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 10^{-3}	N – 0,5
Ne – 0,2	S – 2,9	Ca – 3,6	Mg – 0,13	Ne – 1,3 10^{-3}	Ca – 0,4
Fe – 0,1	Ni – 2,4	Na – 2,8	S – 0,09	Kr – 0,45 10^{-3}	K – 0,2
Si – 0,07	Ca – 2,1	K – 2,6	Ca – 0,041	He – 72 10^{-6}	Si – 0,1
N – 0,06	Al – 1,8	Mg – 2,1	K – 0,039	Xe – 40 10^{-6}	P – 0,1
Mg – 0,06	Na – 0,3	Ti – 0,57	Br – 0,007	H – 23 10^{-6}	Mg – 0,1
S – 0,04	P – 0,2	H – 0,22	C – 0,003	S – 70 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

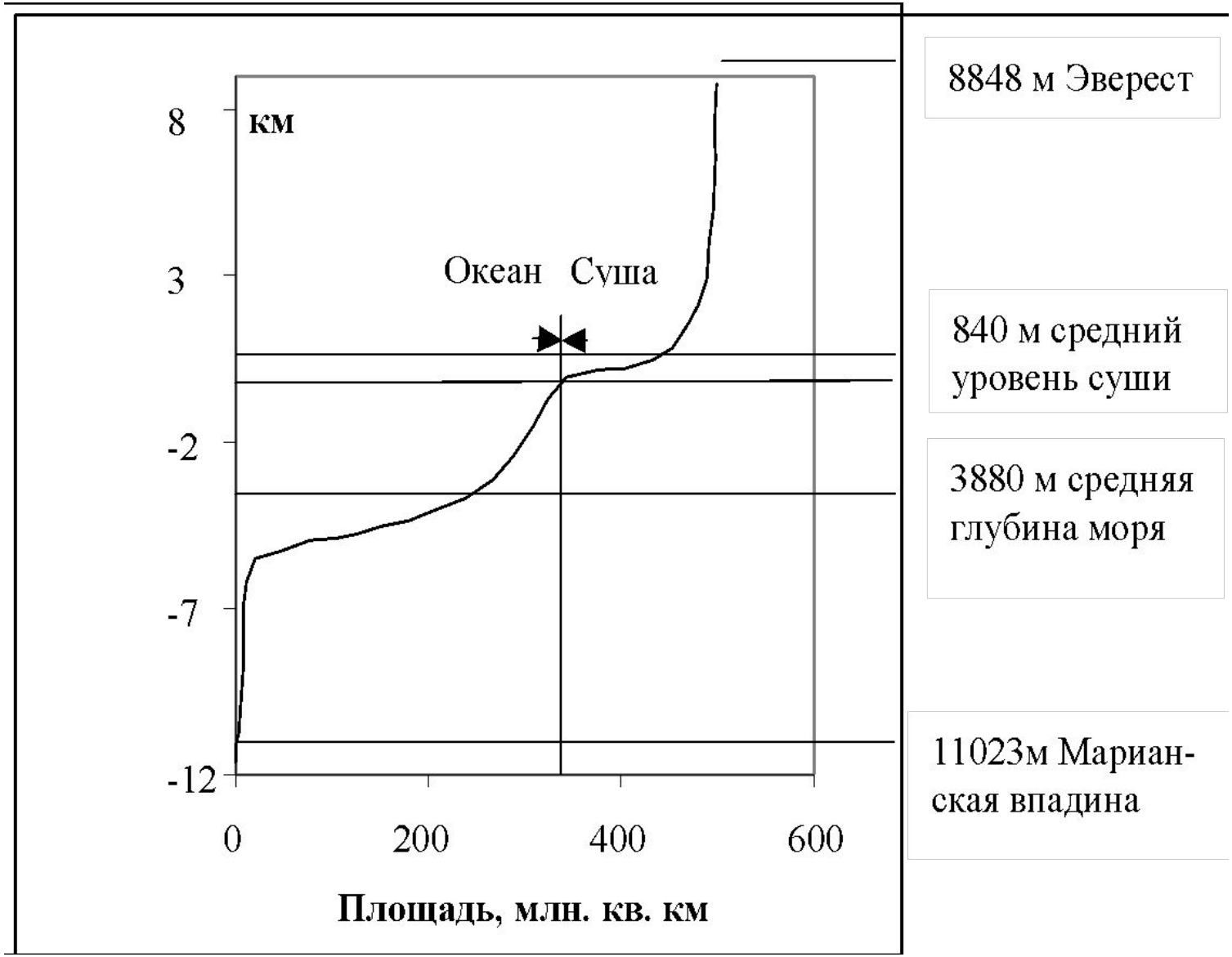
Биогеохимическая классификация элементов

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)

