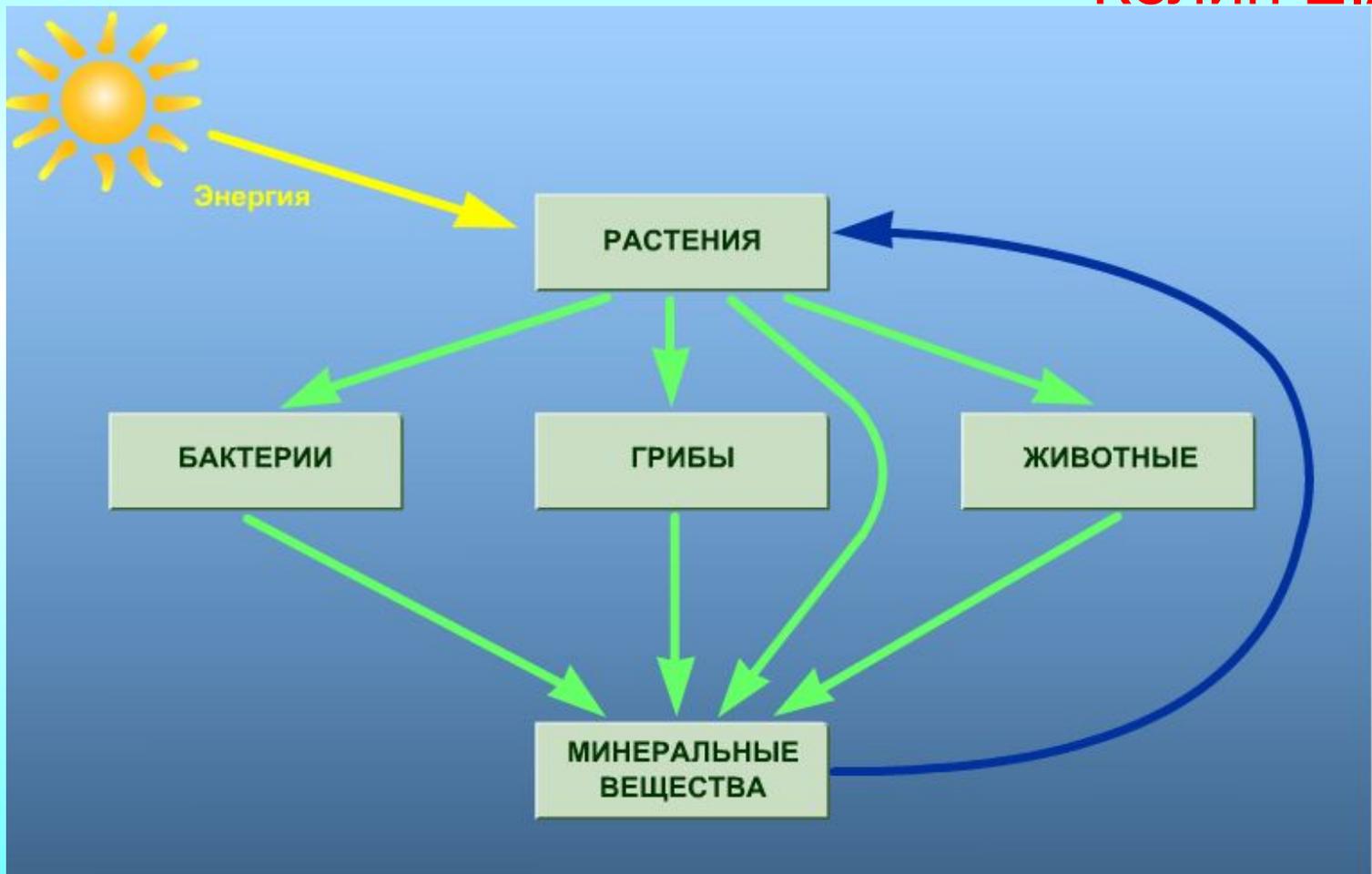


Энергетика и продуктивность экосистем.

Келин Е.А.



Потоки вещества и энергии.

Говоря о потоках вещества и энергии, следует четко определиться в этих терминах:

Поток вещества - перемещение последнего в форме химических элементов и их соединений от продуцентов к редуцентам (через консументы или без них).



Автотрофы в процессе фотосинтеза или хемосинтеза запасают энергию в химических связях органических соединений.

Поток энергии - переход энергии в виде химических связей органических соединений (пищи) по цепям питания от одного трофического уровня к другому (более высокому). Следует указать, что в отличие от веществ, которые постоянно циркулируют по разным блокам экосистемы и всегда могут вновь входить в круговорот, поступившая **энергия может быть использована только один раз.**



Схема переноса веществ и энергии в природных экосистемах

Суть этого взаимодействия заключается в обмене веществом и энергией. Организм получает энергию с пищей и передаёт вещество и энергию дальше по пищевым цепям. Передача энергии происходит с потерей части энергии. При этом ее перераспределение подчиняется строгой закономерности: энергия, получаемая экосистемой и усваиваемая продуцентами, рассеивается или вместе с их биомассой передается консументам первого, второго и других порядков, а затем редуцентам с падением потока энергии на каждом трофическом уровне.



Основной процесс запасаения энергии солнечного света в энергию химических связей это фотосинтез.

Солнечный свет имеет волны разной длины и различной функции.

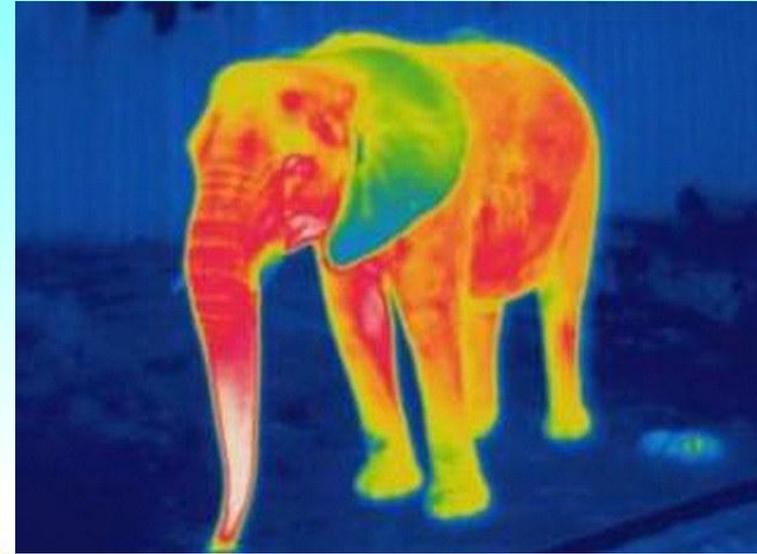
1. Лучи с длиной волны до 400 нм (1 нм = 10^{-9} в минус 9 степени) - ультрафиолетовые (УФ)

Коротковолновые УФ: губительны для живого, вызывают рак. От них биосферу защищает озоновый экран.

Длинноволновые УФ: способствует синтезу витамина D, образованию загара.



2. Лучи с длиной волны 400-710 нм: **видимая часть спектра или ФАР-фотосинтетически активная радиация** т.е. способствует фотосинтезу.
3. Лучи с длиной волны более 710 нм: **инфракрасная часть спектра**. Несёт тепловой эффект.



При фотосинтезе связывается около 1 % ФАР. Иногда удаётся её увеличить до 8-10 % (тропические леса, опыты с постоянным освещением).



Баланс пищи и энергии можно представить в виде уравнения:

$$\text{Э п. (потреблённой пищи)} = \text{Э д. (дыхания)} + \text{Э пр. (прироста)} + \text{Э п.в. (продуктов выделения)}$$



При всём разнообразии расходов энергии **в среднем максимальны на дыхание (до 70 %)**, выделение с экскрементами (до 50 %) у некоторых насекомых, травоядных.

Переход энергии с одного трофического уровня на другой в среднем принимается близким к 10%. **Эта закономерность рассматривается как правило 10 %.**

Раймонд Линдеман (1915-1942).

Его основной закон или **правило 10 %** было принято научным обществом после его смерти. Умер от редкой формы гепатита (заболевания печени).



Каждый последующий трофический уровень ассимилирует не более 10 % энергии предыдущего (с уровня на уровень переходит около 10% энергии).

Раймонд Линдеман, 1942 г.

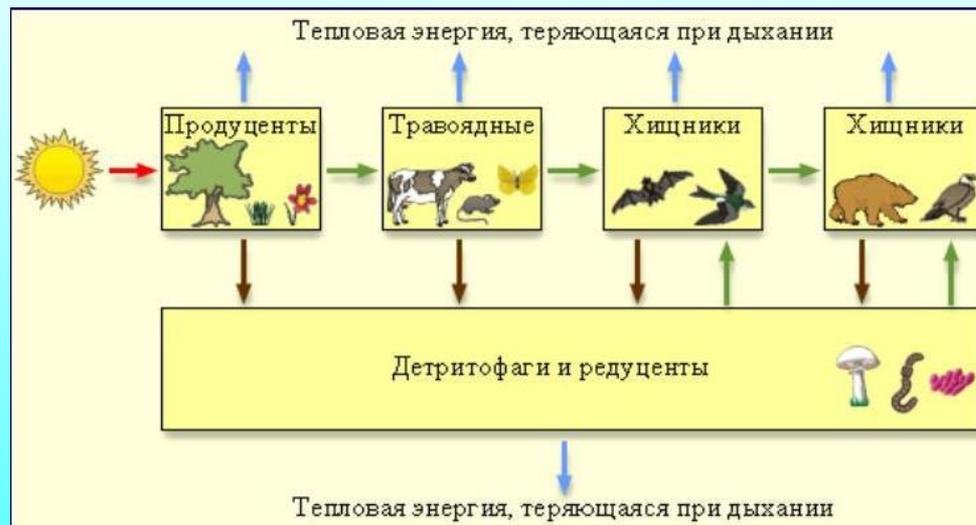


Американский зоолог, гидробиолог. Главная работа «Трофико – динамическое направление в экологическом исследовании».

«Правило экологической пирамиды»

С одного трофического уровня экологической пирамиды на другой трофический уровень переходит не более 10% энергии.

Правило Линдемана сыграло большую практическую роль в вопросах природопользования. Оно позволило рассчитать безопасные объёмы промысла популяций многих хозяйственно важных биологических видов.



Как универсальное явление природы, **односторонний приток энергии обусловлен действием законов термодинамики.**

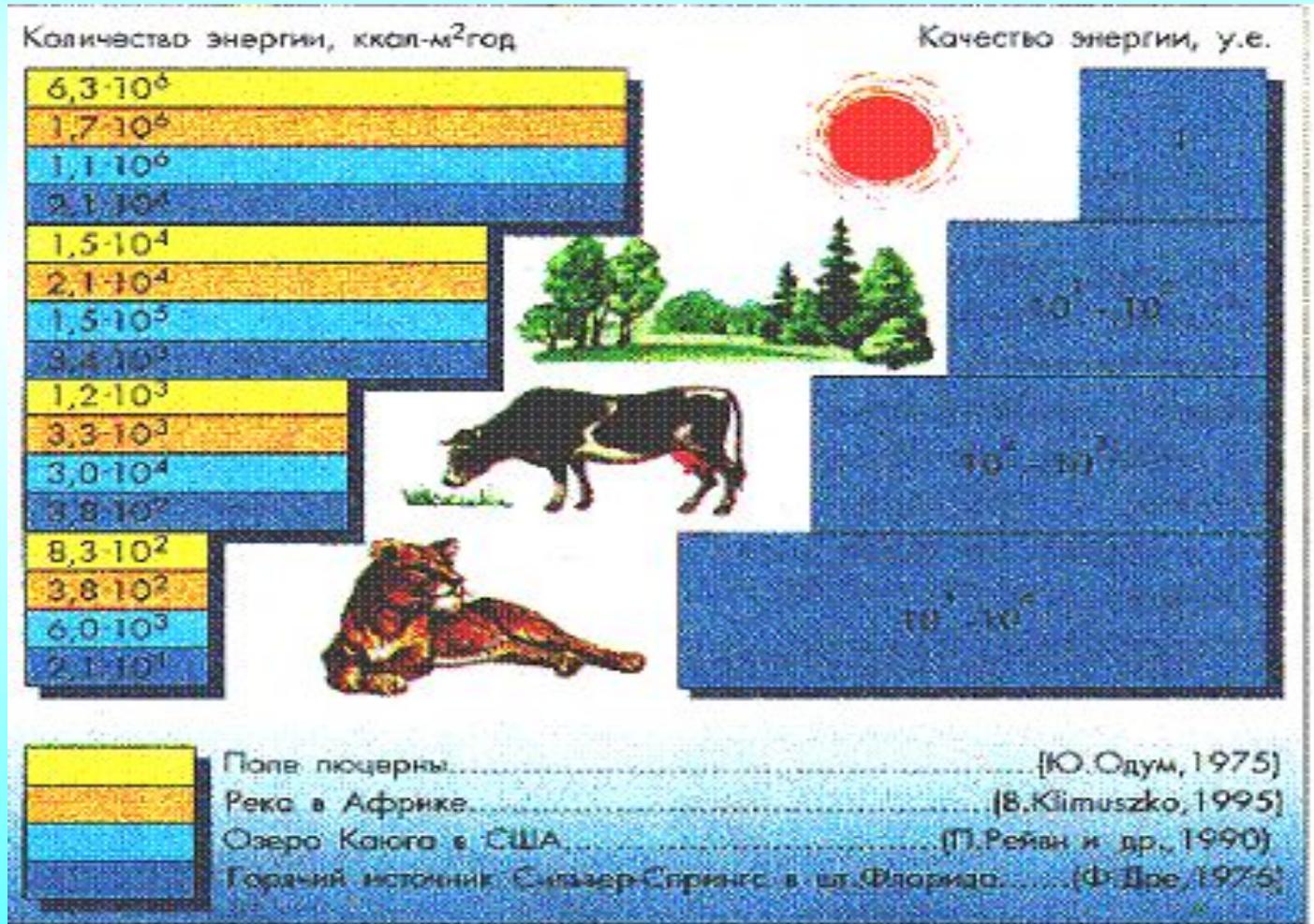
Согласно первому закону термодинамики: энергия может переходить из одной формы (энергия света) в другую (потенциальную энергию пищи), но она никогда не создается вновь и не исчезает бесследно.

Второй же закон термодинамики утверждает, что не может быть ни одного процесса, связанного с превращением энергии, без потери некоторой ее части.

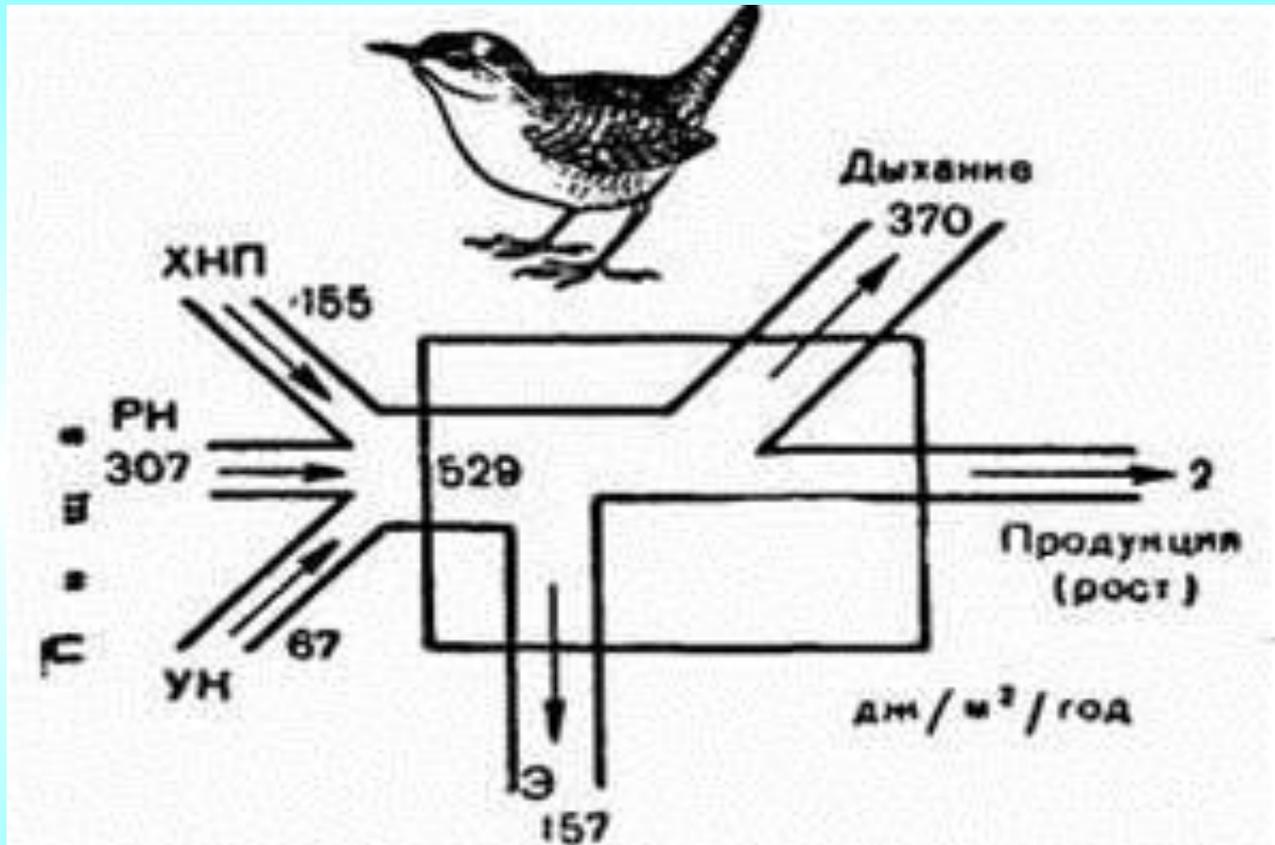


Величина, скорость однонаправленного потока энергии определяет работоспособность экосистемы

По этой причине не может быть превращений, например, пищи в вещество, из которого состоит тело организма, идущих со 100% эффективностью. Таким образом, **функционирование всех экосистем определяется постоянным притоком энергии, которая необходима всем организмам для поддержания их существования и самовоспроизведения.**



Соотношение между энергией, полученной организмом извне, и ее расходом на построение тела и процессы жизнедеятельности называют **энергетическим бюджетом**.



