



УНИВЕРСИТЕТ
СИНЕРГИЯ

Кафедра высшей математики и естественнонаучных дисциплин

Экология

Майшанова Маргарита Ивановна
к.б.н., доцент

Тема 3.

Экосистемы

Учебные вопросы

- 1. Законы организации экосистем. Законы биологической продуктивности.**
- 2. Агроценозы и агроэкосистемы.**
- 3. Сукцессии.**
- 4. Биологическое разнообразие.**
- 5. Биосфера и ноосфера.**

1. Законы организации экосистем. Законы биологической продуктивности

Структурой экосистемы принято называть совокупность ее системообразующих связей. Учитывая характер взаимодействий между биотическим и абиотическим компонентами, можно выделить несколько аспектов единой внутренней структуры экосистемы:

- 1.энергетическую** (совокупность энергетических потоков в экосистеме);
- 2.вещественную** (совокупность потоков вещества);
- 3.информационную** (совокупность внутриэкосистемных информационных потоков);
- 4.пространственную** (характеризующую пространственное распределение потоков энергии, вещества и информации внутри экосистемы);
- 5.динамическую** (определяющую изменение внутриэкосистемных потоков во времени).

Поток энергии

Энергия может быть использована только 1 раз



Факт: идет большая потеря энергии

Вывод: общее число трофических уровней редко превышает 4



Экологическая пирамида.

Падение количества энергии при переходе с одного трофического уровня на другой (более высокий) определяет число этих уровней и соотношение хищников и жертв.

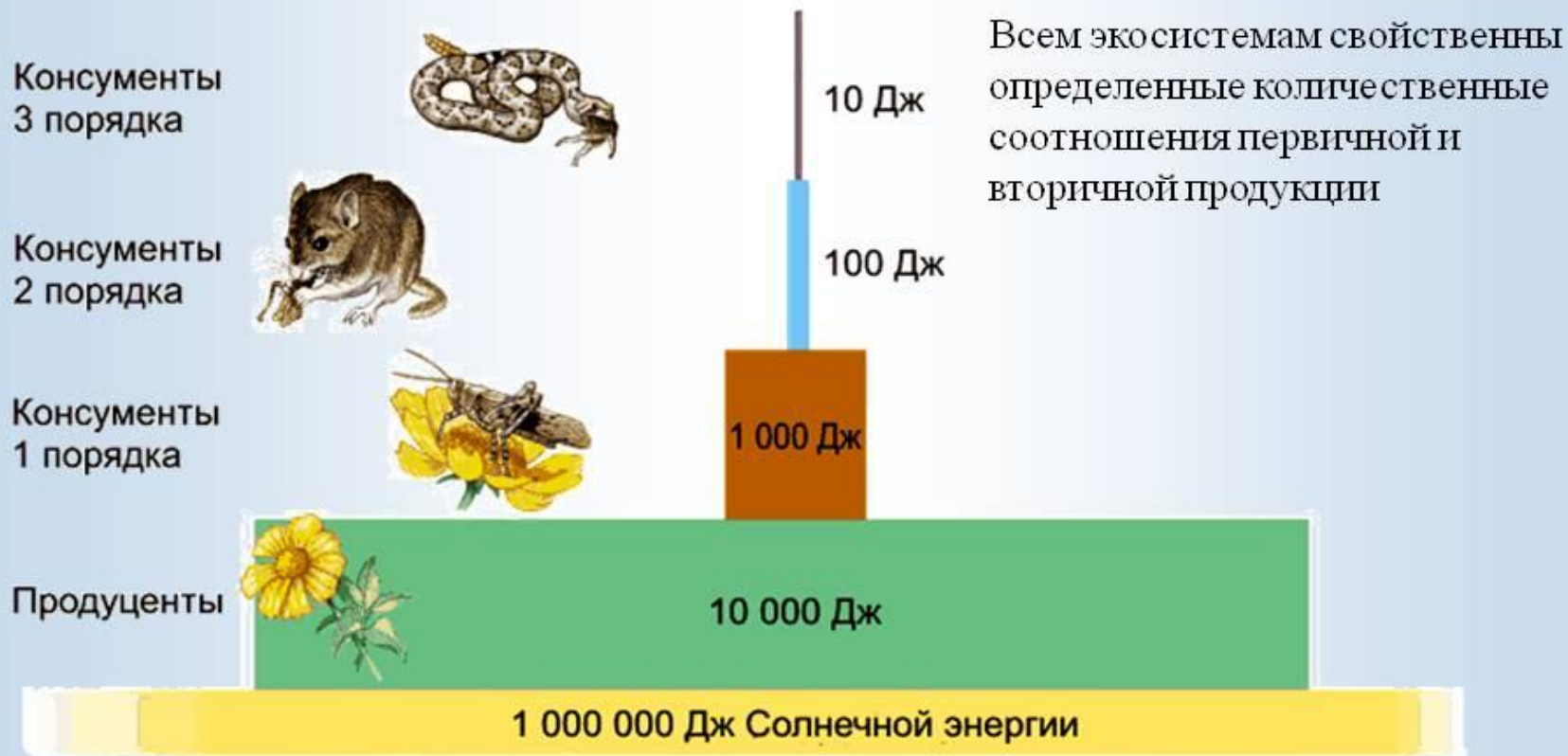
Подсчитано, что на любой данный трофический уровень поступает около **10%** (или чуть более) энергии предыдущего уровня. Поэтому общее число трофических уровней редко бывает более четырех—шести.

Данное явление, изображенное графически, получило название экологическая пирамида. Различают пирамиду численности (особей), пирамиду биомассы и пирамиду энергии.

Основание пирамиды образуют продуценты (растения). Над ними располагаются консументы первого порядка (травоядные).

Следующий уровень представляют консументы второго порядка (хищники). И так далее до вершины пирамиды, которую занимают наиболее крупные хищники. Высота пирамиды обычно соответствует длине пищевой цепи.

Потоки энергии. Трофические цепи

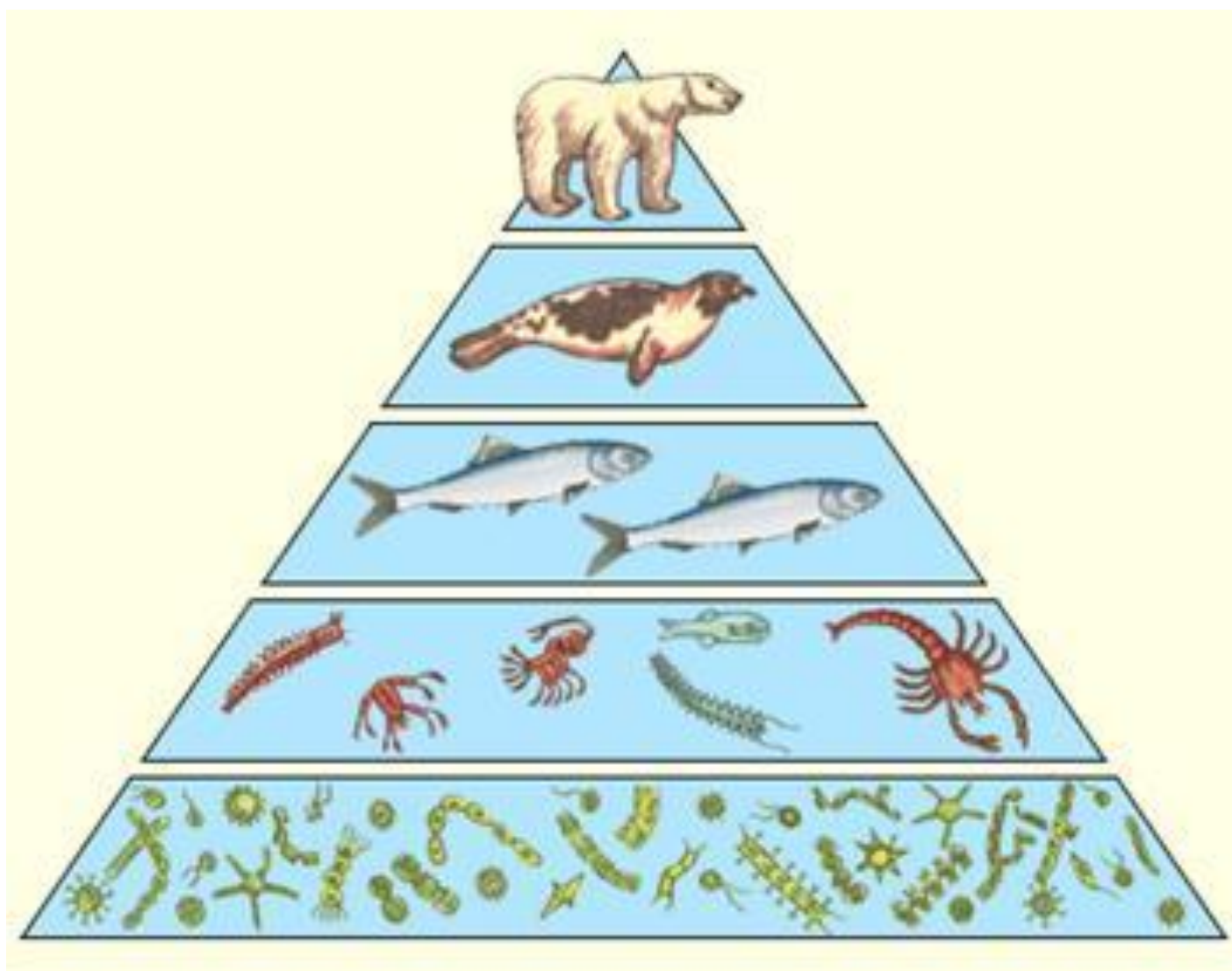


Правило пирамиды: на каждом последующем трофическом уровне количество биомассы, создаваемой за единицу времени, меньше, чем на последующем

