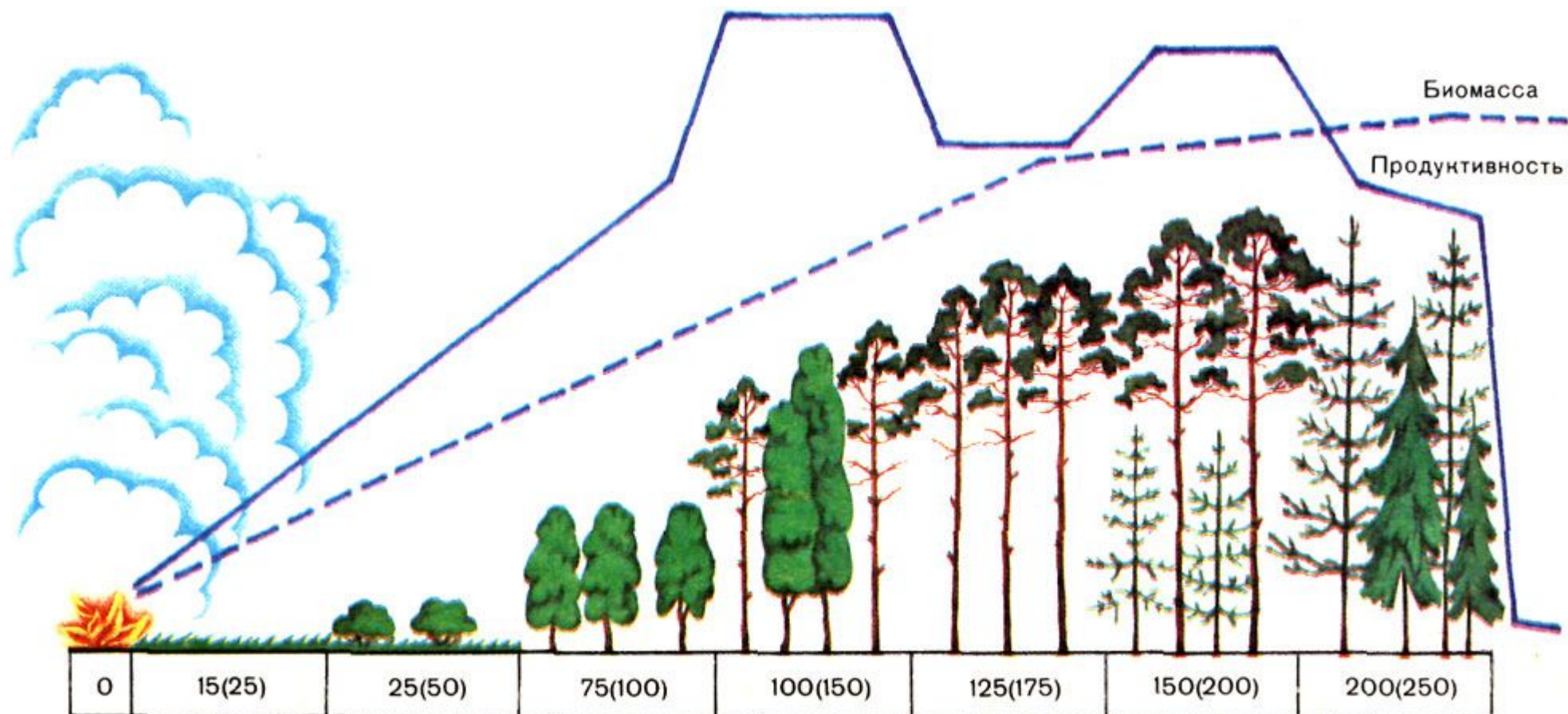


Динамика экосистем

Келин Е. А.



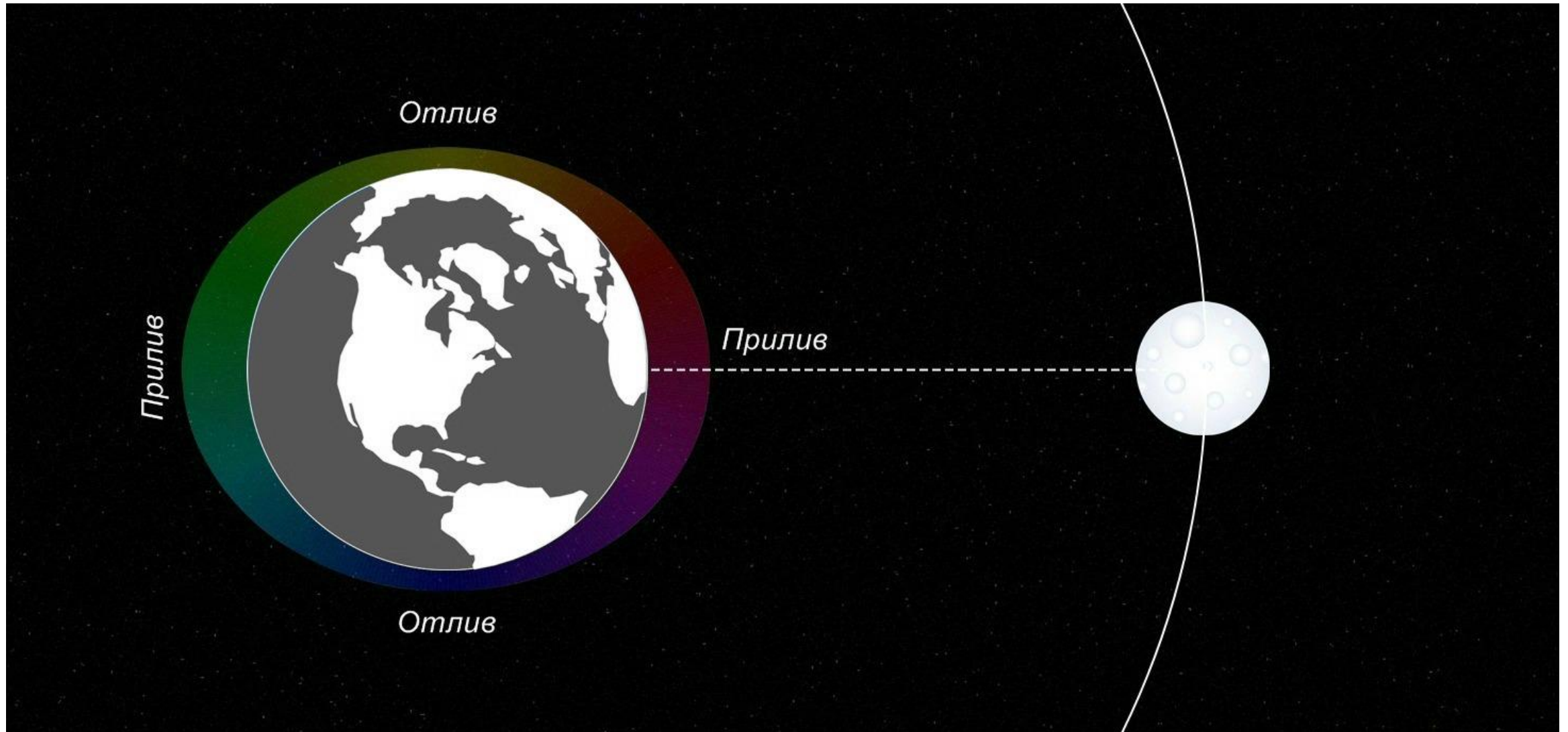
В любой экосистеме постоянно происходят процессы изменения в состоянии и жизнедеятельности ее членов. Все изменения, происходящие в любой экосистеме, можно отнести к двум типам:

1. Циклические изменения: отражают суточную, сезонную, многолетнюю периодичность внешних условий. Проявляются в изменении активности; физиологических процессов днём и ночью. Смена времени года оказывает влияние на жизнедеятельность растений и животных (спячка, диапауза, миграции, периоды цветения и листопада).



Цветение сакуры - незабываемое зрелище

Приливно-отливные ритмы обусловлены лунным притяжением. Самая сложная суточная ритмика существует у обитателей морской приливно-отливной зоны.



Огромное влияние на циклические процессы в экосистеме оказывает **явление фотопериодизма** (греч. photos- "свет" и periodos- "круговорот", "чередование"). Это реакция живых организмов (растений и животных) на суточный ритм освещённости, продолжительность светового дня и соотношение между темным и светлым временем суток (фотопериодами).

Термин «фотопериодизм» (англ. photoperiodism) предложили в 1920 году американские учёные селекционеры У. Гарнер и Г. Аллард, которые открыли данную реакцию у растений. Оказалось, что многие растения очень чувствительны к изменению длины дня.



Под действием реакции фотопериодизма растения переходят от вегетативного роста к зацветанию. Эта особенность является проявлением адаптации растений к условиям существования, и позволяет им переходить к цветению и плодоношению в наиболее благоприятное время года. Помимо реакции на свет, известна также реакция на температурные воздействия — яровизация растений.

За восприятие фотопериодических условий у растений отвечают особые рецепторы листьев (например, фитохром).

При непрерывном освещении не впадают в состояние поноя и не сбрасывают листьев



При коротком дне рост прекращается, и сеянцы сбрасывают листья



Растения делят на **длиннодневные**, которые зацветают при непрерывной суточной освещенности более 12 часов, такие как рожь, морковь, лук.