Годовой бюджет энергии в популяции крапивника (по Ю. Одуму, 1975):
Э — экскременты; УН — улитки, крабы; ХНП — хищные насекомые, пауки; РН — растительные насекомые.

Трофическую структуру биоценоза и экосистемы обычно отображают графическими моделями в виде экологических пирамид.

Экологическая пирамида — графические изображения соотношения между продуцентами и консументами всех уровней (травоядных, хищников, видов, питающихся другими хищниками) в экосистеме.

Эффект пирамид в виде графических моделей впервые разработан в 1927 году Ч. Элтоном.

Выражается:

в единицах массы (**пирамида биомасс**).

в числе особей (**пирамида чисел Элтона**).

в заключенной в особях энергии (**пирамида энергий**).

Началом современной биогеоценологии и популяционной экологии считается первая книга Элтона

«Экология животных» (1927 г.).

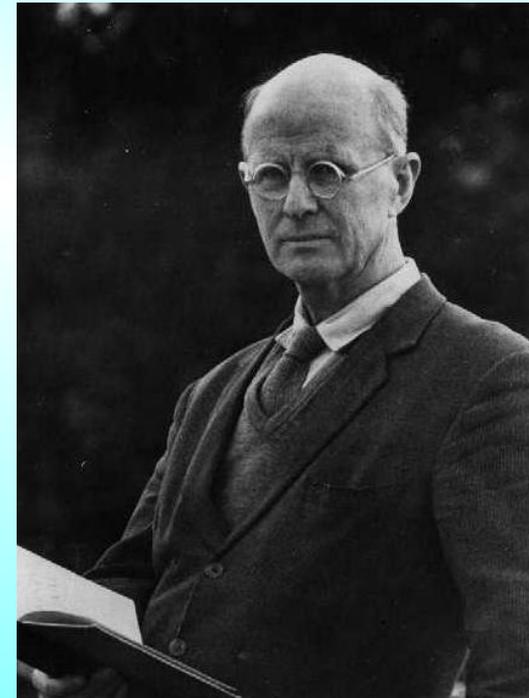
Книга включала три раздела:

-популяционная экология

-экологические пирамиды

-трофические ниши.

Описал структуру и распределение сообществ животных, колебания численности, дисперсию, экологические сукцессии, цепи и циклы питания, пирамиды чисел и экологические ниши.

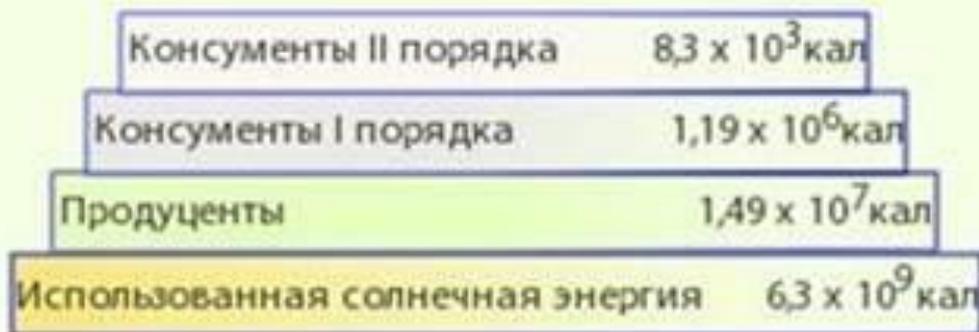


**Чарльз Элтон
(1900-1991 гг.).**

Пирамида энергии. Количество энергии, содержащейся в организмах на любом трофическом уровне цепи питания, меньше её значений на предыдущем уровне.

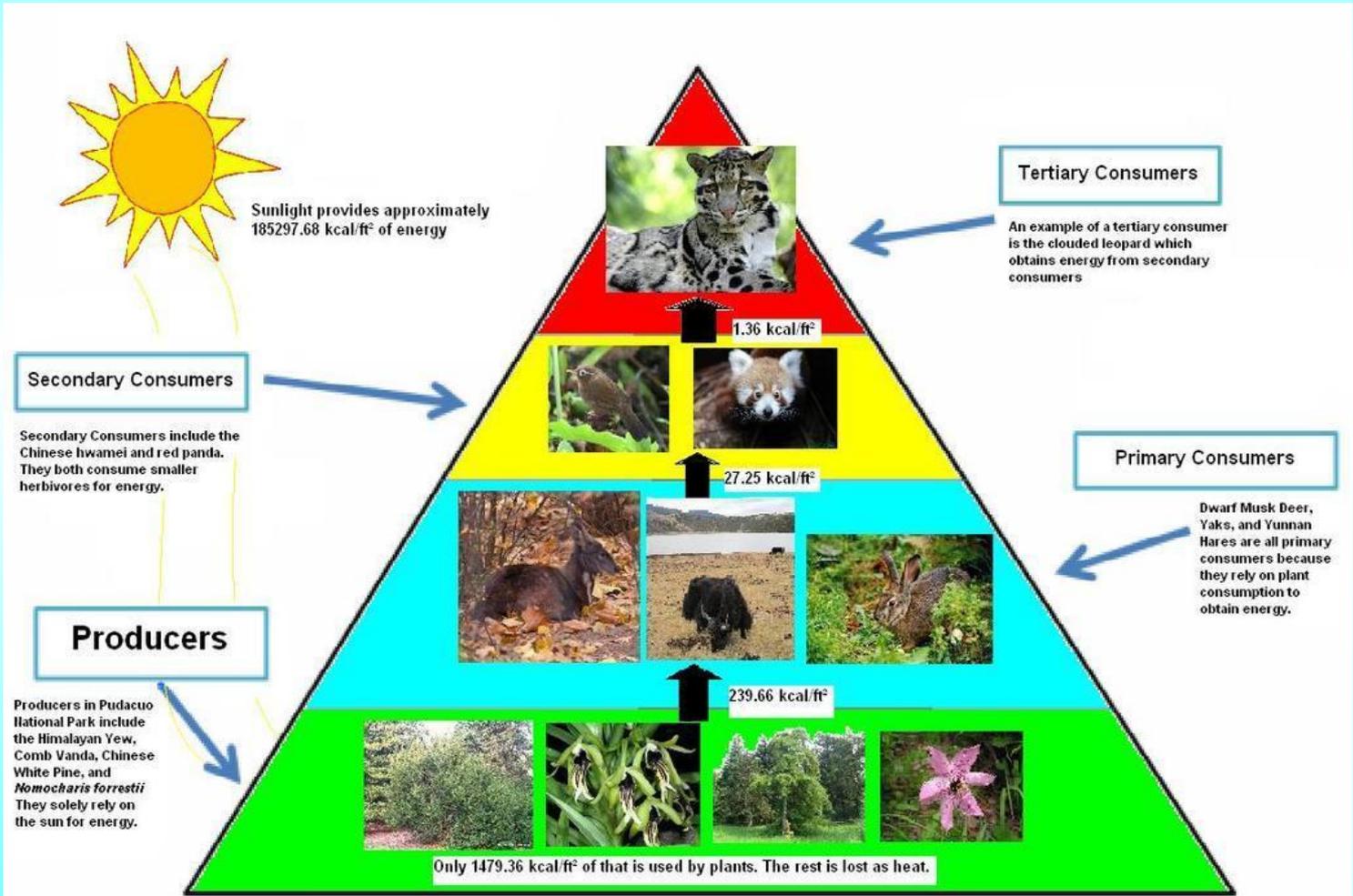
Все экологические пирамиды строятся по одному правилу, а именно: в основании любой пирамиды находятся зеленые растения.

Экологическая пирамида энергии универсальна т.е. всегда имеет вид пирамиды.



Экологическая пирамида энергии

В 1942 году эколог Р. Линдеман сформулировал закон 10 %, согласно которому 10 % энергии поступает на следующий трофический уровень, а 90% теряется. Таким образом с повышением трофического уровня теряется огромное количество энергии. Отсюда ясно, почему для цепи питания обычно характерно не более 3-5 уровней.



Energy Pyramid

Пирамида чисел (численностей) отражает численность отдельных организмов на каждом уровне. В экологии пирамида численностей используется редко, так как из-за большого количества особей на каждом трофическом уровне очень трудно отобразить структуру биоценоза в одном масштабе.

Чтобы уяснить, что такое пирамида чисел, приведем пример. Предположим, что в основании пирамиды 1000 т травы, массу которой составляют сотни миллионов отдельных травинок. Этой растительностью смогут прокормиться 27 млн кузнечиков, которых, в свою очередь, могут употребить в пищу около 90 тыс. лягушек. Сами лягушки могут служить едой 300 форелям в пруду. А это количество рыбы может съесть за год один человек! Таким образом, в основании пирамиды несколько сотен миллионов травинок, а на ее вершине — один человек. Такова наглядная потеря вещества и энергии при переходе с одного трофического уровня на другой.

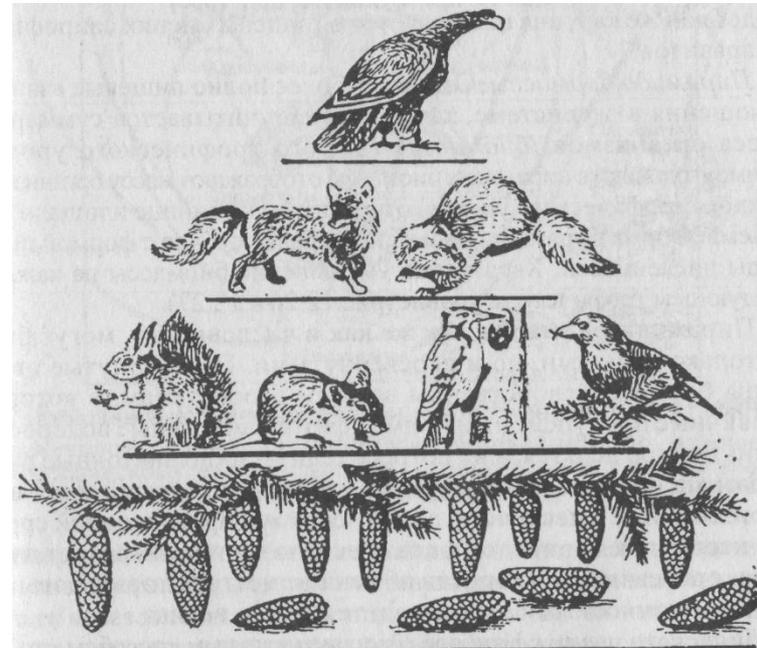
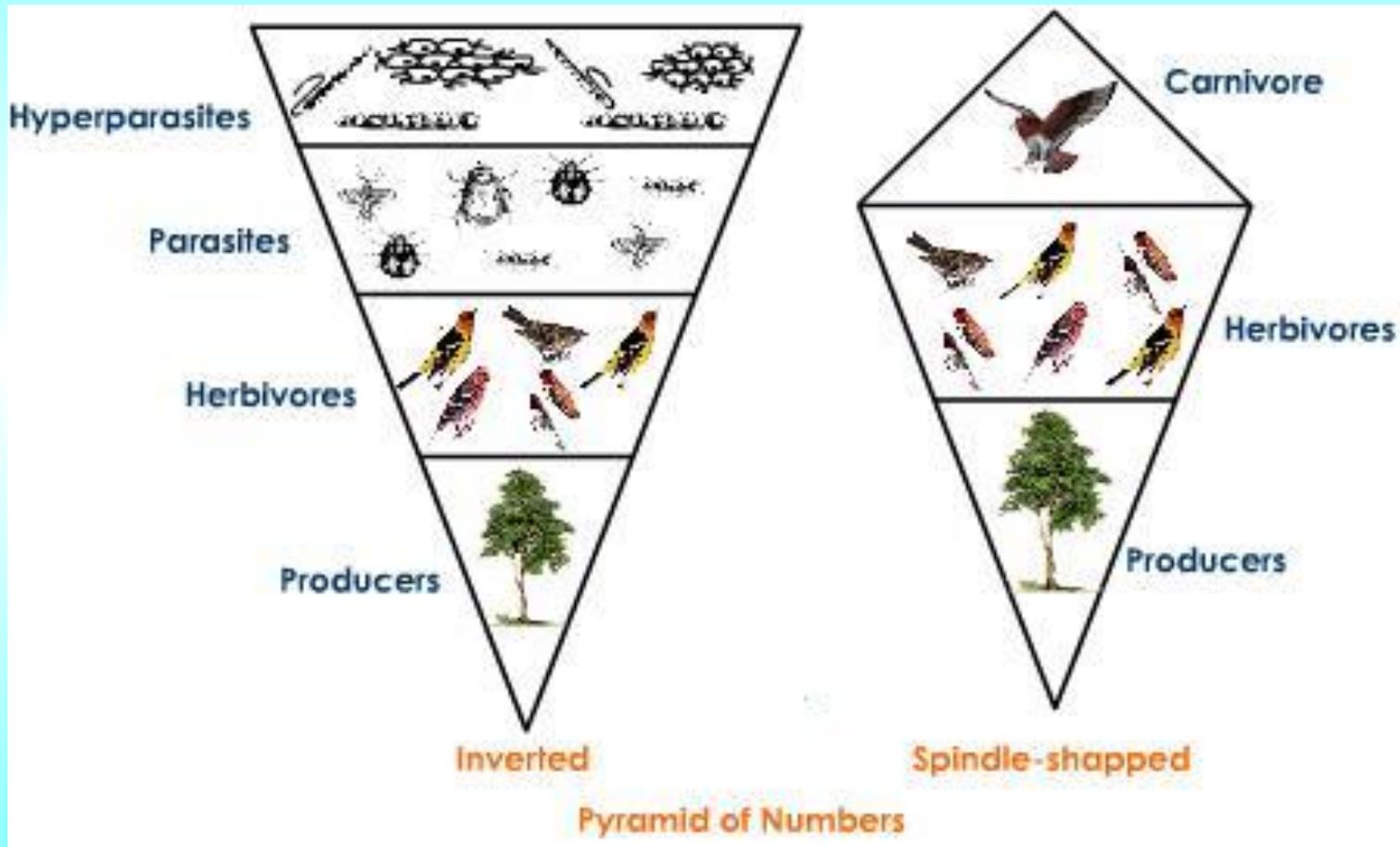


Рис. 12.24. Упрощенная схема пирамиды численности (по Г. А. Новикову, 1979)

Иногда случаются исключения из правила пирамид, и тогда мы имеем дело с **перевернутой пирамидой чисел**. Это можно наблюдать в лесу, где на одном дереве живут насекомые, которыми питаются насекомоядные птицы. Таким образом, численность продуцентов меньше, нежели консументов.

