

# Тема лекции №2: **Термодинамика биосферы. Человек в пищевой цепи**

## *План лекции*

1. Понятие биосферы. История ее развития
2. Вещество биосферы по В.И. Вернадскому
3. Признаки живого.
4. Основные биогеохимические функции биосферы.
5. Круговорот веществ и поток энергии в экосистеме.
6. Место человека в биосфере.

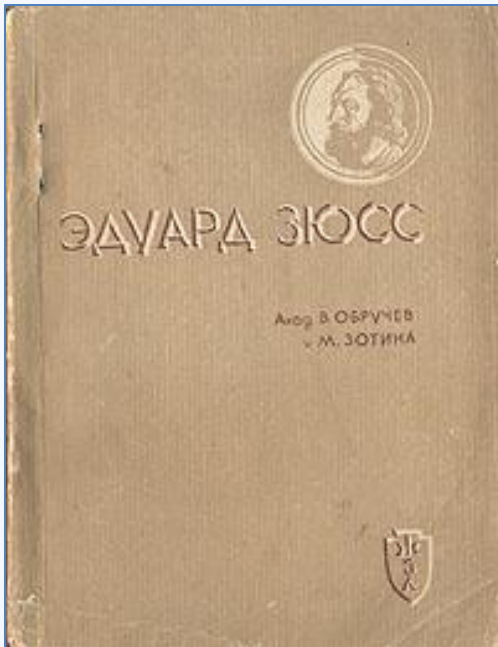
## I. Понятие биосферы. История ее развития

**Биосфера** (от греч. *bios* – жизнь, *sphaira* – шар) – область обитания живых организмов (живая оболочка Земли), состав, ее структура и энергетика определяются и контролируются планетарной совокупностью живых организмов – **биотой**.

Термин «биосфера» впервые ввел австрийский геолог Эдуард Зюсс (1875). **В. И. Вернадский** развил учение о биосфере.



**Эдуард Зюсс** (*Eduard Suess*; 1831-1914) – австрийский геолог и общественный деятель. Выдвинул гипотезу о существовании суперконтинента **Гондваны** (1861) и океана **Тетис** (1893).

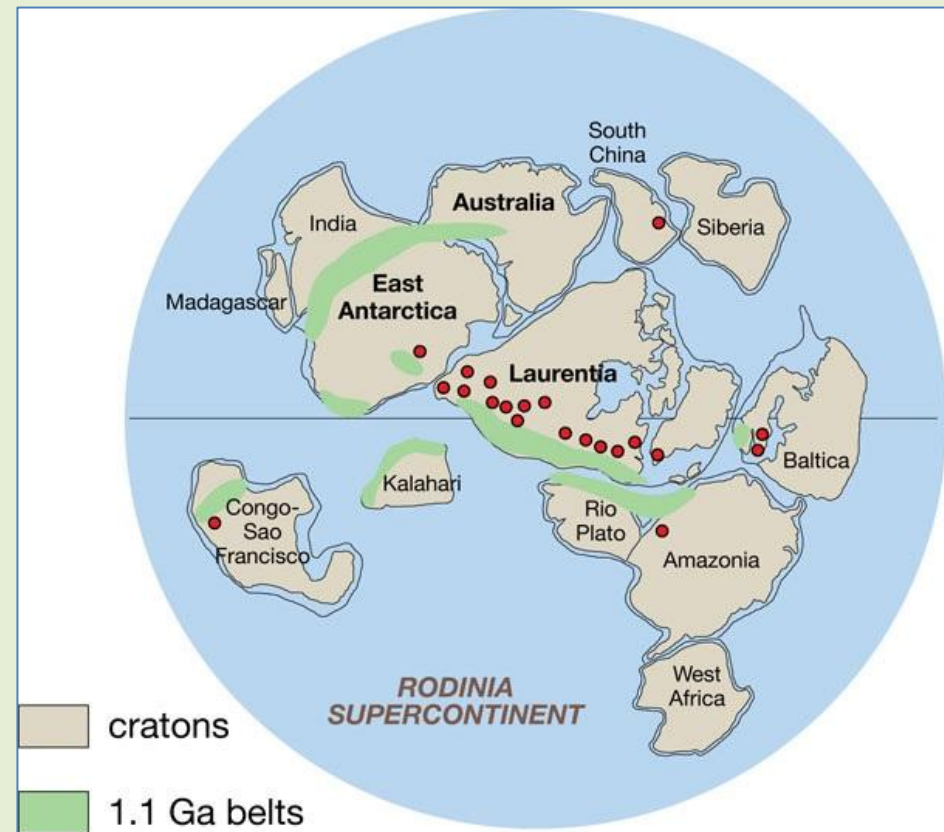
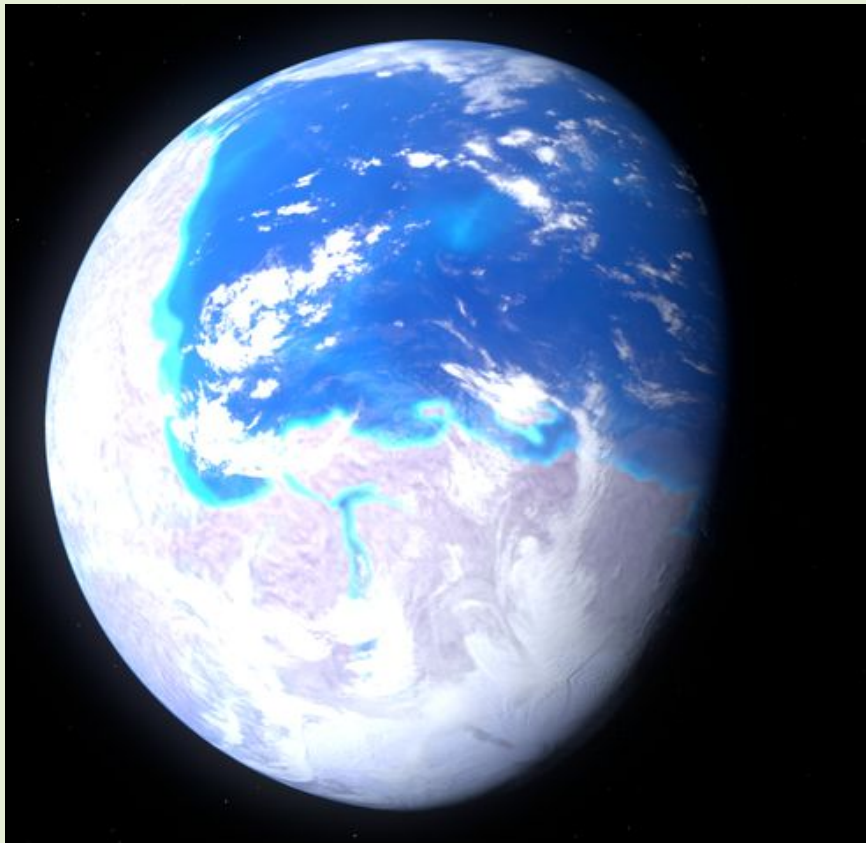


**Гондвана** в палеогеографии – древний суперконтинент южного полушария, включавший Африку, Южную Америку, Антарктиду, Австралию, Новую Зеландию, Аравию, Мадагаскар и Индию. Образовалась в конце докембрия (750-530 млн. л.н.) в результате раскола суперконтинента Родинии. В эпоху каменноугольного периода (360 млн. л.н.) континент начал обратное движение на север и соединился с Лавразией в гигантский протоконтинент Пангея.

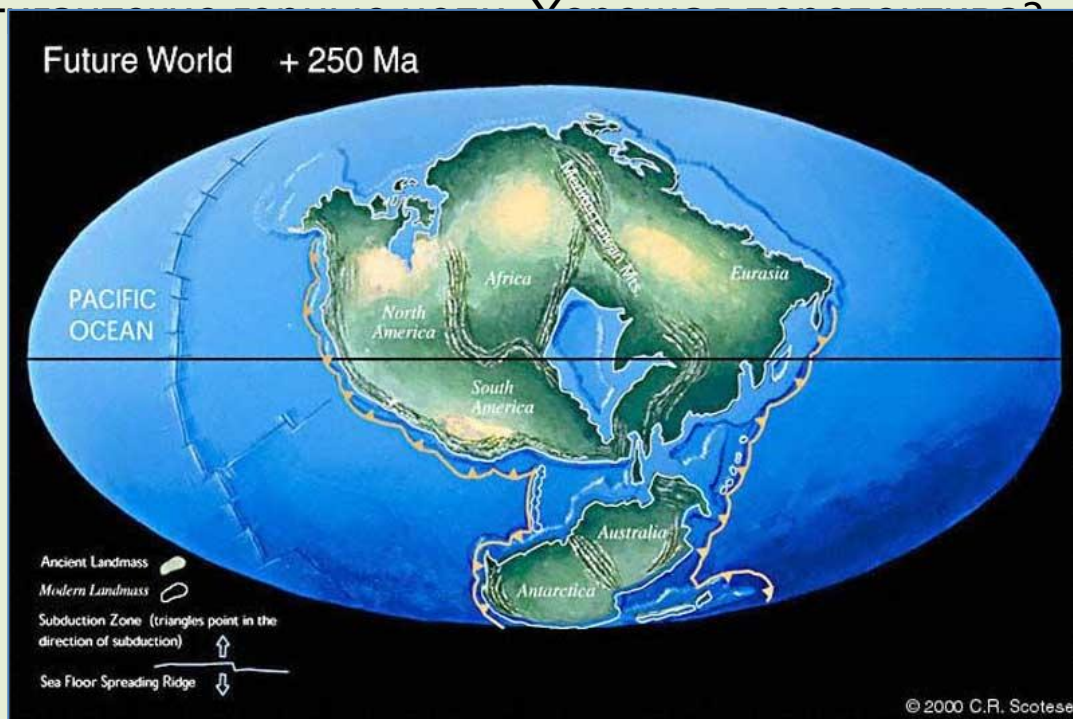
Разделение Пангеи



**Родиния** (рус. *Родина, родить*) – гипотетический суперконтинент в протерозое (1,1 млрд.-750 млн. лет назад). Земля состояла из одной гигантской части суши и одного гигантского океана - **Мировия**. Возможно, до Родинии существовали и другие суперконтиненты: Кенорленд - ~2,75 млрд лет назад, Нуна - ~1,8 млрд. После распада Родинии континенты объединились в суперконтинент Паннотия. После распада Паннотии - в суперконтинент Пангея и снова распались. Предполагается, что в будущем континенты ещё раз соберутся в суперконтинент - Пангея Ультима.



Все зависит от вращения стрелки часов! Пангея Ультима (Pangaea Ultima - «Последняя Пангея») – гипотетический суперконтинент, в который сольются все нынешние материки через 200-300 млн. лет. С этой теорией пересекается теория об Амазии, будущем континенте из Евразии и Северной Америки, который станет ядром будущего суперконтинента. Через 250 млн. лет Североамериканский континент повернется против часовой стрелки, и Аляска окажется в субтропическом поясе. Евразия продолжит вращение по часовой стрелке, и Британские острова окажутся в районе Северного Полюса, в то время как Сибирь будет в субтропиках. Средиземное море сомкнется, и на его месте образуются горы, сравнимые по высоте с Гималаями. Пангея Ультима будет на 90 % покрыта пустынями. На северо-западе и юго-востоке континента будут находиться г

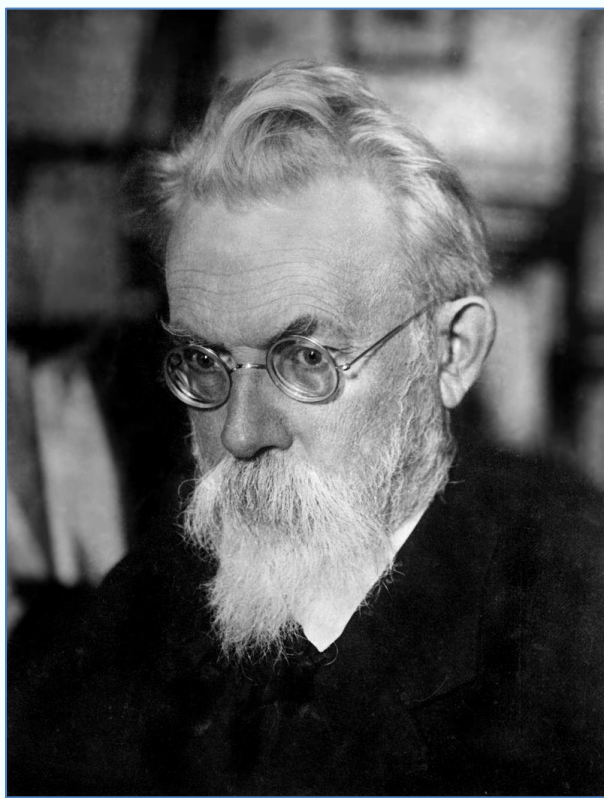


**Геохимия** – наука об истории атомов Земли и ее физико-химической эволюции (Вернадский В. И., 1909)

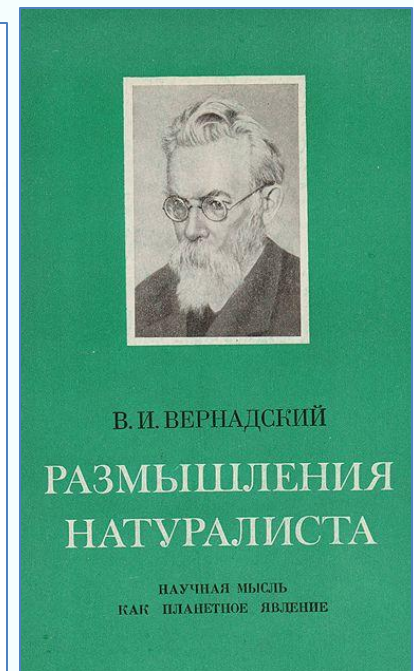
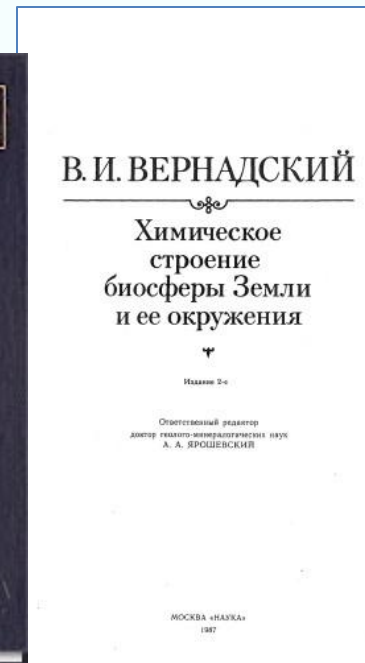
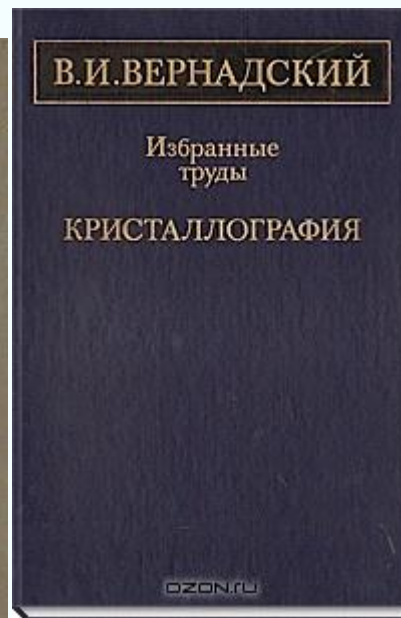
**Пангея** (греч. «вся земля») – единый материк в карбоне, затем расколовшийся на Лавразию и Гондвану (Вегенер А., 1915).