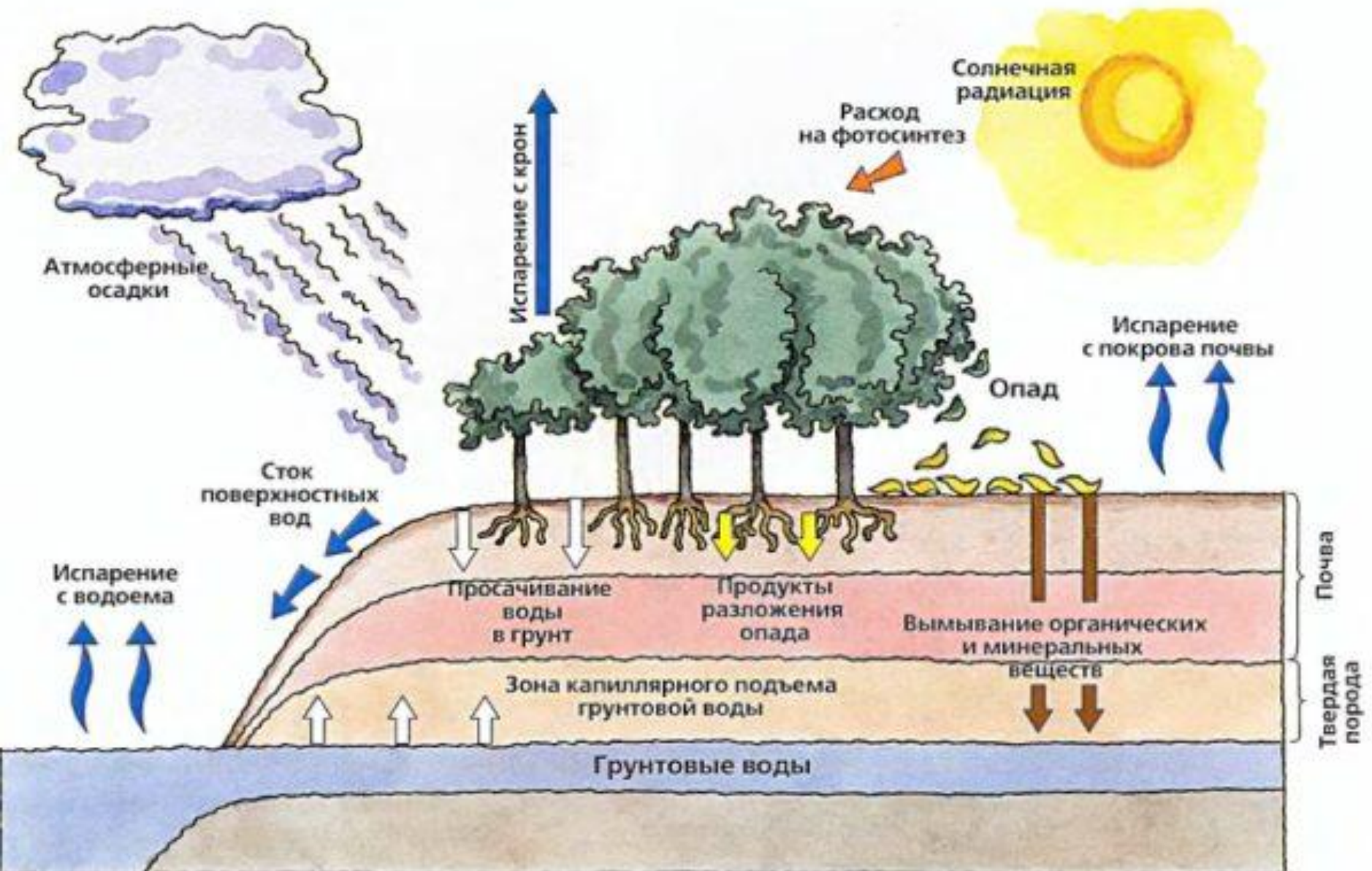
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПИРАМИДА

ТРОФИЧЕСКИЕ УРОВНИ

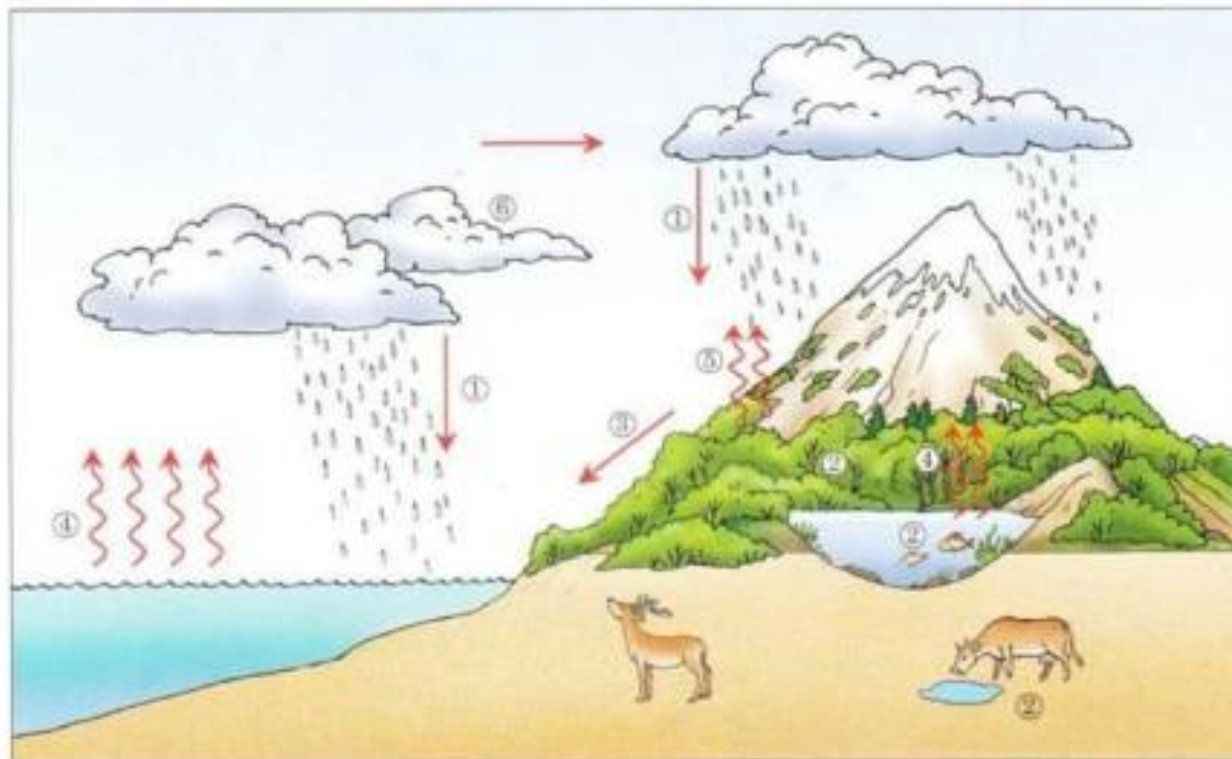




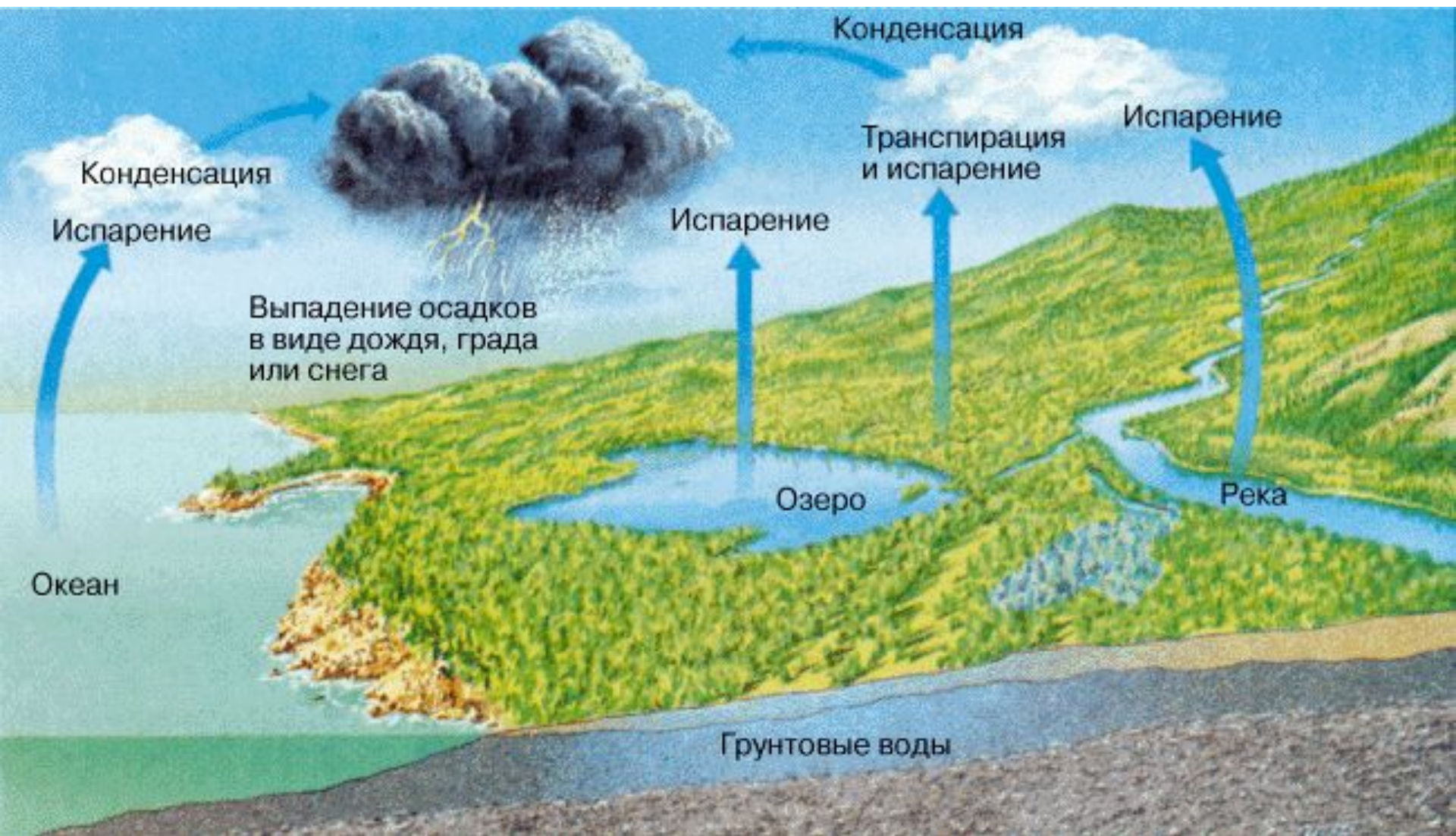
Круговорот веществ и энергии



Круговорот воды в природе



1. Вода попадает на землю в виде осадков.
2. Организмы получают воду.
3. Вода, попавшая в почву, течет по подземным стокам в озера, реки, моря и океаны.
4. Испаряясь, вода попадает в атмосферу.
5. В листьях растений происходит транспирация.
6. В атмосфере вода образует дождевые облака, которые передвигаются по суше.





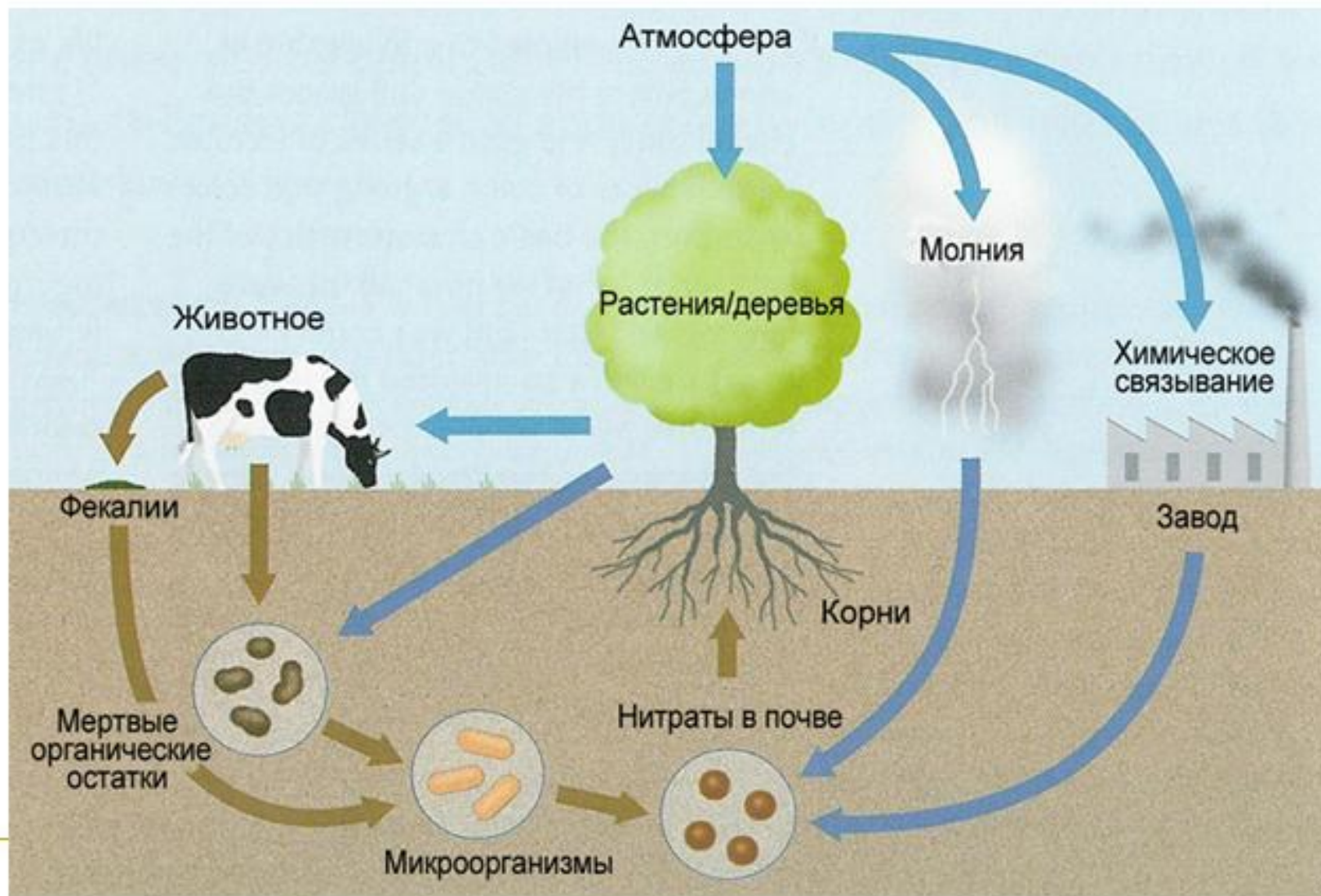
Вся земная жизнь основана на углероде. Каждая молекула живого организма построена на основе углеродного скелета. Атомы углерода постоянно мигрируют из одной части *биосферы* (узкой оболочки Земли, где существует жизнь) в другую. На примере круговорота углерода в природе можно проследить в динамике картину жизни на нашей планете.

Основные запасы углерода на Земле находятся в виде содержащегося в атмосфере и растворенного в Мировом океане диоксида углерода, то есть углекислого газа (CO_2). Рассмотрим сначала молекулы углекислого газа, находящиеся в атмосфере. Растения поглощают эти молекулы, затем в процессе [фотосинтеза](#) атом углерода превращается в разнообразные органические соединения и таким образом включается в структуру растений. Далее возможно несколько вариантов:

- углерод может оставаться в растениях, пока растения не погибнут. Тогда их молекулы пойдут в пищу *редуцентам* (организмам, которые питаются мертвым органическим веществом и при этом разрушают его до простых неорганических соединений), таким как грибы и термиты. В конце концов углерод вернется в атмосферу в качестве CO_2 ;
- растения могут быть съедены травоядными животными. В этом случае углерод либо вернется в атмосферу (в процессе дыхания животных и при их разложении после смерти), либо травоядные животные будут съедены плотоядными (и тогда углерод опять же вернется в атмосферу теми же путями);
- растения могут погибнуть и оказаться под землей. Тогда в конечном итоге они превратятся в ископаемое топливо — например, в уголь.

- В случае же растворения исходной молекулы CO_2 в морской воде также возможно несколько вариантов:
- углекислый газ может просто вернуться в атмосферу (этот вид взаимного газообмена между Мировым океаном и атмосферой происходит постоянно);
 - углерод может войти в ткани морских растений или животных. Тогда он будет постепенно накапливаться в виде отложений на дне Мирового океана и в конце концов превратится в известняк или из отложений вновь перейдет в морскую воду.

Схема круговорота азота в природе



Круговорот азота.

Азот составляет около 80% атмосферного воздуха и является крупнейшим резервуаром и предохранительным клапаном атмосферы. Однако большинство организмов не могут усваивать азот из воздуха. Между тем азот участвует в построении всех белков и нуклеиновых кислот. Усваивать азот из воздуха способны только некоторые организмы – бактерии, которые существуют в симбиозе с бобовыми растениями (горох, фасоль, соя).

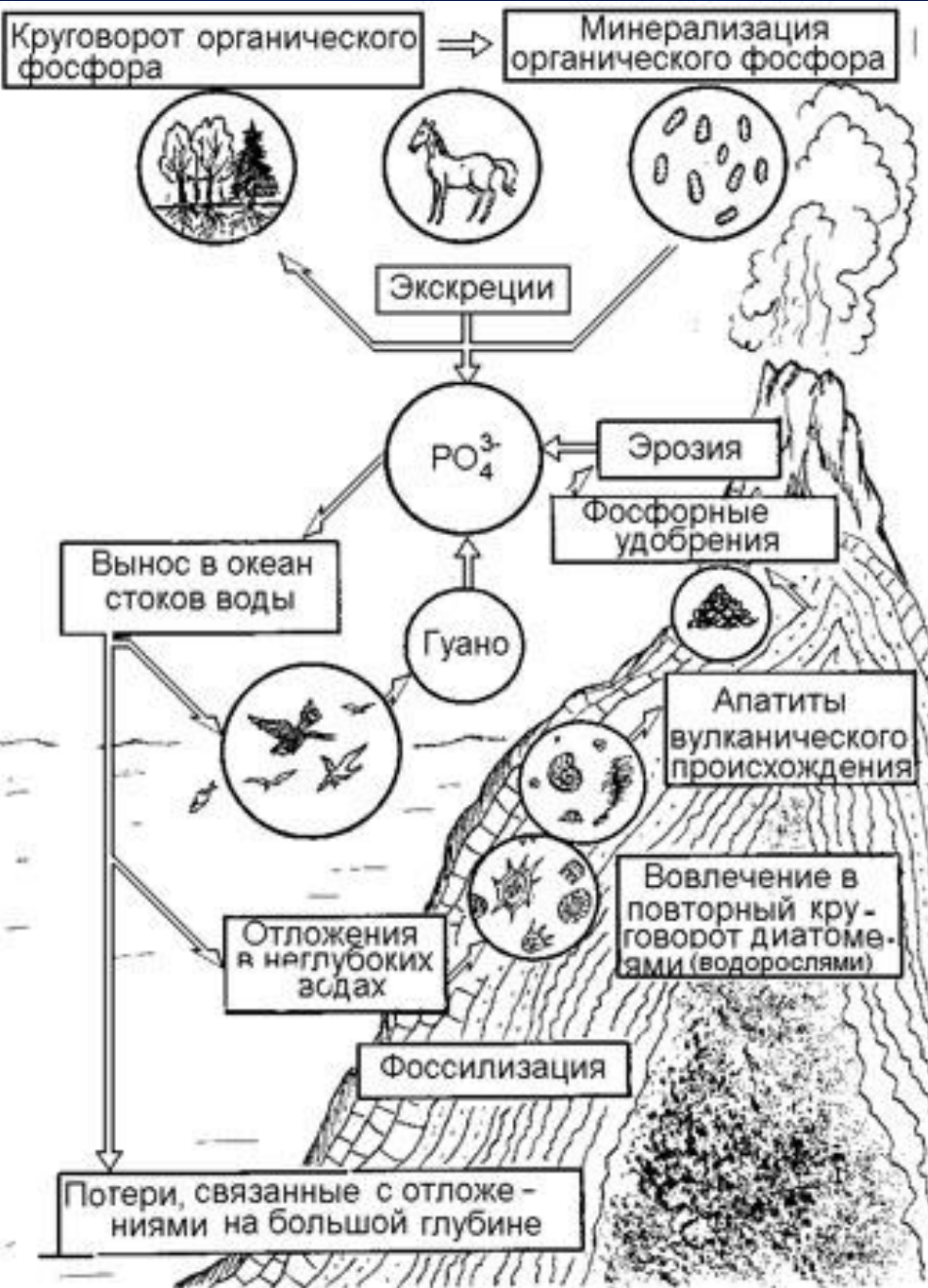
Они поселяются на корнях бобовых растений, образуя клубеньки, в которых и происходит химическая фиксация азота. Азот могут усваивать также сине-зеленые водоросли, называемые цианобактериями. Они образуют симбиоз с плавающим папоротником, который растет на заливаемых водой рисовых полях и до высадки рассады риса удобряет эти поля азотом.