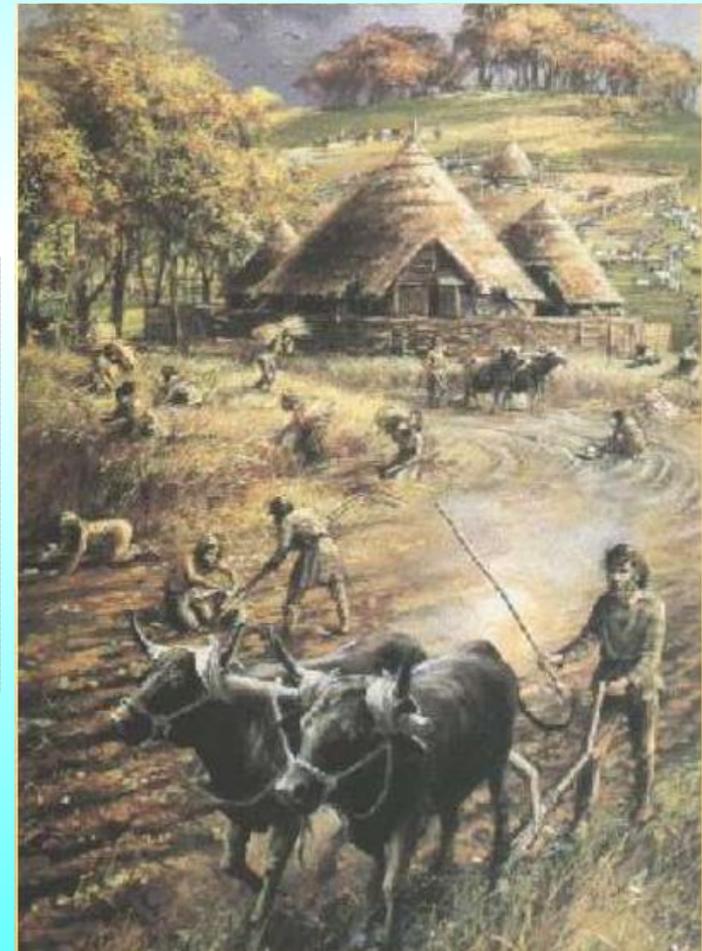


Экологическая пирамида чисел относительно т.е. имеет вид обычной и перевернутой пирамиды.

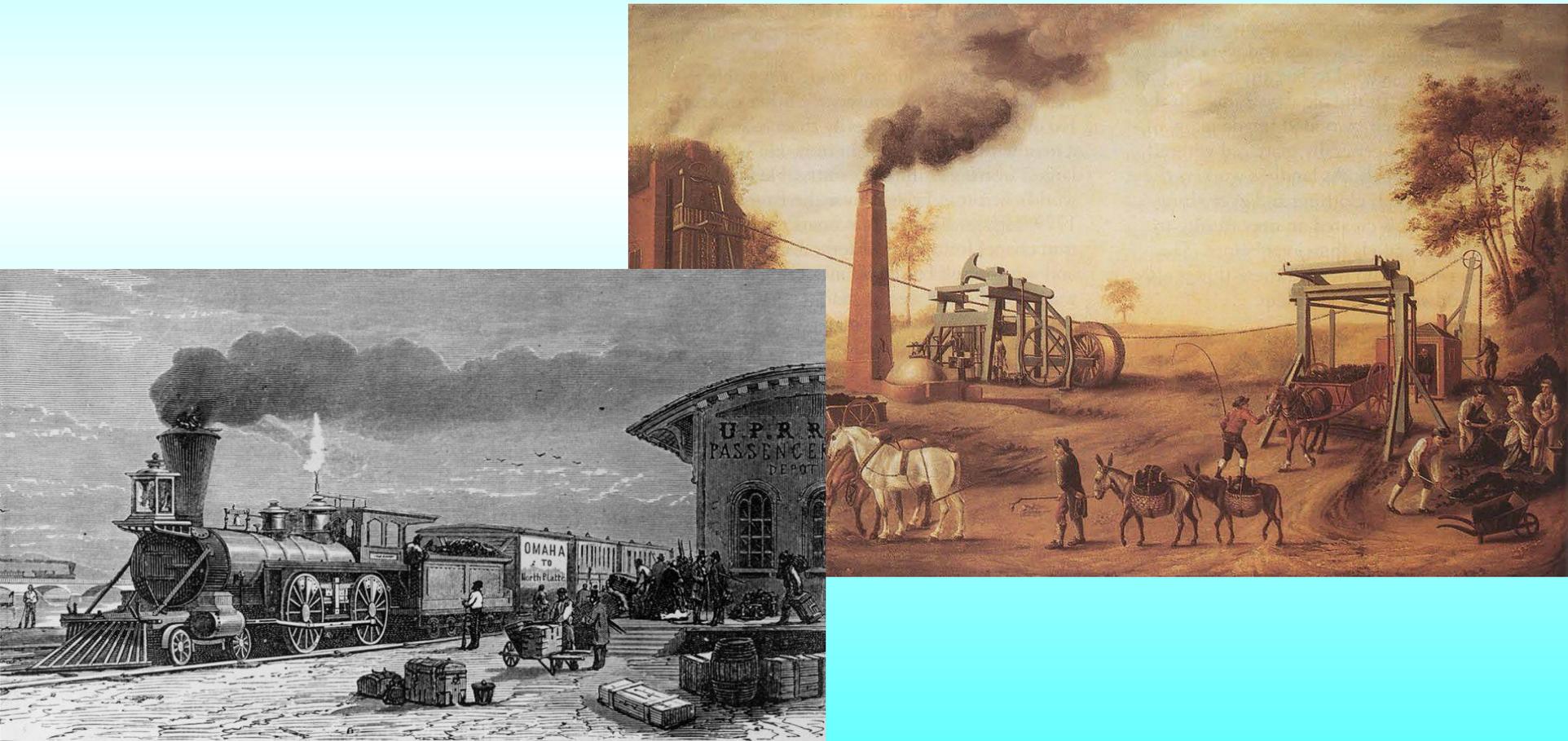
Баланс численности различных видов в экосистеме обеспечивается в результате действия различных экологических факторов. Вследствие этого численность и потребление ресурсов для каждого вида лимитировано. В человеческом обществе существенное расширение этих границ стало возможно за счёт новых технологий использования ресурсов среды. Новые технологии – это расширение емкости среды для человечества (примеры – неолитическая революция – переход к земледелию, промышленная революция – использование ископаемого топлива и парового двигателя и т.д., НТР).

VI – IV тыс. л. до н.э.	Неолитическая революция: переход от присваивающего хозяйства к производящему (скотоводству и земледелию)
XVIII – XIX вв.	Промышленная революция: переход от ручного труда к машинному производству
Середина XX в.	Научно-техническая революция: превращение науки в производительную силу, ускорение технологического обновления производства
Конец XX в.	Информационная революция: массовое использование компьютеров и переход к передаче и обмену информацией с помощью компьютерных сетей

Неолитическая революция или неолитизация — переход человеческих общин от примитивной экономики охотников и собирателей к сельскому хозяйству, основанному на земледелии и животноводстве. Самым ранним центром неолитической революции считается Ближний Восток, где одомашнивание началось не позднее, чем 10 тыс. лет назад. В новых условиях животноводством можно было прокормиться на порядок большему населению, а земледелием на два порядка большему чем охотой, рыболовством и собирательством.

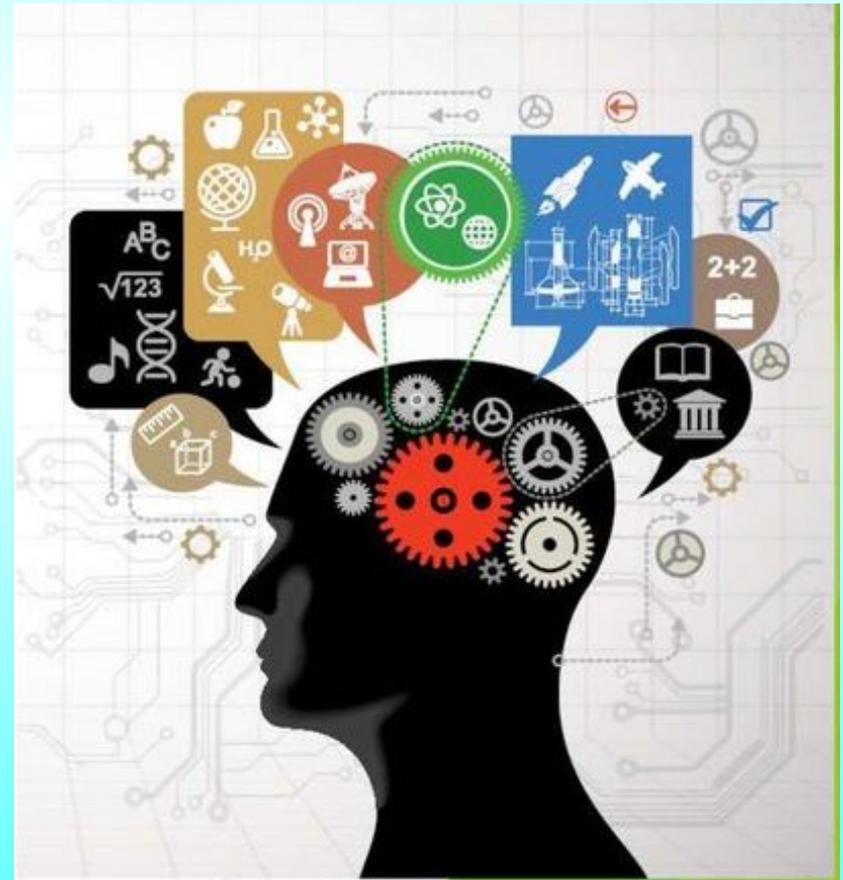


Промышленная революция (промышленный переворот, Великая индустриальная революция) — массовый переход от ручного труда к машинному, от мануфактуры к фабрике, произошедший в ведущих государствах мира в XVIII—XIX веках. Основной чертой промышленной революции являлась *индустриализация* — **переход от преимущественно аграрной экономики к промышленному производству**, в результате которого произошла трансформация аграрного общества в индустриальное.



Научно-техническая революция (НТР) — коренное качественное преобразование производительных сил, качественный скачок в структуре и динамике развития производительных сил.

Научно-техническая революция в узком смысле — коренная перестройка технических основ материального производства, начавшаяся в середине XX в., на основе превращения науки в ведущий фактор производства, в результате которого происходит трансформация индустриального общества в постиндустриальное.



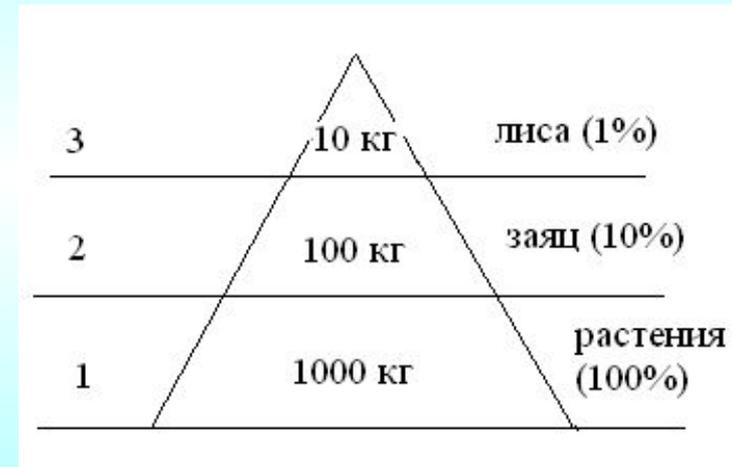
Информационная революция (англ. *Information Revolution*) — метафора, которая отражает революционное воздействие информационных технологий на все сферы жизни общества в последней четверти XX столетия. Это явление интегрирует эффекты предшествующих революционных изобретений в информационной сфере (книгопечатание, телефония, радиосвязь, персональный компьютер), поскольку создает технологическую основу для преодоления любых расстояний при передаче информации, что способствует объединению интеллектуальных способностей и духовных сил человечества.



Пирамида биомасс - соотношение между продуцентами и консументами, выраженное в их массе (общем сухом весе, энергосодержании или другой мере общего живого вещества). Обычно в наземных биоценозах общий вес продуцентов больше, чем консументов. В свою очередь, общий вес консументов первого порядка больше, нежели консументов второго порядка, и т.д. Если организмы не слишком различаются по размерам, то на графике, как правило, получается ступенчатая пирамида с сужающейся верхушкой.

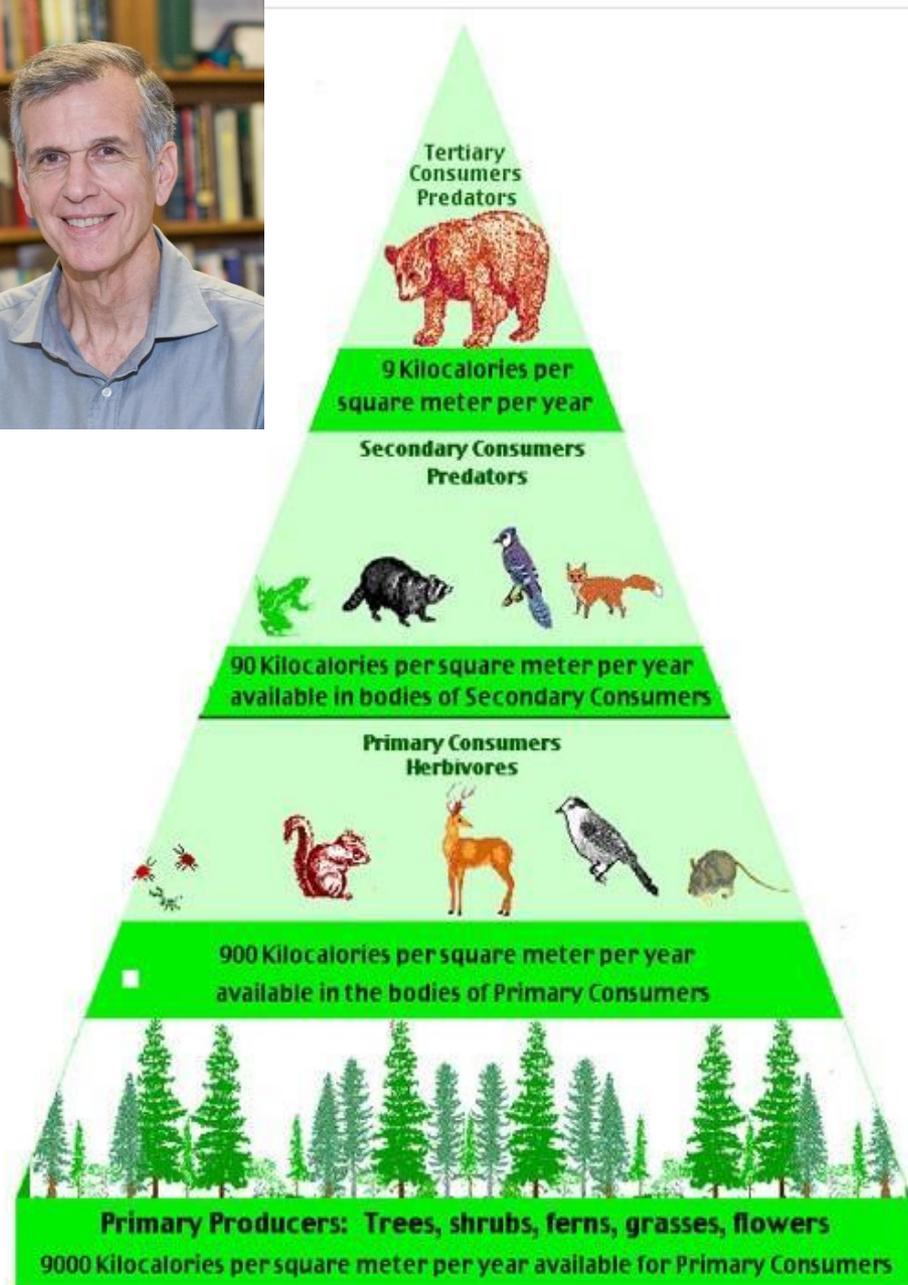
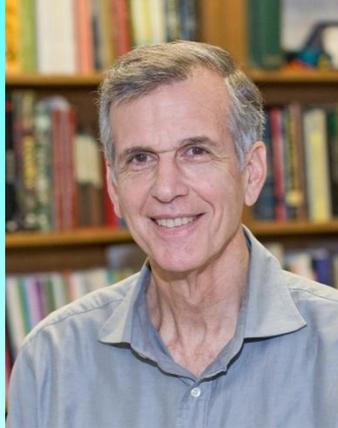


Пример экологической пирамиды биомассы



Американский эколог Р. Риклефс (на фото) объяснял структуру пирамиды биомасс так:

«В большинстве наземных сообществ пирамида биомасс сходна с пирамидой продуктивности. Если собрать все организмы, обитающие на каком-нибудь лугу, то вес растений окажется гораздо больше веса всех прямокрылых и копытных, питающихся этими растениями. Вес этих растительноядных животных в свою очередь будет больше веса птиц и кошачьих, составляющих уровень первичных плотоядных, а эти последние также будут превышать по весу питающихся ими хищников, если таковые имеются. Один лев весит довольно много, но львы встречаются столь редко, что вес их, выраженный в граммах на 1 м^2 , окажется ничтожным».



