

# ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

*Колесников С.И.*

*Южный федеральный университет*

*кафедра экологии и  
природопользования*

# **УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ**

# Структура и границы биосферы

**Биосфера** (от греч. *bios* — жизнь и *sphaira* — шар) — оболочка Земли, состав, структура и свойства которой в той или иной степени определяются настоящей или прошлой деятельностью живых организмов.



# Структура и границы биосферы

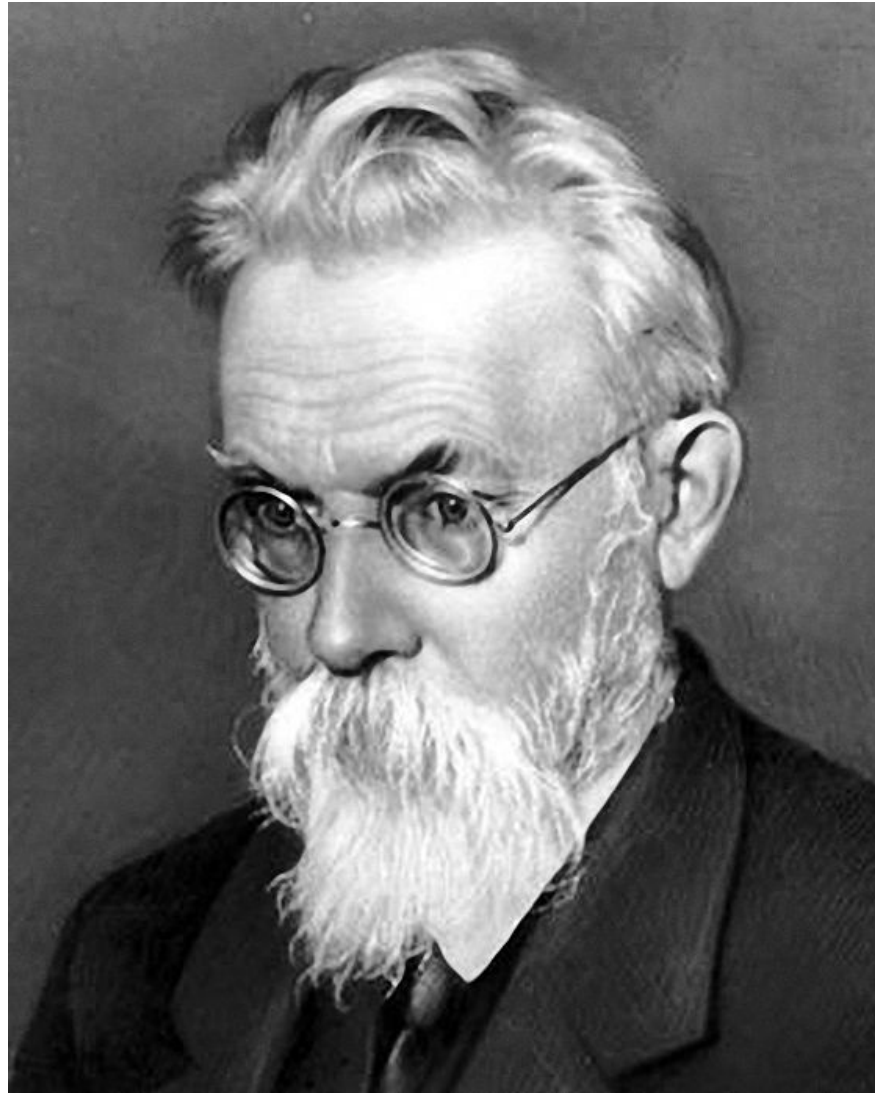
Термин «биосфера» впервые применил австрийский геолог Э. Зюсс (1875), понимавший ее как тонкую пленку жизни на земной поверхности, в значительной мере определяющую «Лик Земли».