Первый этап фиксации атмосферного азота приводит к образованию аммиака и называется аммонификацией (рис. 1.1). Аммиак используется растениями для синтеза аминокислот, из которых состоят белки.

Второй этап фиксации азота микроорганизмами – нитрификация, при этом образовавшийся аммиак преобразуется в соли азотной кислоты - нитраты.

Нитраты усваиваются корнями растений и транспортируются в листья, где происходит синтез белков. Процесс разложения белков, осуществляемый особой группой бактерий, называется денитрификацией. Распад идет сначала с образованием нитратов, потом аммиака и, наконец, молекулярного азота.

Содержание азота в живых тканях составляет около 3% его содержания в обменных фондах экосистем. Общее время круговорота азота – примерно 100 лет..



Фосфор элемент, необходимый для синтеза многих органических веществ, включая АТФ, ДНК, РНК, усваивается растениями только в виде ионов ортофосфорной кислоты (PO_4^{3-}). Он относится к элементам, лимитирующим первичную продукцию и на суше, и особенно в океане, поскольку обменный фонд фосфора в почвах и водах невелик. Круговорот этого элемента в масштабах биосферы незамкнут.

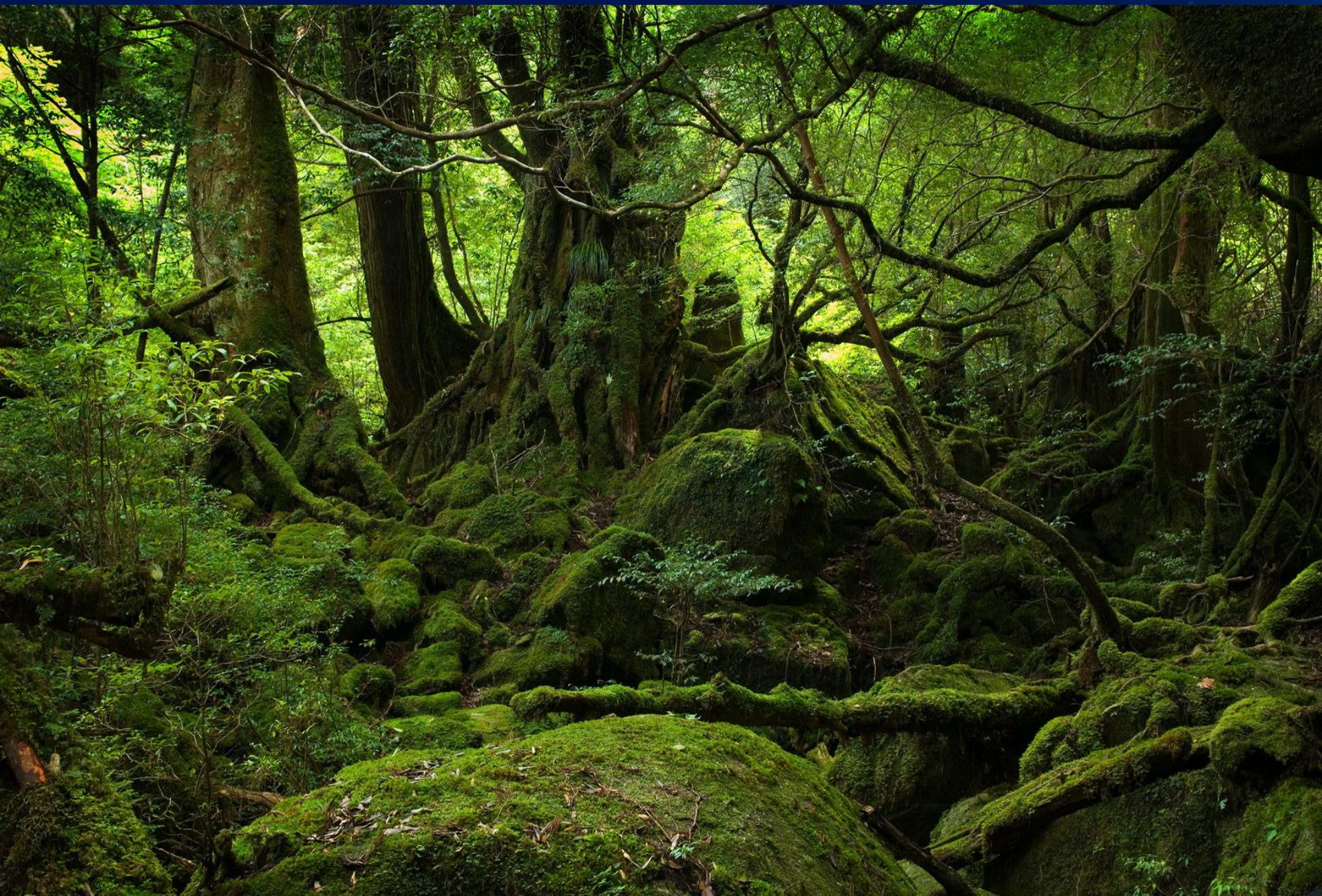
На суше растения черпают из почвы фосфаты, освобожденные редуцентами из разлагающихся органических остатков. Однако в щелочной или кислой почве растворимость фосфорных соединений резко падает. Основной резервный фонд фосфатов содержится в горных породах, созданных на дне океана в геологическом прошлом. В ходе выщелачивания пород часть этих запасов переходит в почву и в виде взвесей и растворов вымывается в водоемы. В гидросфере фосфаты используются фитопланктоном, переходя по цепям питания в другие гидробионты.

Однако в океане большая часть фосфорных соединений захоранивается с остатками животных и растений на дне с последующим переходом с осадочными породами в большой геологический круговорот. На глубине растворенные фосфаты связываются с кальцием, образуя фосфориты и апатиты. В биосфере, по сути, происходит однонаправленный поток фосфора из горных пород суши в глубины океана, следовательно, обменный фонд его в гидросфере очень ограничен

С точки зрения *трофической структуры* экосистему можно разделить на два яруса — автотрофный и гетеротрофный (по Ю. Одуму, 1986).

1. Верхний автотрофный ярус, или «зеленый пояс», включающий растения или их части, содержащие хлорофилл, где преобладают фиксация энергии света, использование простых неорганических соединений и накопление сложных органических соединений.

2. Нижний гетеротрофный ярус, или «коричневый пояс» почв и осадков, разлагающихся веществ, корней и т. д., в котором преобладают использование, трансформация и разложение сложных соединений.





С биологической точки зрения в составе экосистемы удобно выделить следующие компоненты (по Ю. Одуму, 1986):

1. **Неорганические вещества** (CO_2 , H_2O , N_2 , O_2 , минеральные соли и др.), включающиеся в круговороты.
2. **Органические вещества** (белки, углеводы, липиды, гумусовые вещества и др.), связывающие биотическую и абиотическую части.
3. **Воздушная, водная и субстратная среда**, включающая абиотические факторы.