Как и в случае с пирамидами чисел, можно получить так называемую **обращенную (перевернутую) пирамиду биомасс**, когда биомасса продуцентов оказывается меньше, чем консументов, а иногда и редуцентов, и в основании пирамиды находятся не растения, а животные. Это касается в основном водных экосистем. Например, в океане при довольно высокой продуктивности фитопланктона общая масса его в данный момент может быть меньше, чем у зоопланктона и конечного потребителя-консумента (киты, крупные рыбы, моллюски). Это обычно связано с тем, что продуценты имеют более короткий период жизни. Консументы более долгоживущие и накапливают массу десятилетиями (киты, рыбы и т.д.)



Классическая водная пищевая цепь: продуценты (обычно фитопланктон) имеют более короткий период жизни. Консументы более долгоживущие и накапливают массу десятилетиями (киты, рыбы и т.д.)

1. Водоросли (фитопланктон) создают с помощью солнечного света органическое вещество.

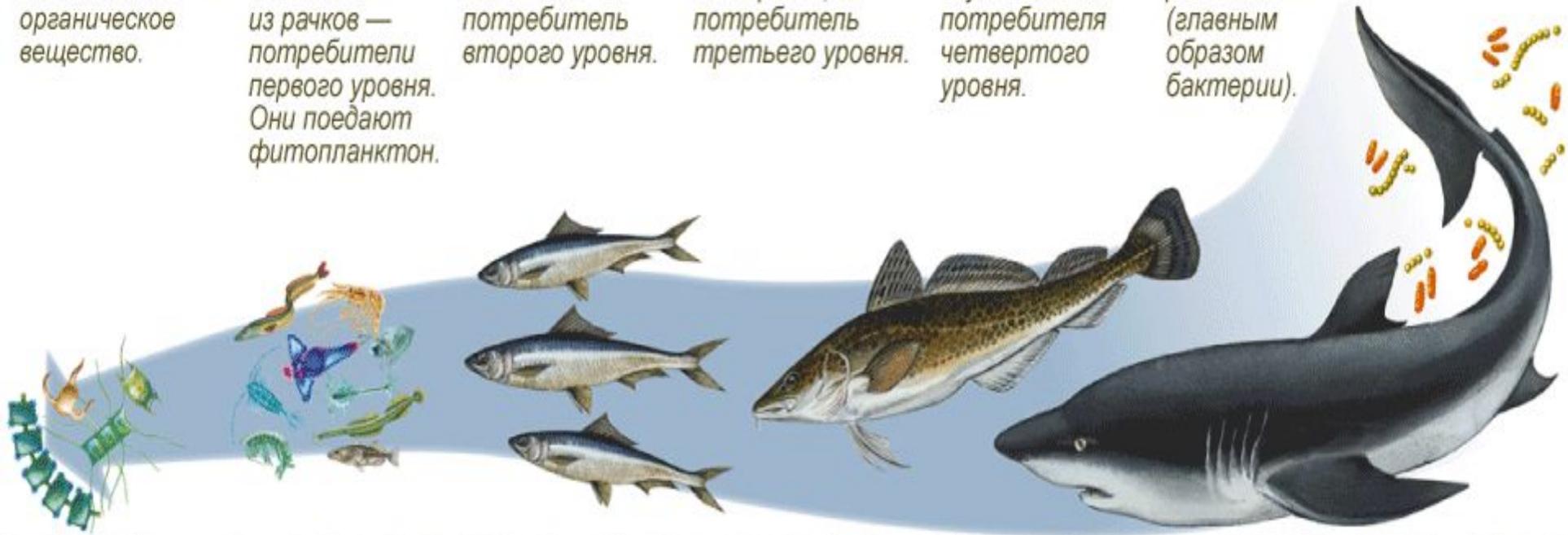
2. Растительноядный зоопланктон, состоящий в основном из рачков — потребители первого уровня. Они поедают фитопланктон.

3. Рыбы (например сельдь) поедают зоопланктон. Сельдь — потребитель второго уровня.

4. Сельдью в свою очередь питаются такие крупные рыбы, как треска, — потребитель третьего уровня.

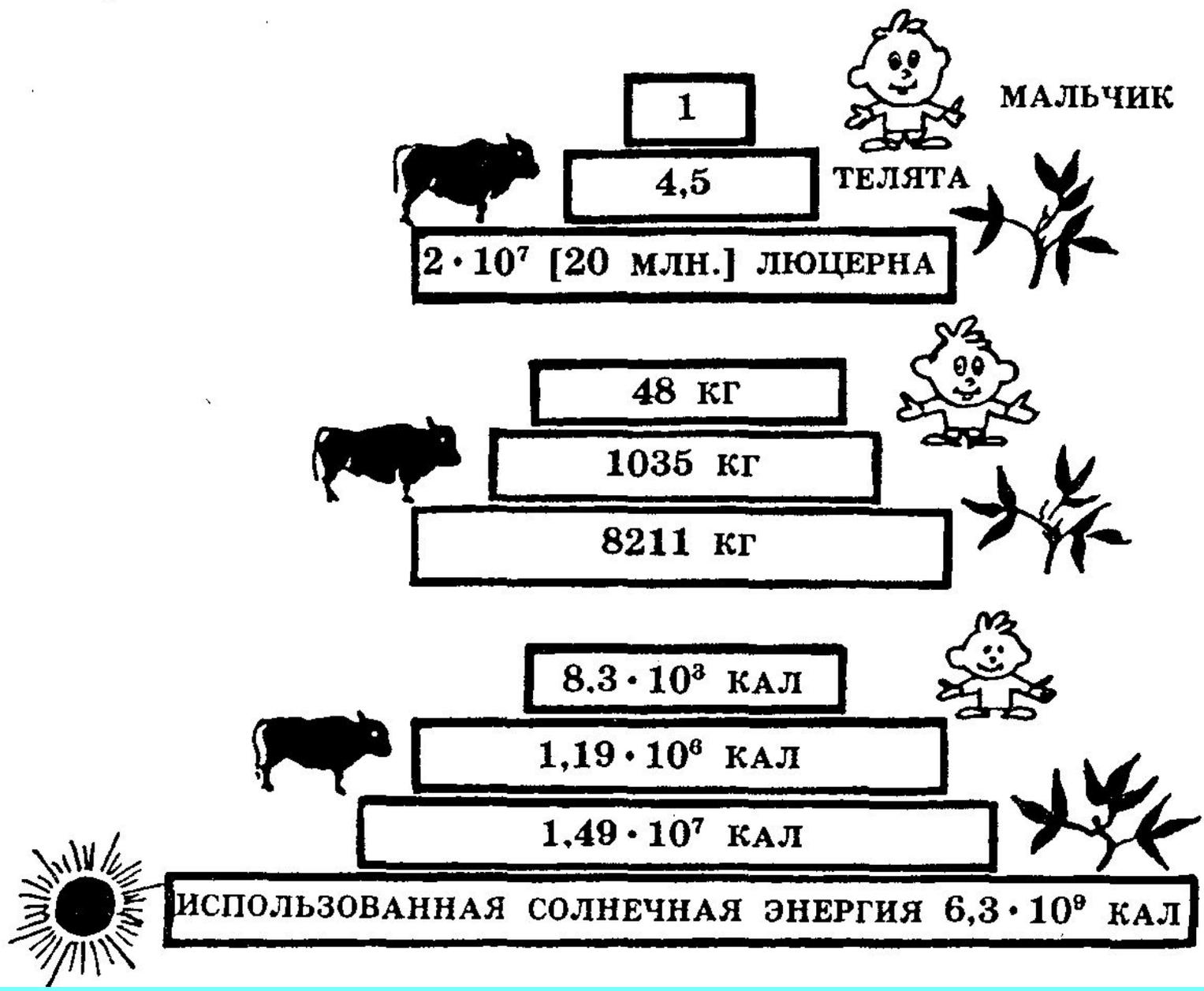
5. Треска может стать добычей огромной сельдевой акулы — потребителя четвертого уровня.

6. У акулы нет потребителей в живом виде (кроме паразитов), но когда она умрет, труп ее поедят разлагатели (главным образом бактерии).



В океане при довольно высокой продуктивности фитопланктона общая масса его в данный момент может быть меньше, чем у зоопланктона и конечного потребителя-консумента (киты, крупные рыбы, моллюски). Это обычно связано с тем, что продуценты имеют более короткий период жизни. Консументы более долгоживущие и накапливают массу десятилетиями (киты, рыбы и т.д.)





Продуктивность экосистем.

По мере того, как человечество с упрямством, достойным лучшего применения, превращает лицо Земли в сплошной антропогенный ландшафт, **всё большее практическое значение приобретает оценка продуктивности различных экосистем.** Человек научился получать энергию для своих производственных и бытовых нужд самыми различными способами, но энергию для собственного питания он может получать только через фотосинтез.

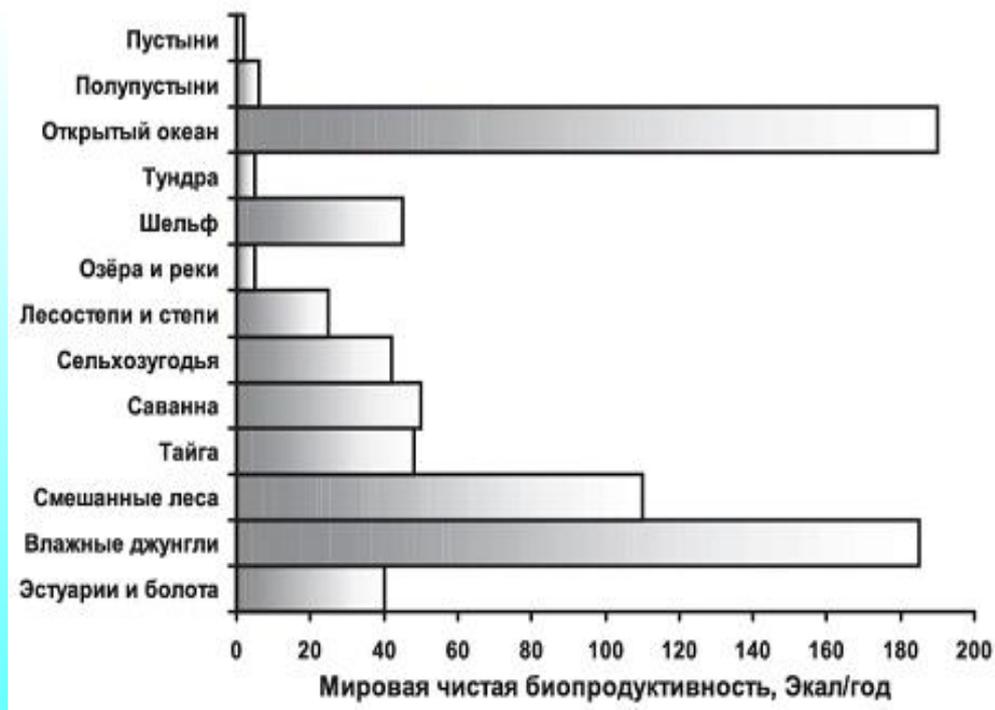
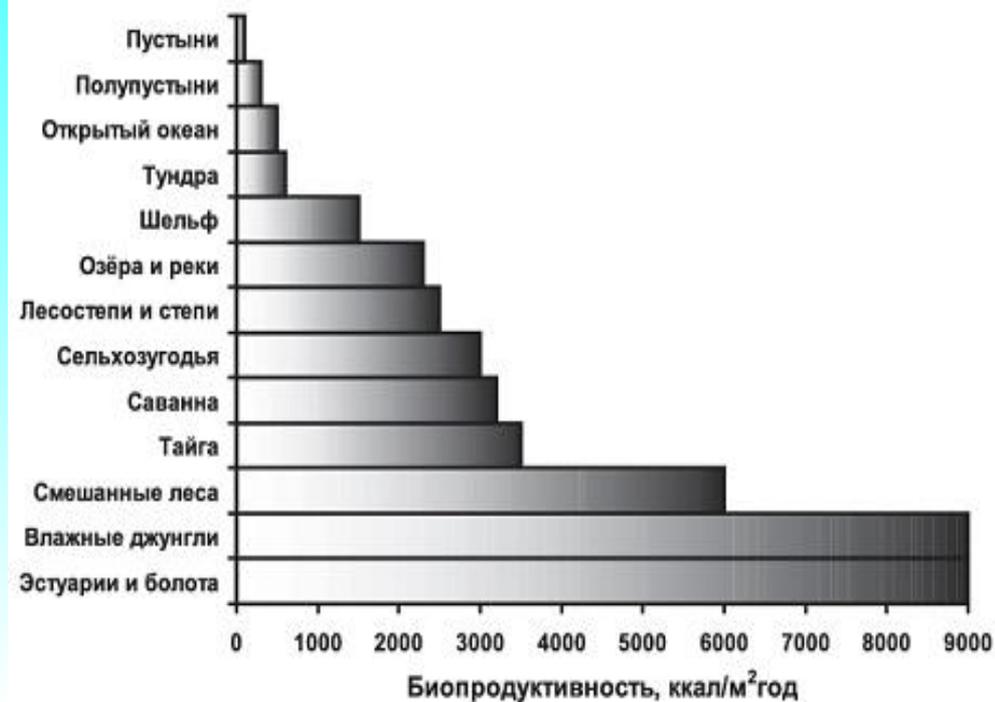


В пищевой цепи человека в основании почти всегда оказываются продуценты, преобразующие энергию Солнца в энергию биомассы органического вещества. Ибо это как раз та энергия, которую впоследствии могут использовать консументы и, в частности, человек.

Одновременно те же самые продуценты производят необходимый для дыхания кислород и поглощают углекислый газ, причём скорость газообмена продуцентов прямо пропорциональна их биопродуктивности. Следовательно, в обобщенном виде вопрос об эффективности экосистем формулируется просто: какую энергию может запасти растительность в виде биомассы органического вещества? На рисунке приведены значения удельной (на 1 м²) продуктивности основных типов экосистем.

Из этой диаграммы видно, что сельскохозяйственные угодья, создаваемые человеком, отнюдь не самые продуктивные экосистемы.

Наивысшую удельную продуктивность дают болотистые экосистемы — влажные тропические джунгли, эстуарии и лиманы рек и обычные болота умеренных широт.



На первый взгляд, болота производят бесполезную для человека биомассу, но именно **болотные экосистемы очищают воздух и стабилизируют состав атмосферы, очищают воду и служат резервуарами для рек и почвенных вод и, наконец, являются местами размножения для огромного числа рыб и других обитателей вод, используемых в пищу человеком. Занимая 10 % площади суши, они создают 40 % производимой на суше биомассы!** И это без каких-либо усилий со стороны человека! Именно поэтому уничтожение и «окультуривание» болотных экосистем есть не только «убийство курицы, несущей золотые яйца», но и может оказаться самоубийством для человечества.



Если обратиться к нижней диаграмме, то можно видеть, что вклад пустынь и сухих степей в продуктивность биосферы ничтожен, хотя они уже занимают около четверти поверхности суши и благодаря антропогенному вмешательству имеют тенденцию к быстрому росту. В долгосрочной перспективе **борьба с опустыниванием и эрозией почв, то есть превращение малопродуктивных экосистем в продуктивные, — вот разумный путь для антропогенных изменений в биосфере.**



Удельная биопродуктивность открытого океана почти столь же низка, как у полупустынь, а его огромная суммарная продуктивность объясняется тем, что он занимает более 50 % поверхности Земли, вдвое превосходя всю площадь суши. Попытки использовать открытый океан в качестве серьёзного источника продуктов питания в ближайшее время вряд ли могут быть экономически оправданы именно в силу его низкой удельной продуктивности. Однако роль открытого океана в стабилизации условий жизни на Земле столь велика, что охрана его от загрязнения, особенно нефтепродуктами, совершенно необходима.