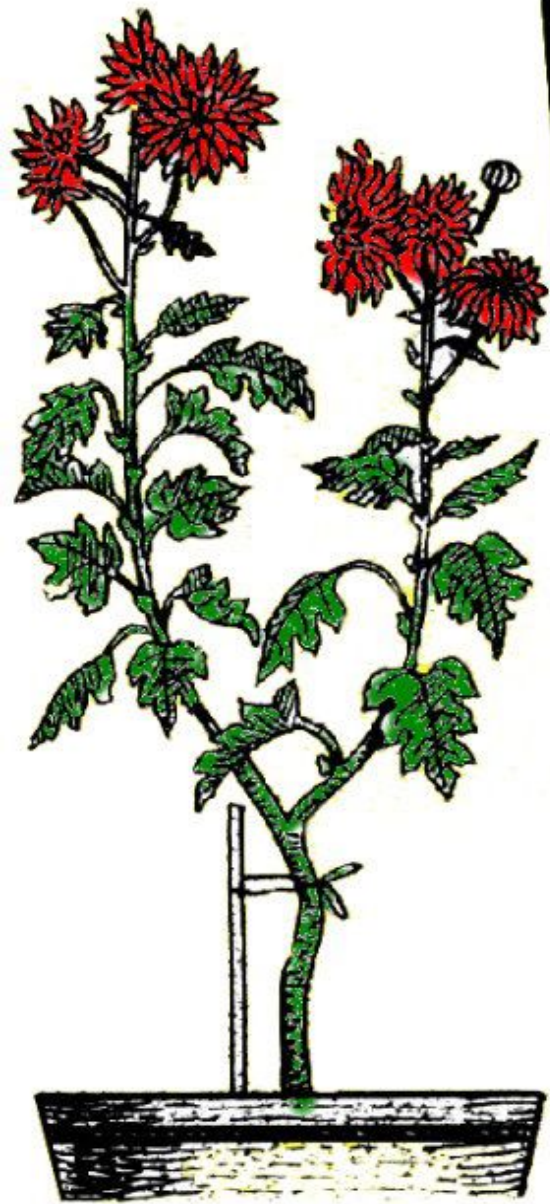
Короткодневные, которые зацветают при непрерывной суточной освещенности менее 12 часов, такие как хризантемы, георгины, астры, капуста.



Есть и нейтральные, для цветения им необходимо 12 часов, например виноград, одуванчики, сирень. В умеренных широтах короткие дни весной, а длинные — в середине лета. Поэтому короткодневные цветут весной и осенью, а длиннодневные — летом.

Принадлежность растений к той или иной группе зависит от их географического происхождения и распространения: растения короткого дня произрастают в тропических и субтропических областях, растения длинного дня – в умеренных и северных широтах.

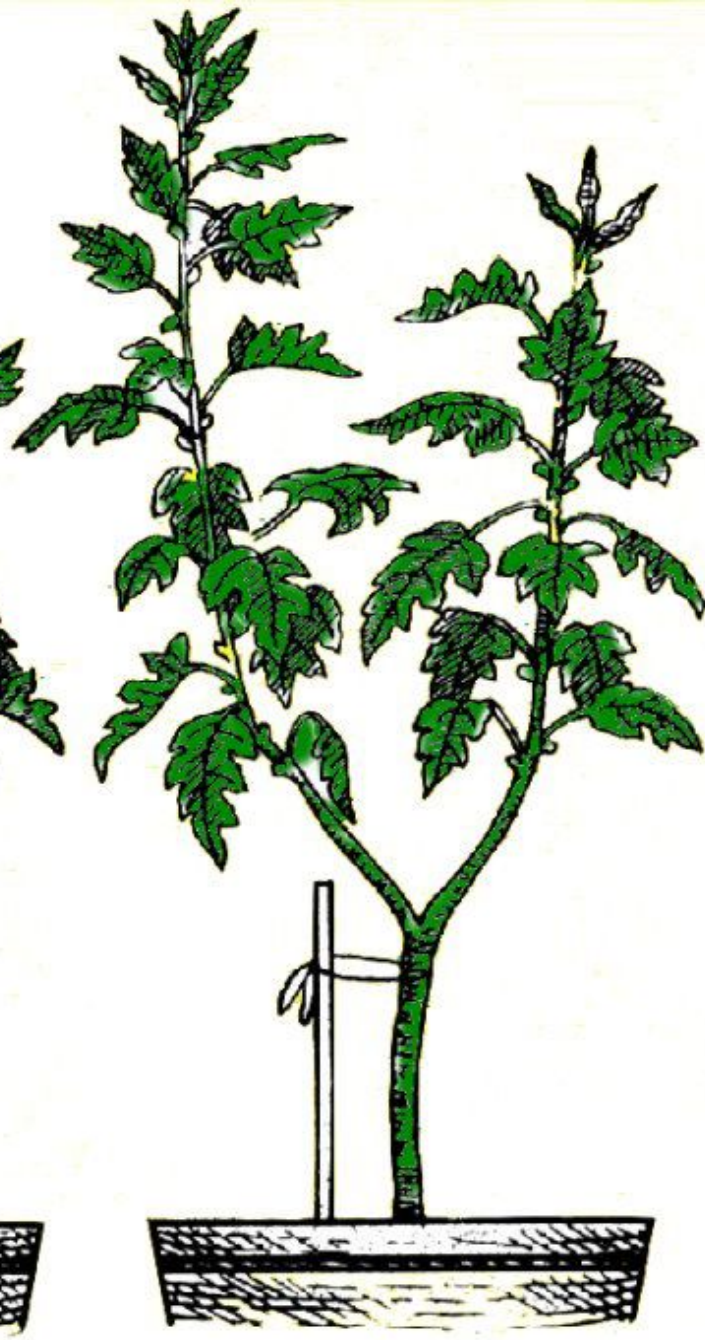




Короткий день



Левый побег на коротком дне



Длинный день

16 8 8 16

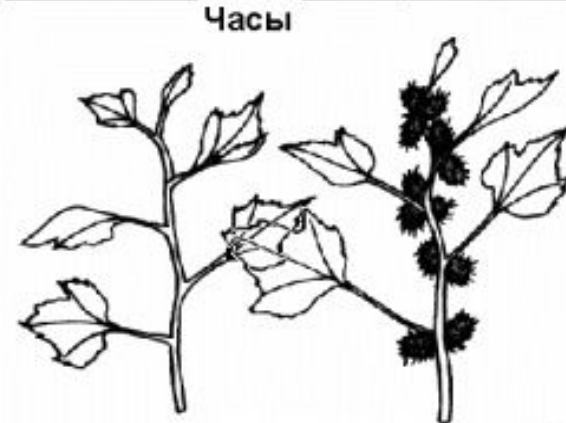


Часы



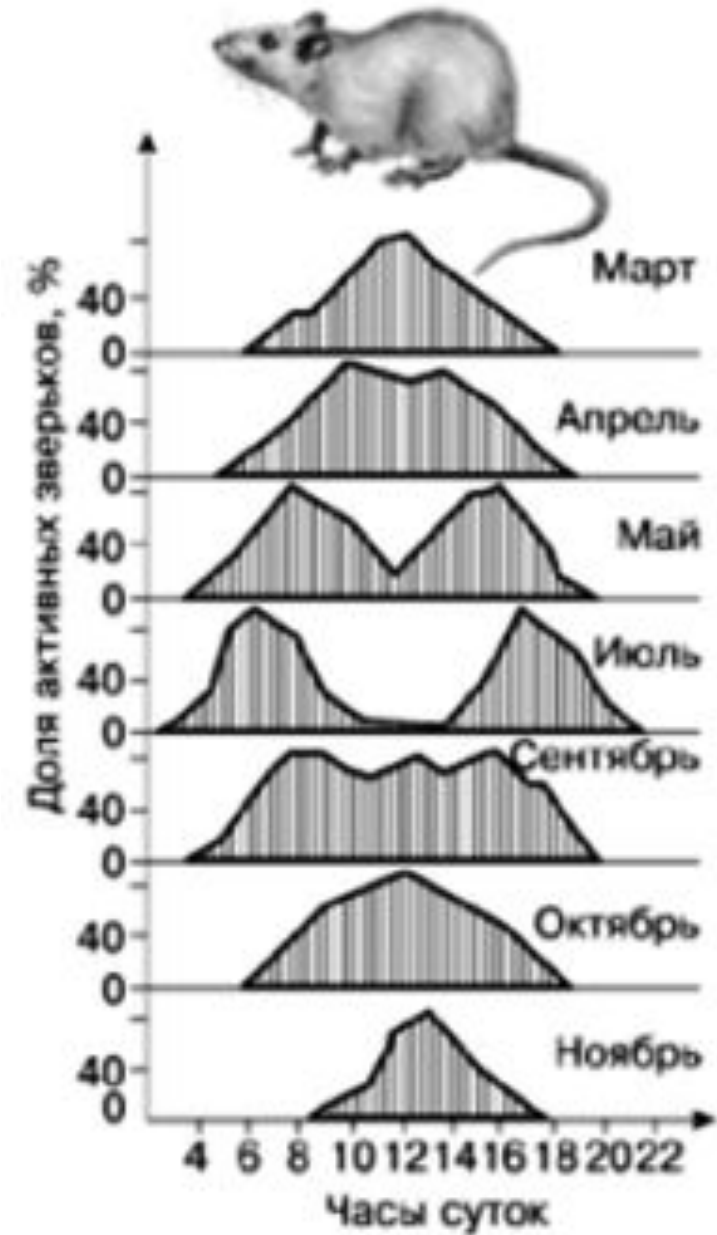
Белена

16 8 8 16



Дурнишник

Фотопериодизм известен также у животных — насекомых, рыб, птиц, млекопитающих. Реакция на длину светового дня регулирует начало брачного периода, линьки, зимней спячки и т. д.