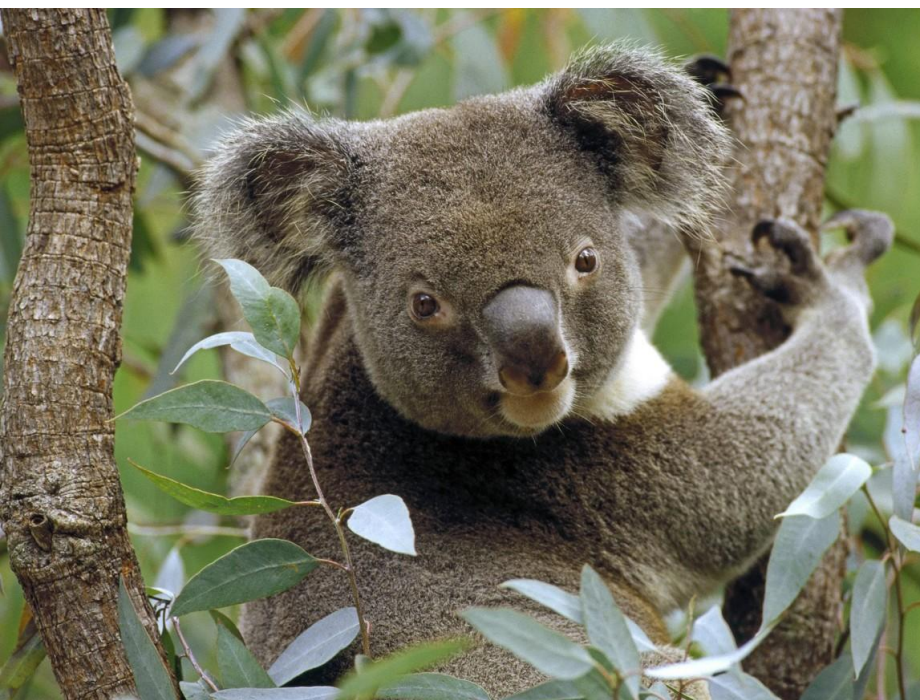




4. *Продуценты* — автотрофные организмы, способные производить органические вещества из неорганических, используя фотосинтез или хемосинтез (растения и автотрофные бактерии).



5. Консументы — гетеротрофные организмы, потребляющие органическое вещество продуцентов или других консументов (животные, гетеротрофные растения, некоторые микроорганизмы).









Падальники на мертвом кроте

6. Редуценты — гетеротрофные организмы, питающиеся органическими остатками и разлагающие их до минеральных веществ (сапротрофные бактерии и грибы).

Деструкторы – организмы питающиеся мертвым органическим веществом. В зависимости от способа питания деструкторы делятся на детритофагом и редуцентов.

Детритофаги – организмы, способные разложить (разрушить) крупные органические молекулы на составные части. К ним относятся черви, улитки, мокрицы.





2. Агроценозы и агроэкосистемы

Это искусственная экосистема, созданная человеком (поле пшеницы, яблоневый сад).

1. В агроэкосистеме живет меньше видов, чем в естественной экосистеме. Поэтому пищевые цепи в агроэкосистеме короткие, неразветвленные, из-за этого круговорот веществ неустойчивый, следовательно, сама **агроэкосистема неустойчива.**

Если человек не будет за ней ухаживать (поливать, удобрять, пропалывать), то она разрушится, например, поле пшеницы зарастет, превратится в луг. Таким образом, естественная экосистема получает энергию только от солнечного света, а агроэкосистема – от Солнца и от человека (основной источник энергии для агроэкосистемы – всё-таки Солнце).

2. В агроэкосистеме живет **очень много растений одного вида**(монокультура), следовательно, создаются хорошие условия для консументов, питающихся этим видом (вирусов, бактерий, нематод, клещей, насекомых и т.п.). Поэтому в сельском хозяйстве обязательно надо бороться с вредителями. Основные способы:

- ядохимикаты (плюс – дёшево, минус – уничтожаются естественные враги вредителей, так что их численность может, наоборот, возрасти);
- биологические методы (использование естественных врагов – наездников против бабочек, божьих коровок против тли и т.п.);
- севооборот (каждый год на поле выращивается другая культура, чтобы вредители не накапливались в почве)

3. В естественной экосистеме растения своими корнями забирают из почвы минеральные соли, затем растения поедаются кронсуменами, разрушаются редуцентами, и соли возвращаются назад в почву – это замкнутый круговорот веществ. На поле пшеницы урожай собирается и вывозится, и минеральные соли в почву не возвращаются (**незамкнутый круговорот веществ**). Поэтому в сельском хозяйстве применяют удобрения – минеральные (соли) и органические (навоз).

Агроценоз – это экосистемы, структуру и функцию которых создаёт, поддерживает и контролирует человек в своих интересах









3. Сукцессии.

Относительно длительное существование биоценоза на одном месте (сосновый или еловый лес, низинное болото) изменяет биотоп (место, на котором существует биоценоз) так, что он становится малопригодным для существования одних видов, но пригодным для внедрения или развития других. В результате в данном биотопе постепенно развивается другой биоценоз, более приспособленный к новым условиям среды. Такая многократная смена одних биоценозов другими называется сукцессией.

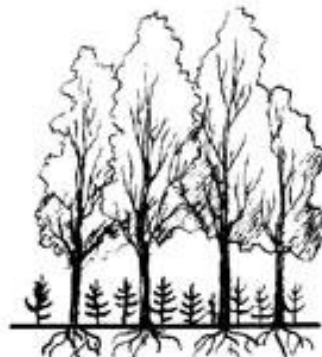
Сукцессия (от лат. *successio* — преемственность, наследование) — это постепенная, необратимая, направленная смена одних биоценозов другими на одной и той же территории под влиянием природных факторов или воздействия человека.



1-2 года



5-6 лет



10-15 лет



20-25 лет



30-35 лет

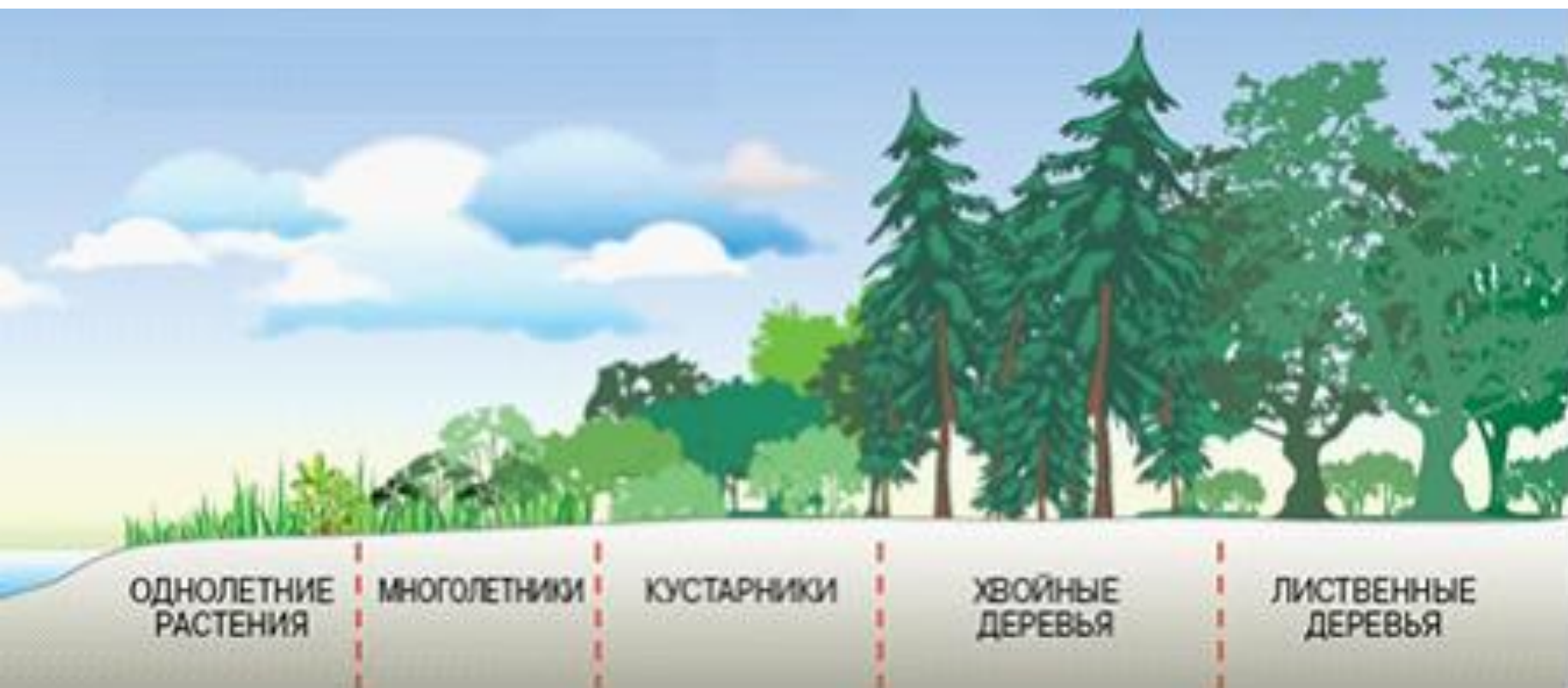


75-80 лет



80-120 лет

**Пример
экологической
сукцессии (по И. Н.
Пономаревой)**



Термин «сукцессия» впервые употребил французский ботаник Де Люк в 1806 г. для обозначения смен растительности. Это один из ключевых терминов современной экологии.

Примерами сукцессий являются постепенное зарастание сыпучих песков, каменистых россыпей, отмелей, заселение растительными и животными организмами заброшенных сельскохозяйственных земель (пашни), залежей, вырубок и др. Бывшие поля быстро покрываются разнообразными однолетними растениями. Сюда же попадают семена древесных пород: сосны, ели, березы, осины. Они легко и на большие расстояния разносятся ветром и животными. В слабозадерненной почве семена начинают прорастать. В наиболее благоприятном положении оказываются светлюбивые мелколиственные породы (береза, осина).