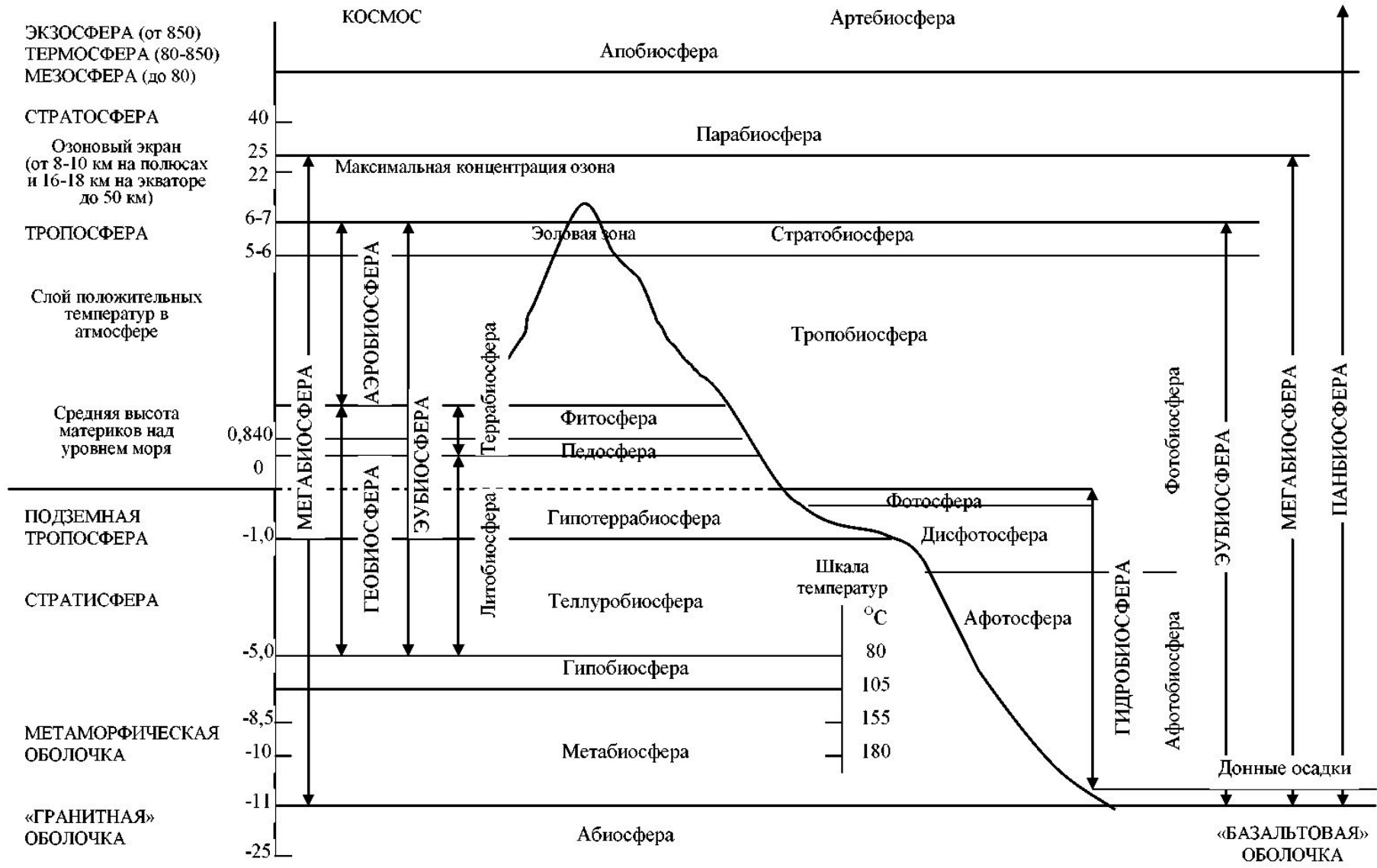
**Эдуард Зюсс**(1831—1914) — австрийский геолог и общественный деятель.  
Автор гипотезы о существовании суперконтинента  
Гондваны и океана Тетис.

# Структура и границы биосферы

Однако заслуга создания целостного учения о биосфере принадлежит В.И. Вернадскому, так как именно он развил представление о живом веществе как огромной геологической (биогеохимической) силе, преобразующей свою среду обитания.



**Владимир Иванович Вернадский (1863—1945)** — отечественный ученый, философ. Основоположник геохимии, биогеохимии, радиогеологии. Автор учений о биосфере и ноосфере.



Общая структура биосферы (по Н.Ф. Реймерсу, 1990, с изменениями).