Диапауза (от др.-греч. διάπαυσις — перерыв, остановка) — состояние физиологического торможения обмена веществ и остановки формообразовательных процессов. *Сигнал к переходу в диапаузу — это уменьшение продолжительности светового времени суток.* Зимняя диапауза, спячка - *гибернация.*



Во время диапаузы повышается устойчивость организма к действию неблагоприятных внешних условий, например насекомые становятся устойчивыми к инсектицидам. Окончание диапаузы связано с изменениями в организме, которые могут определяться длительным действием низкой зимней температуры; диапауза обеспечивает морозостойкость и зимовку организмов. В условиях засушливого климата субтропиков и тропиков наблюдается **летняя диапауза** — так называемая **эстивация**, например у розового червя и хлопковой совки.

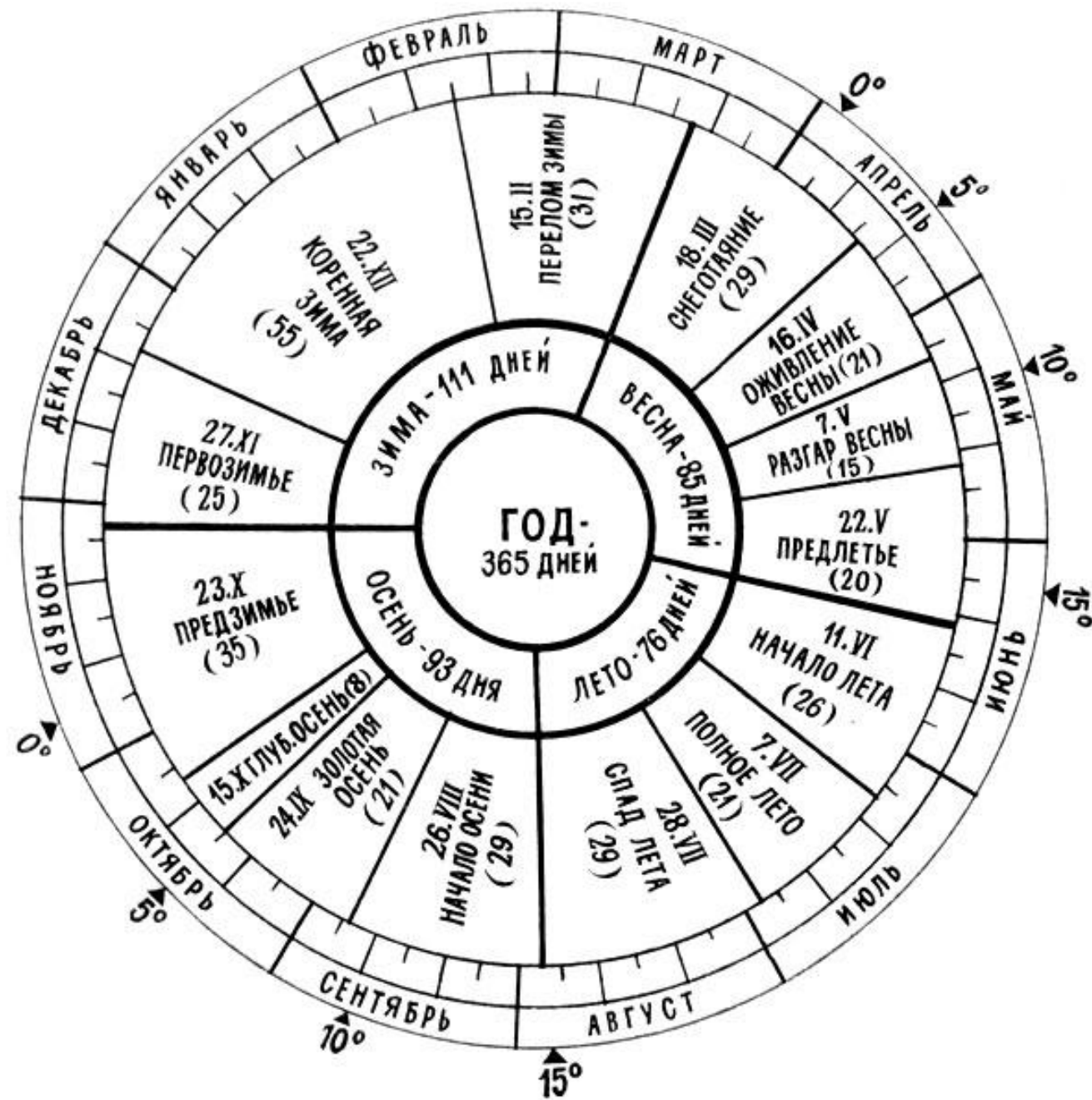


Мадагаскарский тенрек впадает в эстивацию до 4 месяцев



Хлопковая совка

Феноло́гия (от греч. *φαινόμενα* — явления) — система знаний и совокупность сведений о сезонных явлениях природы, сроках их наступления и причинах, определяющих эти сроки, а также наука о пространственно-временных закономерностях циклических изменений природных объектов и их комплексов, связанных с годичным движением Земли вокруг Солнца. Термин был предложен в 1853 году бельгийским ботаником Шарлем Морраном. Наблюдение за сезонными изменениями фенологи производят на основе заметных природных явлений, например, зеленение берёзы, цветение черемухи, осенняя раскраска листьев — такие явления называются **феноиндикаторами**. Они характеризуют наступление той или иной фазы в сезонном развитии живой природы.



Для использования более формальных и универсальных показателей рассматривают величины среднесуточной температуры воздуха (существенно определяющие природные явления). Так, устойчивый переход к среднесуточной температуре выше нуля по Цельсию считают климатическим наступлением весны, выше 15 градусов — наступлением лета.

Рассматривая более узкие переходы показателей температуры, через 5 градусов Цельсия, в каждом сезоне выделяют более короткие периоды — фенологические фазы. Они имеют свой набор природных феноменов (явлений), позволяющих отличить одну фазу от другой.

Фазы по наиболее характерным явлениям имеют названия, закрепленные в народных календарях.

Фенологи делят год на **сезоны** и **подсезоны**.

Сезонов четыре



Подсезонов – характерных периодов, ограниченных рубежными явлениями живой природы – четырнадцать. Продолжительность подсезонов зависит от географического положения местности и ландшафта

Многолетние изменения в составе экосистем обусловлены в основном усилением или ослаблением солнечной активности. Целостность биоценоза при этом не нарушается. Периодически повторяющуюся динамику экосистем называют **флуктуацией**.



2. Поступательные изменения: приводят к смене биоценозов с иным набором доминантных видов. Причинами смен могут являться внешние факторы (загрязнение водоёмов, усиленный выпас скота, иссушение болотных почв). **Данные смены являются экзогенетическими.** При этом происходит постепенное упрощение структуры биогеоценоза, снижение продуктивности. Подобные смены являются депрессивными или депрессиями.
Пример: **эвтрофикация водоёмов.**



Эвтрофикация (др.-греч. εὐτροφία — хорошее питание) — насыщение водоёмов биогенными элементами, сопровождающееся ростом биологической продуктивности водных бассейнов. Эвтрофикация может быть результатом как естественного старения водоёма, так и антропогенных воздействий. **Основные химические элементы, способствующие эвтрофикации — фосфор и азот.** В некоторых случаях используется термин «гипертрофизация».

Стадии эвтрофикации.

I. Увеличение концентрации биогенных элементов (в основном азот и фосфор) в верхнем слое ведёт к активному развитию фитопланктона и зоопланктона.

Подобный рост снижает прозрачность воды, глубина проникновения лучей солнца уменьшается, в результате недостатка света начинается гибель придонных растений. Процесс отмирания донных водных растений влечёт за собой гибель прочих организмов, которым эти растения формируют местообитание или для которых они являются вышестоящим звеном в пищевой цепи.



Традиционно считается, что в озерах первичная продукция (прирост массы микроскопических планктонных водорослей и других фотосинтезирующих организмов) ограничена содержанием имеющихся биогенных элементов – прежде всего азотом и фосфором. Особенно важно значение фосфора, потому что недостаток азота в экосистеме может быть восполнен за счет фиксации его в молекулярной форме цианобактериями (которые раньше называли «сине-зелеными водорослями»).

Эвтрофикация



II. Уменьшается содержание кислорода. Донная растительность его уже не производит. Возникает много детрита, на разрушение которого редуценты тратят много кислорода.

III. В придонной области начинают преобладать анаэробные (бескислородные) процессы распада отмерших организмов с образованием сильных ядов (сероводород, фенолы, метан) и неприятного запаха. При этом сильно ухудшаются санитарно-гигиенические качества воды, вплоть до её полной непригодности для купания и питья.