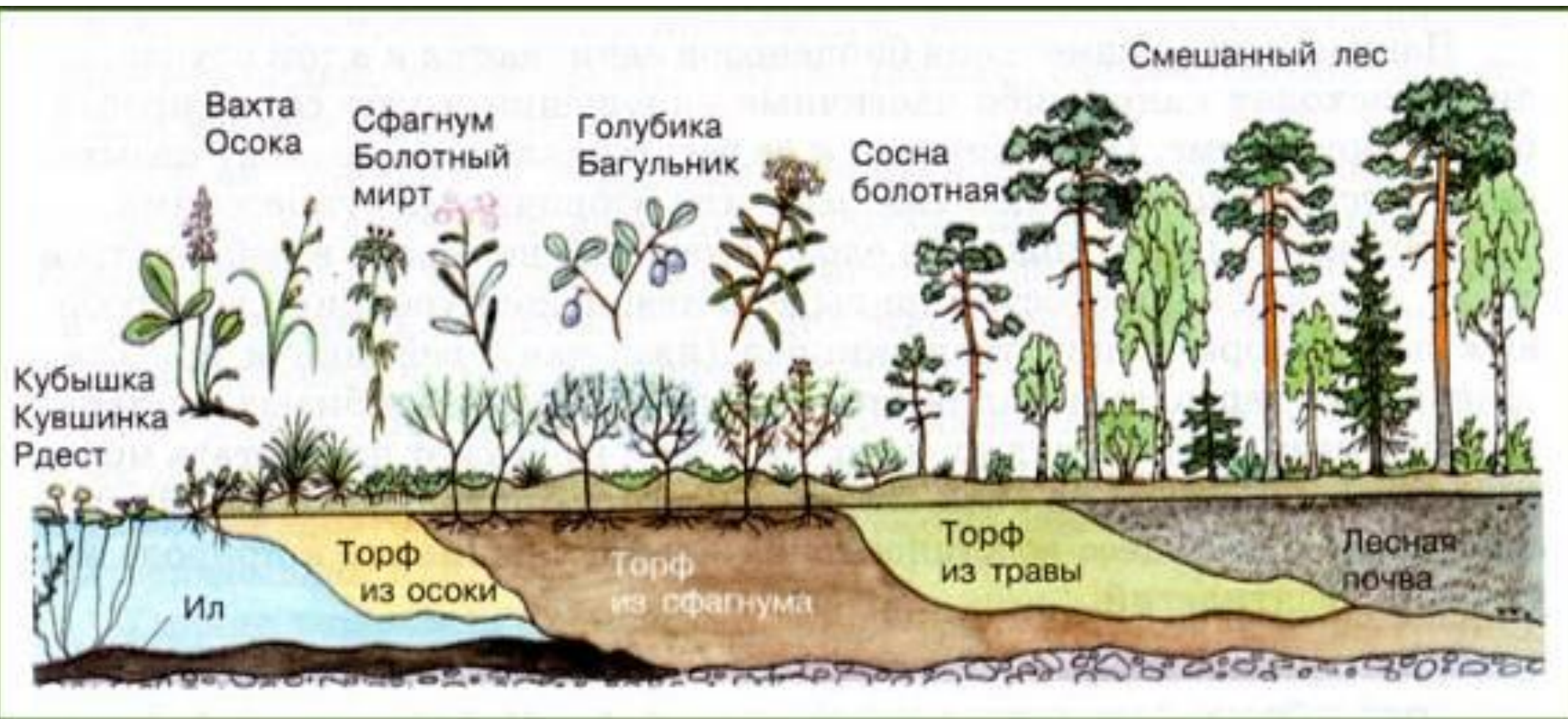
Классический пример сукцессии — зарастание озера или речной старицы и превращение ее сначала в болото, а затем, через длительный промежуток времени, в лесной биоценоз.

Вначале водная гладь мелеет, затягивается со всех сторон сплавиной, на дно опускаются отмершие части растений.

Постепенно зеркало воды затягивается травой. Этот процесс будет длиться несколько десятков лет, а затем на месте озера или старицы образуется верховое торфяное болото. Еще позже болото постепенно начнет зарастать древесной растительностью, скорее всего сосной.

По прошествии какого-то периода времени процессы торфообразования на месте бывшего водоема приведут к созданию избыточного увлажнения и к гибели леса. Наконец, появится новое болото, но уже отличное от того, что было прежде.

Вместе с изменением растительности меняется и животный мир территории, подверженной сукцессии. Для старицы или озера типичны водные беспозвоночные, рыбы, водоплавающие птицы, земноводные, некоторые млекопитающие — ондатра, норки. Итог сукцессии — сфагновый сосняк. Теперь здесь обитают другие птицы и млекопитающие — глухарь, куропатка, лось, медведь, заяц.



Смена сообществ при зарастании водоема

Выделяют два основных типа сукцессий:

- 1) с участием как автотрофного, так и гетеротрофного населения;
- 2) с участием лишь гетеротрофов.

Сукцессии со сменой растительности могут быть первичными; они начинаются на лишенных жизни местах, и вторичными — восстановительными .

В настоящее время практически вся доступная жизни поверхность суши занята различными сообществами и поэтому возникновение свободных от живых существ участков имеет локальный характер.

Гетеротрофная сукцессия

- Приток мертвого органического вещества не восполняет его запасы, т.к. участвуют в сукцессии только гетеротрофные организмы
- Количество энергии уменьшается
- Система (организмы) погибает
- По Ю.Одуму – ассоциация с эксплуатацией залежей горючих полезных ископаемых человеком



Автотрофная и гетеротрофная сукцессии



Пример стадии автотрофной сукцессии — лес вырастает на месте залежи



Пример стадии гетеротрофной сукцессии — заболоченный луг

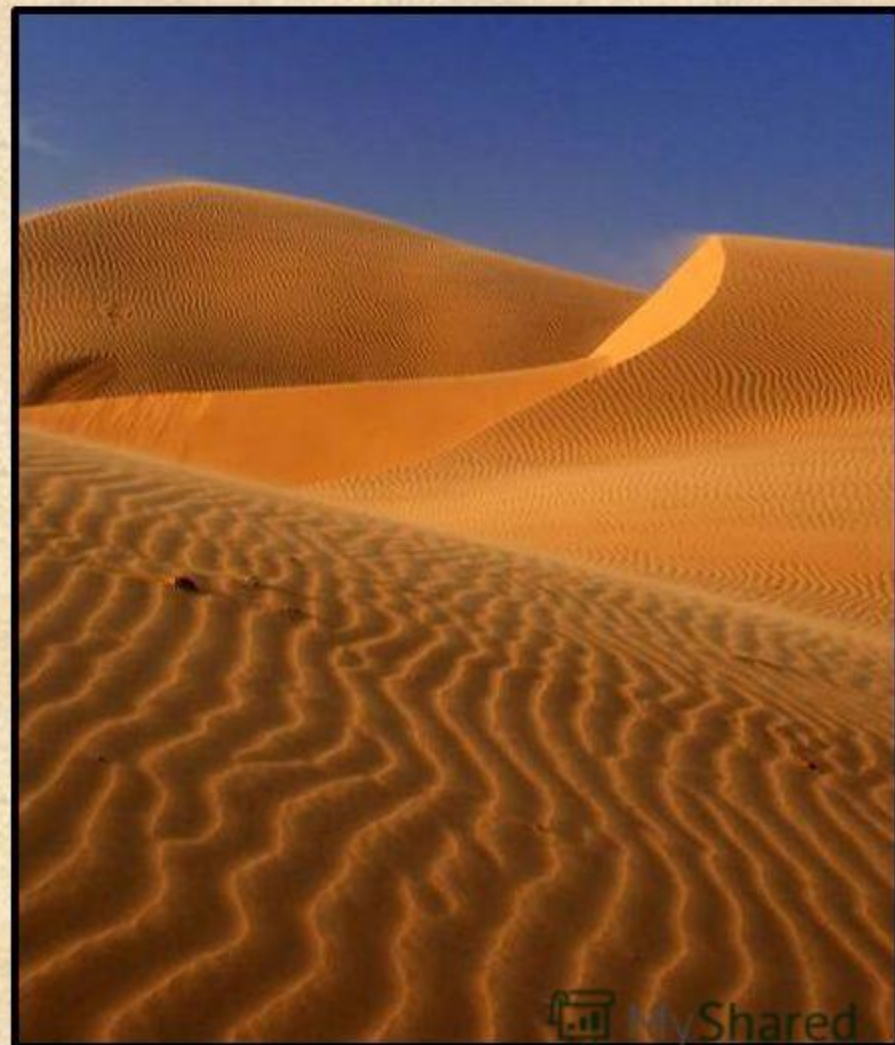
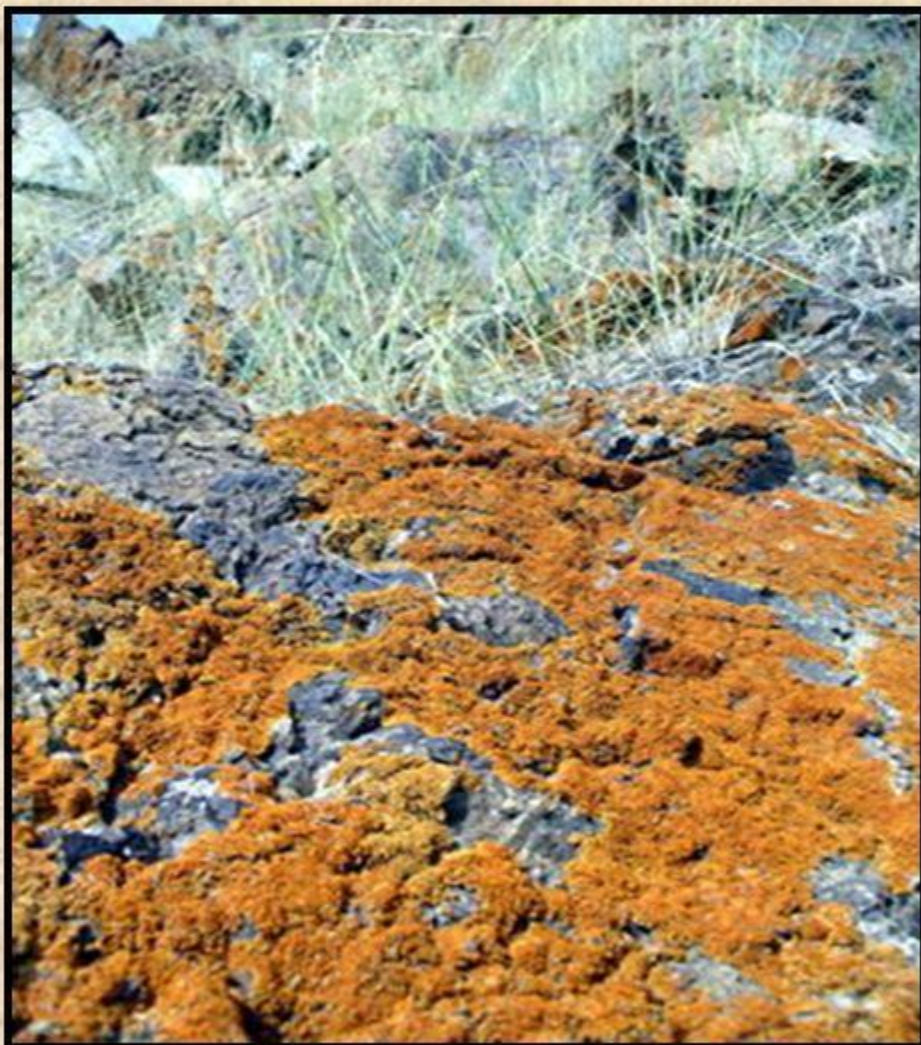
Если развитие сообществ идет на вновь образовавшихся, ранее не заселенных местообитаниях (субстратах), где растительность отсутствовала — на песчаных дюнах, застывших потоках лавы, породах, обнажившихся в результате эрозии или отступления льдов, то такая сукцессия называется **первичной**.