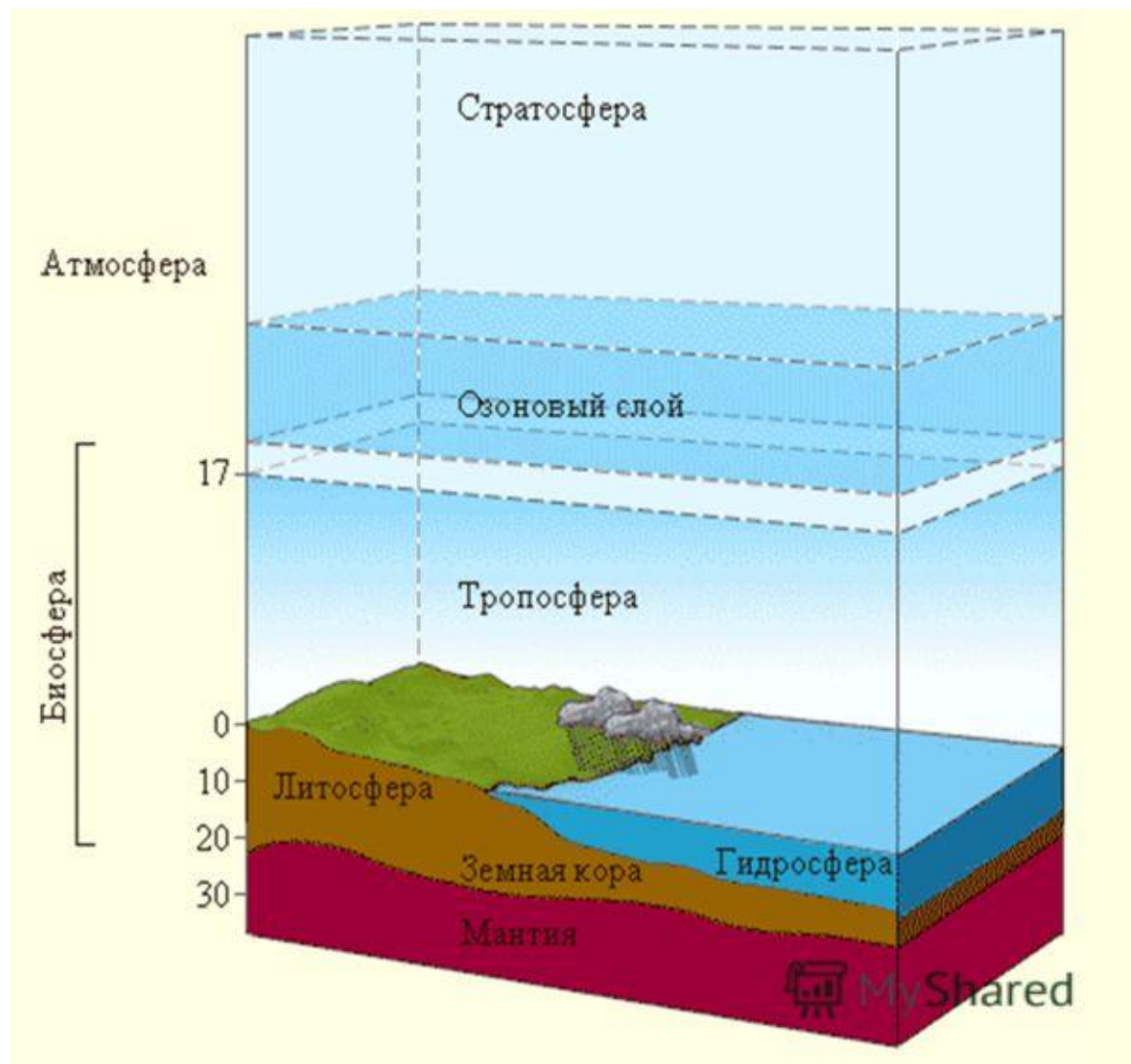


Схема биосферы

# Структура и границы биосферы

Границы биосферы в большой степени условны.

Обычно считают, что верхняя граница биосферы находится на высоте 22-24 км от поверхности Земли, где образуется озоновый экран. Здесь свободный кислород под влиянием солнечной радиации превращаются в озон ( $O_2 \rightarrow O_3$ ), который образует экран и отражает губительные для живых организмов космические излучения и частично ультрафиолетовые лучи.

Нижняя граница биосферы проходит по литосфере на глубине 3-4 км, а по гидросфере по дну Мирового океана, местами свыше 11 км.

Более широкое распространение живых организмов ограничено лимитирующими факторами. Так, проникновению вверх препятствует космическое излучение, а проникновению вглубь — высокая температура земных недр.