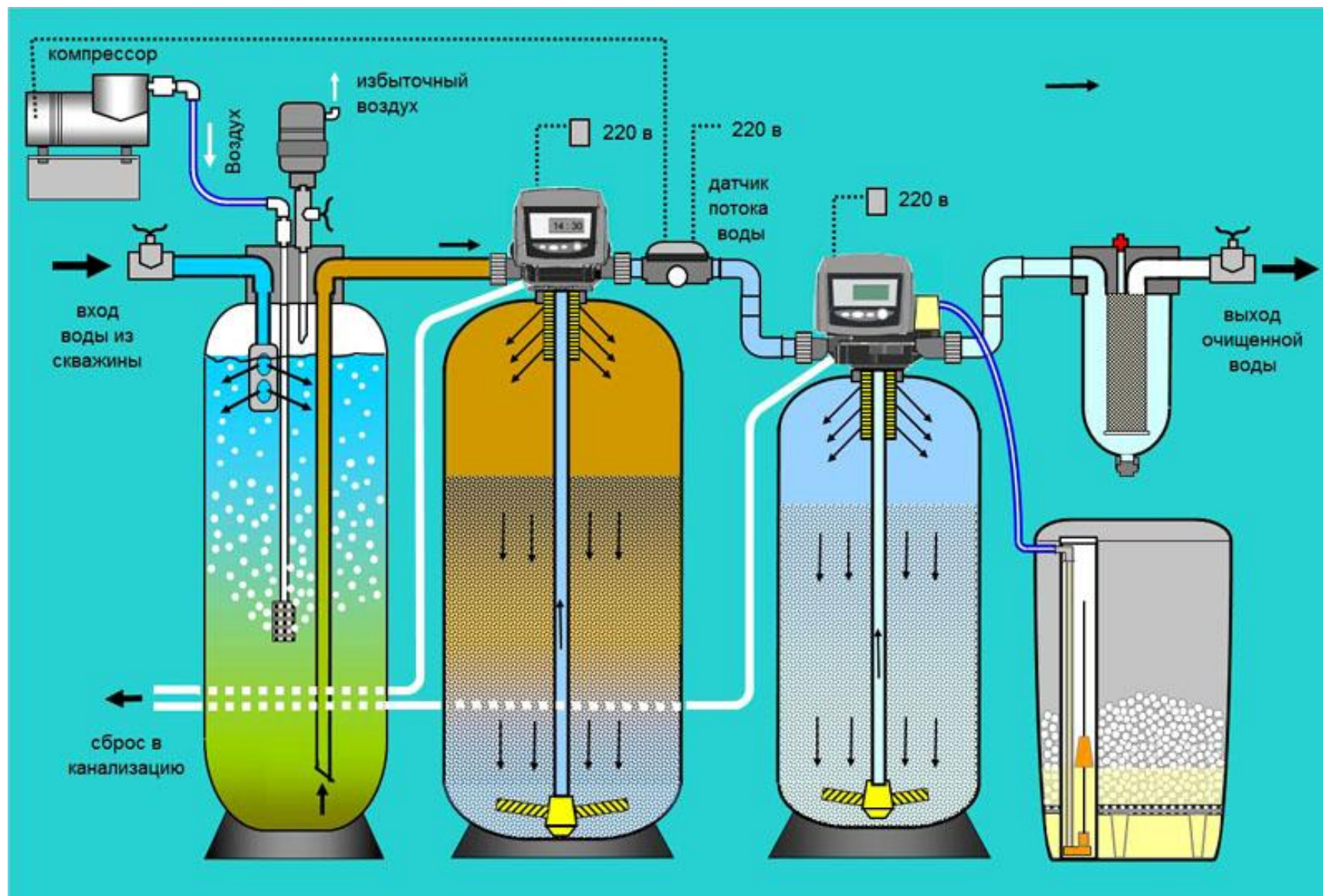
Эвтрофикация



Использование минеральных удобрений сопряжено с риском, поскольку при смыве с полей удобрения могут вызвать эвтрофикацию водоёмов.



Процесс ликвидации запаха сточных вод называется - **дезодорация**.



Детергенты (лат. *detergere* очищать) — синтетические моющие средства (СМС), обладающие высокой поверхностной активностью и в связи с этим моющим, дезинфицирующим и растворяющим действием; находят широкое применение при приготовлении различных дезинфицирующих, фармацевтических и фунгицидных препаратов, а также в практике биохимических производств и научных лабораторий. **Наиболее распространённый загрязнитель вод.**



Эндогенетические смены. Возникают в результате процессов происходящих внутри экосистемы.

Сукцессия (от лат. *successio* — преемственность, наследование) — последовательная закономерная смена одного биологического сообщества (фитоценоза, микробного сообщества и т. д.) другим на определённом участке среды во времени в результате влияния природных факторов (в том числе внутренних сил) или воздействия человека. **Термин был предложен Г. Каулсоном в 1898 г.**

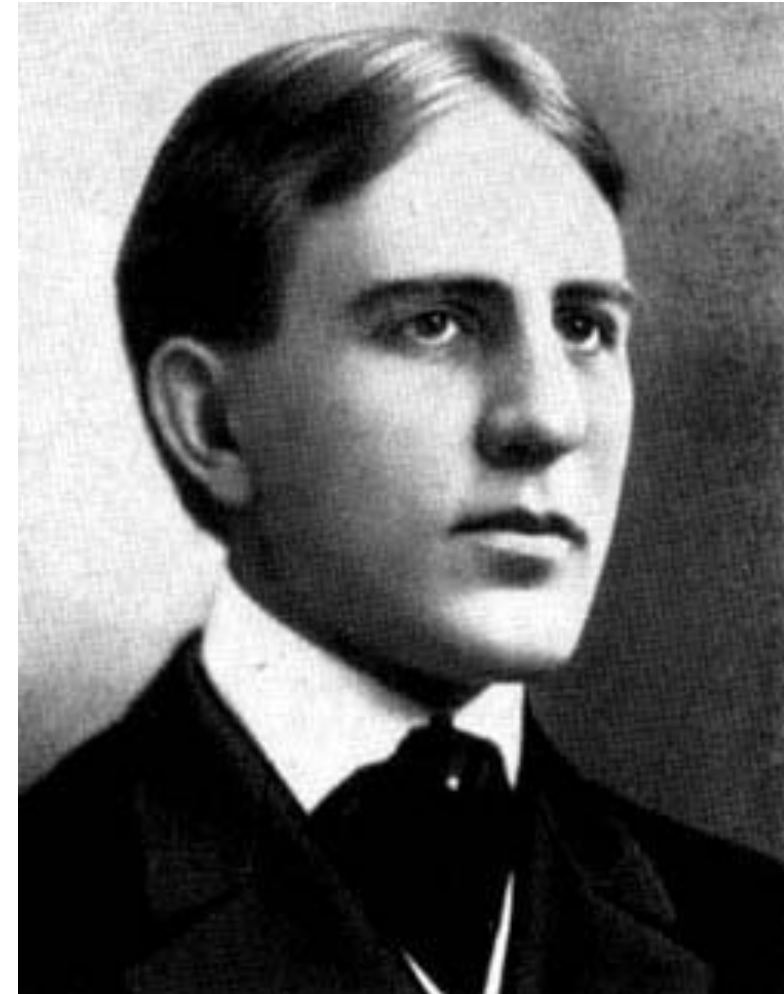
Учение о сукцессиях наиболее полно разработал американский эколог Клементс.

Фредерик Клементс (англ. *Frederic Edward Clements*, 1874—1945) — американский ботаник, эколог растений и миколог.

Ввёл понятие «экотон», обозначающее относительно резкую переходную зону между сообществами.

Совокупность растительности и животного мира именовал биомом.

Внёс большой вклад в систематику грибов. Автор динамической концепции растительных сукцессий.

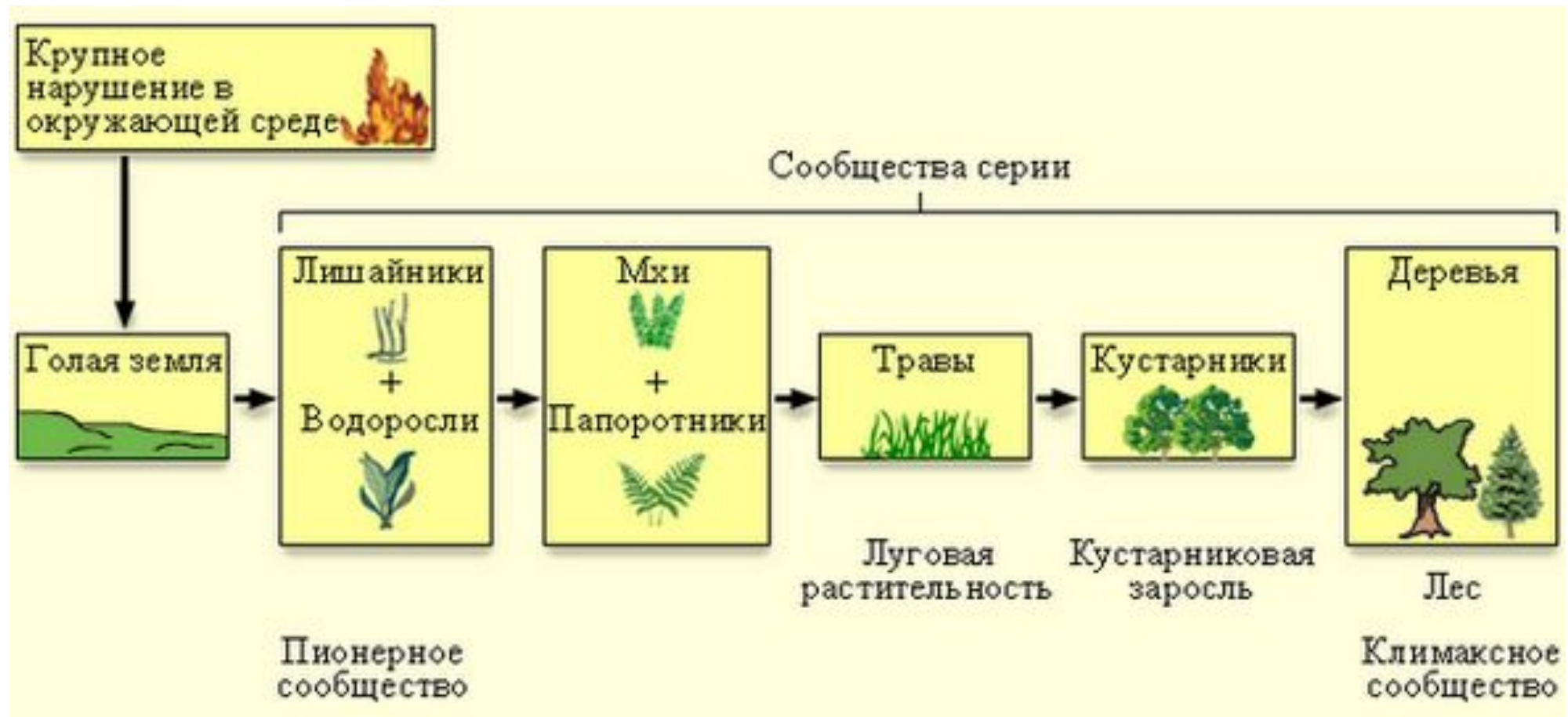


Термин «сукцессия» введённый Ф. Клементсом подразумевает обозначения сменяющих друг друга во времени сообществ, образующих **сукцессионный ряд (серию)**, где каждая предыдущая стадия (**серийное сообщество**) формирует условия для развития последующего. Если при этом не происходит вызывающих новую сукцессию событий, то ряд завершается относительно устойчивым сообществом, имеющим сбалансированный при данных факторах среды обмен. **Такое сообщество Ф. Клементс назвал климакс.** Единственным признаком климакса в смысле Клементса - Разумовского является отсутствие у него внутренних причин для изменения. Время существования сообщества ни в коем случае не может являться одним из признаков.