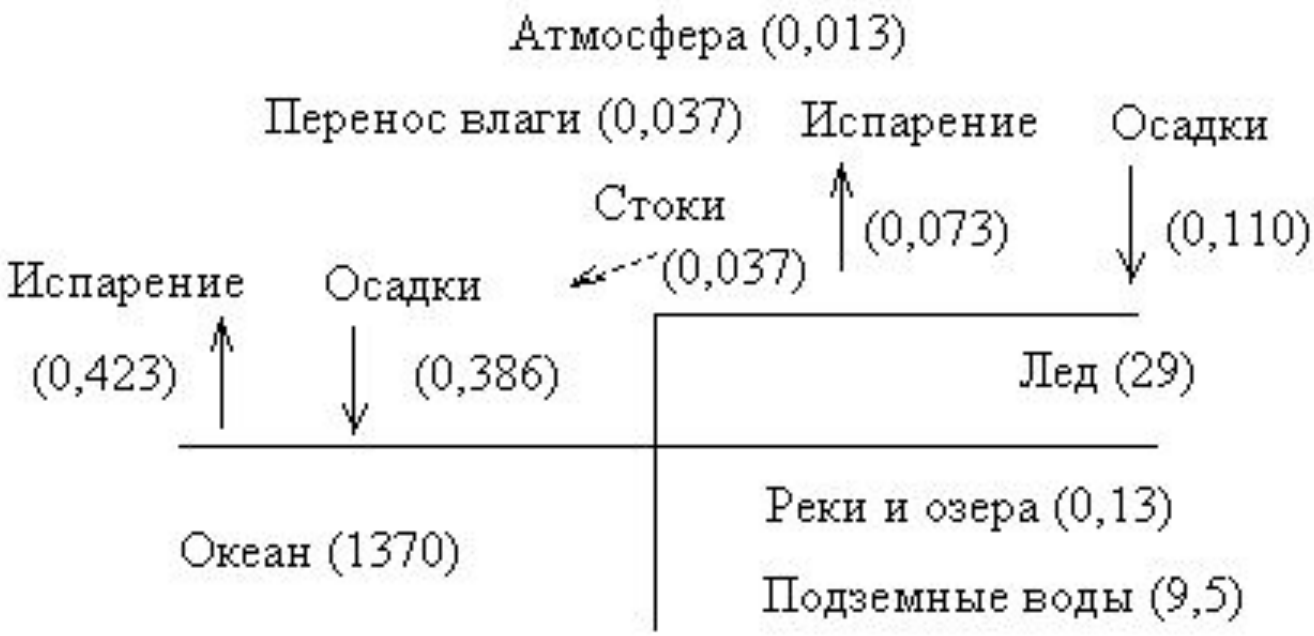
Немецкий метеоролог и геофизик, автор пионерской гипотезы дрейфа континентов, ставшей основой современной теории тектоники плит.

Гипсографическая кривая литосферы

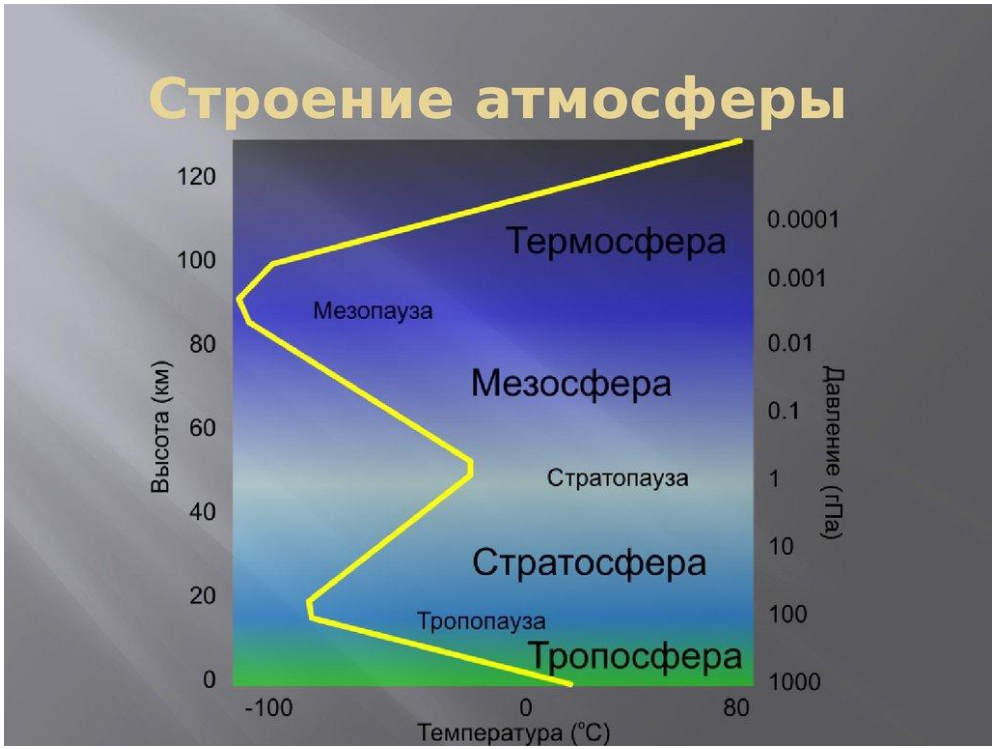


Гидросфера и гляциосфера

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 К·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 фактора ми 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

Биологическая эволюция | Геохимическая эволюция | Ядерная эволюция

Наше время ×----------→ В прошлое

Геохимическая и биологическая эволюция | Ядерная эволюции

Наше время ×----------→ В прошлое

свободный O_2 | первые бактерии и водоросли | древнейшие породы

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	$7\ 10^{-3}$	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_2O	< 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 (N_2)

Атмосфера: масса свободного N_2 -- $4 \cdot 10^6$ Гт
Земная кора: масса связанного N_2 -- $5 \cdot 10^6$ Гт (?)
Стационарный поток азота через атмосферу равен 1,3 $\cdot 10^{14}$ г·год $^{-1}$
Время жизни (обмена) азота в атмосфере – $3 \cdot 10^6$ лет

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

$$4\ NH_3 + 3\ O_2 = 2\ N_2 + 6\ H_2O$$

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:

$$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 + 2H_2O + CO_2 \rightarrow$$
$$K_2CO_3 + Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O + 4SiO_2$$

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.