# Вещество биосферы

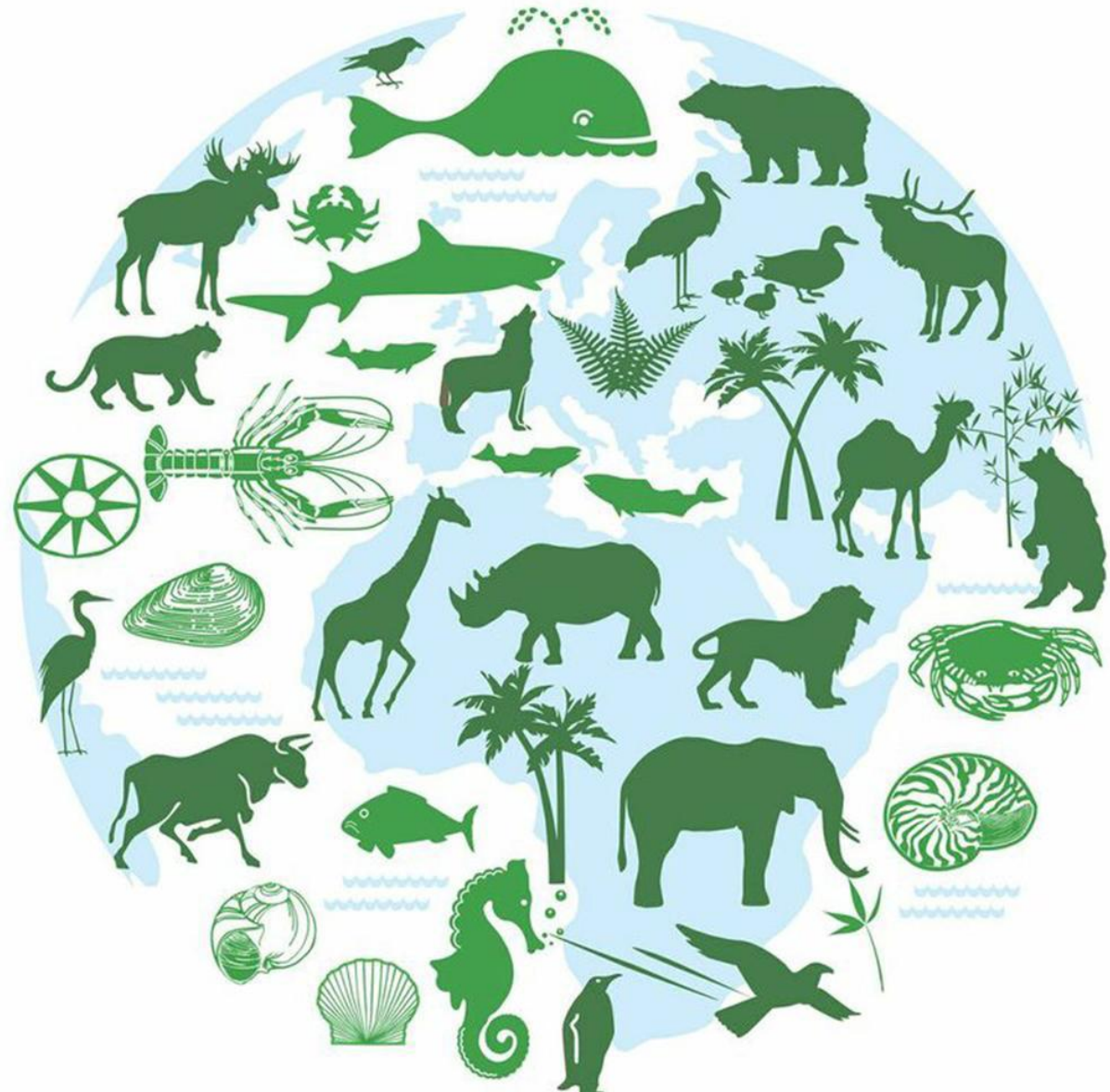
В.И. Вернадский рассматривал биосферу как область жизни, включающую наряду с организмами и среду их обитания.

Он выделил в биосфере семь типов веществ.



# Вещество биосферы

1. **Живое вещество** — живые организмы, населяющие нашу планету.



# Вещество биосферы

**2. Косное вещество** — неживые тела, образующиеся в результате процессов, не связанных с деятельностью живых организмов.

Например

- породы магматического происхождения,
- породы метаморфического происхождения,
- некоторые осадочные породы.



**Магматическая**



**Осадочная**



**Метаморфическая**

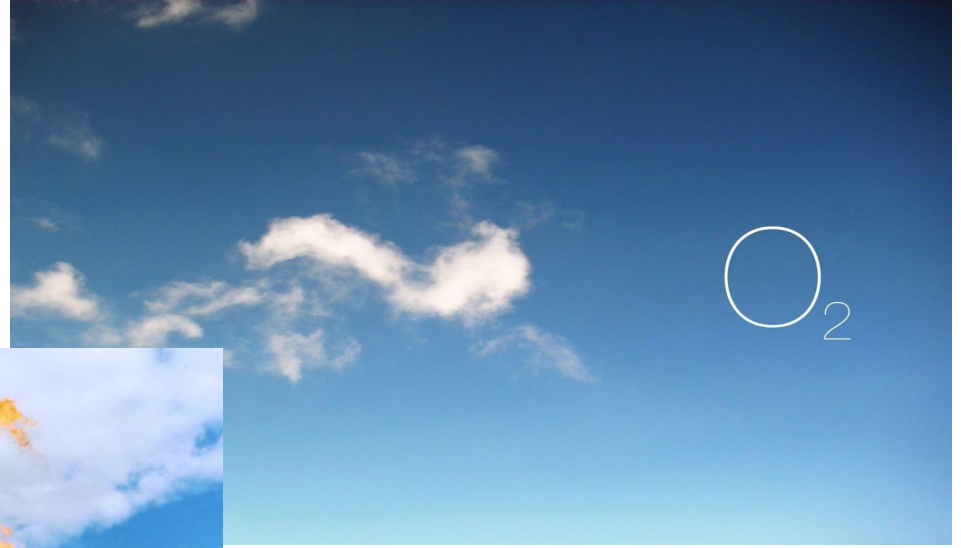
# Вещество биосферы

**3.Биогенное вещество** — неживые тела, образующиеся в результате деятельности живых организмов.

Например

- некоторые осадочные породы: известняки, мел и др.,
- нефть, газ, каменный уголь,
- кислород атмосферы и др.