Сукцессия процесс саморазвития экосистем.

В основе лежит неполнота биологического круговорота веществ. При сравнительно долгом существовании популяций они меняют вокруг себя среду в неблагоприятную сторону (насыщая продуктами метаболизма, изымая питательные вещества). В конечном итоге они оказываются вытесненными другими видами, для которых преобразования среды оказываются более выгодными на данный момент. На основе конкурентных отношений формируются устойчивые системы.



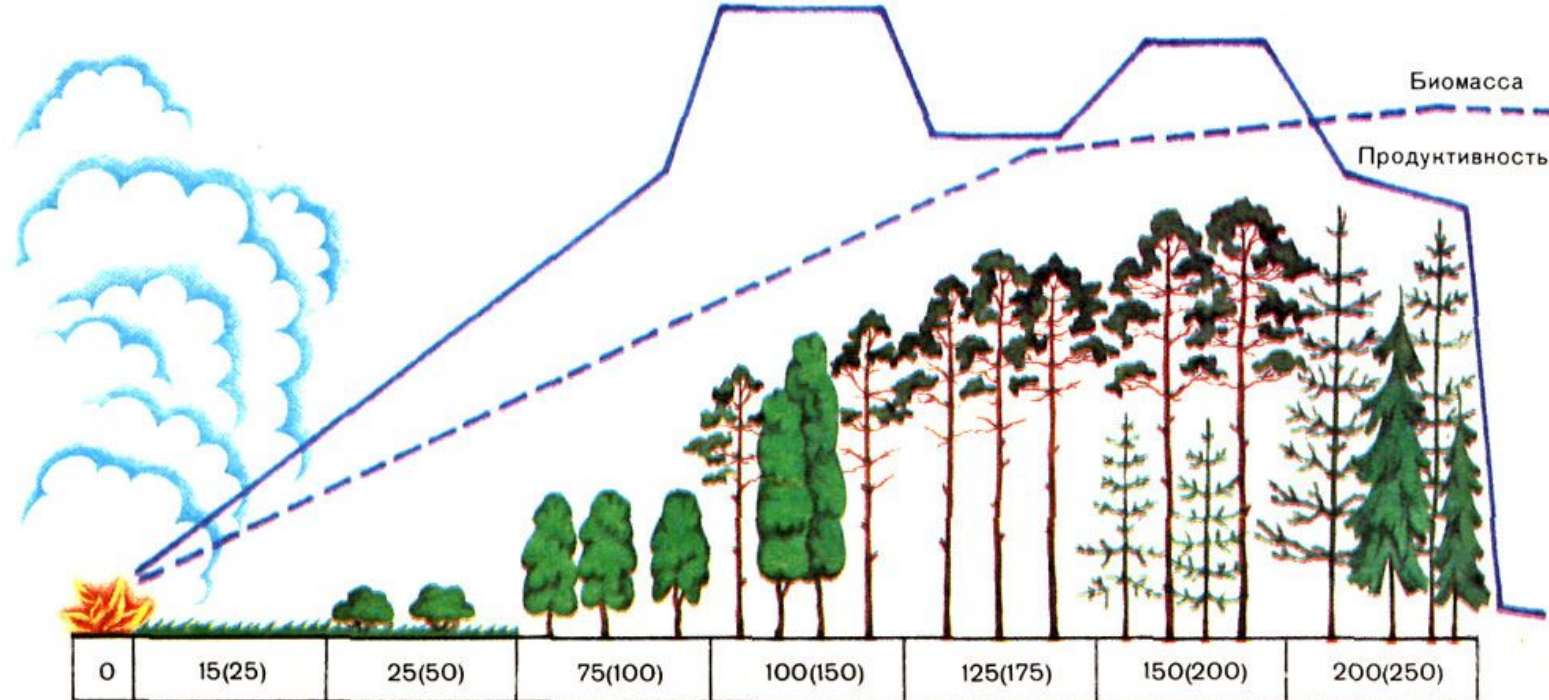
Типы сукцессионных смен:

1. С участием автотрофного и гетеротрофного компонента.
2. С участием только гетеротрофного компонента (гниющая куча навоза, эвтрофицированный водоём, разлагающаяся растительная масса).



Сукцессии со сменой растительности могут быть: первичными и вторичными.

Первичная сукцессия — сукцессия, развивающаяся на лишенных жизни территориях — скалах, обрывах, наносах рек, сыпучих песках, застывшей лаве и др. При заселении таких участков живые организмы за счет своего метаболизма изменяют условия проживания и сменяют друг друга. Основная роль принадлежит накоплению отмерших остатков растений и продуктов разложения. Это зависит от характера растительности и от комплекса разрушающих её микроорганизмов, грибов и животных. Постепенно формируется почвенный профиль, изменяется гидрологический режим участка, микроклимат. Такие сукцессии называются в геоботанике — экогенетическими, так как ведут к преобразованию самого местообитания. Процесс первоначального формирования растительного покрова называется также **сингенетической сукцессией**.

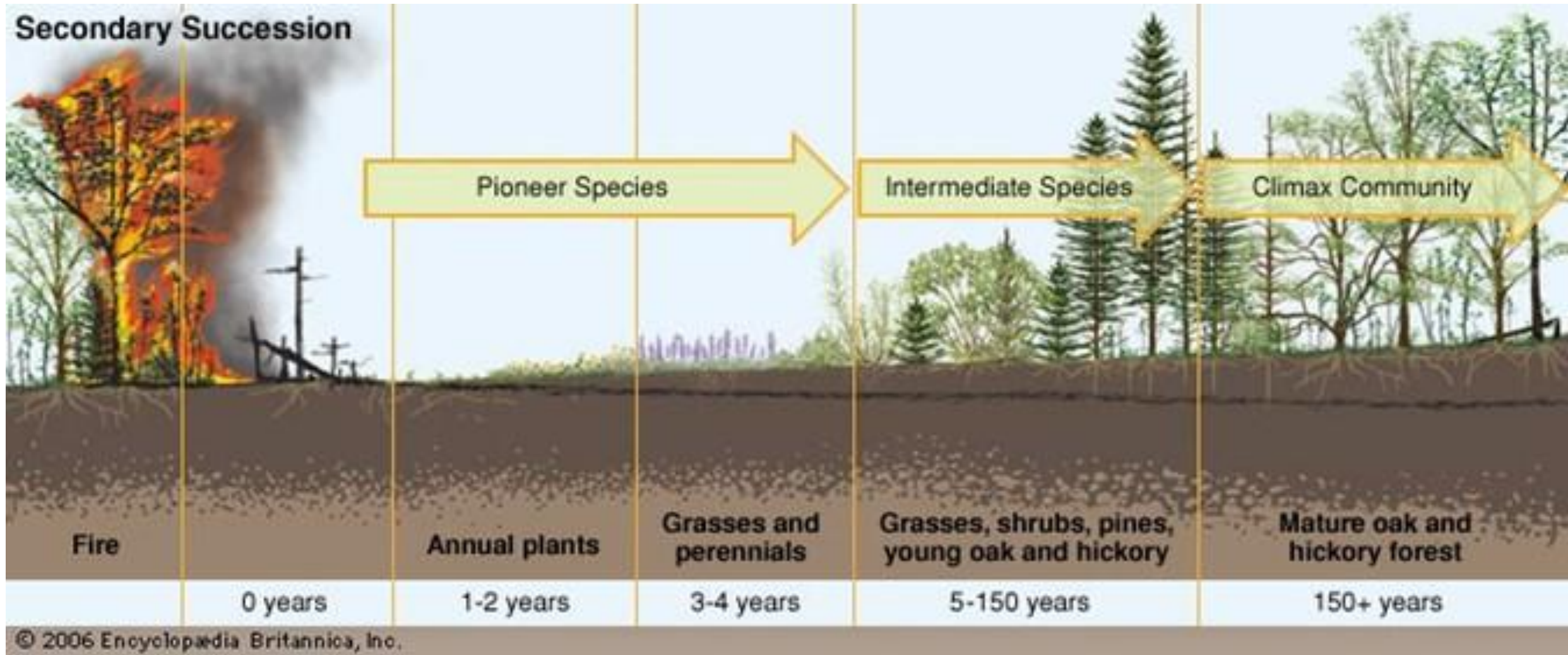


Первичная сукцессия - это зарастание места, ранее не занятого растительностью (голых скал или застывшей вулканической лавы). Жить на таком грунте способны лишь немногие растения, их называют **пионерами сукцессий** (мхи, лишайники). Они образуют первую почву, на которой уже могут расти другие растения. **Движущей силой сукцессии является то, что растения изменяют почву под собой**, влияя на её физический и химический состав. **Необходимость разрушения материнской горной породы-главная причина медленного хода первичных сукцессий.**



Экологическая сукцессия на примере смен фитоценозов в южной тайге

Вторичная сукцессия (демутация) - восстановление экосистемы, когда-то уже существовавшей на данной территории. Причины: извержения вулкана, вырубки, вспашки, пожары. Вторичные сукцессии совершаются быстрее и легче т.к. в нарушенном местообитании сохраняются зачатки семян, почвенный профиль.