- 135 млн. лет назад Африка отделилась от Ю. Америки;
- 85 млн. лет назад С. Америка – от Европы;
- 40 млн. лет назад Индийский материк столкнулся с Азией и появились Тибет и Гималаи.

**Теория дрейфа континентов:** континенты расходятся под влиянием глубинных конвективных течений, направленных вверх и в стороны и тянущих за собой плиты, на которых плавают континенты.



**Владимир Иванович Вернадский**  
(1863-1945) – русский и советский  
ученый естествоиспытатель, мыслитель и  
общественный деятель. Представитель  
русского космизма; создатель  
науки биогеохимии.





**А́льфред Ло́тар Ве́генер** (1880-1930)  
— нем. геофизик и метеоролог,  
профессор университета  
в Граце (1924). Участник и  
руководитель экспедиций в  
Гренландию. Создатель теории  
дрейфа материков: континенты -  
независимые плато, легкие по  
сравнению с глубокими  
слоями земной коры. Из-за этого они  
как льдины, дрейфуют по земной  
коре. В ходе истории континенты  
изменили положение и передвигаются  
до сих пор.  
Так, африканский континент  
«подползает» под плато Евразии,  
образуя Альпы.



Почтовая марка Западного Берлина, посвящённая А. Вегенеру, 1980

**А́льфред Ве́генер** (1880-1930) – немецкий геофизик и метеоролог, профессор университета в Граце (1924) – один из наиболее авторитетных в Европе и во всем мире метеорологов, особенно среди исследователей физики атмосферы, и пионером в изучении верхних её слоев. Вегенер изучал смерчи и оптические явления атмосферы - гало, миражи. **Гало́** (др.-греч. - круг, диск) – оптический феномен, светящееся кольцо вокруг источника света.

**Мира́ж** (фр. *видимость*) — оптическое явление в атмосфере: преломление потоков света на границе между резко различными по плотности и  $t$  слоями воздуха.

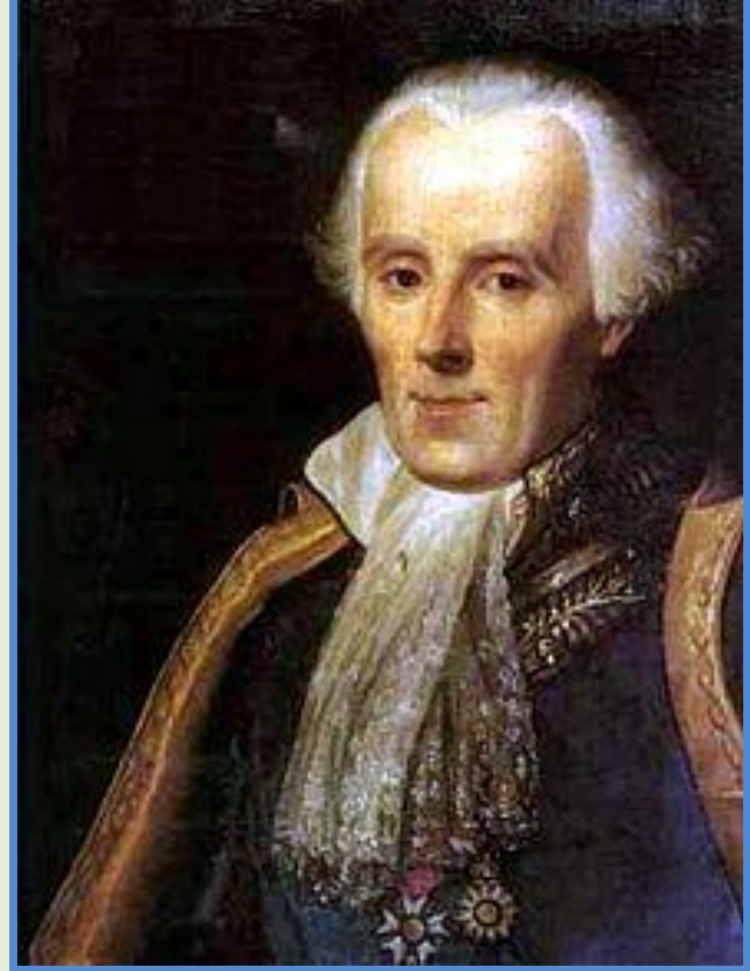


С точки зрения науки, **космизм** (греч. упорядоченный мир) — это космогония — совокупность теорий о рождении и эволюции Вселенной: концепции Канта-Лапласа (XVIII век) об образовании Солнечной системы конденсацией пылевых масс, теории расширяющейся вселенной Фридмана, разлетающихся галактик Хаббла (XX век), теории относительности Эйнштейна и др.

**Русский космизм** — осознание взаимообусловленности и всеединства; необходимости соизмерять человеческую деятельность с целостностью мира.

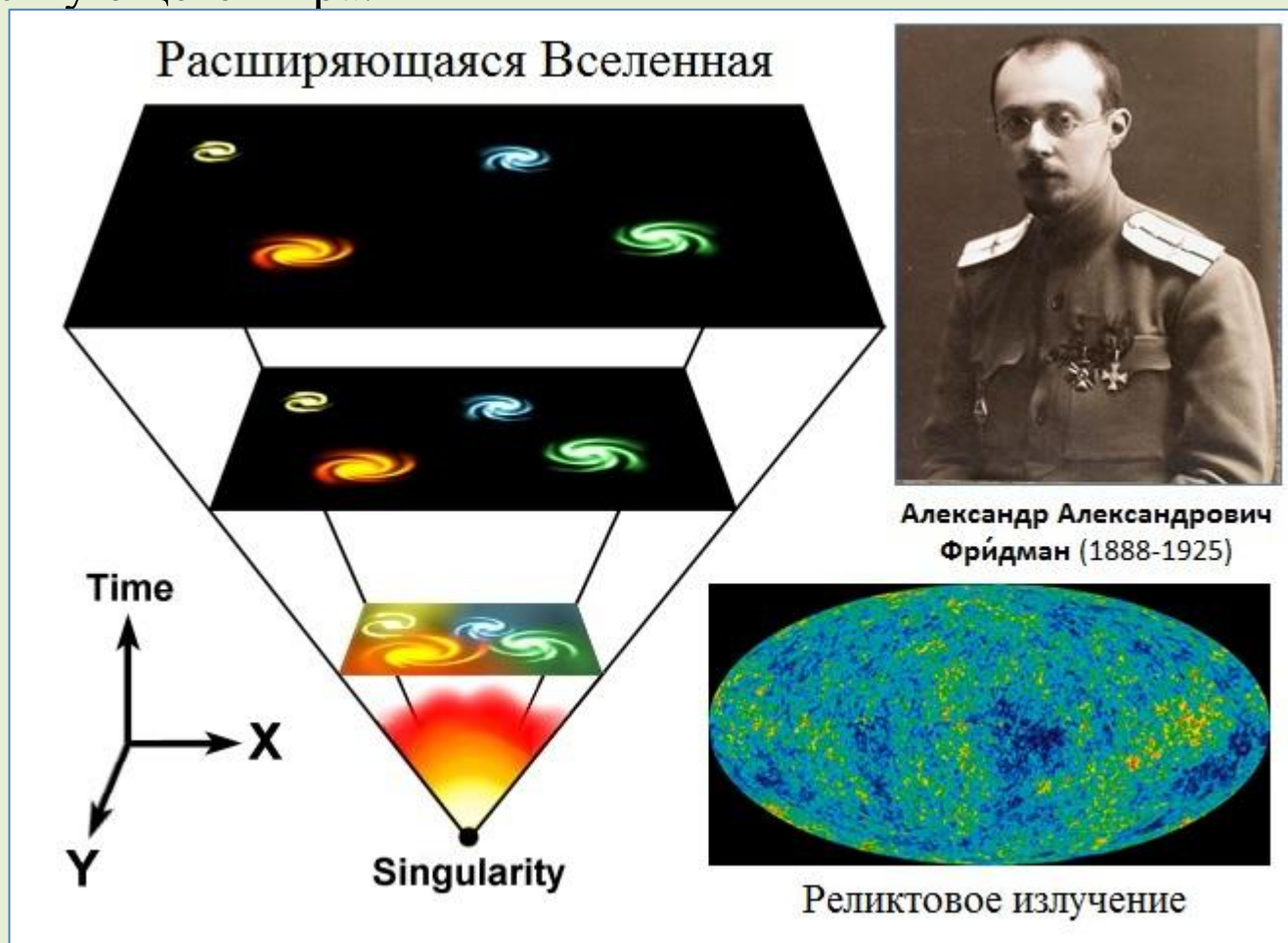


**Иммануил Кант**  
(1724-1804) – нем. философ, родоначальник немецкой классической философии, стоящий на грани эпох Просвещения и Романтизма.



**Пьер-Симон Лаплас**  
(1749-1827) – французский математик и астроном; известен работами в области небесной механики, дифференциальных уравнений, один из создателей теории вероятностей.

**Александр Александрович Фри́дман** (1888-1925) – выдающийся российский и советский математик, физик и геофизик, основоположник современной физической космологии. **Космо́логия** – раздел астрономии, изучающий свойства и эволюцию Вселенной в целом. Основу этой дисциплины составляют математика, физика и астрономия. Ранние формы космологии – религиозные мифы о сотворении (космогония) и уничтожении (эсхатология) существующего мира.



На рисунке: 1 - Пульсирующая модель Вселенной, расширения/сжатие. 2 - Вселенная со строго подогнанной средней плотностью - расширение замедляется.

3 - Равномерно расширяющаяся по инерции Вселенная. 4 - Мир, расширяющийся со все большей скоростью. Доминирующая модель в наше время. **Эдвин Пауэлл Хаббл** (1889-1953) – один из наиболее влиятельных астрономов и космологов XX в. В 1929 г. установил линейную зависимость между расстояниями до галактик и скоростью их удаления - «закон всеобщего разбегания галактик». Согласно закону Хаббла, расстояние ( $D$ ) до галактик равно скорости света ( $c$ ), умноженной на величину красного смещения (относительное увеличение длин волн спектральных линий в спектрах галактик  $\Delta\lambda/\lambda$ ) и постоянной Хаббла ( $H_0$ ):  $D = (c\lambda/\lambda_0)H_0$



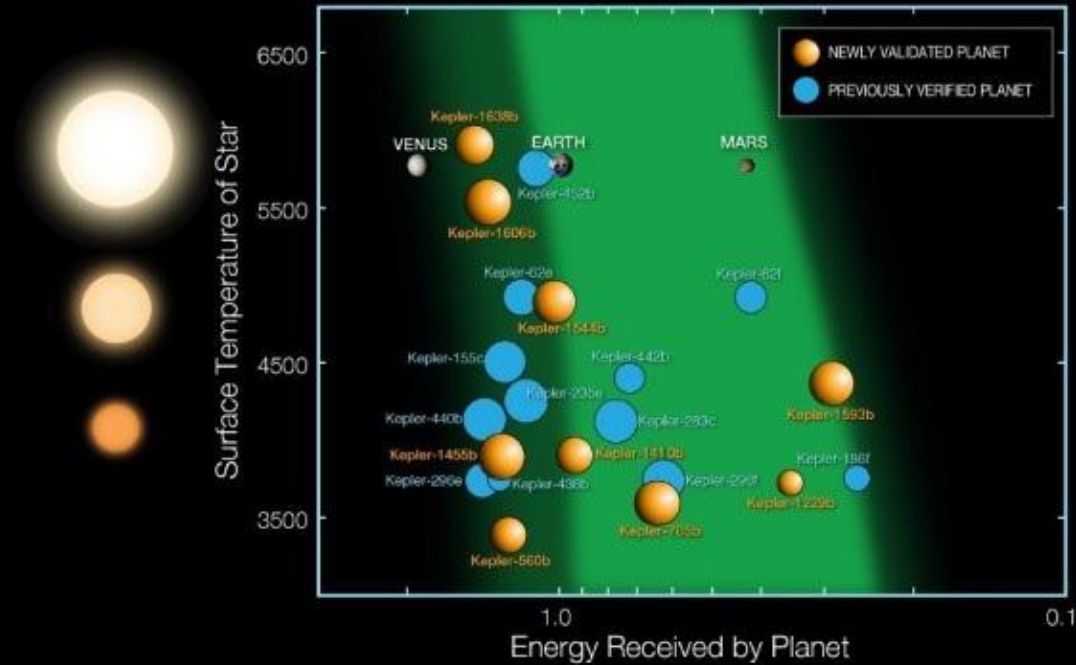


**Обитаемая зона**, зона обитаемости (HZ, habitable zone) – в астрономии условная область в космосе, в которой условия на поверхности находящихся в ней планет будут близки к земным. Такие планеты и луны благоприятны для возникновения жизни, похожей на земную. Нахождение планеты в обитаемой зоне и ее благоприятность для жизни необязательно связаны: первое описывает условия в звездной системе в целом, а второе - на поверхности небесного тела. Вероятность возникновения жизни наиболее велика в обитаемой зоне в окрестностях звезды (CHZ, circumstellar habitable zone) и в обитаемой зоне галактики (GHZ, galactic habitable zone). В англоязычной литературе обитаемую зону называют зоной Златовласки (Goldilocks Zone). Подобно сказке *Goldilocks and the Three Bears* (Три медведя). Златовласка пытается использовать несколько наборов из трех однородных предметов, в каждом из которых один из предметов оказывается чересчур большим (твердым, горячим и т. п.) другой - чересчур маленьким (мягким, холодным...), а третий, промежуточный между ними, оказывается «в самый раз». Аналогично, планета не должна находиться ни слишком далеко от звезды, ни слишком близко к ней, а на «правильном» удалении.