Нельзя недооценивать и вклад лесов умеренного пояса и тайги в жизнеспособность биосферы. Особенно существенна их относительная устойчивость к антропогенным воздействиям по сравнению с влажными тропическими джунглями.

Тот факт, что удельная продуктивность сельскохозяйственных угодий до сих пор в среднем намного ниже, чем у многих природных экосистем, показывает, что возможности роста производства продуктов питания на существующих площадях ещё далеко не исчерпаны. Пример — заливные рисовые плантации, в сущности — антропогенные болотные экосистемы, с их огромными урожаями, получаемыми при современной агротехнике.



Продуктивность агроценоза по сравнению с естественной экосистемой будет ниже из-за преобладания монокультуры, ослабленных регуляторных связей, наличие большого количества вредителей и паразитов. В естественной экосистеме ввиду большого разнообразия экосистема устойчивей и продуктивней.



Агробиоценозы – искусственные экосистемы со слабо выраженной способностью к саморегулированию, что объясняется: отсутствием полноценного круговорота веществ, монокультурой – доминированием одного или нескольких видов, полезных человеку; отсутствием цепей питания и трофических пирамид; отсутствием даже не полностью замкнутого круговорота веществ; интродуцированными видами, как правило, не типичными для данной местности, численность которых специально поддерживается человеком и т.д.



Как правило, в искусственных экосистемах, особенно в агроценозах, численность вредителей сельскохозяйственных культур при массовых вспышках их размножения многократно превосходит их таковые в естественных сообществах. Главной причиной такой разницы являются большие пространства, занятые одной культурой (монокультурой), действительно являются идеальным условием для быстрого распространения на значительных пространствах насекомых и других вредителей сельскохозяйственных культур. Поэтому применяют чередование в пространстве различных культур, посадку лесополос, которые являются естественными преградами для вредителей.



Соблюдение экологических требований – важное условие развития импортозамещения. Та продукция и те товары, которые в Россию поставлялись из других стран (Европа, США), как правило, имела экологическую сертификацию (что является отражением соблюдения экологических требований) и в условиях импортозамещения аналогичная продукция, произведенная в России тоже должна иметь экологическую сертификацию. Кроме того, **Россия заинтересована в выходе со своей продукцией на мировые рынки, и чтобы эта продукция была конкурентоспособна, она должна иметь экологическую сертификацию.**

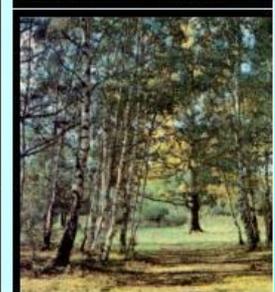


Продуктивность экологической системы – это скорость, с которой продуценты усваивают лучистую энергию солнца в процессе фотосинтеза, образуя органическое вещество. Это образование продукции в единицу времени на единицу площади.

Органическую массу, создаваемую растениями за единицу времени, называют **первичной продукцией** сообщества. Продукцию выражают количественно в сырой или сухой массе растений либо в энергетических единицах — эквивалентном числе джоулей.



Продуценты



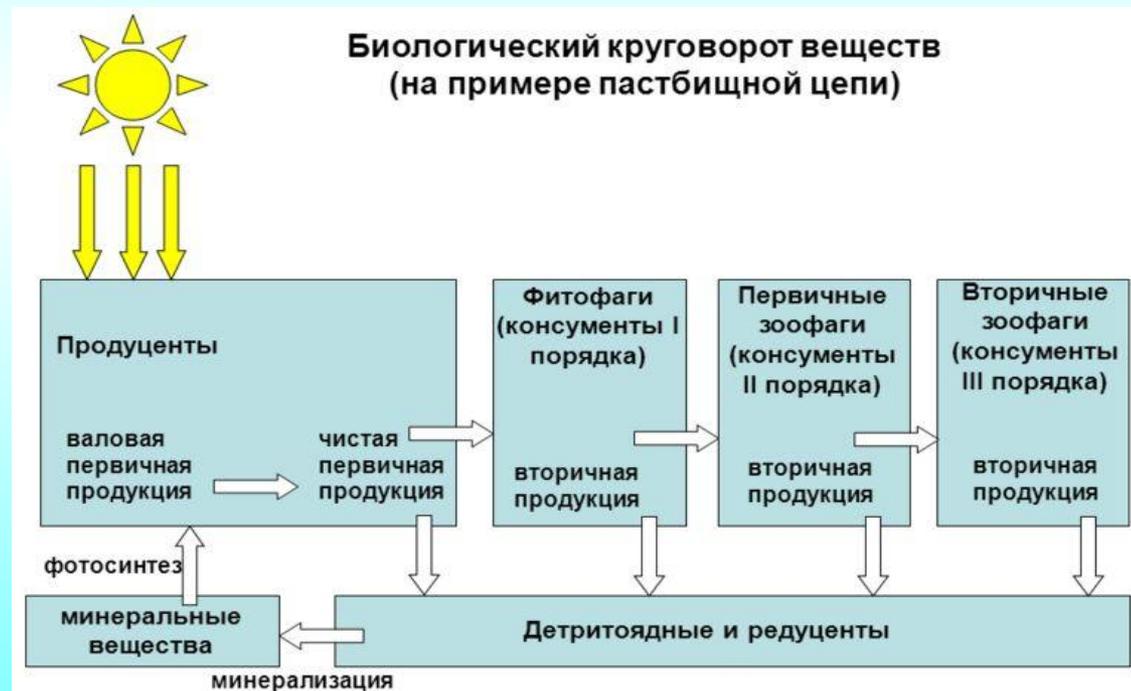
Валовая первичная продукция - количество вещества, создаваемого растениями за единицу времени при данной скорости фотосинтеза. **Часть этой продукции идет на поддержание жизнедеятельности самих растений (траты на дыхание).** Эта часть может быть довольно большой. В тропических лесах и зрелых лесах умеренного пояса она составляет от 40 до 70% валовой продукции. Планктонные водоросли используют на метаболизм около 40% фиксируемой энергии. Такого же порядка траты на дыхание у большинства сельскохозяйственных культур.



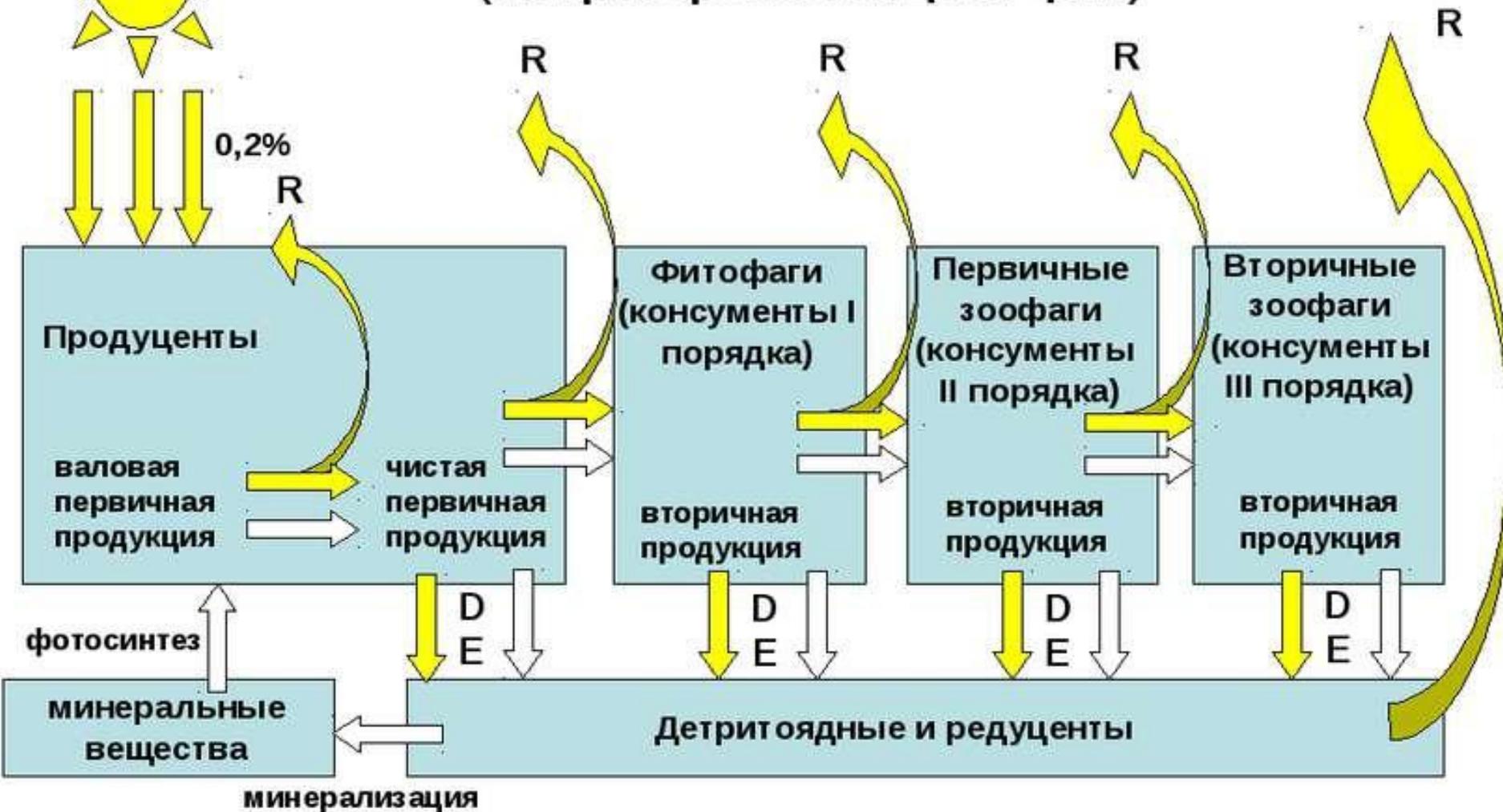
Оставшаяся часть созданной органической массы характеризует *чистую первичную продукцию*, которая представляет собой величину прироста *растений*. Чистая первичная продукция - это энергетический резерв для консументов и редуцентов. Перерабатываясь в цепях питания, она идет на пополнение массы гетеротрофных организмов.



Прирост за единицу времени массы консументов – это **вторичная продукция** сообщества. Вторичную продукцию вычисляют отдельно для каждого трофического уровня, так как прирост массы на каждом из них происходит за счет энергии, поступающей с предыдущего. **Вторичная продуктивность сообщества** — скорость накопления энергии на уровне консументов. Вторичную продукцию не подразделяют на валовую и чистую, так как консументы только потребляют энергию, усвоенную продуцентами, часть её не ассимилируется, часть идёт на дыхание, а остаток идёт в биомассу, поэтому более корректно называть её вторичной ассимиляцией.



Биологический круговорот веществ (на примере пастбищной цепи)



- R – энергия, теряемая при дыхании
- D – естественная смерть
- E – энергия, выделяемая с продуктами метаболизма

Продуценты

Растительоядные
(Консументы I)

Плотоядные
(Консументы II)

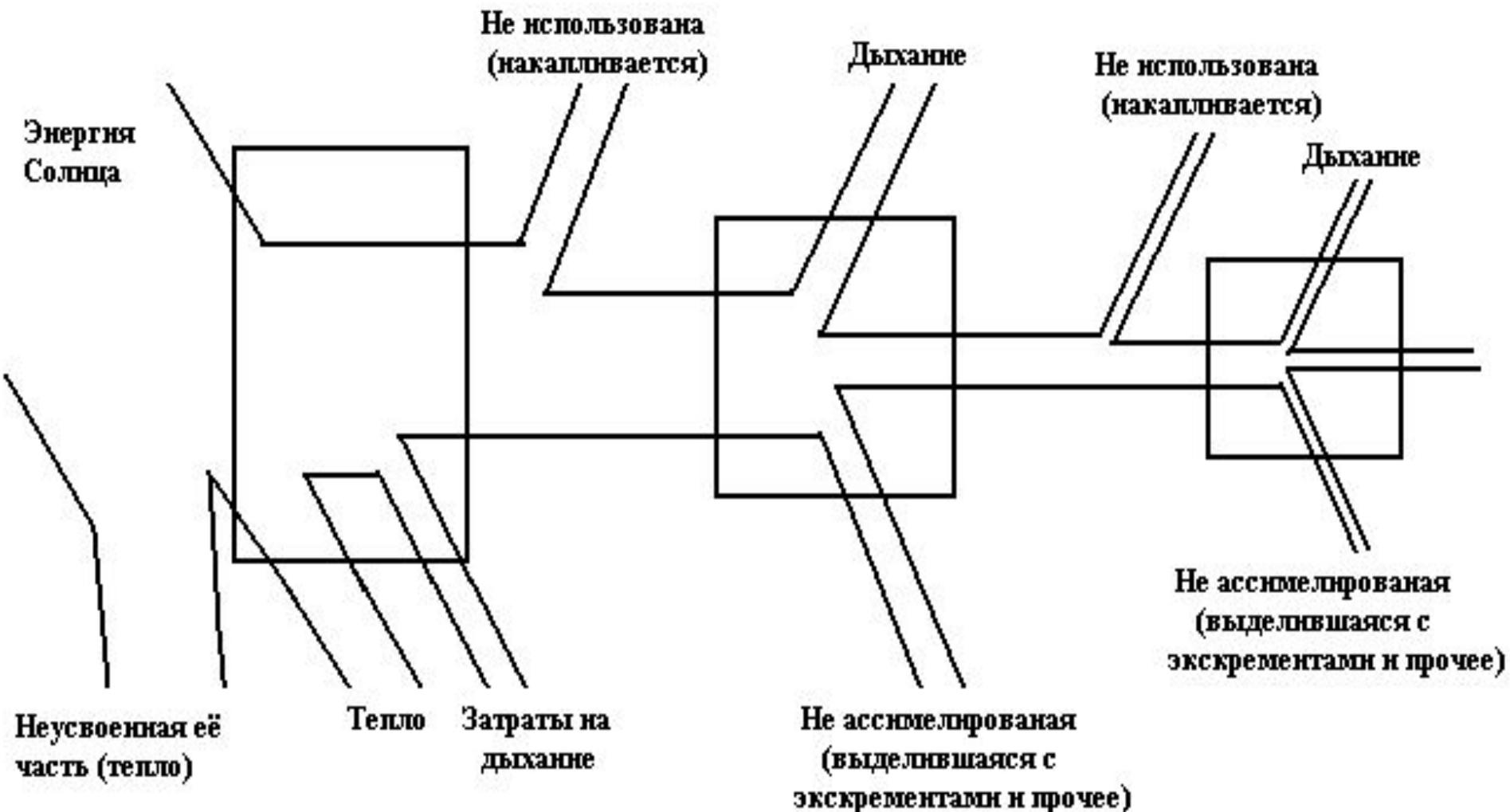


Схема распределения потоков вещества и энергии среди продуцентов и консументов (по Ю. Одуму, 1971)

Гетеротрофы, включаясь в трофические цепи, живут за счет чистой первичной продукции сообщества. В разных экосистемах они расходуют ее с разной полнотой. Если скорость изъятия первичной продукции в цепях питания отстает от темпов прироста растений, то это ведет к постепенному увеличению общей биомассы продуцентов.