В качестве примера вторичной сукцессии обычно приводят ельник, уничтоженный пожаром. На занимаемой им ранее территории сохранилась почва и семена. Травяное сообщество образуется уже на следующий год. Дальше возможны варианты: во влажном климате доминирует ситник, затем он сменяется малиной, она — осиной; в сухом климате преобладает вейник, он сменяется шиповником, шиповник берёзой. Под покровом осинового или берёзового леса развиваются растения ели, со временем вытесняющие лиственные породы. *Восстановление темнохвойного леса происходит примерно за 100 лет.*



Сосновый лес после низового пожара (слева) и через два года после пожара (справа)

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.



Первичная сукцессия (пляж)



Сукцессия в пространстве

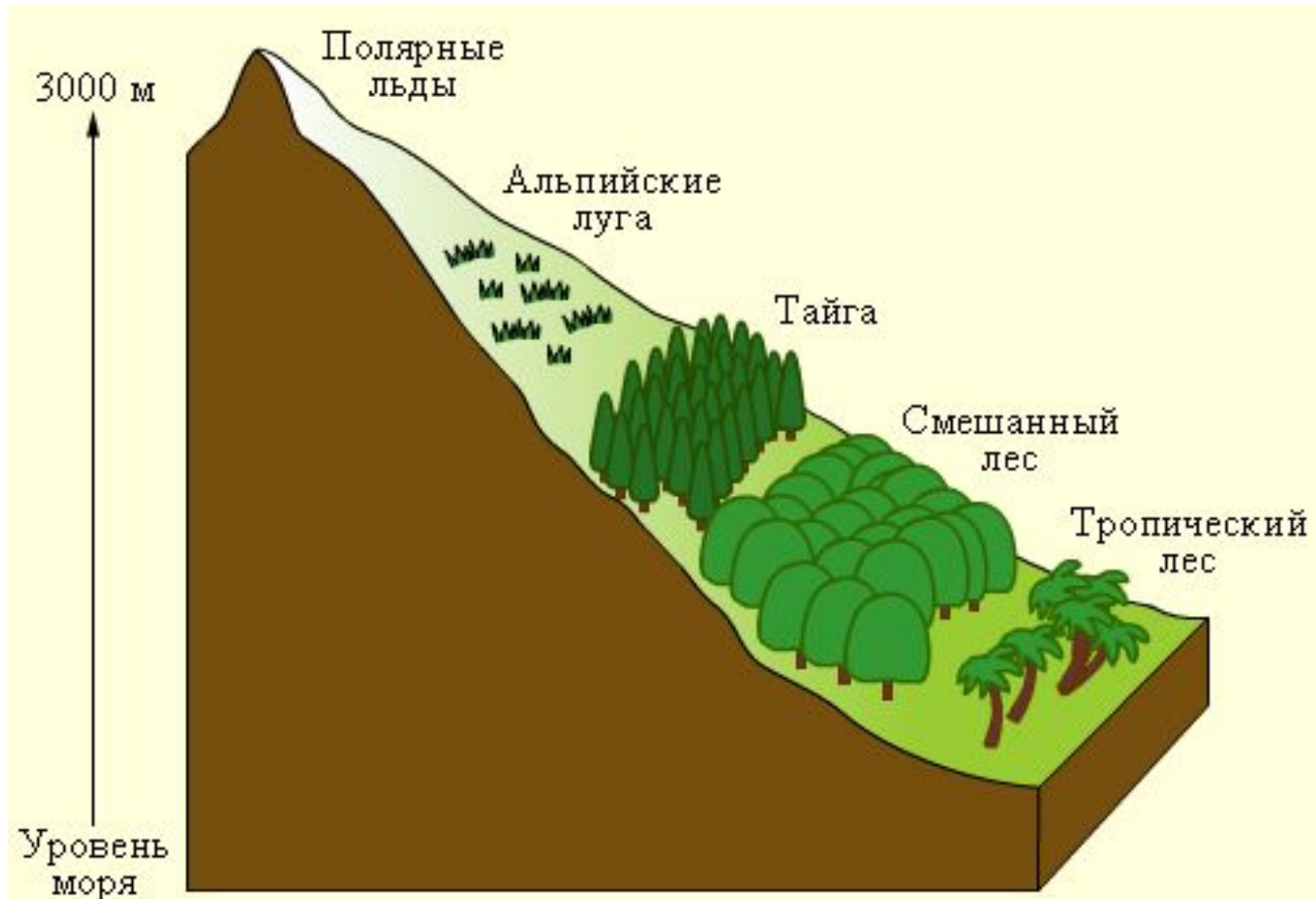
Вторичная сукцессия (лес)



Итак, в каждом случае сукцессионные ряды заканчиваются относительно мало изменяющимися климаксными экосистемами. **Кли́макс (греч. климакс-лестница)** в экологии и геоботанике — заключительное, относительно устойчивое состояние сменяющих друг друга экосистем, возникающее в результате смен, или сукцессий, и в значительной мере соответствующее экологическим условиям определенной местности. Климакс зависит от климатических факторов, от местных особенностей почв и от воздействий человека на природу. Теоретически климаксное сообщество может поддерживать себя неопределенно долго, все внутренние его компоненты уравновешены друг с другом, и оно находится в равновесии с физической средой.

Таким образом климакс-это сообщество, наиболее адаптированное к комплексу сложившихся климатических условий в пределах данного региона.

Иногда климаксное сообщество называют узловым или коренным.



В полевых условиях очень сложно выделить устойчивое климаксовое сообщество. Обычно удается лишь заметить, что скорость сукцессии падает до определенного уровня, после которого наблюдатель уже не замечает каких-либо изменений. **Период достижения «климаксовой» стадии требует в разных сообществах различного времени.** Часто для завершения стабилизации необходимо 100—300 лет, однако вероятность возникновения пожара или урагана за это время настолько высока, что сукцессия может никогда не завершиться. Если не забывать, что лесные сообщества северной умеренной зоны, а возможно, и тропиков все еще восстанавливаются после последнего ледникового периода (13-15 тыс. лет назад), то **встает вопрос, не является ли климаксовая растительность лишь теоретической?**

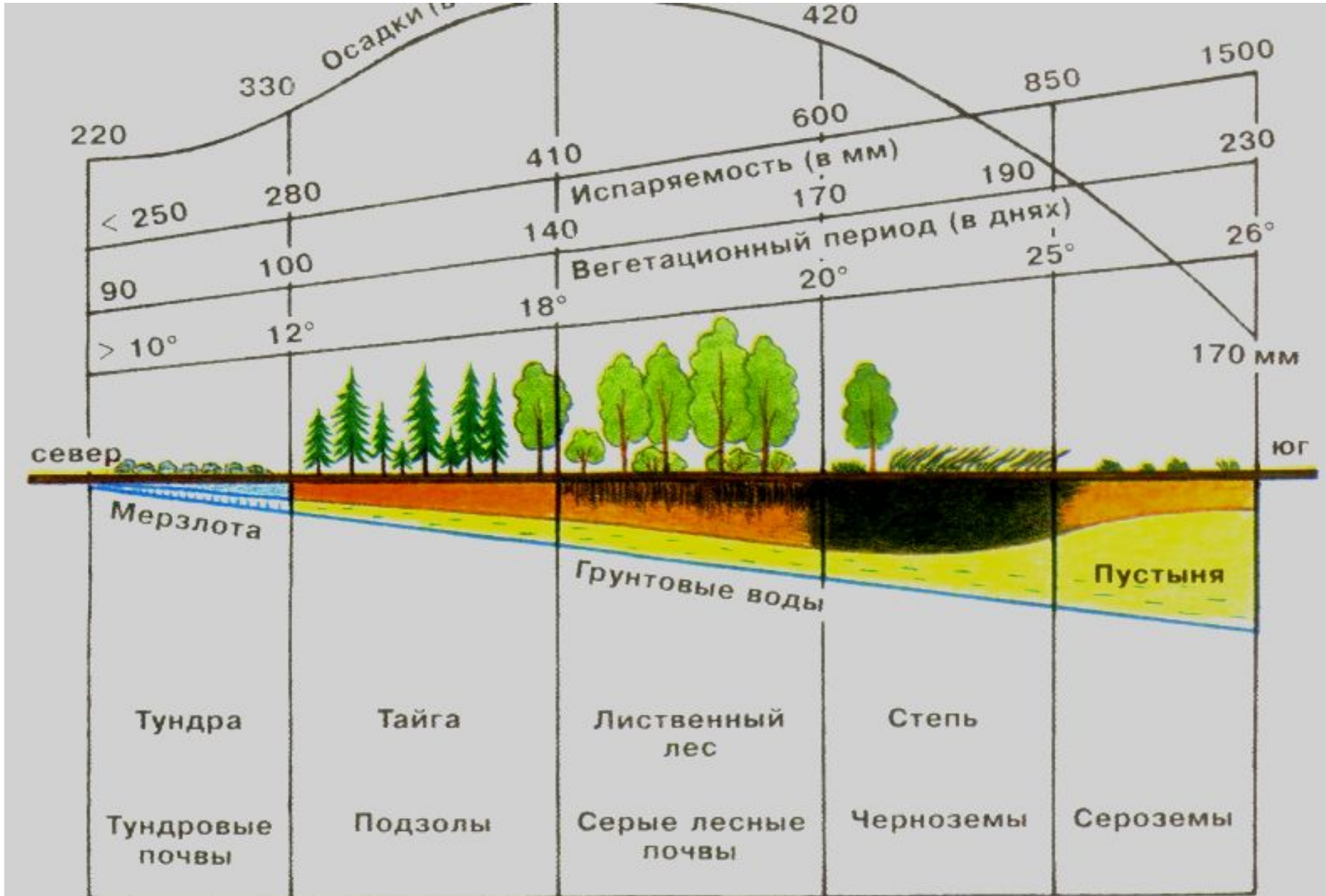


Разнотравно-злаковые степи-теоретически климаксное сообщество центрально-чернозёмной полосы



Сосновый лес-теоретически климаксное сообщество на песчаных почвах

Климат зависит от климатических факторов, от местных особенностей почв и от воздействий человека на природу.