# Вещество биосферы

**4.Биокосное вещество** — биокосные тела, представляющие собой результат совместной деятельности живых организмов и геологических процессов.

Например

- почвы,
- илы,
- кора выветривания и др.



# Вещество биосферы

**5. Радиоактивное вещество — атомы**  
радиоактивных элементов.

Например

- уран ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ),
- торий ( $^{232}\text{Th}$ ),
- радий ( $^{226}\text{Ra}$ ),
- радон ( $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$ ),
- калий ( $^{40}\text{K}$ ),
- кальций ( $^{48}\text{Ca}$ ),
- углерод ( $^{14}\text{C}$ ) и др.

# Вещество биосферы

**6.Рассеянные атомы** — отдельные атомы элементов, встречающиеся в природе в рассеянном состоянии.

Например в таком состоянии часто существуют атомы микро- и ультрамикроэлементов:

- Mn,
- Co,
- Zn,
- Cu,
- Au,
- Hg и др.

# Вещество биосферы

**7. Вещество космического происхождения** — вещество, поступающее на поверхность Земли из космоса

Например

- метеориты,
- космическая пыль.

# Вещество биосферы

Классификация вещества биосферы, предложенная В. И. Вернадским, с логической точки зрения не является безупречной, так как выделенные категории вещества частично перекрывают друг друга.

Так, вещество космического происхождения одновременно является и косным.

Атомы многих элементов являются и радиоактивными, и рассеянными одновременно.

При этом и атомы радиоактивных элементов, и рассеянные атомы могут входить в состав как живого, так и косного вещества.

«Биокосное вещество» нельзя рассматривать в качестве особого типа вещества, поскольку оно состоит из двух веществ — живого и косного. По своему характеру это не вещество, а динамическая система, что подчеркивает и сам В. И. Вернадский.

# Распределение живого вещества в биосфере

Масса живого вещества составляет лишь 0,01% от массы всей биосферы.

Тем не менее живое вещество биосферы — это главный ее компонент.

Важнейшим свойством живого вещества является способность к воспроизводству и распространению по планете.

Живое вещество распространено в биосфере неравномерно: пространства, густо заселенные организмами, чередуются с менее заселенными территориями.



# Распределение живого вещества в биосфере

Наибольшая концентрация жизни в биосфере наблюдается на границах соприкосновения земных оболочек:

- атмосферы и литосферы (поверхность суши),
- атмосферы и гидросферы (поверхность океана),
- гидросферы и литосферы (дно океана),
- и особенно на границе трех оболочек — атмосферы, литосферы и гидросферы (прибрежные зоны).

Эти места наибольшей концентрации жизни В.И. Вернадский назвал «пленками жизни».

Вверх и вниз от этих поверхностей концентрация живой материи уменьшается.

# Распределение живого вещества в биосфере

В настоящее время по видовому составу на Земле преобладают животные (более 2,0 млн видов) над растениями (0,5 млн).

В водной среде обитает около 7% животных от общего их количества и 8% видов растений.