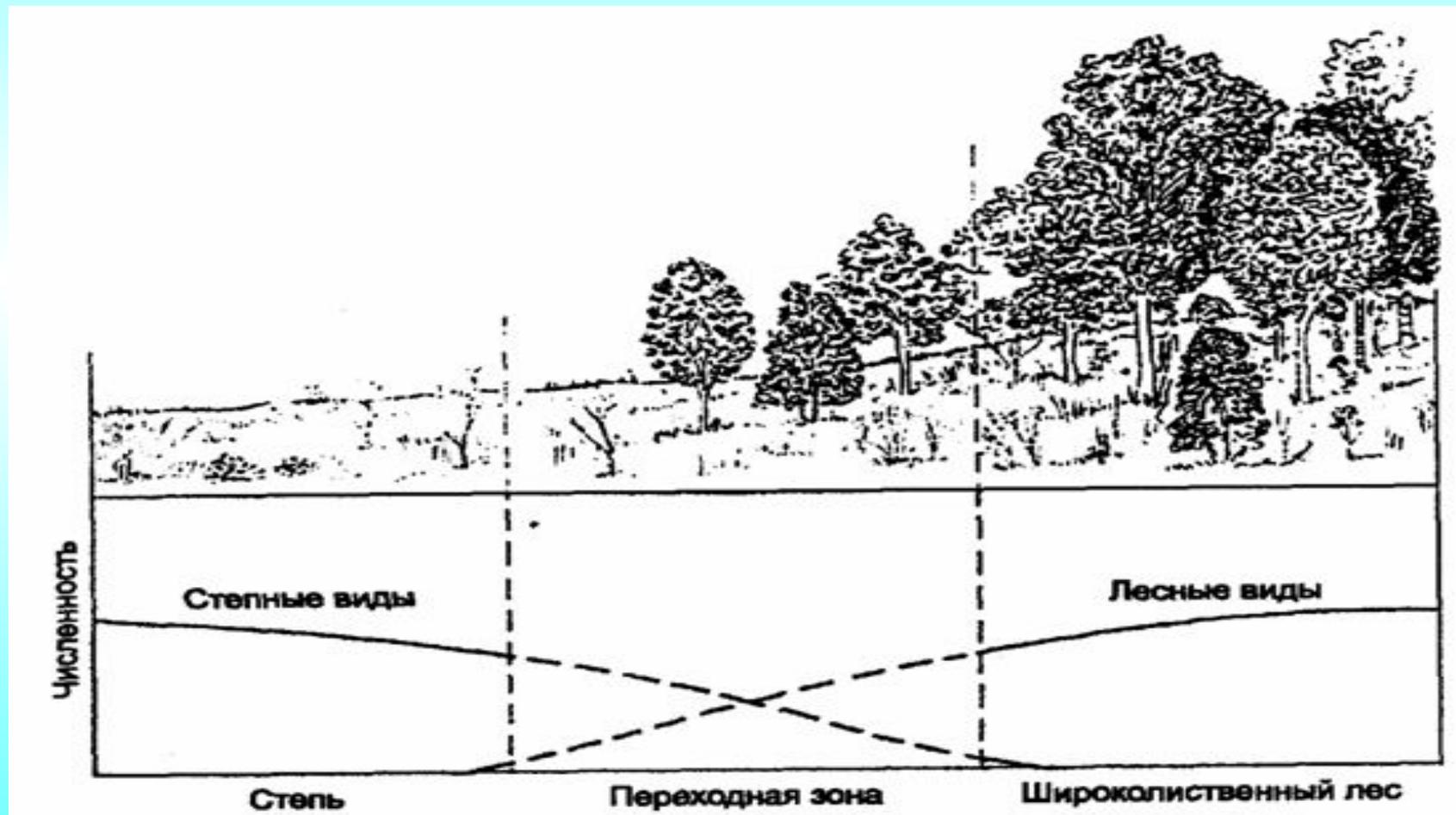
Под биомассой понимают суммарную массу организмов данной группы или всего сообщества в целом.



Недостаточная утилизация продуктов опада в цепях разложения имеет следствием накопление в системе мертвого органического вещества, что происходит, например, при заторфовывании болот, зарастании мелководных водоемов, создании больших запасов подстилки в таежных лесах и т.д. **Биомасса сообщества с уравновешенным круговоротом веществ** остается относительно постоянной, так как практически вся первичная продукция тратится в цепях питания и разложения.



Наряду с продуктивностью, важнейшим признаком структурной характеристики биоценозов является наличие границ сообществ. Вместе с тем следует отметить, что они весьма редко бывают четкими. Как правило, соседние биоценозы постепенно переходят один в другой. И как результат, образуются обширные пограничные зоны, или переходные зоны, отличающиеся особыми условиями.



Переходные пограничные зоны между биоценозами (по Б. Небелу, 1993)

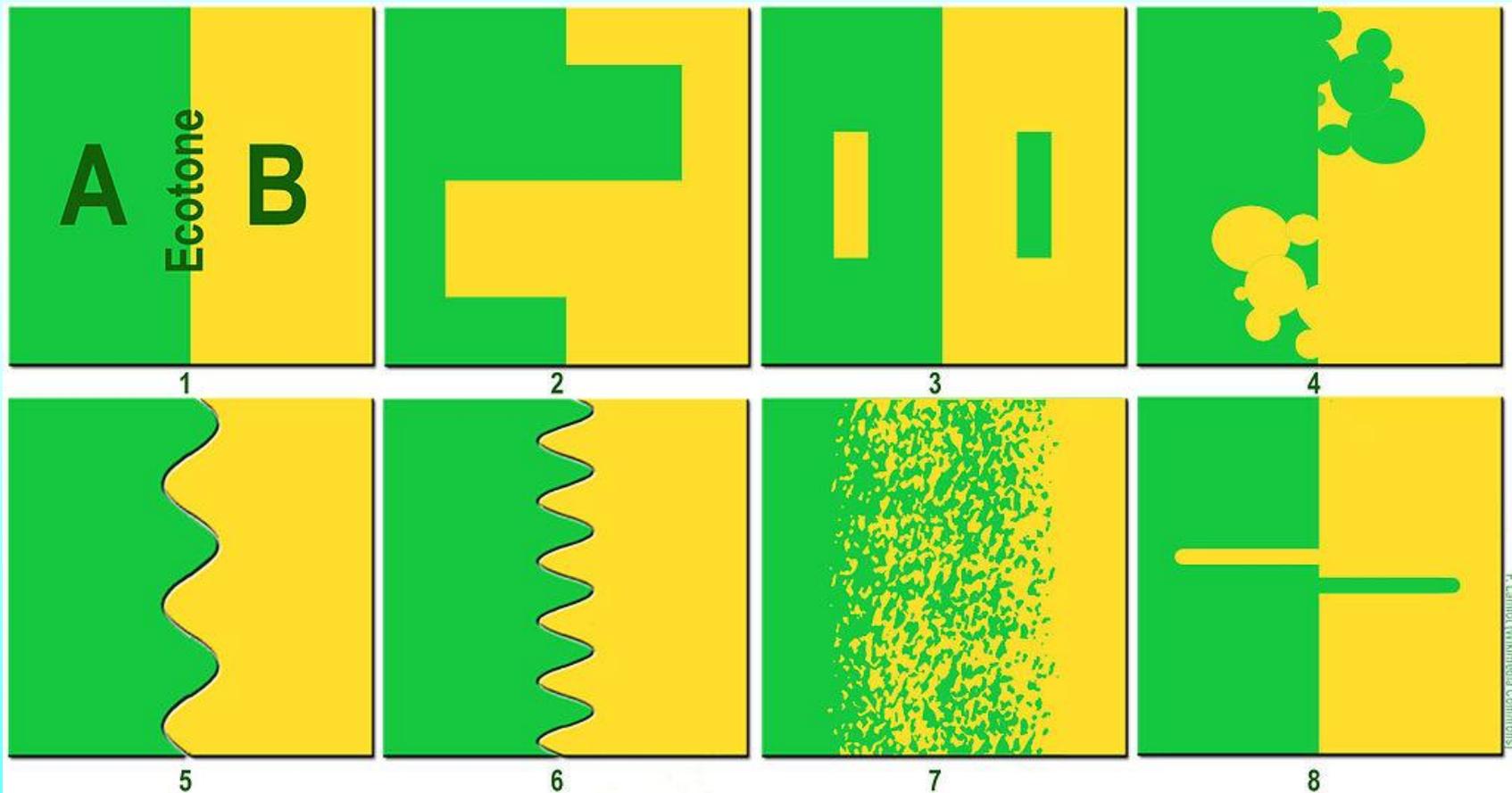
Так, границы между лесом и степью, лесом и лугом, лесом и болотом, между лесами с различными видами-эдификаторами выражены обычно хорошо. Заметим, что когда озеро окружено болотом, переходящим в сухой лес, границы между озером и болотом, болотом и лесом продвигаются в связи с влажностью, меняющейся в течение сезона. Однако независимо от сезонного изменения условий границы между этими биоценозами не являются резкими, так как растения и животные, характерные для каждого из них, проникая на соседние территории, создают специфическую «опушку», пограничную полосу, называемую экотонном.

Термин «**Экотон**» введен в научную литературу в первой половине XIX века для определения переходных территорий (зон) между биомами (тундра — хвойные леса), а также для верхней границы леса в горах. Впоследствии, с развитием экологии и фитоценологии, понятия экотон сузился до территории стыка или зон резкого перехода между двумя и более различными экологическими видами.



«... Экотон представляет собой переход между двумя и более различными группировками (физиономично заметными), например между лесом и лугом или между мягким и твердым грунтом морских биоценозов. Это пограничная зона, или зона «напряжения», которая может иметь значительную линейную протяженность, но всегда бывает узкой от территорий самих соседних группировок»

«Экологическое» определение экотон (Одум, 1975)



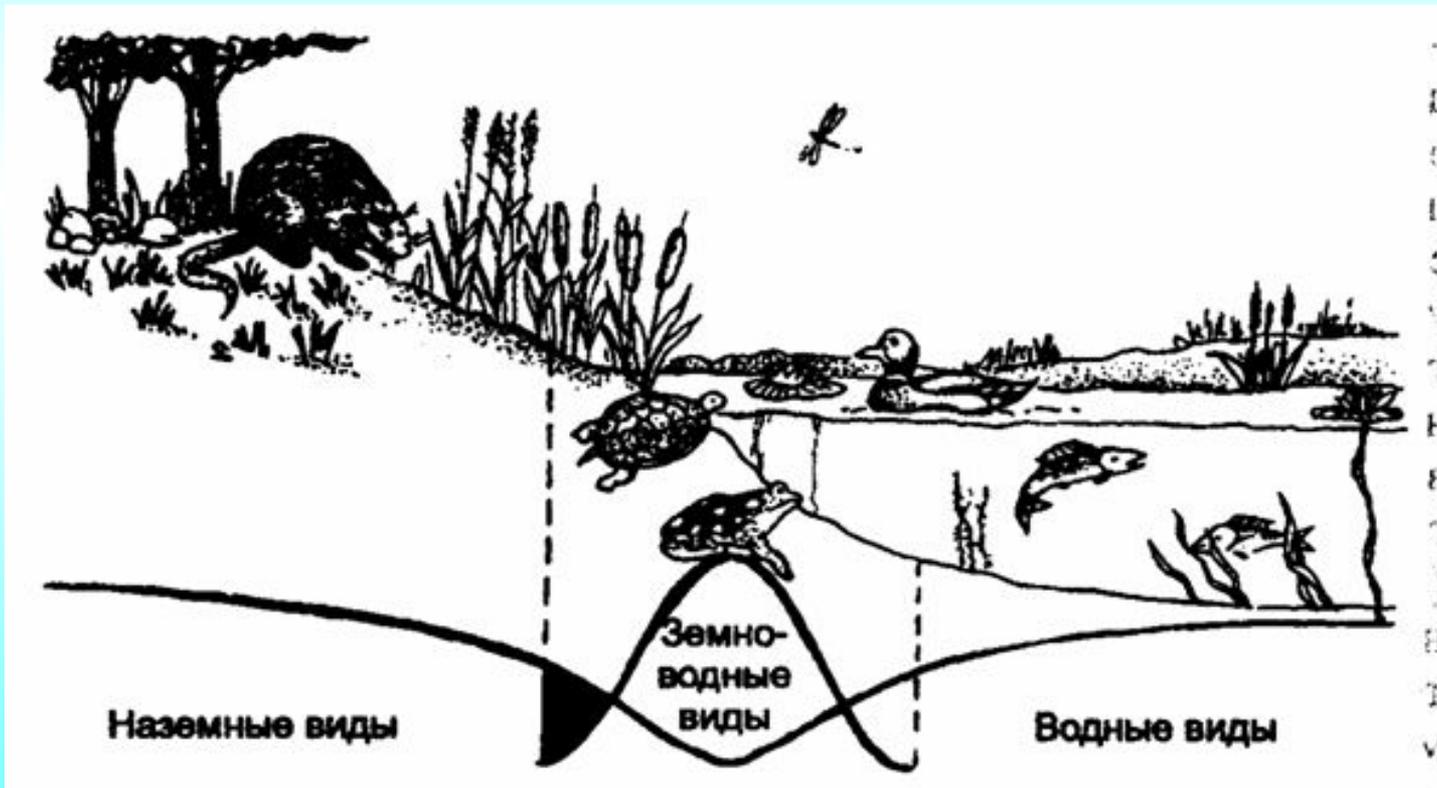
Между двумя биоценозами пограничная зона занимает промежуточное положение, отличаясь от них температурным режимом, влажностью, освещенностью. Здесь как бы переплетаются типичные условия соседствующих биоценозов. По-другому, в переходной зоне произрастают растения, характерные для обоих биоценозов. Обилие растений привлекает сюда и разнообразных животных, поэтому пограничная зона обычно более богата жизнью, чем каждый из смежных биоценозов. Погораничная зона нередко представляет собой особое местообитание со своими специализированными видами, например в переходной зоне между наземными и водными биоценозами.



Таким образом, при пространственном переходе одного биоценоза в другой число экологических ниш возрастает, так как это случается на границах биотопов, обладающих свойствами стыкующихся ценозов, нередко дающих не простую сумму, а новое системное качество.

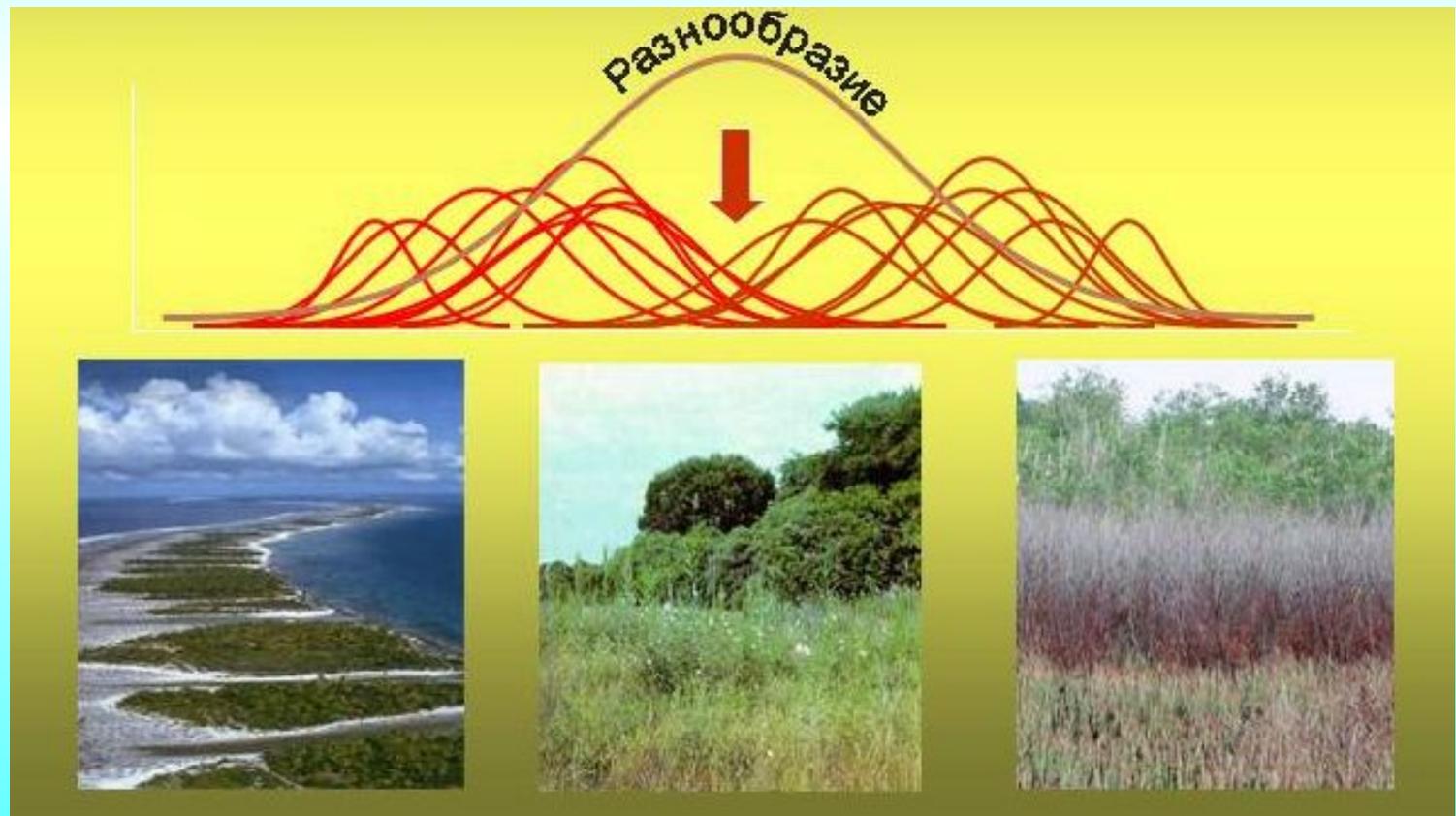
В таких переходных зонах возникает сгущение видов и особей, наблюдается так называемый краевой эффект, или эффект опушки.