# Kepler's Small Habitable Zone Planets

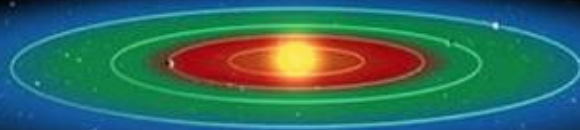
As of May 10, 2016



Hotter Stars



Sunlike Stars



Cooler Stars



## II. Вещество биосферы по В.И. Вернадскому

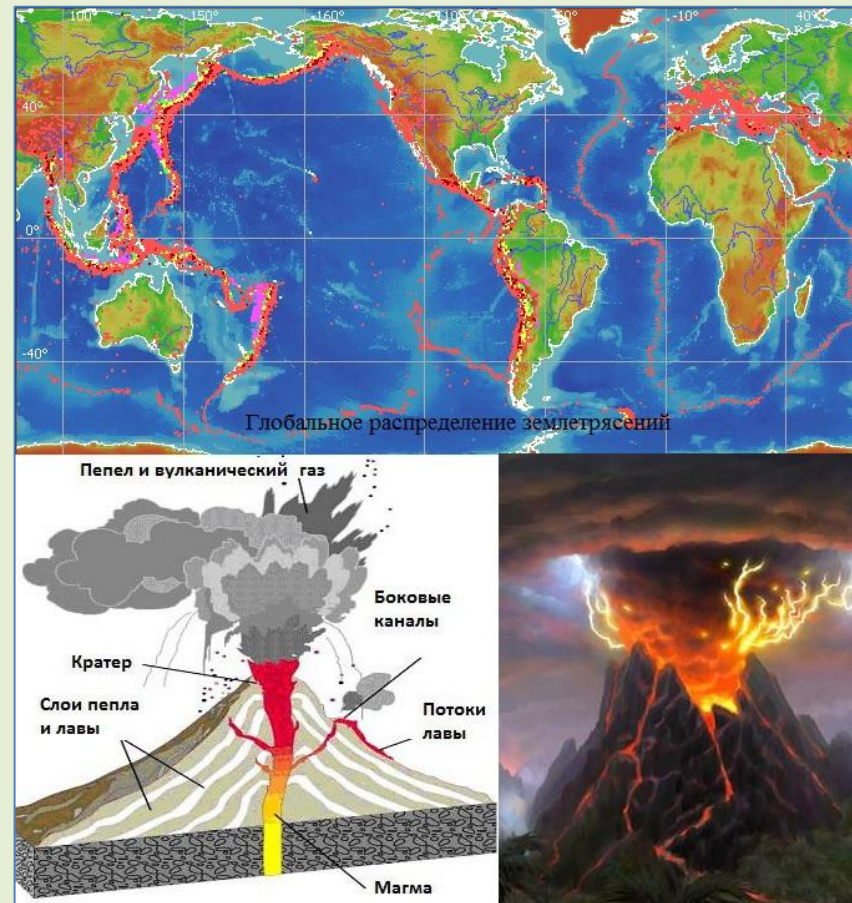
1. *Живое*: совокупность всех живых организмов на планете (микроорганизмов, растений, животных).



**2. Косное:** неорганического происхождения (твердое, жидкое, газообразное), в его образовании живое вещество не участвует (магматические руды, продукты их абиогенного преобразования и т. д.). Газы, твердые частицы и водяные пары, выбрасываемые вулканами, гейзерами.



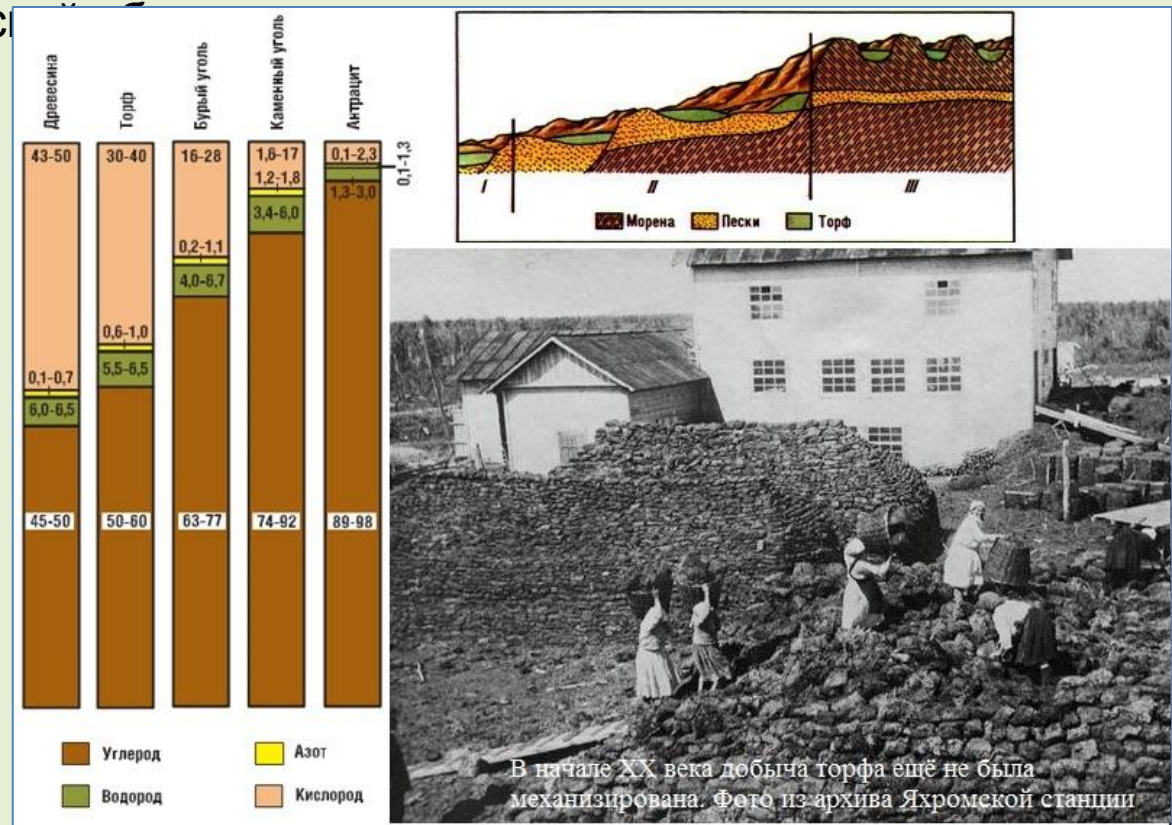
Современные вулканы расположены вдоль краевых разломов и тектонически подвижных областей (острова и берега Тихого и Атлантического океанов). Действующие: Ключевская и Авачинская Сопка (Камчатка, Россия), Этна и Везувий (Италия), Гекла и Эйяфьятлайокудль (юг Исландии), Сент-Хеленс - гора Святой Елены (Северная Америка), Мауна-Лоа (Гавайские острова), Мерапи (Индонезия), кратеры в Конго (Африка) и другие вулканы. В качестве показателя силы извержения вулкана, применяют «**шкалу вулканических извержений**» (VEI - Volcanic Explosivity Index), основанную на объёме извергнутых продуктов и высоте столба пепла. Диапазон шкалы: 0 - минимальные, 8 - максимально сильные извержения, выбрасывающие в атмосферу более  $1000 \text{ км}^3$  вулканического материала и высотой столба пепла – выше 25 км.



**3. Биогенное:** создаваемое и перерабатываемое живыми организмами в геологической истории (торф, уголь, битумы, известняки, нефть и т. д.); химические соединения или элементы для поддержания жизни.



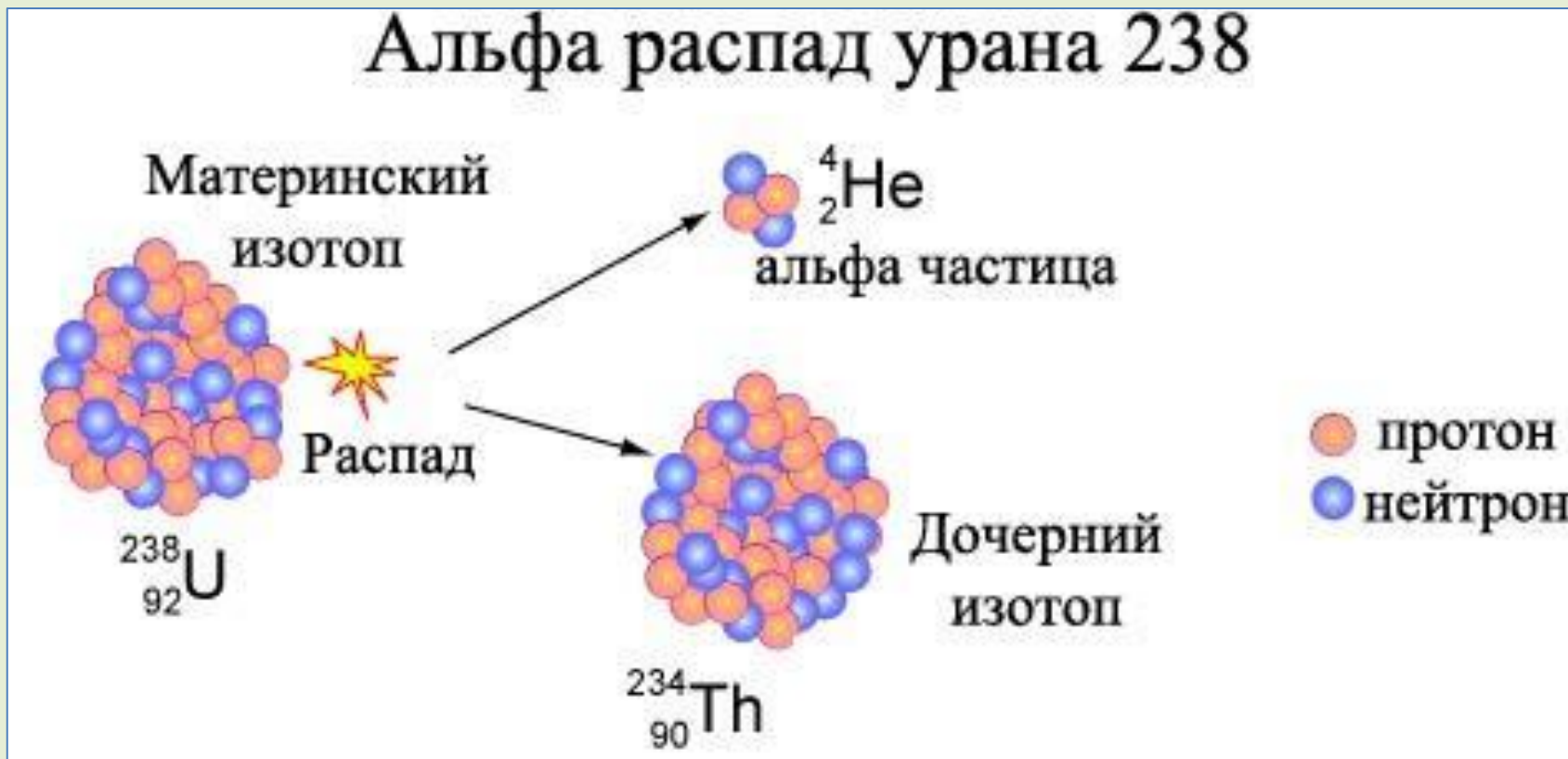
Торф – частично перегнившая растительная масса, образовавшаяся при повышенной влажности и недостатка кислорода на дне болот или заболоченных озер, предшественник генетического ряда углей. Состоит из не полностью разложившихся растений (осоки, тростника, камыша, болотного разнотравья, мха), остатков деревьев (ели, ольхи, березы), продуктов полного разложения растительных остатков - гумуса, и мин. веществ - песка, глины, ила. Гос. балансом в Кировской области учтены 484 торфяных месторождения с промышленно значимыми запасами (А+В+С1), составляющими 379,4 млн.т. Наиболее крупными из разрабатываемых - Дымное и Лычное в Верхнекамском районе. Крупнейший добытчик торфа в России – ЗАО «ВяткаТорф» разрабатывает торфяные месторождения в Кировской области.



**4. Биокосное:** создается при жизнедеятельности живых организмов и в процессах неорганической природы, организмы играют ведущую роль (вода, почвы, илы).



**5. Вещества, находящиеся в процессе радиоактивного распада (радиоактивные элементы).**





**6. Рассеянные атомы**, непрерывно образующиеся из различных видов земного вещества под влиянием космического излучения.

**7. Вещество космического происхождения** (космическая пыль, обломки метеоритов и т. д.). **Космическая пыль** образуется в космосе частицами размером от нескольких молекул до 0,2 мкм. 40 000 т космической пыли каждый год оседает на планете Земля.