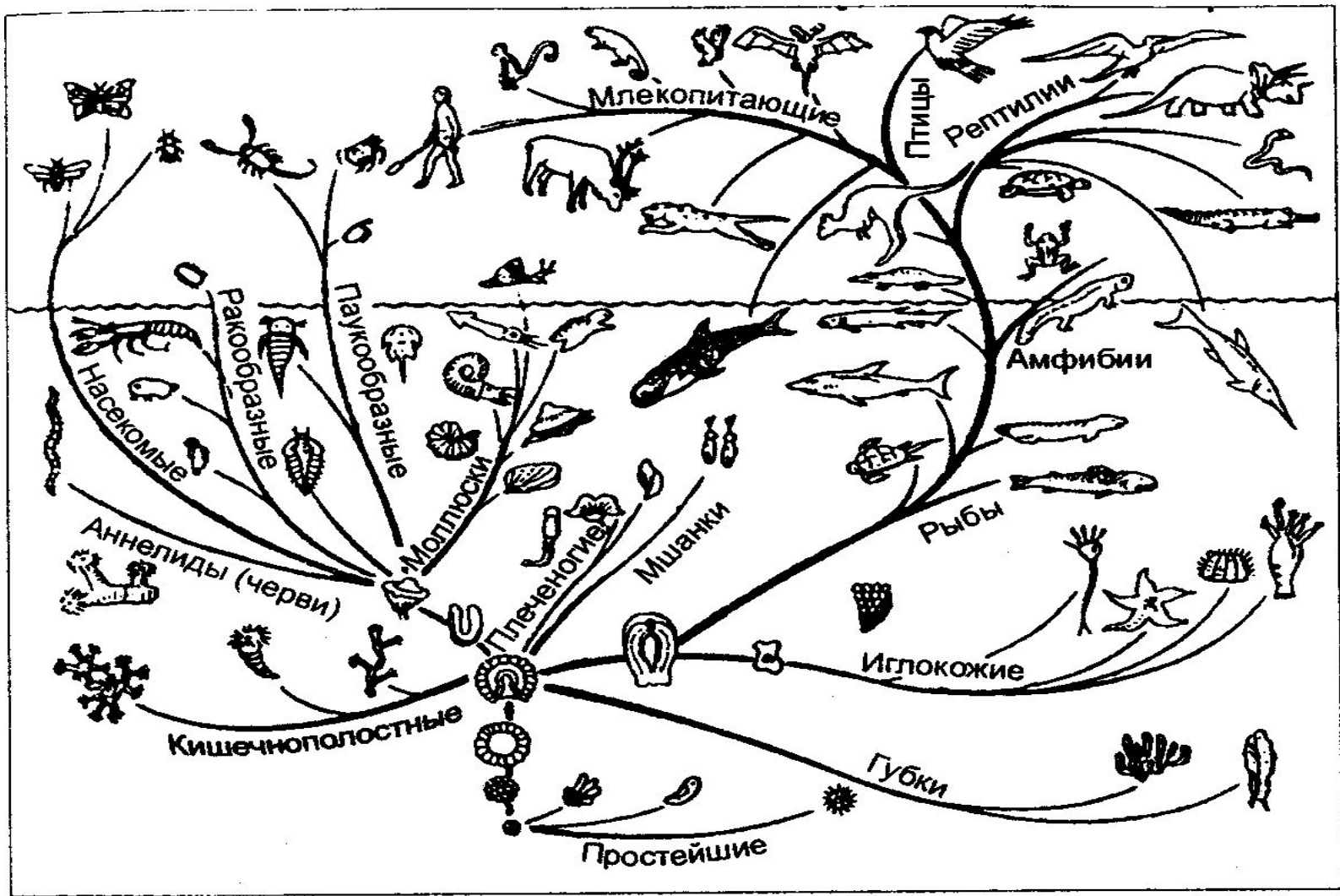
Эволюция на суше проходила значительно быстрее.

В то же время запасы фитомассы составляют 99% запасов живой биомассы Земли.

Биомасса суши в 1000 раз превышает биомассу океана.

При этом продуктивность экосистем суши и океана примерно одинаковы.

На суше биомасса и количество видов организмов в целом увеличиваются от полюсов к экватору.



## Распределение основных классов животных по средам обитания (по Г. В. Войткевич и В. А. Вронскому, 1989).

Животные, помещенные ниже волнистой линии, обитают в море, выше ее — в наземно-воздушной среде

Масса живого вещества на Земле (по Н.И. Базелевич с соавт.,  
1971)

Среда	Группа организмов	Масса, $10^{12}$ т	Соотношение, %
Суша	Зеленые растения	2,40	99,8
	Животные и микроорганизмы	0,02	0,8
	<b>Итого</b>	<b>2,42</b>	<b>100,0</b>
Океаны	Зеленые растения	0,0002	6,3
	Животные и микроорганизмы	0,0030	93,7
	<b>Итого</b>	<b>0,0032</b>	<b>100,0</b>
	Биомасса организмов Земли	2,4232	—

# Свойства живого вещества

К основным уникальным особенностям живого вещества, обуславливающим его крайне высокую преобразующую деятельность, можно отнести следующие (по Н.А. Воронкову, 1997).

- 1.Способность быстро занимать (осваивать) все свободное пространство.
- 2.Движение не только пассивное, но и активное.
- 3.Устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти.
- 4.Высокая приспособительная способность (адаптация).
- 5.Феноменально высокая скорость протекания реакций.
- 6.Высокая скорость обновления живого вещества.

# Свойства живого вещества

Все перечисленные и другие свойства живого вещества обуславливаются концентрацией в нем больших запасов энергии.

По В.И. Вернадскому, по энергетической насыщенности с живым веществом может соперничать только лава, образующаяся при извержении вулканов.

# Функции живого вещества

Живое вещество обеспечивает биогеохимический круговорот веществ и превращение энергии в биосфере.

Выделяют следующие основные геохимические функции живого вещества:

**1. Энергетическая (биохимическая)** — связывание и запасание солнечной энергии в органическом веществе и последующее рассеяние энергии при потреблении и минерализации органического вещества.