Концепции климакса:

Моноклимакс. Сторонником теории был Ф.Клементс, утверждавший что в любой климатической зоне существует только один истинный климакс. К его возникновению ведут все сукцессии.

Пример: *степь* - плотнокустовые злаки ковыль и типчак; *тропики*-древесные виды с сильным затенением; *лесная зона Евразии*-елово-лиственные леса; *таёжная зона*-ель и пихта.

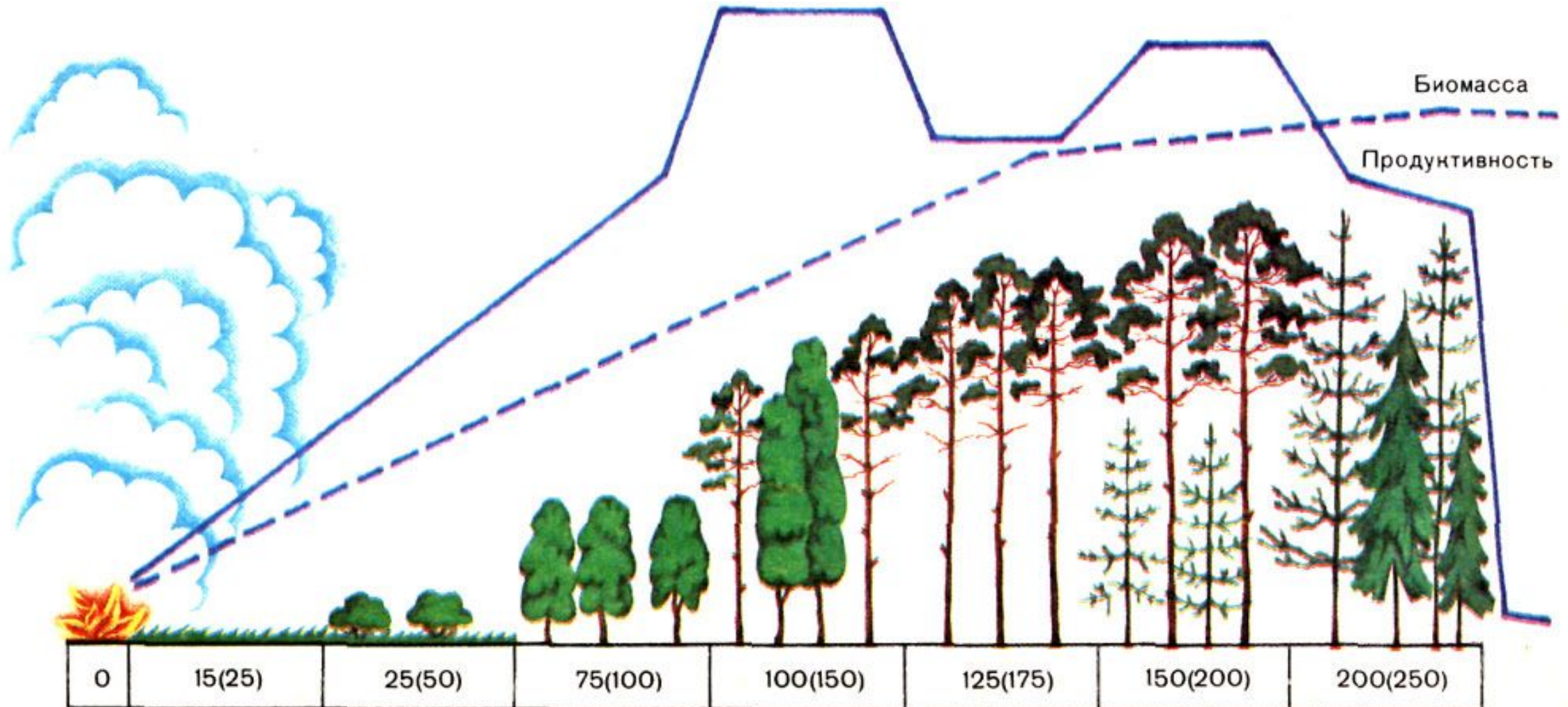


Поликлимас. В конечном счете, многие экологи (в том числе Тенсли) теорию моноклимаса отвергли, и была предложена теория поликлимаса. Согласно ей климас в данном участке может определяться одним или несколькими факторами: климатом, почвенными условиями, топографией, пожарами и т. д., поэтому в одной климатической зоне вполне может существовать целый ряд специфических типов климаса. **Пример для лесной зоны:** а) елово-лиственненные леса; б) луговые системы; в) сосновые леса (на бедных почвах).

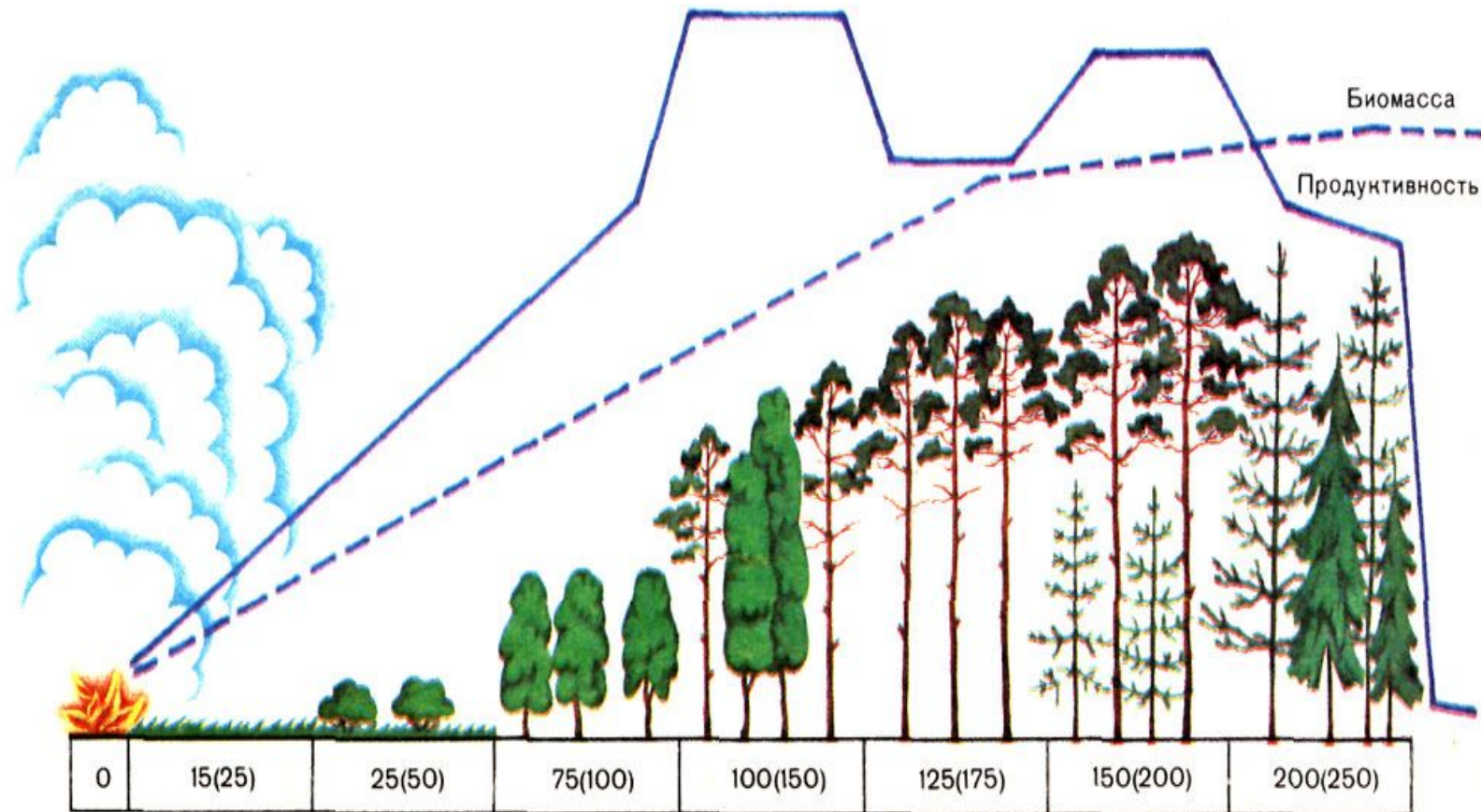


Закономерности сукцессионного процесса:

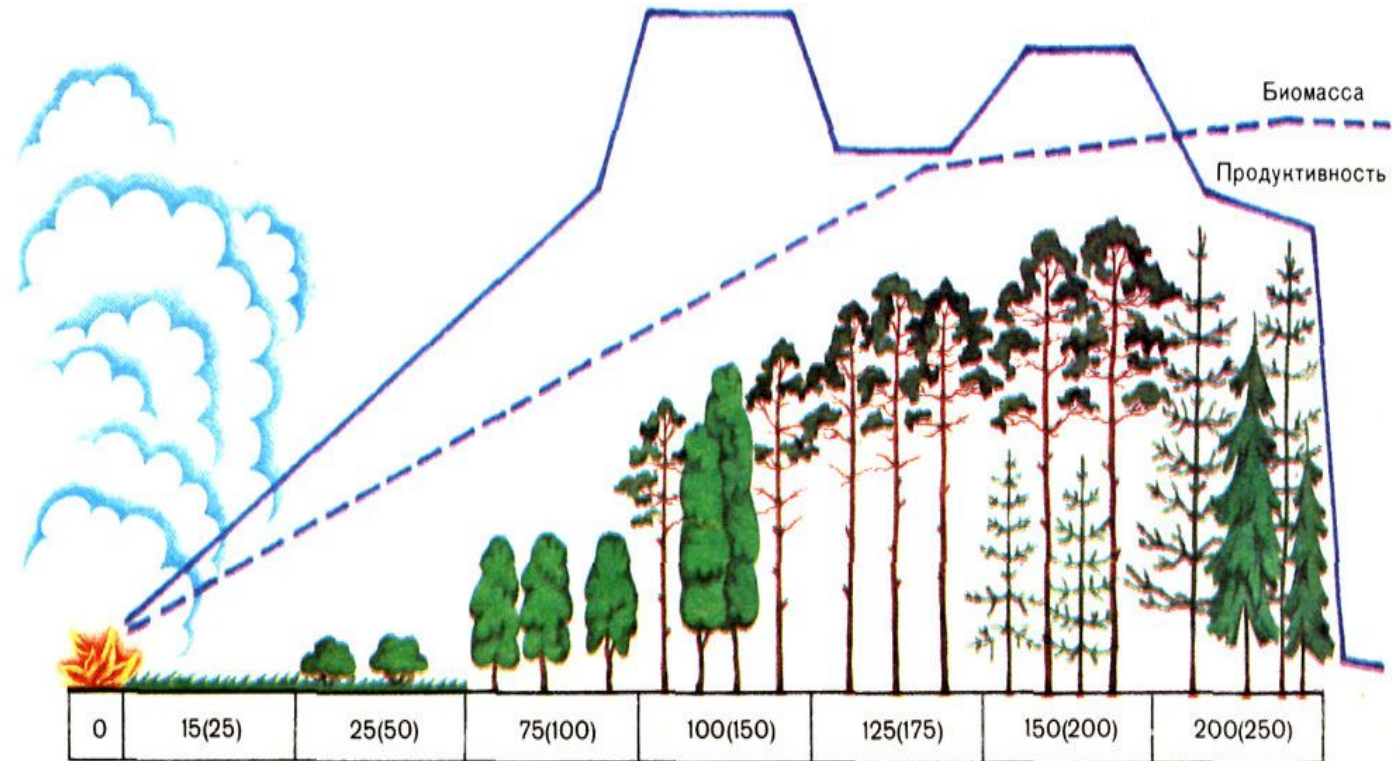
1. На начальных этапах видовое разнообразие и продуктивность малы.
2. С развитием сукцессии увеличивается количество взаимосвязей между организмами. Полнее осваивается среда обитания, усложняются сети и цепи питания.
3. Уменьшается количество свободных экологических ниш. В климаксом сообществе они либо отсутствуют, либо находятся в минимуме.



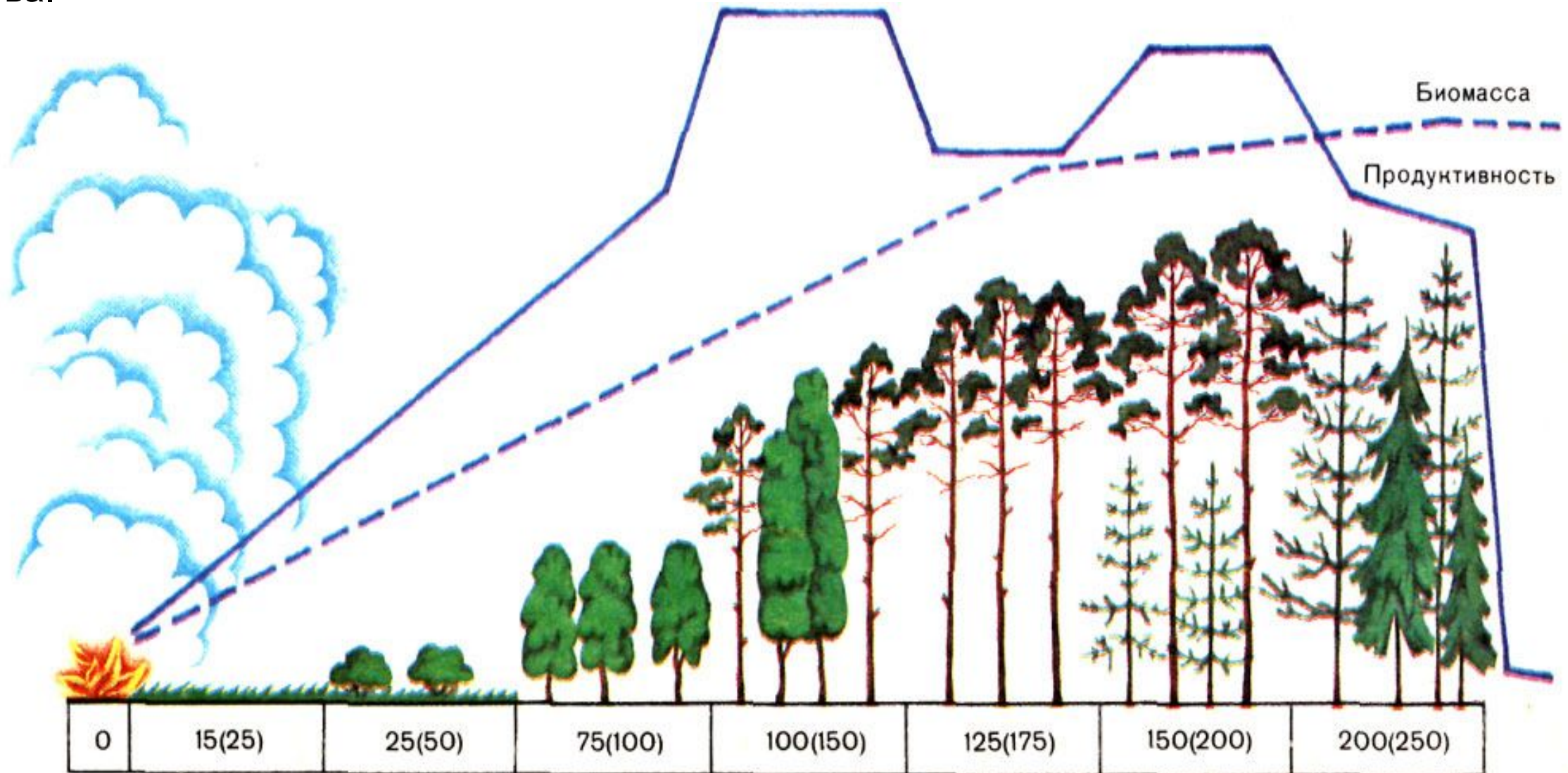
4. Интенсифицируются процессы круговорота веществ, потока энергии и дыхания. При этом биогеохимические круговороты веществ замкнуты не полностью. Установлено, что за 10 лет с начала восстановления растительного покрова разомкнутость уменьшается со 100% до 10% и далее снижается достигая минимума в климаксе (Ф. Борманн и Г. Патен). В этом заключается правило увеличения замкнутости биогеохимического круговорота веществ в ходе сукцессии. Антропогенная трансформация нарушает правило, что ведёт к череде аномалий в природе.
5. Скорость сукцессии зависит от продолжительности жизни доминантов и эдификаторов. Наиболее продолжительные лесные, наименее продолжительные водные смены.



Скорость сукцессионного процесса в большей мере зависит от продолжительности жизни организмов, играющих основную роль в сложении и функционировании экосистем. В этом отношении наиболее продолжительны сукцессии в лесных экосистемах. Короче они в экосистемах, где автотрофное звено представлено травянистыми растениями, и еще быстрее протекают в водных экосистемах. С ходом сукцессии уменьшается количество свободных экологических ниш, и в климаксом сообществе они либо отсутствуют, либо находятся в минимуме. В связи с этим по мере развития сукцессии уменьшается вероятность вспышек численности отдельных видов. С развитием сукцессионного ряда увеличиваются взаимосвязи между организмами. Особенно возрастает количество и роль симбиотических отношений. Полнее осваивается среда обитания, усложняются цепи и сети питания.



6. По мере прохождения фаз сукцессии **всё большая доля доступных веществ накапливается в биомассе** и соответственно уменьшается их содержание в биотопе. Возрастает количество детрита, он становится основным источником питания. **Роль пастбищных цепей уменьшается ближе к климаксу.** Продуктивность на климаксных стадиях высока, вследствие более полного освоения пространства.



Сукцессия не достигнет фазы климакс-формации если среда обитания резко нарушена, а разнообразия видов недостаточно для нормального хода естественного процесса.

Тогда возникает **параклимакс** - новое устойчивое сообщество, возникшее в результате внешних разрушительных воздействий (**дигрессия**) на естественное климаксовое сообщество (например сообщество, постоянно поддерживаемое выпасом скота на месте сведенного леса). Термин предложил Р. Туксен в 1954 году.



Существует ещё одно понятие параклиматса. Это климаксное сообщество из акклиматизированных экзотических видов.



*Искусственное сообщество из
клёна американского*

Динамика экосистем