# БИОСФЕРА

*Биосфера* - оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой определяются совокупной деятельностью живых организмов.

## СОСТАВ БИОСФЕРЫ



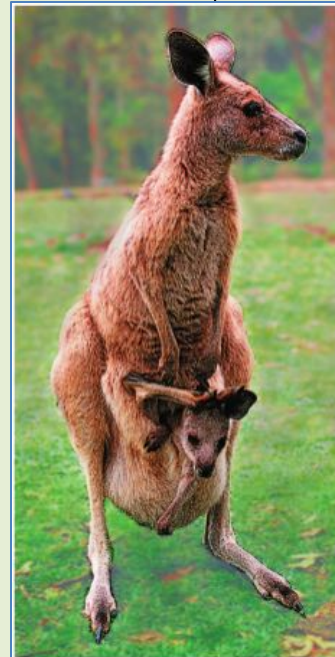
**Вопрос:** виды веществ биосферы (по В.И. Вернадскому) обозначенные цифрами 1; 2; 3; 4?

### III. Признаки живого

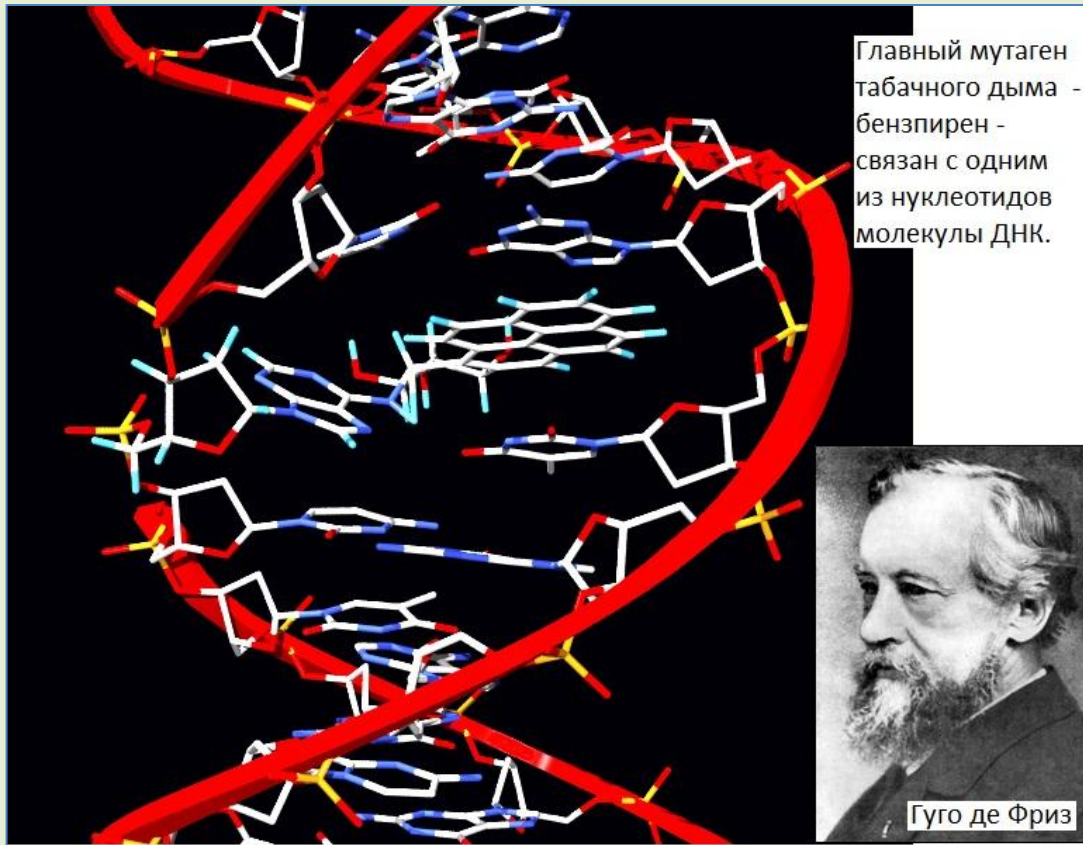
**1. Самовоспроизведение, наследственность и изменчивость** обеспечивают непрерывность и преемственность жизни.

Генетическая информация о самовоспроизведении закодирована в молекулах ДНК.

Наследственность обладает изменчивостью под влиянием спонтанных или индуцированных изменений генетического аппарата – *мутаций*. Наследственность и изменчивость создают материал для эволюции организмов.



**Мутация** (лат. *mutatio* — изменение) - стойкое наследуемое изменение генотипа под влиянием факторов внешней или внутренней среды (мутагенов). Термин предложен Гуго де Фризом. Процесс возникновения мутаций - **мутагенез**. Мутация в соматической клетке многоклеточных приводит к злокачественным или доброкачественным новообразованиям, в половой клетке - к изменению свойств организма-потомка. В очень редких случаях мутация приводит к появлению новых полезных признаков, положительные мутации; средство адаптации организма к окружающей среде *адаптационными*.

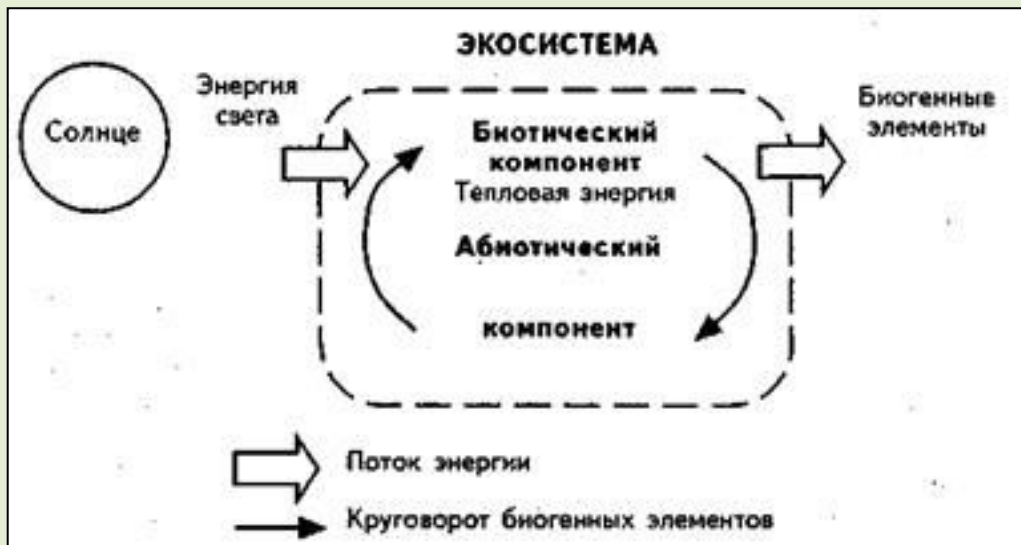


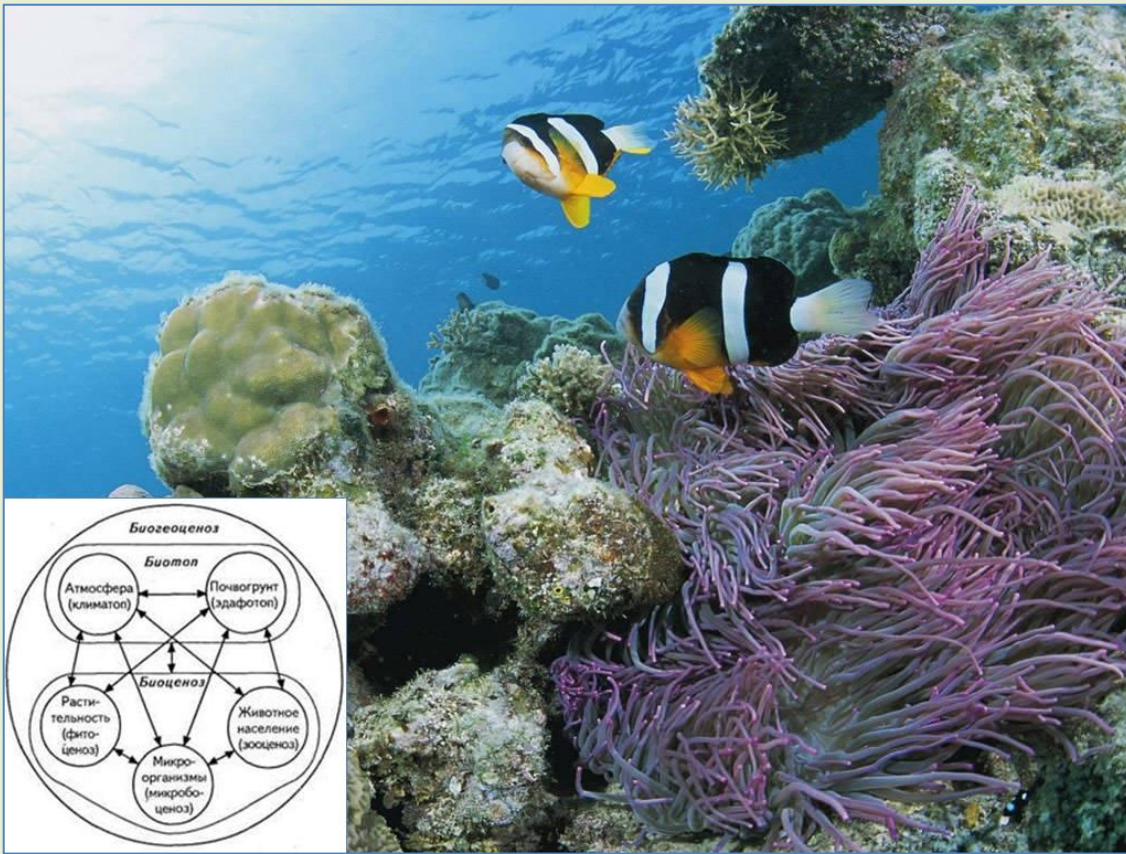
Главный мутаген табачного дыма - бензпирен - связанный с одним из нуклеотидов молекулы ДНК.

**2. Специфичность организации и упорядоченность структуры.** Единицей организации является клетка, клетки организованы в ткани, ткани – в органы, органы – в системы органов.

Организмы организованы в популяции, популяции – в биоценозы, которые совместно с абиотическими факторами формируют биогеоценозы (экологические системы).

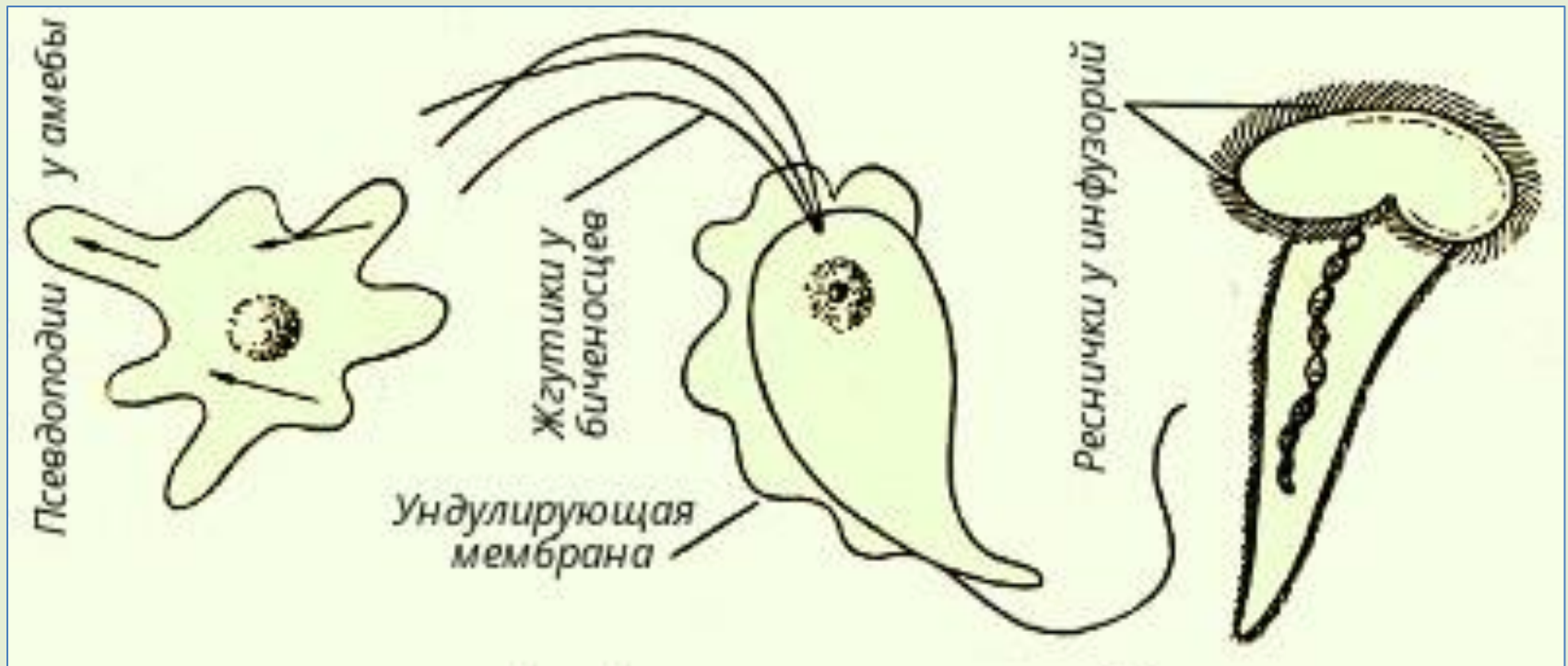
Выделяют шесть основных уровней организации живой материи: молекулярный; клеточный; тканевый; орган; организм; популяционный; экосистемный; биосферный.