Эта функция связана с питанием, дыханием, размножением и другими процессами жизнедеятельности организмов.

# Функции живого вещества

**2.Газовая** — способность изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом.

С газовой функцией связывают два переломных периода (точки) в развитии биосферы.

Первая из них относится ко времени, когда содержание кислорода в атмосфере достигло примерно 1 % от современного уровня (первая точка Пастера).

Это обусловило появление первых аэробных организмов (способных жить только в среде, содержащей кислород).

С этого времени восстановительные процессы в биосфере стали дополняться окислительными.

Это произошло примерно 1,2 млрд лет назад.



# Функции живого вещества

Второй переломный период связывают со временем, когда концентрация кислорода достигла примерно 10 % от современной (вторая точка Пастера).

Это создало условия для синтеза озона и образования озонового слоя в верхних слоях атмосферы, что обусловило возможность освоения организмами суши (до этого функцию защиты организмов от губительных ультрафиолетовых лучей выполняла вода, под слоем которой возможна была жизнь).

# Функции живого вещества

**3. Концентрационная** — «захват» из окружающей среды живыми организмами и накопление в них атомов биогенных химических элементов.

Концентрационная способность живого вещества повышает содержание атомов химических элементов в организмах по сравнению с окружающей средой на несколько порядков.

Содержание углерода в растениях в 200 раз, а азота в 30 раз превышает их уровень в земной коре.

Содержание марганца в некоторых бактериях может быть в миллионы раз больше, чем в окружающей среде.

Результат концентрационной деятельности живого вещества — образование залежей горючих ископаемых, известняков, рудных месторождений и т.п.

# Функции живого вещества

**4. Окислительно-восстановительная** — окисление и восстановление различных веществ с участием живых организмов.

Под влиянием живых организмов происходит интенсивная миграция атомов элементов с переменной валентностью (Fe, Mn, S, P, N и др.), создаются их новые соединения, происходит отложение сульфидов и минеральной серы, образование сероводорода и т.п.

# Функции живого вещества

**5. Деструктивная** — разрушение организмами и продуктами их жизнедеятельности, в том числе и после их смерти, как остатков органического вещества, так и косных веществ.

Наиболее существенную роль в этом отношении выполняют редуценты (деструкторы) — сапротрофные грибы и бактерии.

# Функции живого вещества

**6. Транспортная** — перенос вещества и энергии в результате активной формы движения организмов.

Такой перенос может осуществляться на огромные расстояния, например, при миграциях и кочевках животных.

С транспортной функцией в значительной мере связана концентрационная роль сообществ организмов, например, в местах их скопления (птичьи базары и другие колониальные поселения).

# Функции живого вещества

**7. Средообразующая** — преобразование физико-химических параметров среды.

Эта функция является в значительной мере интегральной — представляет собой результат совместного действия других функций.

Она имеет разные масштабы проявления.

Результатом средообразующей функции является и вся биосфера, и почва как одна из сред обитания, и более локальные структуры.

# Функции живого вещества

**8. Рассеивающая** — функция, противоположная концентрационной — рассеивание веществ в окружающей среде.

Она проявляется через трофическую и транспортную деятельность организмов.

Например, рассеивание вещества при выделении организмами экскрементов, смене покровов и т.п.

Железо гемоглобина крови рассеивается кровососущими насекомыми.

# Функции живого вещества

**9. Информационная** — накопление живыми организмами определенной информации, закрепление ее в наследственных структурах и передача последующим поколениям.

Это одно из проявлений адаптационных механизмов.



# Функции живого вещества

***10. Биогеохимическая деятельность человека*** — превращение и перемещение веществ биосферы в результате человеческой деятельности для хозяйственных и бытовых нужд человека.

Например, использование концентраторов углерода — нефти, угля, газа и др.

# Функции живого вещества

Таким образом, биосфера представляет собой сложную динамическую систему, осуществляющую улавливание, накопление и перенос энергии путем обмена веществ между живым веществом и окружающей средой.

# Свойства биосферы

- Целостность и дискретность.
- Централизованность.
- Устойчивость и саморегуляция.
- Ритмичность.
- Круговорот веществ и энергозависимость.
- Горизонтальная зональность и высотная поясность.
- Большое разнообразие условий обитания и живых организмов.

# Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

Качественно новый этап развития биосферы наступил в современную эпоху, когда деятельность человека, преобразующая поверхность Земли, по своим масштабам стала соизмеримой с геологическими процессами.

Как отмечал В.И. Вернадский, биогеохимическая роль человека за последнее столетие стала значительно превосходить роль других, даже наиболее активных в биогеохимическом отношении организмов.

# Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

В 1944 г. В.И. Вернадский развил представление о переходе биосферы в ноосферу, то есть в такое ее состояние, когда развитие биосферы будет управляться разумом человека.

Сам термин «ноосфера» предложен Э. Леруа (1927) и П. Тейяром де Шарденом (1930).

# Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

**Ноосфера** (от греч. noos — разум, мышление) — сфера разума, высшая стадия развития биосферы, когда разумная человеческая деятельность становится главным, определяющим фактором развития биосферы.

По убеждению В.И. Вернадского, биосфера вступает в новую стадию своего развития — стадию ноосферы.

На этой стадии человек разумный выступает как геохимическая сила невиданного масштаба. Особенность этой силы — ее разумность.

# Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

Кроме понятия «ноосфера» часто употребляют такие понятия, как «антропосфера», «техносфера», «какосфера» и др.

**Антропосфера** (от греч. anthropos — человек) — сфера Земли, где живет и куда временно проникает (с помощью спутников и т.п.) человечество.

Понятие «антропосфера» употребляют для характеристики пространственного положения человечества и его хозяйственной деятельности.

# Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

**Техносфера** (от греч. *techne* — искусство, ремесло, мастерство) — сфера Земли (часть биосферы, со временем, по-видимому, вся биосфера), преобразованная технической деятельностью человека.

Понятие «техносфера» используют, когда хотят подчеркнуть вещественную сторону отношений человек—природа, а также то, что на настоящем этапе хозяйственная деятельность людей не настолько разумна, чтобы говорить о ноосфере.



# Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

**Какосфера** (от греч. kakos — дурной, плохой) — сфера Земли (часть биосферы), измененная деятельностью человека настолько, что в ней искажены природные связи и ограничена способность к восстановлению; область дисгармонично измененной человеком биосферы.

Понятие «какосфера» используют для отражения плохого, негативного воздействия человека на природу, как «сферу неразумия».

# Сравнение биосферы и техносферы (Т.А. Акимова, В.В. Хаскин, 2001)

Сравниваемые показатели	Биосфера	Техносфера
Сферообразующее число биологических видов	$10^7$	1
Число контролируемых видов	$10^7$	$10^4$
Масса сферы, Гт *	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$
в том числе активное вещество, Гт	$10^4$	15
неактивное, произведенное вещество, Гт	$4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$
Кратность обновления активного вещества, год	0,10	0,10
Годовая нетто-продукция, Гт	625	1,5
Годовой расход органического вещества, Гт	212	24
Годовой расход энергии, ЭДж**	12000	450
Годовой расход воды, км <sup>3</sup>	$3 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$
Степень замкнутости круговорота веществ, %	99,9	<10
Запас генетической информации, Гбит***	106	7
Запас сигнальной информации, Гбит	–	8
Скорость переработки информации, бит/с	$10^{36}$	$10^{16}$
Информационная скорость эволюции, бит/с	0,1	$10^7$

Примечание:

\* 1 Гт — 1 гигатонна =  $10^9$  т.

\*\* 1 ЭДж — 1 эксаджоуль =  $10^{18}$  Дж.

\*\*\* 1 Гбит =  $10^9$  бит.

# Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

Можно выделить ряд основных признаков превращения биосферы в ноосферу:

*1. Возрастание количества механически извлекаемого материала земной коры (рост разработки месторождений полезных ископаемых). Геохимическая деятельность человека становится сравнимой по масштабам с биологическими и геологическими процессами. В геологическом круговороте резко возрастает звено денудации.*

*2. Массовое потребление (сжигание) продуктов фотосинтеза прошлых геологических эпох (нефти, газа, каменного угля и пр.). Следствием является усиление парникового эффекта и глобальное потепление*

# Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

*3. Рассеивание энергии, в отличие от ее накопления в биосфере до появления человека. Основным следствием является энергетическое загрязнение биосферы.*

*4. Образование в больших количествах веществ, ранее в биосфере отсутствовавших (чистые металлы, пластмассы и др.). В результате наблюдается химическое загрязнение биосферы — ее металлизация, загрязнение промышленными и другими отходами и т.д.*

# Ноосфера как высшая стадия эволюции биосферы

*5. Создание, хотя и в ничтожно малых количествах, трансурановых химических элементов (плутония и др.). Освоение ядерной энергии за счет деления тяжелых ядер и (в обозримом будущем) термоядерной энергии за счет синтеза легких ядер атомов. Возникает опасность теплового загрязнения биосферы и загрязнения радиоактивными отходами ядерной энергетики.*

*6. Расширение границ ноосферы за пределы Земли в связи с научно-техническим прогрессом. Возникновение космонавтики обеспечило выход человека за пределы родной планеты. Ноосфера в будущем займет большее пространство, чем биосфера до появления человека. Создается принципиальная возможность создания искусственных биосфер на других планетах.*

**Благодарю за внимание !**