Правило экотона, или **краевого эффекта**, и состоит в том, что на стыках биоценозов увеличивается число видов и особей в них.



Переходная (пограничная) зона между наземными и водными биоценозами (по Б. Небелу, 1993)

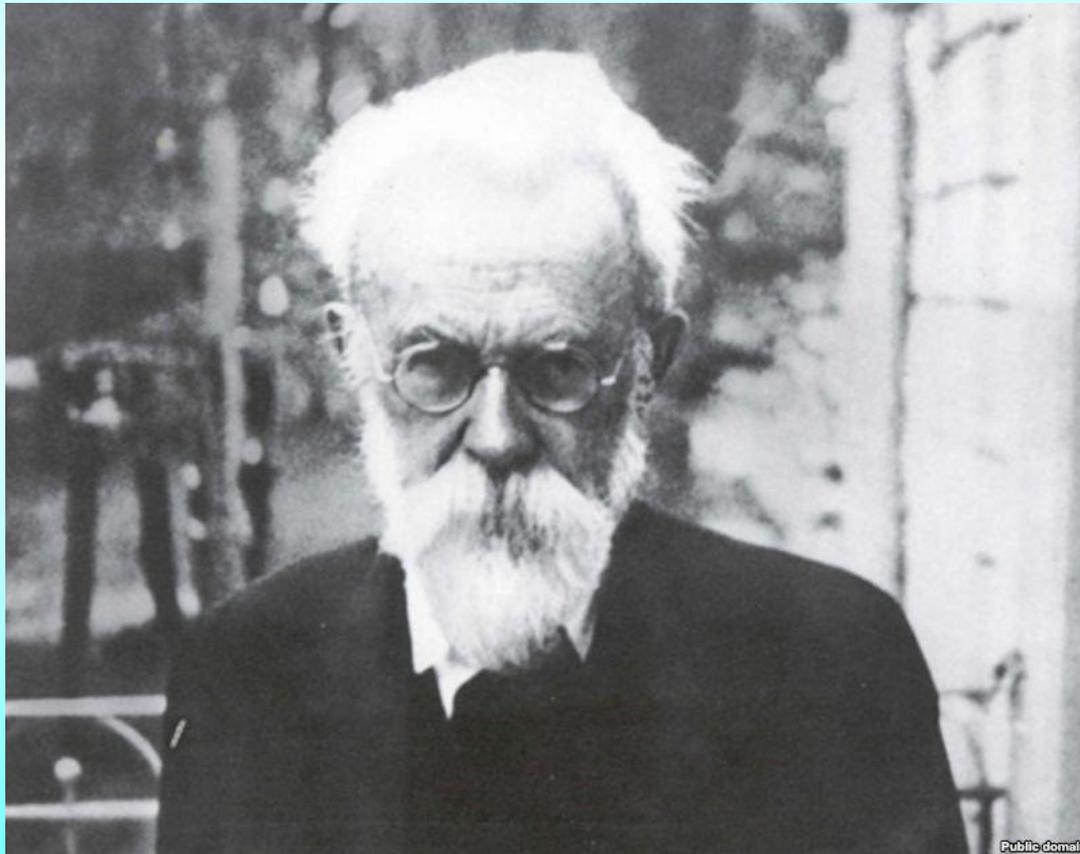
В ландшафте с однородным рельефом биологическое разнообразие ниже, чем в ландшафте с разнообразным рельефом. Это связано с тем, что на границах рельефов возникает так называемый «опушечный эффект». Для различных рельефов характерны разнообразные условия среды. Для жизнедеятельности многих организмов оптимальным является сочетание условий, которые характерны для разных экосистем, например: в одной из экосистем лучше обеспеченность пищей, условия кормодобывания, в другой – защитные факторы, необходимые условия для размножения.



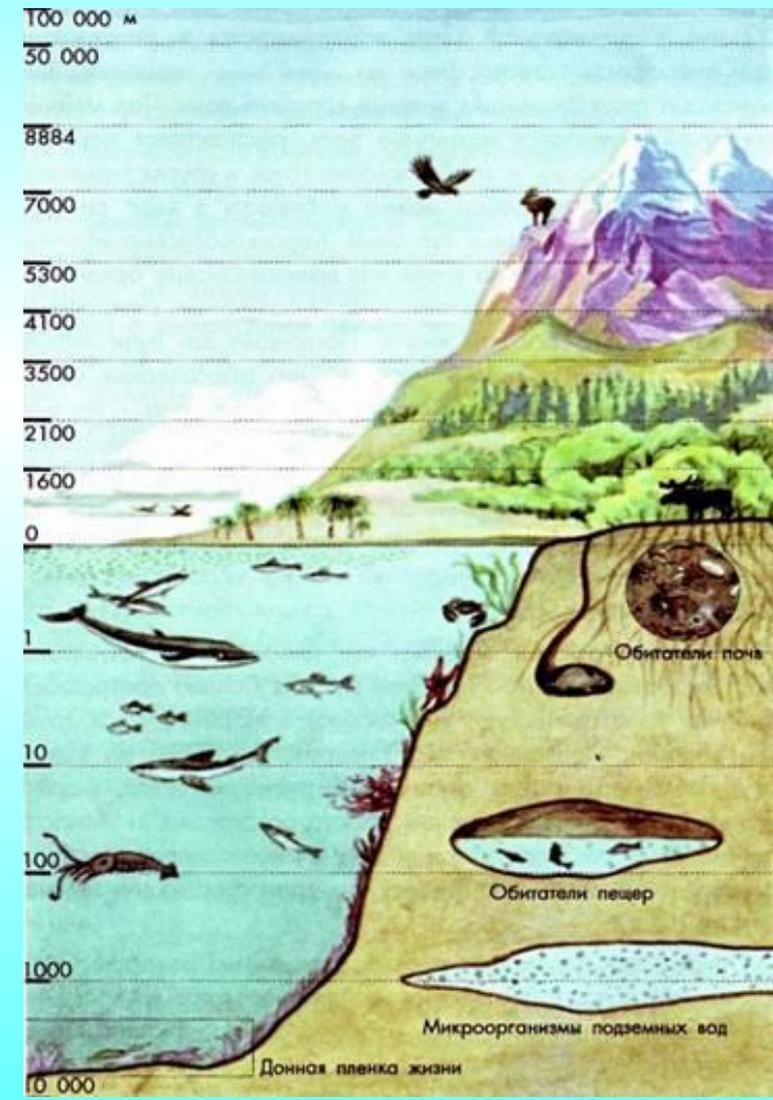
При существенной фрагментации экосистемы (например, прокладка дорог, строительство и т.д.), когда появляется так называемые "островной, граничный и барьерный эффекты", как правило, уменьшается количество биологических видов, у которых большая кормовая территория. Чтобы им прокормиться нужна достаточная природная территория, например, чтобы прокормиться зимой 1 лосю нужна природная территория 10 км²; в среднем, ареал взрослого самца амурского тигра составляет 600-800 км², и т.д. Уменьшение площади кормовой территории приводит к истощению кормовой базы вида.



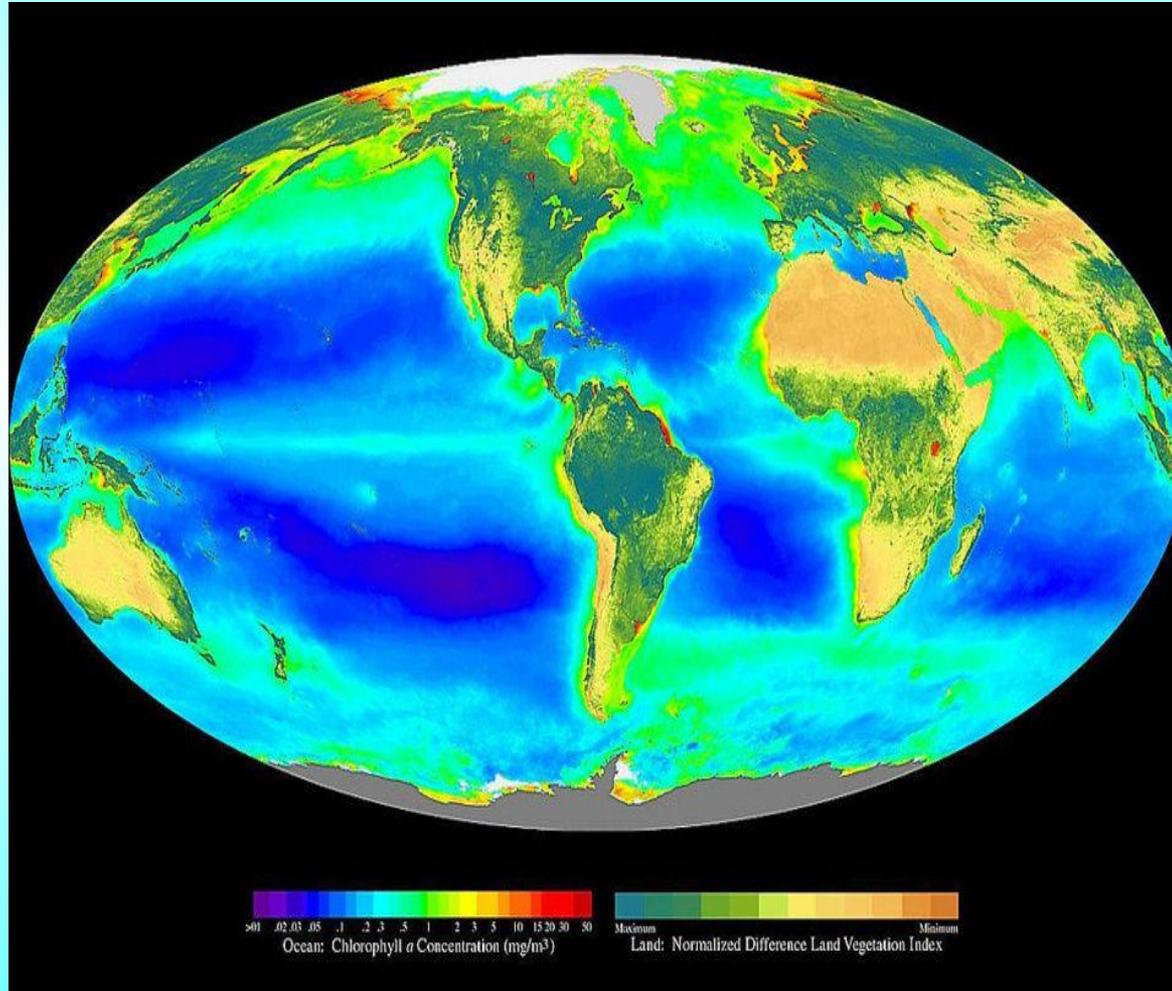
Знаменитый русский эколог В. И. Вернадский выделял две формы концентраций жизни: **жизненные пленки**, прослеживаемые на огромных площадях (например, планктонная пленка жизни, покрывающая всю верхнюю часть водной толщи океана), и **сгущения жизни**, имеющие более локальное распространение (например, сгущения стоячих водоемов).



Public domain



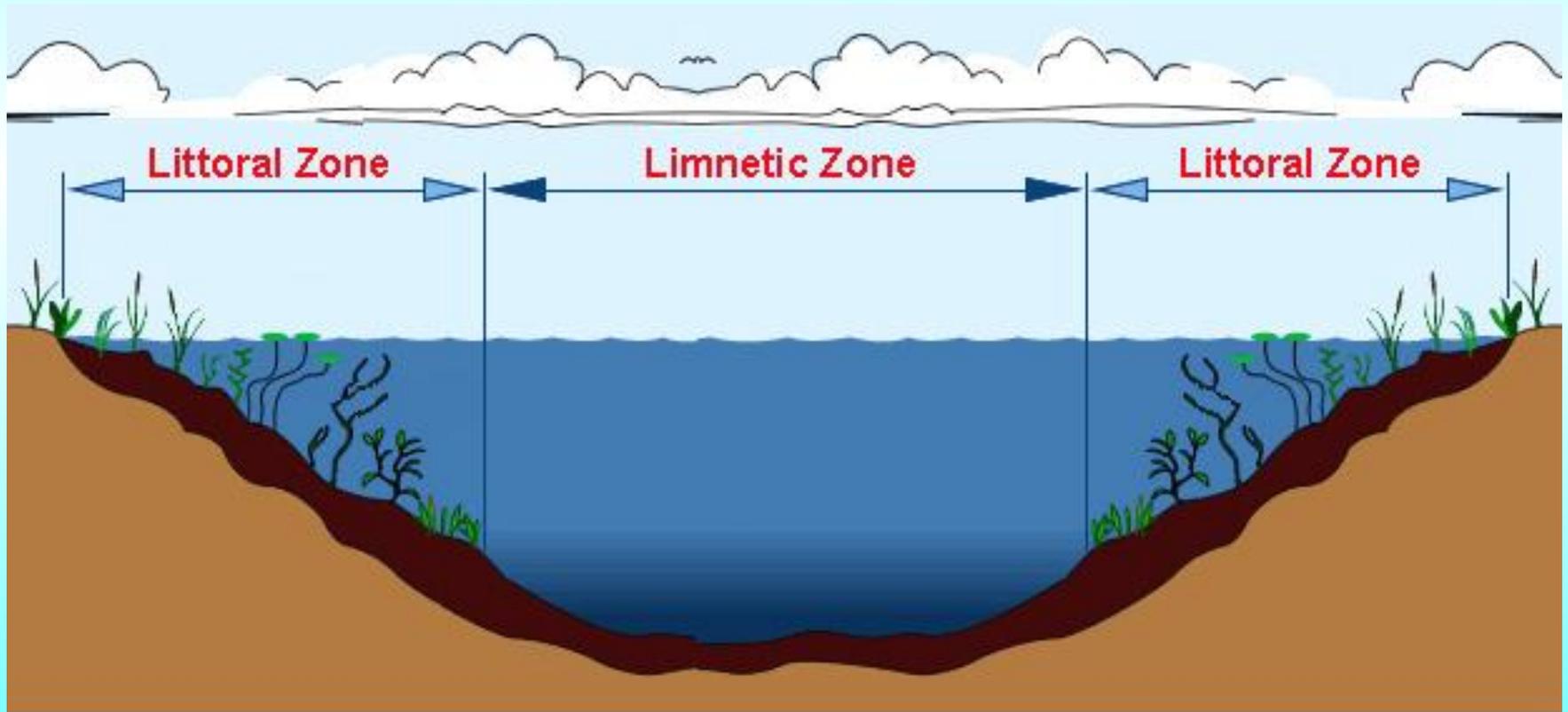
Мощность концентраций жизни обычно измеряется единицами или десятками, значительно реже - одной-двумя сотнями метров, т. е. по отношению к биосфере в целом - ничтожными величинами. Остальная часть биосферы представляет собой **зону разрежения живого вещества**.



Среди наиболее типичных **природных локальных сгущений жизни в океане**, вызванных краевым эффектом, можно выделить следующие:

Прибрежные зоны океана.

Основная масса живого вещества в море сосредоточена около берега, где благоприятны условия питания. Именно в области континентального шельфа сосредоточено все крупное рыболовство мира. В прибрежной зоне можно выделить **области литорали**, то есть узкую зону прилива с периодически меняющейся средой.