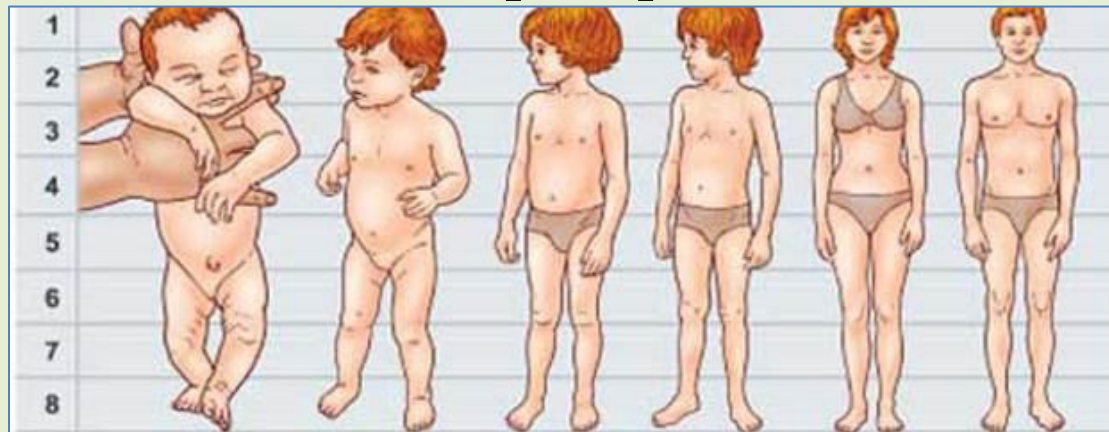


Богатые видами биоценозы: коралловый риф, влажный лес, пресный водоем

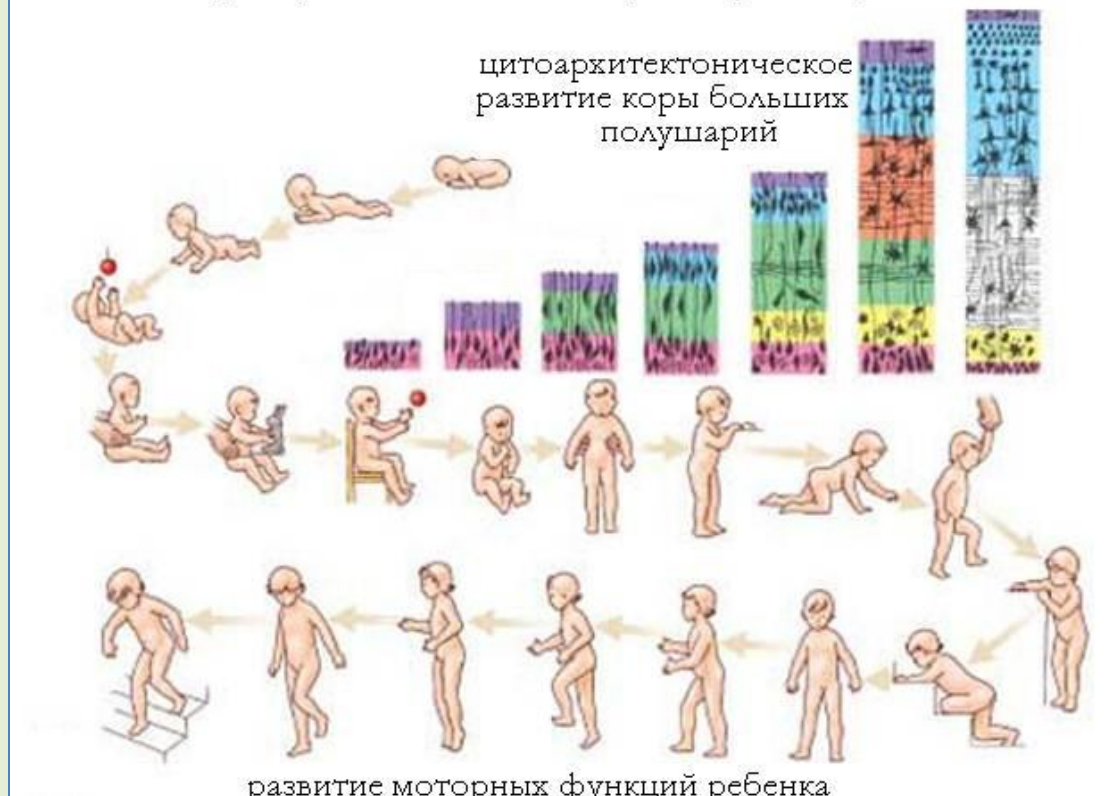
**3. Движение.** Мышечное движение многоклеточных животных, за счет сокращения мышц, например, локомоции. Одноклеточные организмы двигаются с помощью жгутиков, ресничек, псевдоподий и др. Клетки многоклеточных организмов также способны к движению (лейкоциты, фагоциты).



# 4. *Рост и развитие*, т. е. увеличение в размерах и массе с сохранением общих черт строения.



изменение пропорций тела человека при его росте и развитии





## 5. Обмен веществ: питание, дыхание, выделение.

Каждый организм получает необходимую ему энергию и вещества из окружающей среды и отдает в нее те вещества и энергию, которые не может использовать.

Обеспечивается постоянство внутренней среды организмов и их связь с окружающей средой, что является условием для поддержания жизни организмов.



**6. Раздражимость** – опережающее охранительное реагирование на внешнее воздействие. Лежит в основе изменения поведения и приспособления к меняющимся условиям среды. Сопровождается изменениями в ОВ, состоянии клеток, нервную деятельность (в том числе рефлексy) и сознание (у человека).



**Биосфера** – как термодинамическая система: сложная; адаптивная; неравновесная; открытая.

**Сложная система** состоит из относительно независимых взаимодействующих элементов. В результате система приобретает новые свойства, которых нет у ее элементов. **Эмерджентность экосистем** – свойства системы как целого не являются просто суммой свойств слагающих ее частей или элементов.

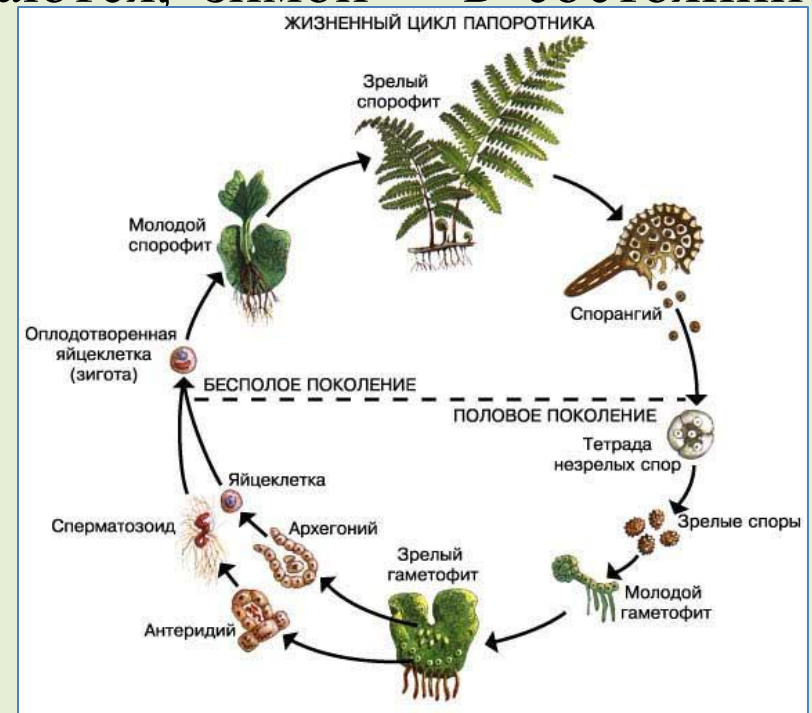
*Пример:* автомобиль. Его агрегаты (двигатель, шасси, подвеска, рулевое управление) не могут двигаться по дороге самостоятельно. Объединив их, мы получаем автомобиль со свойством – способен двигаться по дороге.



**Адаптивная система** самостоятельно устанавливает и поддерживает на определенном уровне свои показатели. Реакция системы возникает в ответ на изменение каких-либо факторов.

*Адаптация* – свойство биологических систем любого уровня. Одноклеточные поддерживают постоянство цитоплазмы. Гомойотермные организмы сохраняют  $t$  тела.

*Сезонные циклы* – пример самоорганизации экосистем: летом растения активно развиваются, зимой – в состоянии покоя.



**Неравновесным** системам нужен внешний источник энергии. Зеленые растения в ходе фотосинтеза преобразуют энергию Солнца в химическую энергию ковалентных связей орг. соединений.

В конечном счете, энергия рассеивается в процессе деятельности организмов (дыхание, движение, нагрев тела и т. п.), либо «консервируется» в биогенных осадочных породах. Необходимость во внешнем источнике энергии следует из законов термодинамики:

- *сохранения энергии* – энергия может превращаться из одной формы в другую, но не может быть создана или уничтожена;
- *потери энергии* – при совершении работы энергия не может быть использована на 100%, т. к. часть ее неизбежно превращается в тепло – результат случайного движения молекул, а работа – неслучайное (упорядоченное) использование энергии.

**Открытая система** имеет постоянный ОВ с окружающей средой. Организм получает необходимые для существования вещества из окружающей среды, а после использования возвращает их обратно в среду обитания. Этот круговорот действует и на уровне крупных структур – экосистем и биосферы.

Основным источником энергии для биосферы является излучение Солнца, а литосфера, гидросфера и атмосфера служат источником веществ, необходимых биоте, и резервуарами, в которые возвращаются продукты жизнедеятельности и остатки организмов.



**Биологическое обновление** – элементы живой системы постоянно разрушаются и строятся заново. Для этого в них создается и поддерживается **химическое и физическое неравновесие**, на котором основана работоспособность живой системы, направленная на поддержание высокой упорядоченности своей структуры.

Живая система, благодаря свойству *открытости*, достигает *стационарности* – *постоянства своего неравновесного состояния*.

# РИТМ ОБНОВЛЕНИЯ



**Гиппокамп: 1 день.**  
Часть мозга, которая отвечает за обучение и память, каждый день пополняется тысячами новых нейронов. Но не все они выживают.

**Зрение:**  
Хрусталик и те клетки мозга, которые обрабатывают зрительную информацию, имеют тот же возраст, что сам человек.



**Сердце:** возраст остается загадкой.



**Мышцы: 15 лет.**



**Печень: 1 год.**  
Ее клетки регенерируют за 300 – 500 дней. Поэтому можно взять у живого человека часть печени и пересадить нуждающемуся – печень разрастется.



**Кости: 10 лет.**



**Кожа: 2 недели.**



**Кишечник: 16 лет.**  
Если исключить клетки эпителия кишечника, которые меняются каждые 5 дней, средний возраст кишечника 15,9 года.



**Желудок: 5 дней.**  
Клетки эпителия желудка, которые фильтруют питательные вещества внутрь организма, заменяются очень быстро.



**Кровь: 150 дней.**



В течение времени жизни живой системы ее элементы постоянно подвергаются распаду. Энтропия этих процессов положительна (возникает неупорядоченность).

Для компенсации распада (неупорядоченности) совершается внутренняя работа в форме процессов синтеза элементов взамен распавшихся. Эта внутренняя работа – процесс с отрицательной энтропией (*негэнтропия*), а процессы – *негэнтропийные*.

Негэнтропийный процесс противодействует увеличению энтропии системы, связанной с распадом, и создает упорядоченность.

## Термодинамические процессы в живой материи.



Живая материя в основе подчиняется законам физики и самопроизвольно стремится к распаду, к равновесному состоянию с минимальной свободной энергией и максимальной энтропией (левая часть схемы) и означают смерть живой материи, превращение в неживую.

Живая материя остается неравновесной, структурированной, высоко упорядоченной. В ней имеется свободная, готовая совершить работу энергия, а энтропия минимальна. Такое состояние поддерживается за счет притока внешней энергии и ее трансформации в энергию химических связей макромолекул. Концентрация вещества и поля, то есть повышение внутренней свободной энергии материи происходит в процессе разнообразных биосинтезов (образования сложных веществ из простых), сопряженных с поглощением внешней энергии (правая часть схемы на рисунке).

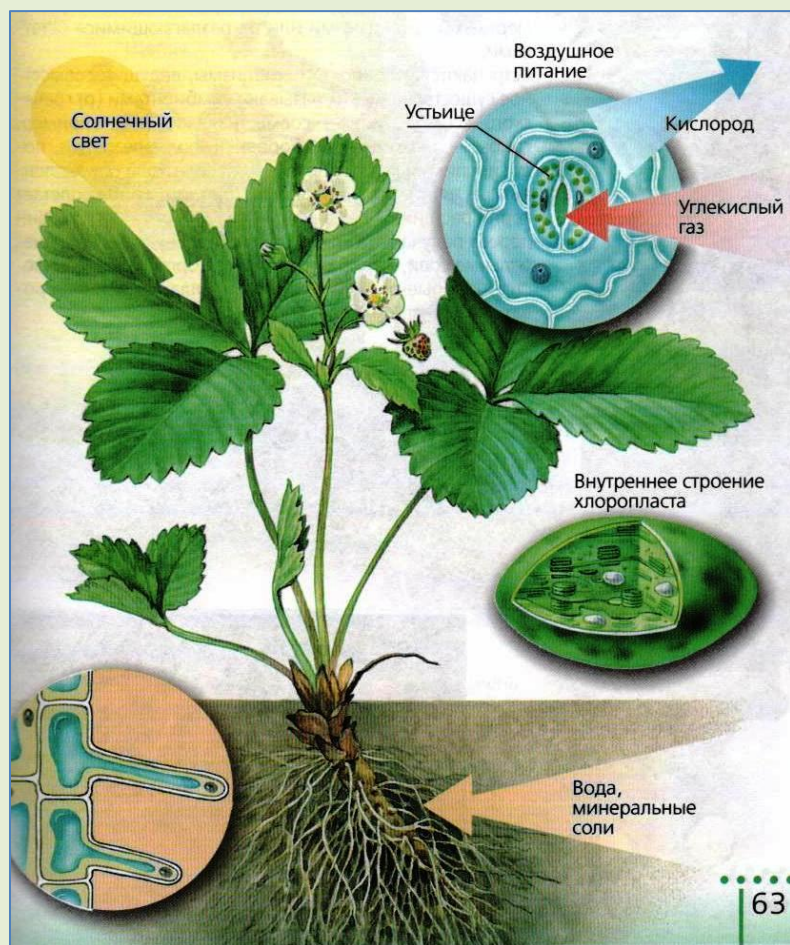
Источником энергии для совершения негэнтропийной внутренней работы:

Для **гетеротрофов**, питающихся органической пищей – энергия в виде химических связей и низкая энтропия поглощаемых высокоструктурированных орг. веществ.