В качестве примера первичной сукцессии можно привести процесс заселения вновь образованных песчаных дюн, где растительность прежде отсутствовала. Здесь вначале поселяются многолетние растения, способные переносить засушливые условия, например пырей ползучий. Он укореняется и размножается на зыбучем песке, укрепляет поверхность дюны и обогащает песок органическими веществами. Физические условия среды, находящейся в непосредственной близости от многолетних трав, изменяются. Вслед за многолетниками появляются однолетники. Их рост и развитие часто способствуют обогащению субстрата органическим материалом, так что постепенно создаются условия, подходящие для произрастания таких растений, как ива, толокнянка, чабрец. Эти растения предшествуют появлению проростков сосны, которые закрепляются здесь и, подрастая, через много поколений образуют сосновые леса на песчаных дюнах.

Первичная сукцессия



Первичная сукцессия



Первичная сукцессия



Первичная сукцессия после отступления ледника в Швейцарских Альпах

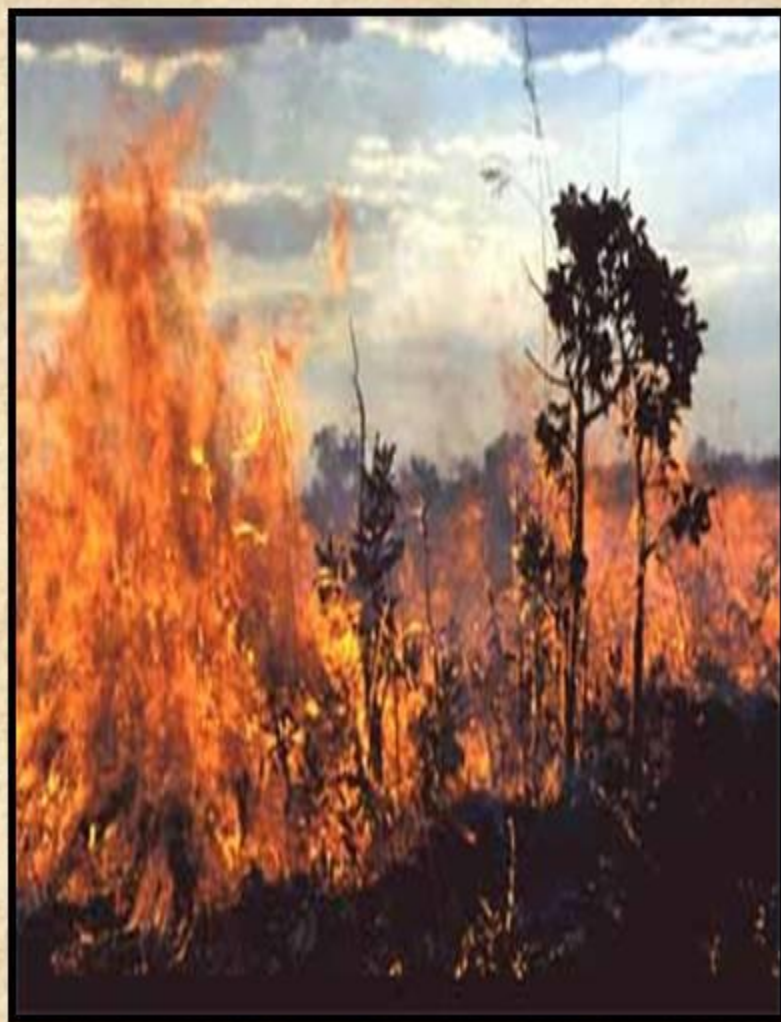


Если на определенной местности ранее существовала растительность, но по каким-либо причинам она была уничтожена, то ее естественное восстановление называется **вторичной** сукцессией.

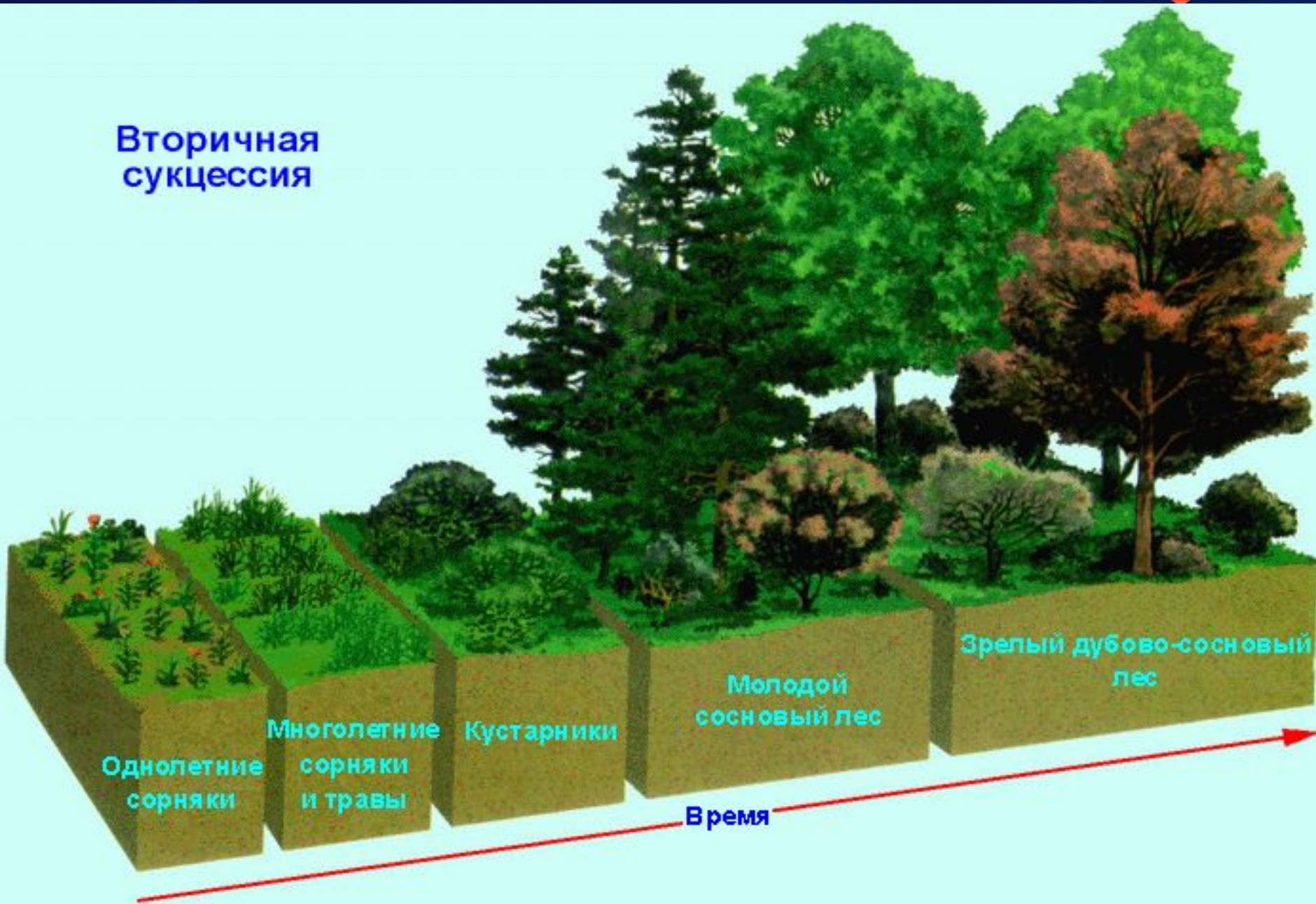
К таким сукцессиям может привести, например, частичное уничтожение леса болезнями, ураганом, извержением вулкана, землетрясением либо пожаром. Восстановление лесного биоценоза после таких катастрофических воздействий происходит в течение длительного времени.

