Земли и других планет Солнечной системы. М.: Наука, 1992, 207 с.
- Короновский Н. В., Хаин В. Е., Ясаманов Н.А. Историческая геология : Учебник. М.: изд-во Академия, 2006.