Поглощаемые пищевые вещества обладают большей упорядоченностью (меньшей энтропией), чем выделяемые продукты обмена. Организмы гетеротрофы переносят упорядоченность (негэнтропию) из питательных веществ в самих себя.



Для организмов – **автотрофов**, самостоятельно синтезирующих для себя питательные вещества из неорганических соединений с участием солнечного излучения, представляющего электромагнитное излучение с низкой энтропией.



## **IV. Основные биогеохимические функции биосферы**

**Газовая:** растения и животные постоянно обмениваются кислородом и углекислым газом с окружающей средой в процессе фотосинтеза и дыхания. Растения сыграли решающую роль в формировании состава современной атмосферы. Появление органов фотосинтеза у водорослей обусловило увеличение содержания кислорода в атмосфере, появление животных.

**Концентрационная:** живые организмы, пропуская через своё тело большие объёмы воздуха и природных растворов, осуществляют биогенную миграцию и концентрирование химических элементов. Например, строительство раковин и скелетов, образование коралловых островов, известняков, месторождений серы, биосинтез органики.



Большой Барьерный Риф состоит из > 2900 отдельных коралловых рифов и островов. Расположен в Коралловом море, вдоль северо-восточного побережья Австралии. Большой Барьерный риф - самая большая в мире экосистема, колония коралловых полипов. Его даже хорошо видно из космоса.

### Стадии развития кораллового рифа





Месторождение серы в Данакильской котловине район Афар север Эфиопии. Одно из самых жарких мест планеты.





Раковина моллюсков – наружный скелет покрывает их тело и выполняет функции защиты и опоры. Секретирует раковину мантийный эпителий нарастающего края. Ниже мантийного эпителия благоприятная среда для **биоминерализации**  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{HCO}_3^-$  и образования углекислого кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) – минерального составляющего раковины.





**Coral island**  
and reef sharks  
Siam-Bay  
Thailand



Coral Reef, Marshall **Islands**



**Коралловый остров, атолл Хувадху Мальдивские острова.** Коралловый остров - результат жизнедеятельности рифостроящих организмов в океанах и морях тропического пояса, большинство в Тихом океане. Атолл – это тоже коралловый остров, но в виде сплошного или разорванного кольца.

**Известняк** – осадочная горная порода органического, реже хемогенного происхождения, состоящая из кристаллов кальцита различного размера (карбонат кальция;  $\text{CaCO}_3$ ). *Ракушечник* – известняк из раковин морских животных и их обломков. Различают *нуммулитовые* (одноклеточные отряда фораминифер), *мшанковые* (колониальные первичноротые) и *мраморовидные* известняки – массивнослоистые и тонкослоистые. При метаморфизме происходит перекристаллизация известняка и образуется мрамор.

**Рис.** Известняк с  
останками  
беспозвоночных



Жизнь сотворила Землю или Земля сотворила жизнь? Состав Мирового океана как водного тела существенно определяется наличием в воде живых существ. **В современных морях продолжительность пребывания атомов кремния, фосфора, углерода, азота и кальция составляет всего от 10 до 100 лет (что на порядок ниже ожидаемой продолжительности, исходя из атомной массы этих элементов и объемов их поступления в океан), а атомов натрия и хлора – 50 000 лет.** Эта разница обусловлена тем, что Si, P, C и Ca – биогены и востребованы живыми существами для создания органических и неорганических (скелет) тканей. Эти элементы очень быстро изымаются из раствора, а невостребованные Na и Cl накапливаются, и морская вода приобретает вкус поваренной соли. Если бы не организмы, то состав океана регулировался бы только притоком элементов (реки, подземные воды, вулканические и гидротермальные выделения, растворение океанической коры) и их стоком (формирование эвапоритов, глубоководных сульфидов, испарение и поглощение океанической корой). Впрочем, со временем организмы смогли вмешаться даже в эти физико-химические процессы. Андрей Журавлев Сотворение Земли. Как живые организмы создали наш мир.- М.: Альпина нон-фикшн, 2018.- 514 с.



АНДРЕЙ ЖУРАВЛЕВ  
СОТВОРЕНИЕ  
ЗЕМЛИ

КАК ЖИВЫЕ  
ОРГАНИЗМЫ  
СОЗДАЛИ  
НАШ МИР

  
ТРАЕКТОРИЯ

  
АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

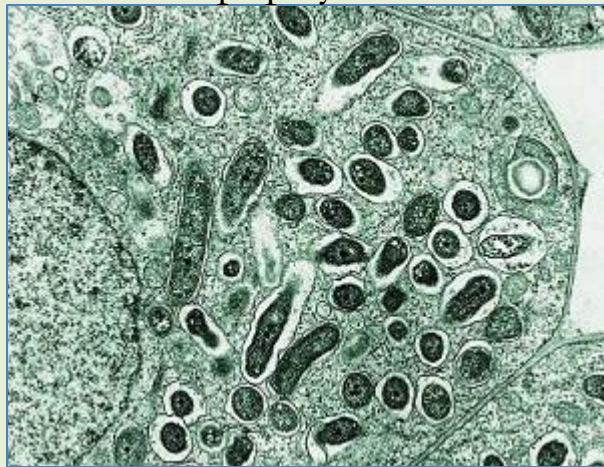
## ***Окислительно-восстановительная функция биосферы:***

многие вещества при обычных условиях очень устойчивы и не окисляются. В живых клетках благодаря ферментам окислительно-восстановительные реакции протекают в миллионы раз быстрее, чем в неживой среде.

Например, молекула азота  $N_2$  очень устойчива, поэтому соединение азота с другими элементами требует больших затрат энергии. Наиболее эффективная фиксация азота в природе осуществляется клубеньковыми бактериями бобовых растений.



Молодые клубеньковые бактерии палочковидные, но внутри клубеньков они меняют форму



Клубеньковые бактерии внутри клубенька



Клубеньки белого люпина



**Информационная:** организмы способны к получению информации: генетическая информация и молекулярная информация, связанная с ОВ и энергии. С появлением первых живых существ появилась активная («живая») информация, отличающаяся от «мертвой» информации, которая есть простое отражение структуры. Организмы способны к получению информации путем соединения потока энергии с активной молекулярной структурой, играющей роль программы. Способность воспринимать, хранить и перерабатывать молекулярную информацию совершила опережающую эволюцию в природе и стала важнейшим экологическим системообразующим фактором. Великую формулу ДНК->РНК->белок Фрэнсис Крик назвал центральной догмой молекулярной биологии.



***Средорегулирующая:*** биота способна с большой точностью и длительное время поддерживать на постоянном уровне важные параметры окружающей среды.

***Энергетическая:*** выполняется зелёными растениями, в основе процесс фотосинтеза. Растения аккумулируют солнечную энергию и перераспределяют её между остальными компонентами биосферы.

***Средообразующая:*** все перечисленные функции живого вещества биосферы в совокупности.



**Рис. Основные типы экосистем**

## V. **Круговорот веществ и поток энергии в экосистеме**

*Принцип единства организм-среда (основной биологический закон)* – между живыми организмами и окружающей их средой существуют тесные взаимоотношения, взаимозависимости и взаимовлияния, обуславливающие их единство.

В экосистеме органические вещества синтезируются автотрофами из неорганических веществ. Затем они потребляются гетеротрофами.

Выделенные в процессе жизнедеятельности или после гибели организмов (автотрофов, гетеротрофов) орг. вещества подвергаются *минерализации* – превращению в неорганические вещества, кот. могут быть вновь использованы автотрофами для синтеза органических веществ. Так происходит *биологический круговорот веществ*.

По I закону термодинамики, энергия не исчезает бесследно, а переходит из одной формы в другую. Так, на первом трофическом уровне зелеными растениями солнечная энергия в процессе фотосинтеза преобразуется в энергию химических связей орг. веществ – **валовая первичная продукция**.

По II закону термодинамики, любые превращения энергии сопровождаются переходом части ее в такое состояние, когда она уже не может быть использована для работы.

Так, большая часть поглощенной растениями, но не усвоенной энергии, рассеивается в окружающую среду в виде тепловой энергии. Часть образованных орг. веществ окисляется, а высвобождающаяся энергия расходуется на поддержание всех метаболических процессов – **траты на дыхание**. Эта энергия, в конечном счете, также рассеивается в виде тепла.

Оставшаяся часть новообразованных орг. веществ составляет прирост биомассы растений и называется **чистой первичной продукцией**. В нее превращается только 1% поглощенной растением энергии.

# БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ

**ПЕРВИЧНАЯ**  
*созданная  
продуцентами*

**ВТОРИЧНАЯ**  
*созданная  
консументами и  
редуцентами*

**ВАЛОВАЯ**  
*общая, созданная  
растениями за  
единицу времени*

**ЧИСТАЯ**  
*после расходов  
на дыхание и  
корневые  
выделения*

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКЦИЯ



первичная  
валовая

первичная  
чистая

вторичная

До второго трофического уровня доходит только часть чистой первичной продукции. Некоторая ее часть не используется консументами первого порядка. Она может накапливаться или экспортироваться за пределы системы.

Та часть, которую ассимилировали (потребили) консументы, частично тратится на дыхание, частично выделяется с экскрементами, а остальное накапливается в виде *вторичной продукции*.



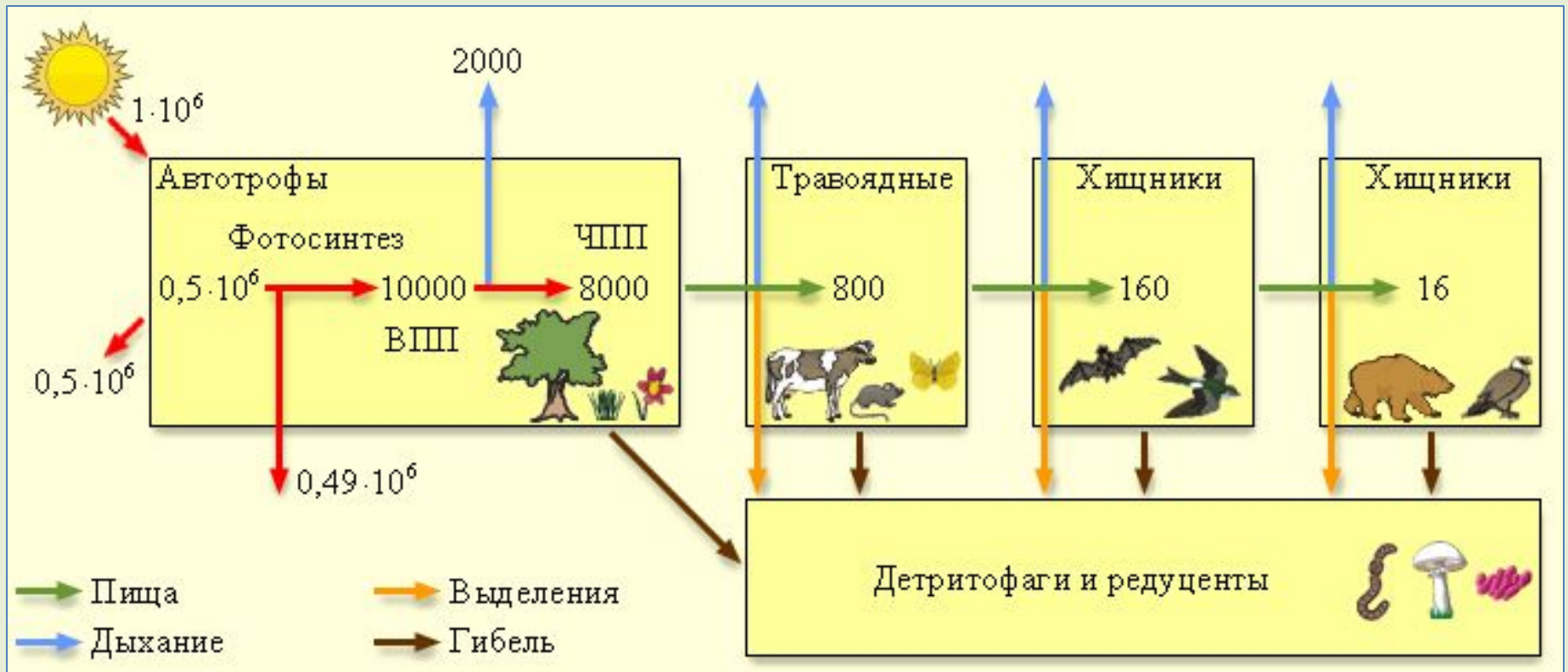


## **Правило десяти процентов**

(Р. Линдеман, 1942) – на каждый следующий трофический уровень переходит примерно 10% вещества и энергии предыдущего уровня.

Вторичная продукция на каждом последующем трофическом уровне консументов составляет около 10% предыдущей (на уровне хищников может быть выше – до 20%). Поэтому число трофических уровней никогда не бывает слишком большим.

**Раймонд Лоурел Линдеман** (R.L. Lindeman, 1915-1942) автор всего шести публикаций, определивших трофико-динамическое направление исследований в экологии.



**Рис.** В процессе фотосинтеза используется лишь 1 % солнечной энергии. На каждом трофическом уровне определенное количество энергии теряется, и на следующий уровень переходит 10-20% энергии. Значительная часть энергии расходуется в виде тепла, поэтому число звеньев цепи ограничено.

Пищевые цепи можно представить в виде *экологических пирамид*. Различают три основных типа экологических пирамид.