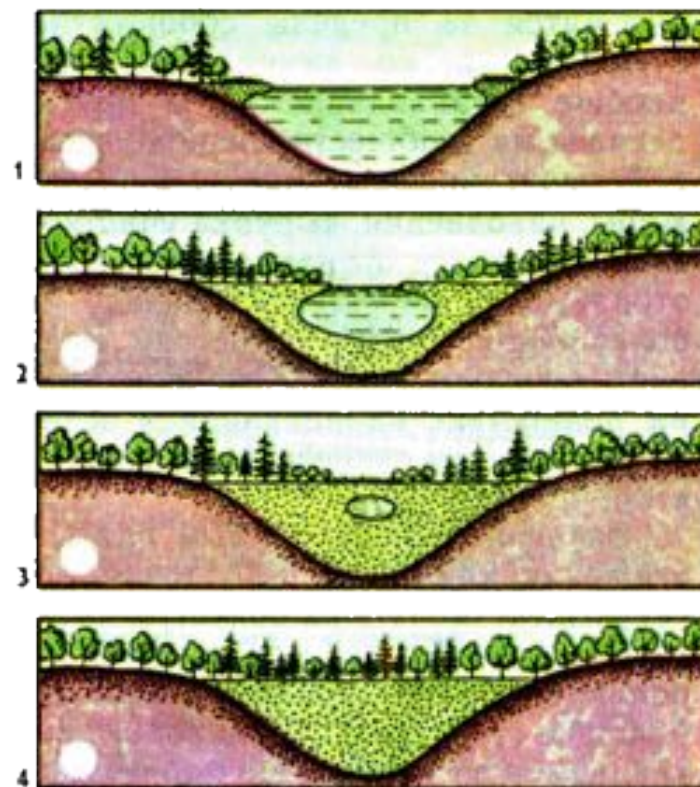
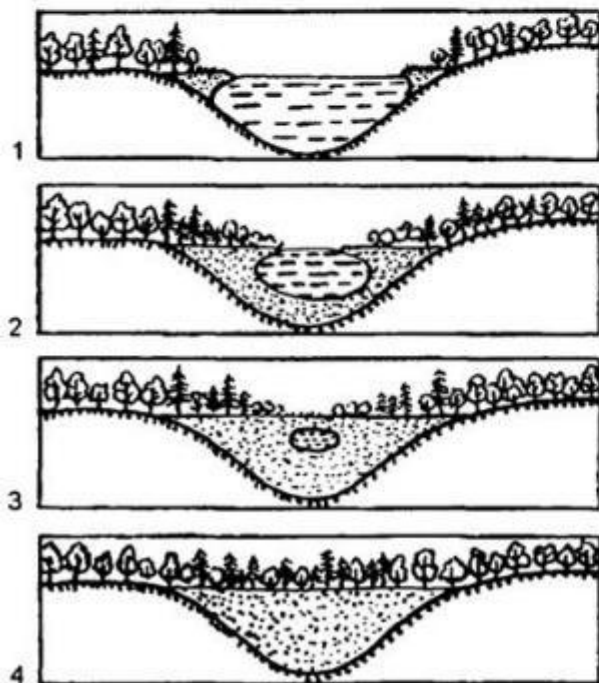
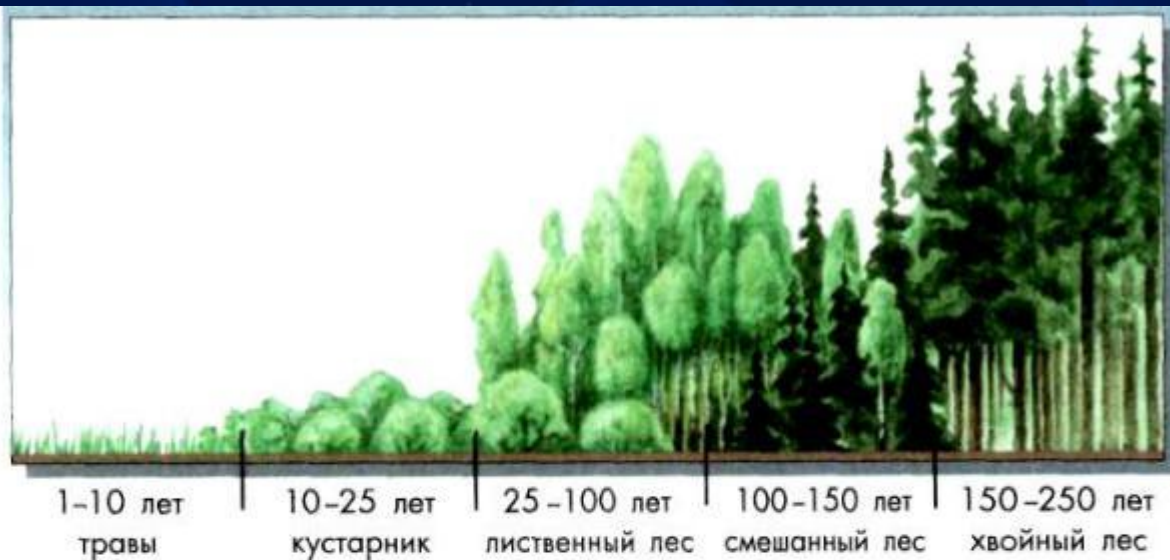
Примером вторичной сукцессии является образование торфяного болота при зарастании озера. Изменение растительности на болоте начинается с того, что края водоема зарастают водными растениями. Влаголюбивые виды растений (камыш, тростник, осока) начинают разрастаться вблизи берегов сплошным ковром. Постепенно на поверхности воды создается более или менее плотный слой растительности. Отмершие остатки растений накапливаются на дне водоема. Из-за малого количества кислорода в застойных водах растения медленно разлагаются и постепенно превращаются в торф. Начинается формирование болотного биоценоза. Появляются сфагновые мхи, на сплошном ковре которых произрастают клюква, багульник, голубика. Здесь же могут поселиться сосенки, образуя редкую поросль. С течением времени формируется экосистема верхового болота.

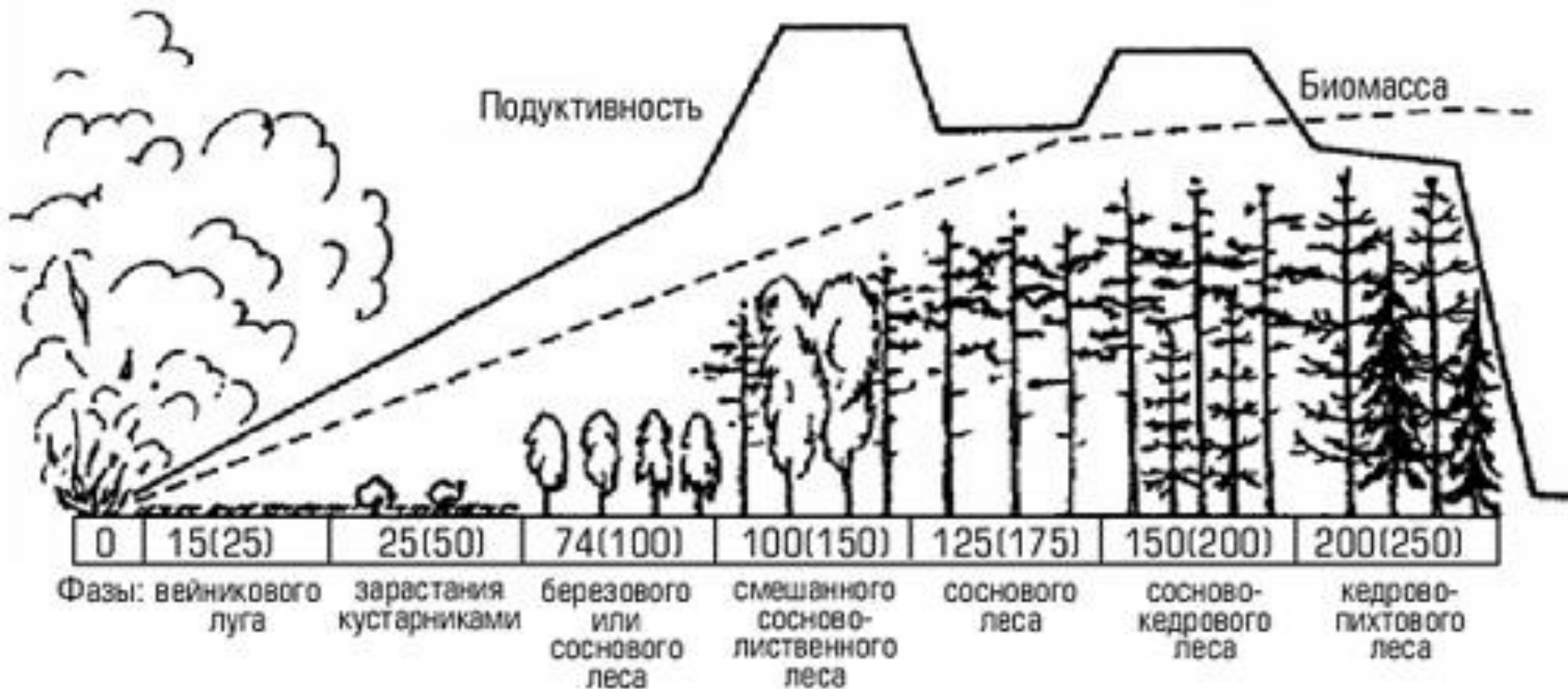
Вторичная сукцессия



Вторичная сукцессия







Вторичная сукцессия сибирского темно-хвойного леса (пихтово-кедровой тайги) после опустошительного лесного пожара: числа в прямоугольниках — колебания в длительности прохождения фаз вторичной сукцессии (в скобках указан срок их окончания). Биомасса и биологическая продуктивность показаны в произвольном масштабе (кривые отражают качественную и количественную стороны процесса)



Большинство сукцессий, наблюдаемых в настоящее время, **антропогенные**, т.е. они происходят в результате воздействия человека на природные экосистемы. Это выпас скота, рубка лесов, возникновение очагов возгорания, распашка земель, затопление почв, опустынивание и т.п.

Загрязнение воды

Загрязнение воздуха