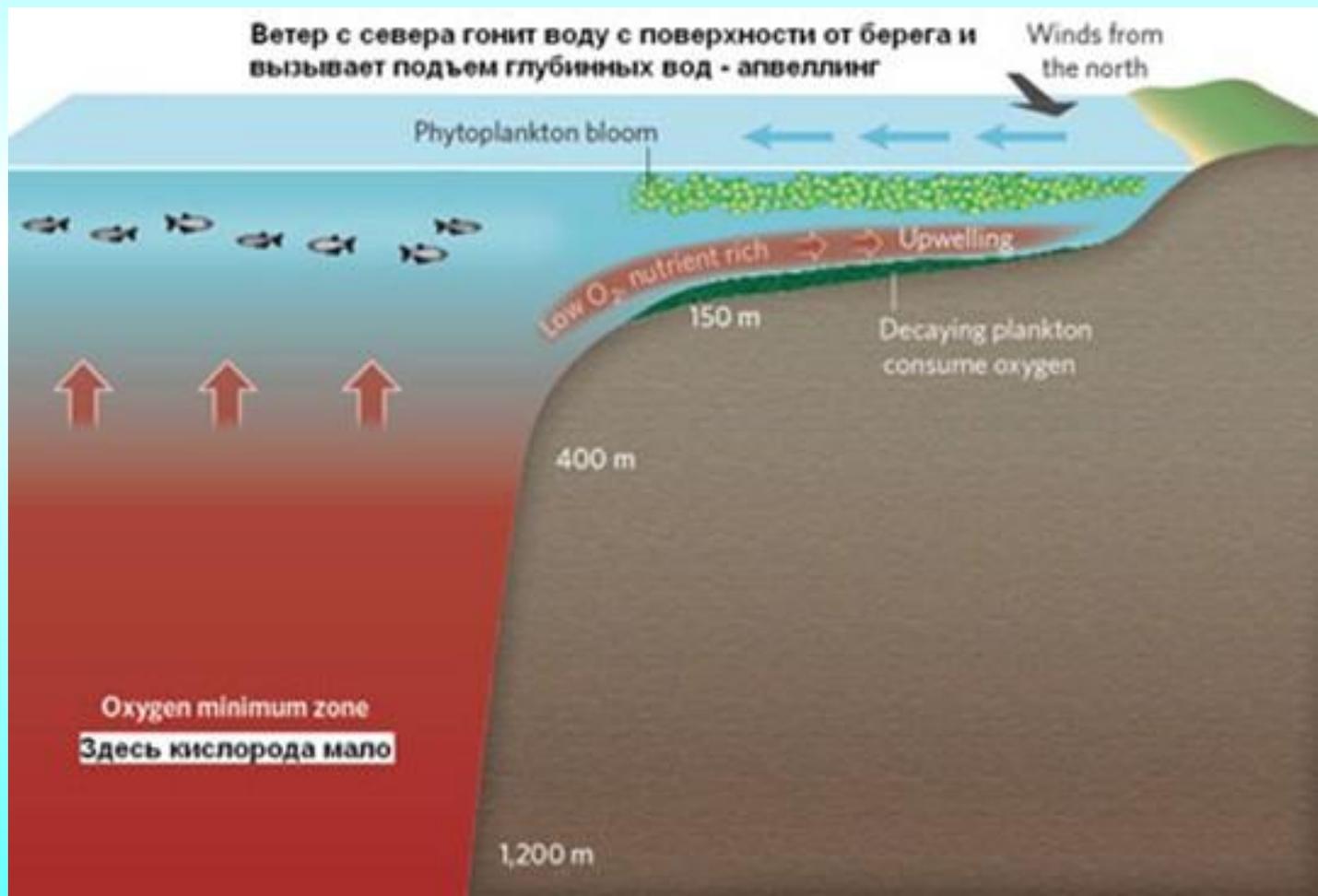
Особенно продуктивными областями прибрежной зоны являются эстуарии - системы, образуемые в местах впадения рек, протяженность которых тем значительней, чем больше вынос питательных веществ с суши.



Шотландия. Чайковые птицы кормятся на эустарии

Апвеллинговые зоны.

Это районы океана, где имеют место восходящие токи воды, несущие донные минеральные и органические вещества. Из-за активного перемешивания хорошо снабжены кислородом. Эти зоны наиболее интенсивно используются для промысла рыбы. Интересно, что прибрежные районы суши из-за преобладания ветров, дующих в сторону моря и уносящих влагу с суши, представляют собой зачастую пустыни.



**«Цветение» воды
в районе
Перуанского
апвеллинга**



Коралловые рифы.

Система кораллового рифа формируется на основе некоторых водорослей и кишечнополостных животных, эволюционировавших совместно друг с другом. В результате возникает эффективный механизм круговорота элементов питания, позволяющий всей системе поддерживать очень высокую продуктивность в водах со сравнительно низким содержанием этих элементов. Обычно они формируются в районах с благоприятным температурным режимом. Они характеризуются огромным видовым разнообразием и богатством разного рода симбиозов, благодаря чему в них очень высок коэффициент эмерджентности, что и способствует одному из самых высоких показателей продуктивности.



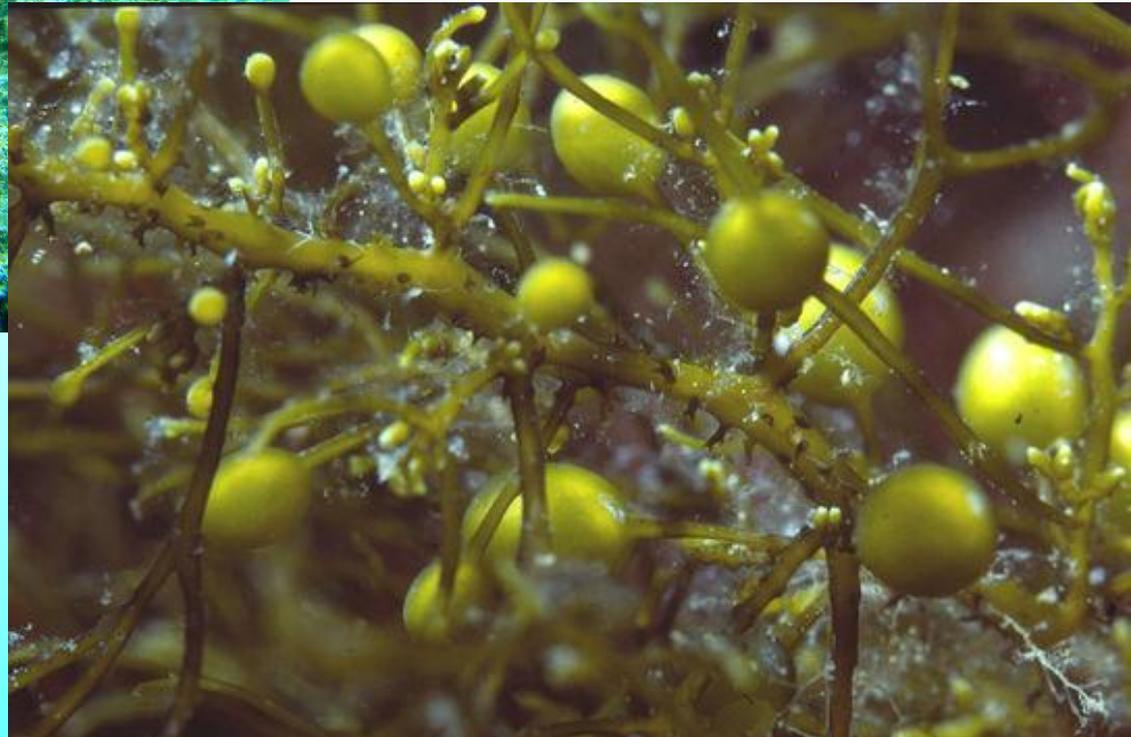
Помимо кораллов на рифе живут разнообразные рыбы, морские птицы, губки, стрекающие кишечнополостные, черви, ракообразные, моллюски, иглокожие, асцидии, морские черепахи и змеи. За исключением человека и дельфинов, млекопитающие редко посещают рифы. Рифовая биомасса находится в прямой зависимости от биоразнообразия.



***Коралловый риф
красного моря***

Саргассовые сгущения.

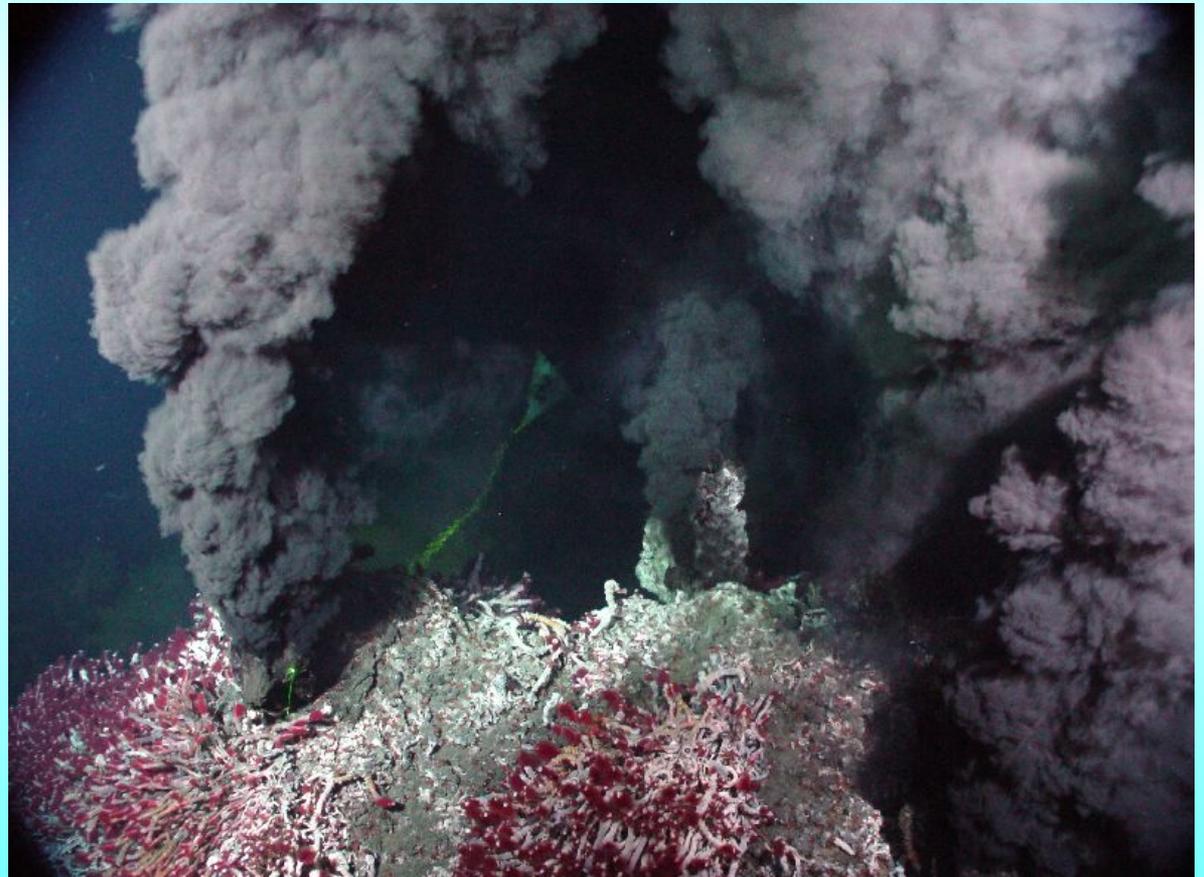
Создаются большими массами плавающих водорослей, чаще всего саргассовых (в Саргассовом море) или филлофорных (в Черном море).



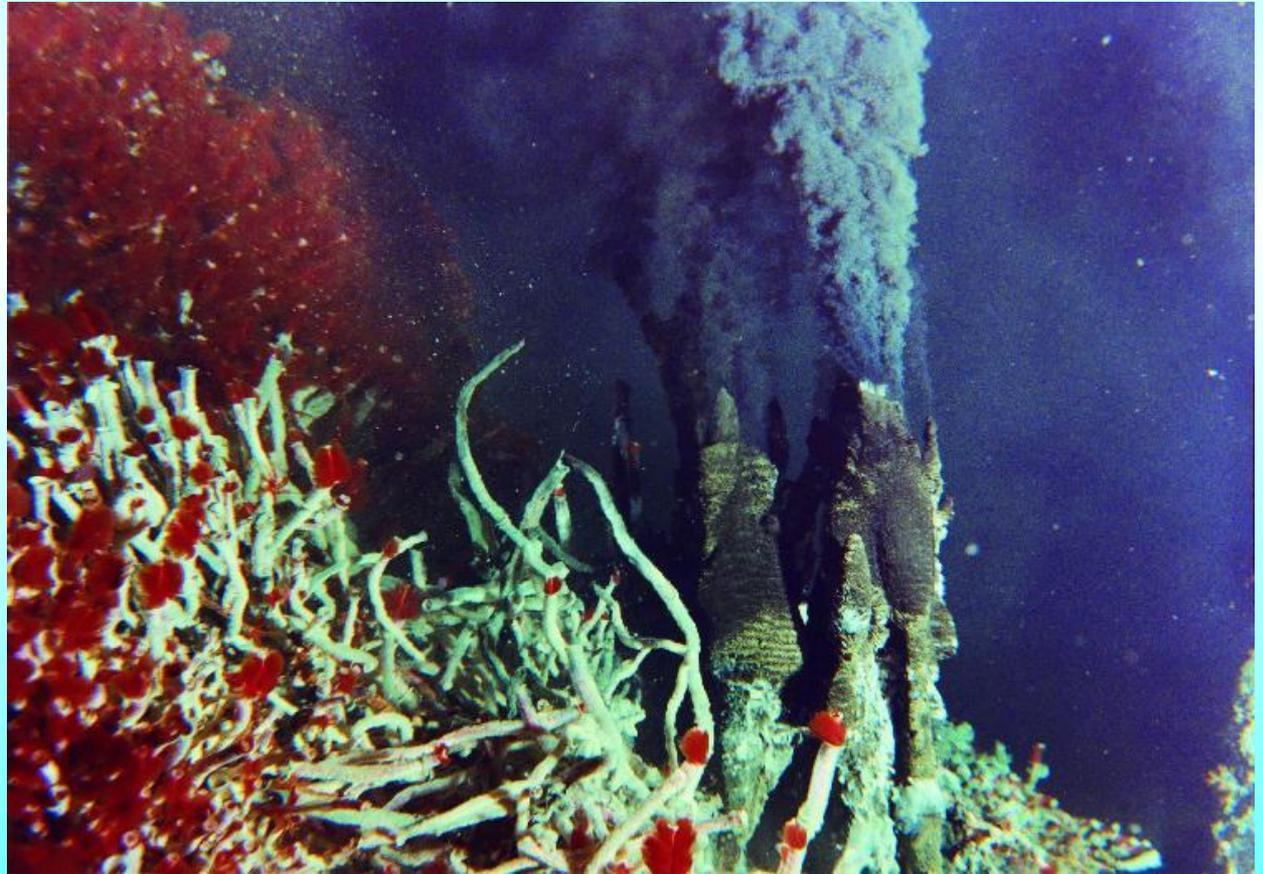
Саргассу

Рифтовые глубоководные сгущения («чёрные курильщики»)

Эти сгущения открыты только в 70-х годах. Они существуют в полной темноте в местах выхода горячей воды из разломов дна (рифтов), богатой минеральными солями и серой. Основным поставщиком первичной продукции для этих экосистем являются хемосинтезирующие серобактерии, высвобождающие энергию из соединений серы.



Крупные многоклеточные организмы либо питаются этими бактериями, либо эти бактерии обитают у них в кишечнике, образуя уникальный симбиоз, характерный, по-видимому, для древнейшей жизни, развивавшейся за счет собственной энергии Земли. Об этой жизни мы знаем пока еще очень мало. Однако накопилось уже достаточно разного рода сенсационных сообщений, которые требуют тщательной проверки, о возможном наличии в этих экосистемах высокоорганизованных форм жизни.



В глубинах Мирового океана биологическое разнообразие ниже, чем в прибрежных зонах.

- а) в глубины Мирового океана, практически, не проникает солнечный свет, что ограничивает возможность фотосинтеза, а значит, и первичной продукции, что лимитирует высокое биоразнообразие;
- б) в глубинах Мирового океана температура воды около +4 градусов, что не является оптимальным условием для жизни и лимитирует высокое биоразнообразие;
- в) в отличие от прибрежных зон, где происходит вынос биогенных веществ с речным стоком, в глубины Мирового океана поступает недостаточно биогенных веществ;
- г) в глубинах Мирового океана минимальное содержание кислорода и высокое давление, что также лимитирует жизнь, а значит, и биологическое разнообразие.



Географическая оболочка

Атмосфера

Гидросфера

Биосфера

Литосфера