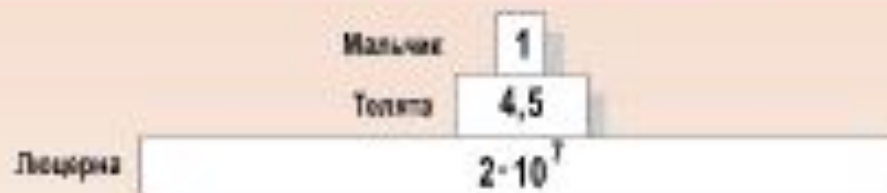
**1. Пирамида чисел (пирамида Элтона)** отражает уменьшение численности организмов от продуцентов к консументам.

**2. Пирамида биомасс** показывает изменение биомасс на каждом следующем трофическом уровне: для наземных экосистем пирамида биомасс сужается кверху, для экосистемы океана — имеет перевернутый характер (сужается книзу), что связано с быстрым потреблением фитопланктона консументами.

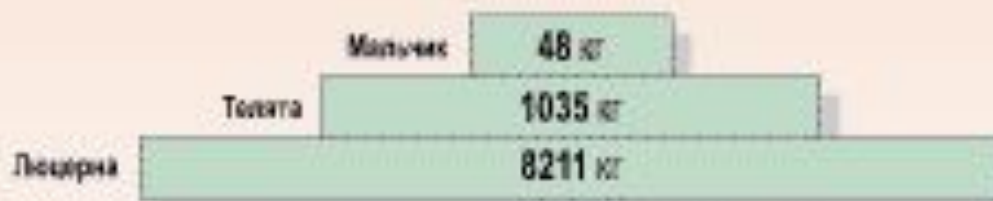
**3. Пирамида энергии (продукции)** универсальна и отражает уменьшение количества энергии, содержащейся в продукции, создаваемой на каждом следующем трофическом уровне.

# ПИРАМИДЫ ЧИСЕЛ, БИОМАСС И ЭНЕРГИИ

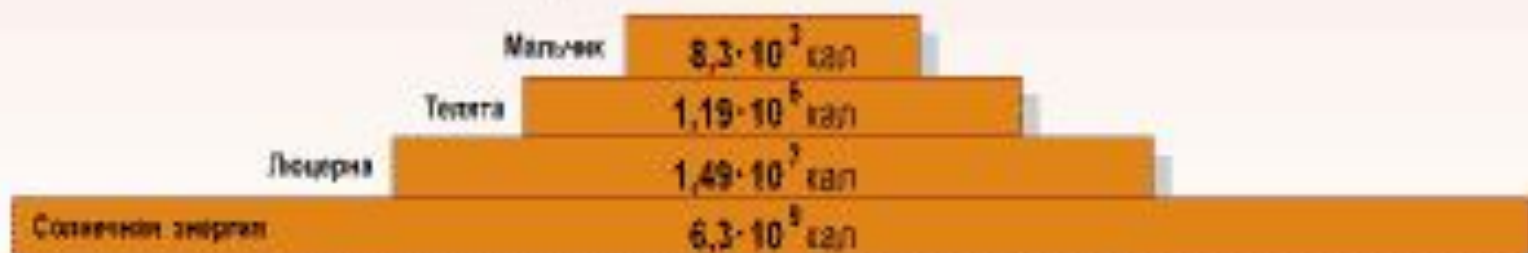
(по Ю. Одуму, 1975)



Пирамида чисел,  $\text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$



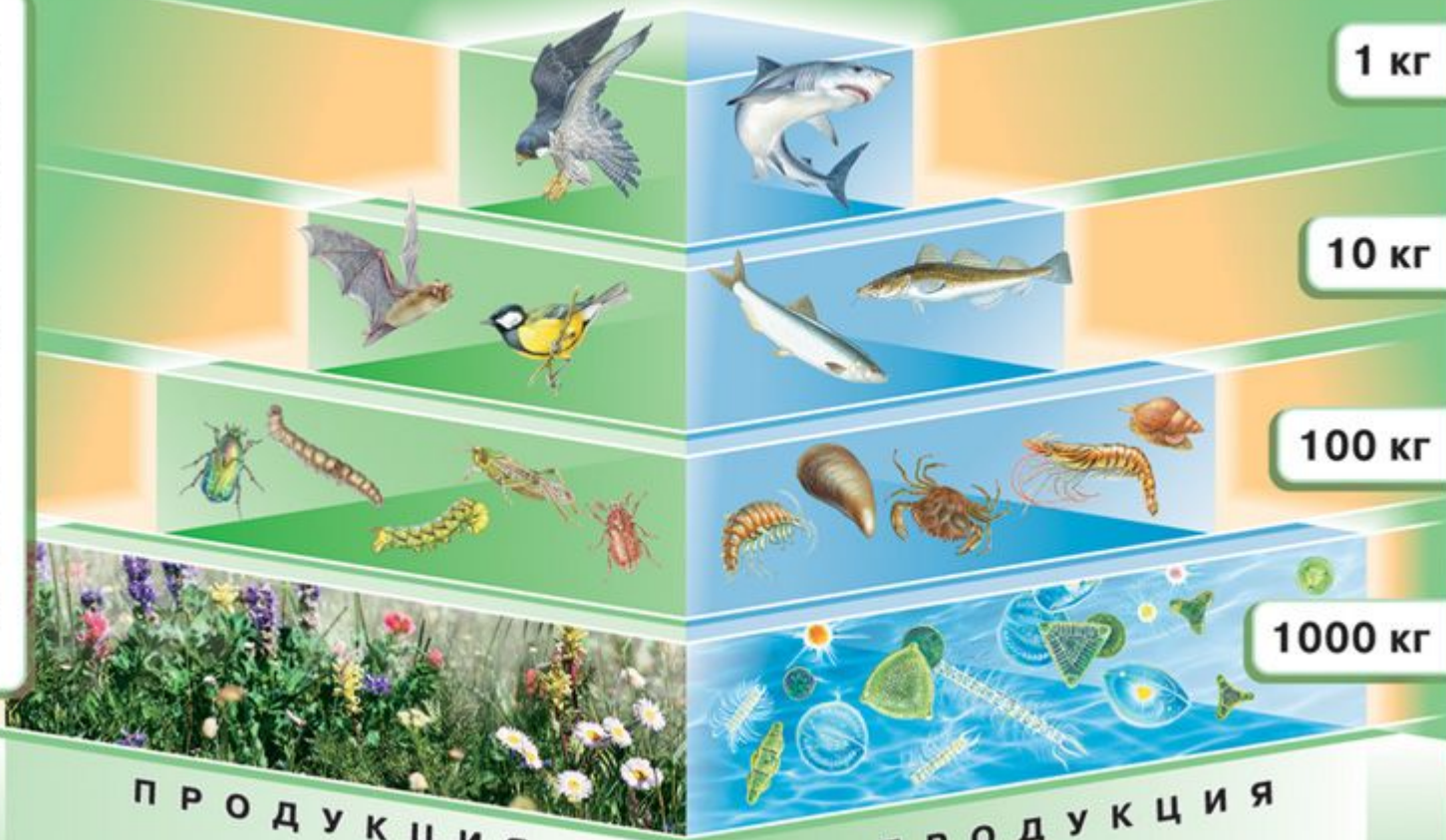
Пирамида биомассы,  $\text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$



Пирамида энергии,  $\text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПИРАМИДА

ТРОФИЧЕСКИЕ УРОВНИ



ПРОДУКЦИЯ

ПРОДУКЦИЯ

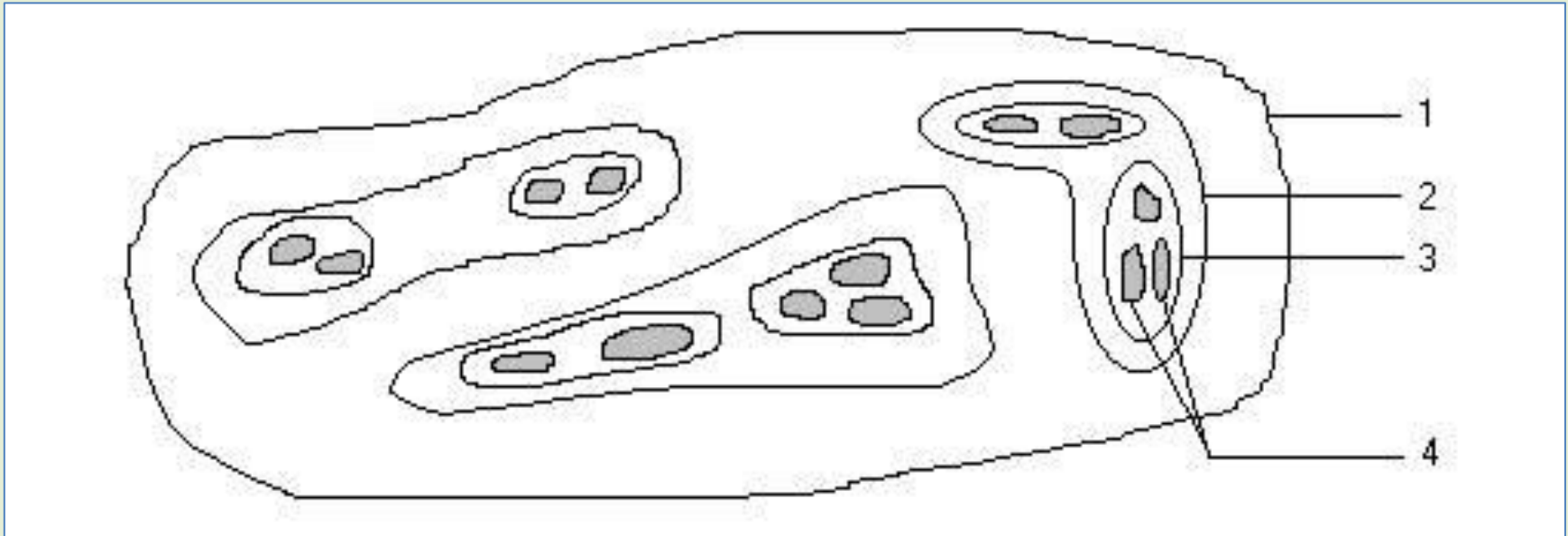
Прирост биомассы в экосистеме, созданной за единицу времени, называется **биологической продукцией (продуктивностью)**. Выделяют:

**Первичная продукция** – биомасса, созданная за единицу времени продуцентами. Делится на валовую и чистую.

**Валовая первичная продукция** (общая ассимиляция) – это общая биомасса, созданная растениями в ходе фотосинтеза. Часть ее расходуется на поддержание жизнедеятельности растений – траты на дыхание (40-70 %). Оставшаяся часть – **чистая первичная продукция** (чистая ассимиляция), используется консументами и редуцентами, или накапливается в экосистеме.

*Вторичная продукция* – биомасса, созданная за единицу времени консументами. Различна для каждого следующего трофического уровня.

**Биомасса** – масса организмов определенной группы (продуцентов, консументов, редуцентов) или сообщества в целом. Самой высокой биомассой и продуктивностью обладают тропические дождевые леса, самой низкой – пустыни и тундры.



**Рис.** Пространственные подразделения популяций и вида (И. Н. Пономарева, 1975): 1 – ареал вида; 2 – географическая популяция; 3 – экологическая (местная) популяция; 4 – микропопуляция (элементарная популяция).



## VI. Место человека в биосфере

### *Социальная система:*

переэксплуатация биологических ресурсов; нарушение естественных трофических связей; повышение доли вещества не возвращаемого в кругооборот – невозобновимость ресурсов. *Антропогенное* воздействие

### *Биологический*

*объект:* консумент-полифаг с аэробным типом обмена.

*Антропогенное*  
воздействие

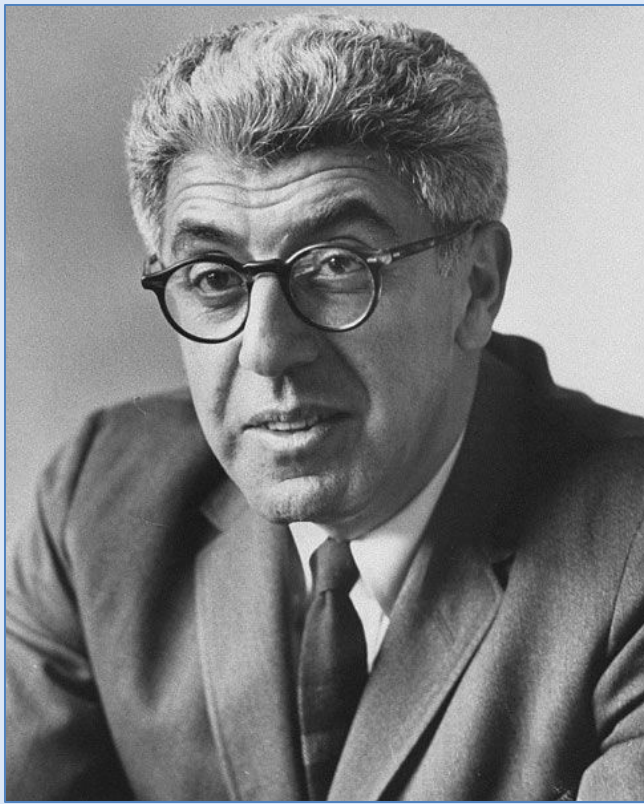
**Кризисная ситуация:** человечество как социальная система функционирует намного шире, чем как биологическая, что ведет к ухудшению качества среды.

**Биологический императив** (принцип, Т. Сутт, 1988): выживание человека возможно лишь при сохранении жизни на Земле.

**Решение проблемы:** формирование искусственных экосистем: **1)** Изучение устойчивости биосистем к антропогенным факторам. **2)** Сознательное управление экологическими системами с целью повышения продуктивности.

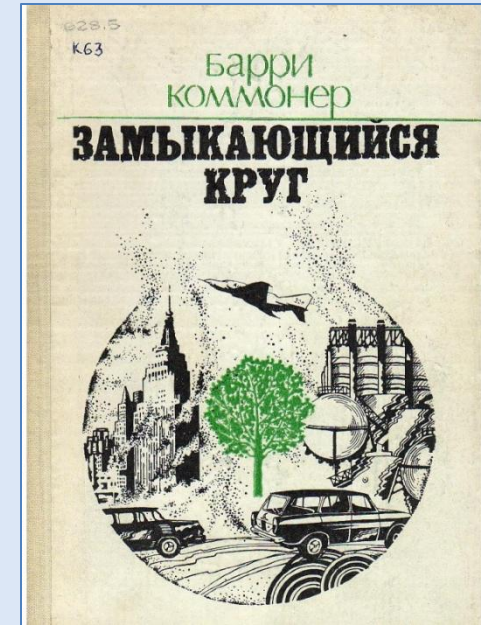
**Б.Коммонер** обобщил системность экологии как науки в виде 4 законов, сформулированных в виде афоризмов в книге «Замыкающийся круг», 1974:

- 1) *Все связано со всем;*
- 2) *Все должно куда-то деваться* (энергия не исчезает, а куда-то переходит) загрязнители, попадающие в реки, в конечном счете оказываются в моря и океанах и с их продуктами возвращаются к человеку;
- 3) *Природа знает лучше.* Любое действие человека не остается бесследным. (Мы должны приспособливаться к природе);
- 4) *Ничто не дается даром* (человек пытается выкачать из природы все).



## **Барри Коммонер**

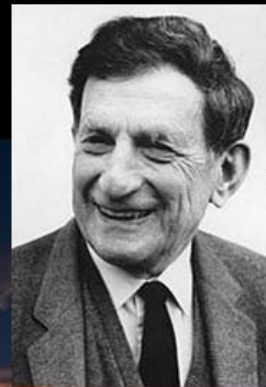
(1917-2012) – американский биолог и эколог. Кандидат в президенты США в 1980 г. от гражданской партии, набравший 0,27% голосов.



Афоризмы Б. Коммонера в книге «Замыкающийся круг», 1974:

- 1. Все связано со всем;*
- 2. Все должно куда-то деваться;*
- 3. Природа знает лучше;*
- 4. Ничто не дается даром.*

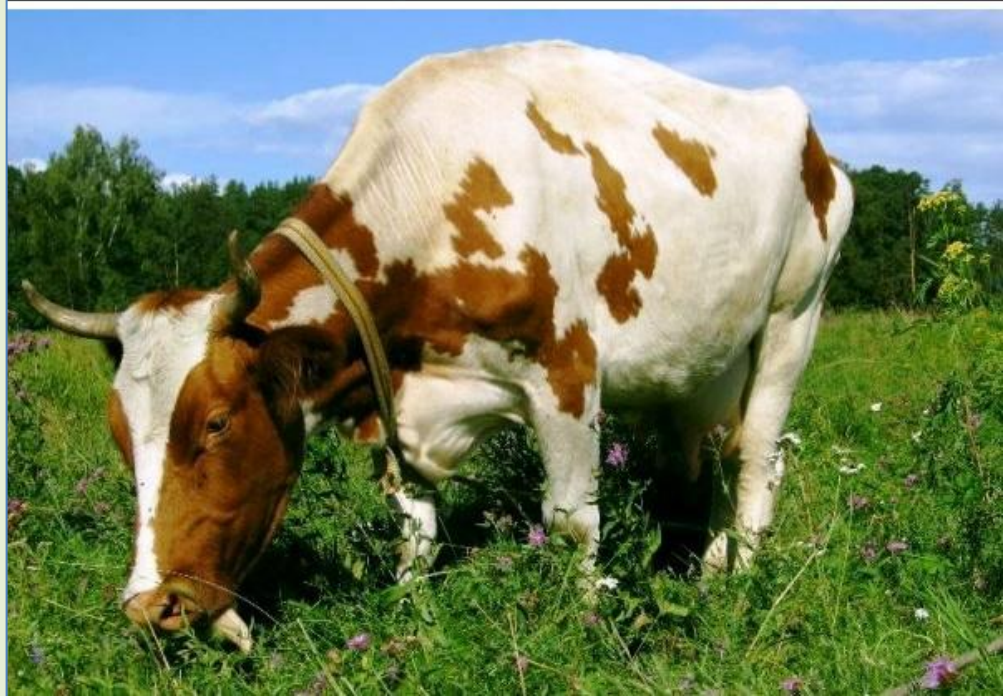
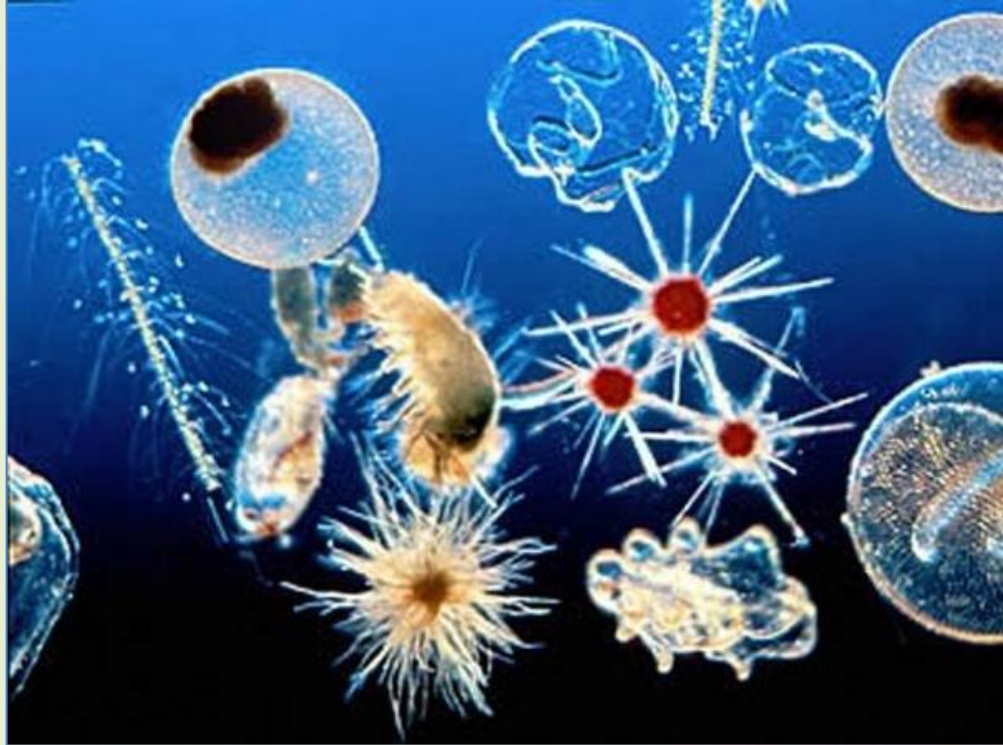
**Космологическая концепция Бома.** Дэвид Джозеф Бом (1917-1992) – англо-американский ученый-физик, известен работами по квантовой физике, философии и нейропсихологии. В начале 1970-х разработал голографическую модель. В теории Бома «голодвижение» (*holomovement*) каждый пространственно-временной участок мира содержит весь порядок вселенной, включая прошлое, настоящее и будущее. Как в голограмме, где каждый сегмент содержит информацию о целом объекте, каждый участок воспринимаемого нами мира содержит в себе полную информацию о структуре вселенной или целого мира. В этой холистской концепции все, включая мысли и поступки, произрастает из единой основы, приводя к тому, что любое изменение в одной части мира немедленно сопровождается или отражается в изменениях во всех остальных частях. Эта теория Бома использована американским нейропсихологом Карлом Прибрамом, который рассматривал мозг как голографическую структуру.



Дэвид Джозеф Бом (1917-1992)



Мелкий, но очень важный! У мелких растений и животных - водорослей, бактерии, простейших - удельный метаболизм (на 1 г биомассы) значительно выше, чем у крупных, например, деревьев и позвоночных. Это относится и к фотосинтезу, и дыханию. Самыми важными для метаболизма целого сообщества оказываются не малочисленные крупные, а многочисленные мельчайшие организмы, порой не различимые невооруженным глазом. Например, метаболизм фитопланктона, которых в озере не более нескольких килограммов на гектар, не отличается от метаболизма намного большей биомассы деревьев в лесу или травы на лугу. Точно так же несколько килограммов зоопланктона, «пасущегося» на водорослях, имеет общее дыхание, равное дыханию



В чем связь саранчи со слонами и хоз. продукцией фермы. Этот секрет раскроет закон удельной продуктивности экосистемы: при измельчании особей выход биомассы с единицы площади в силу более плотного заселения пространства увеличивается. Слоны не дадут такой биомассы и продукции с единицы площади, которую способна дать саранча. Еще интересней, мелкие предприятия и фермы в сумме производят больший объем хозяйственной продукции, чем крупные, тем более крупнейшие.



Дублирование ради устойчивости и стабильности! Принцип экологического дублирования: организмы одной трофической группы замещают друг друга; мобильный природный механизм поддержания надежности и адаптации биоценозов. Так, копытных в степи и саванне сменяют грызуны, а в ряде случаев – растительноядные насекомые. Общий «смысл» дублирования: максимально полно провести и использовать поток энергии, стабилизировать биоценоз в меняющихся условиях существования. Реймерс Н. Ф. обобщил закономерности саморегуляции биоценозов в принципе стабильности: любая биосистема с проходящим через нее потоком энергии развивается в сторону устойчивого состояния.



Гарем сайгаков в степи donvrem.ds



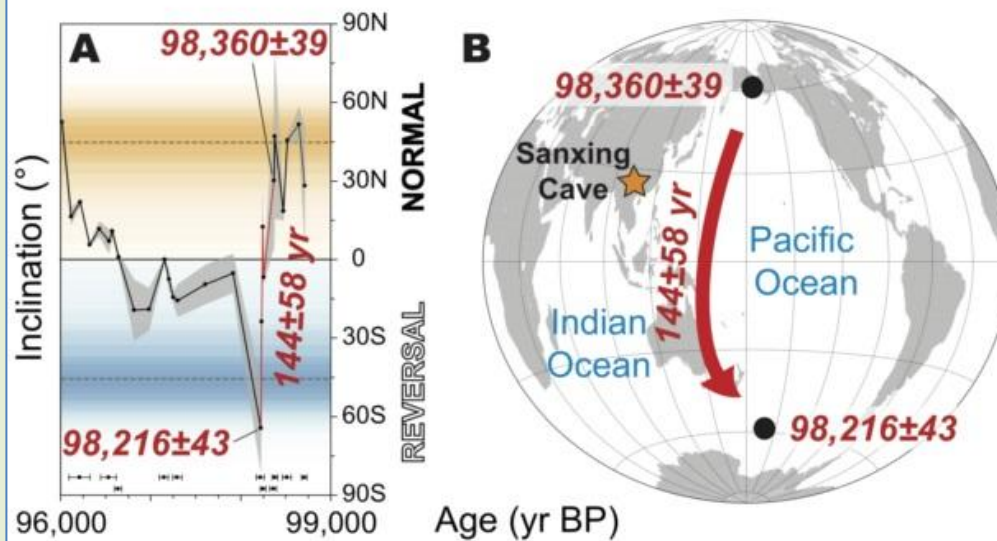
Полевая мышь - любитель зерновых культур



Геомагнитный экскурс серьезнее исторического! Сильные изменения полярности магнитного поля Земли могут происходить за очень короткий срок – всего полтора века достаточно для разворота полюсов более чем на  $100^\circ$ . За время жизни на Земле человека подобная инверсия не происходила ни разу. Геологи из Национального университета Тайваня предложили исследовать сталагмиты пещеры Саньсин в южном Китае. По изотопам урана и тория (91-107 тысяч лет) измерили длительность разворота магнитного поля. Так, для разворота на  $100^\circ$  хватило всего около 144 лет. В периоды геомагнитных экскурсов магнитное поле планеты ослабляется, космическое излучение проникает глубже в атмосферу. Смена магнитной полярности отразится на спутниковых системах, биосфере и человеческом обществе. [Геомагнитные экскурсы](#) – периоды неустойчивости магнитного поля, при которых его направление временно поворачивается на  $60-180^\circ$ , довольно быстро возвращается в исходное положение. Эти периоды неустойчивости вызваны с турбулентными процессами в жидко-металлической оболочке земного ядра, но неоднозначно. Иногда при исследовании подобных сложных задач на помощь приходят ритуалы людей, живших на Земле больше тысячи лет назад. Так, по намагниченности частиц песка, которые образовывались при поджигании загонов для скота в южной Африке, ученые восстановили картину распределения магнитного поля Земли в 1000-1600 гг. нашей эры.



Сталагмиты в пещере Саньсин



Наклон магнитной оси Земли в период от 99 до 96 тысяч лет назад (слева) и схема максимального смещения магнитного полюса планеты за этот период (справа)

Упругость или резистентность, что предпочесть? Степень стабильности экосистемы обычно определяется двумя факторами: жесткостью окружающей среды (сопротивление окружающей среде) и эффективностью внутренних управляющих механизмов. Различают два типа стабильности экосистем: резисторную и упругую. Резисторная сопротивляется возмущению, разрушающему действию окружающей среды, сохраняя и структуру и функции экосистем. Упругая – теряет свою структуру и свойства под действием возмущения, но быстро восстанавливается. Пример резисторной стабильности – лес из крупных пород деревьев (например: секвойи), успешно сопротивляющихся действию лесного пожара. Пример упругой стабильности - кустарниковый лес легко сгорающ



Кто ты мобилист или фиксист? Третьего не дано! Мобилизм – научное направление в геологии, допускающее значительные (до тысяч километров) горизонтальные перемещения участков земной коры (литосферы), в том числе континентов. Существует несколько мобилистских гипотез и теорий, среди них общепринятая теория тектоники плит. Фиксизм – противоположное мобилизму направление, отрицающее крупные горизонтальные перемещения литосферы. Известный немецкий метеоролог и мобилист Альфред Вегенер в 1923 г. отправился в Гренландию, чтобы доказать, что расстояние между Европой и Гренландией непрерывно увеличивается. Во время этой экспедиции он погиб. Так и хочется спросить, а не что

