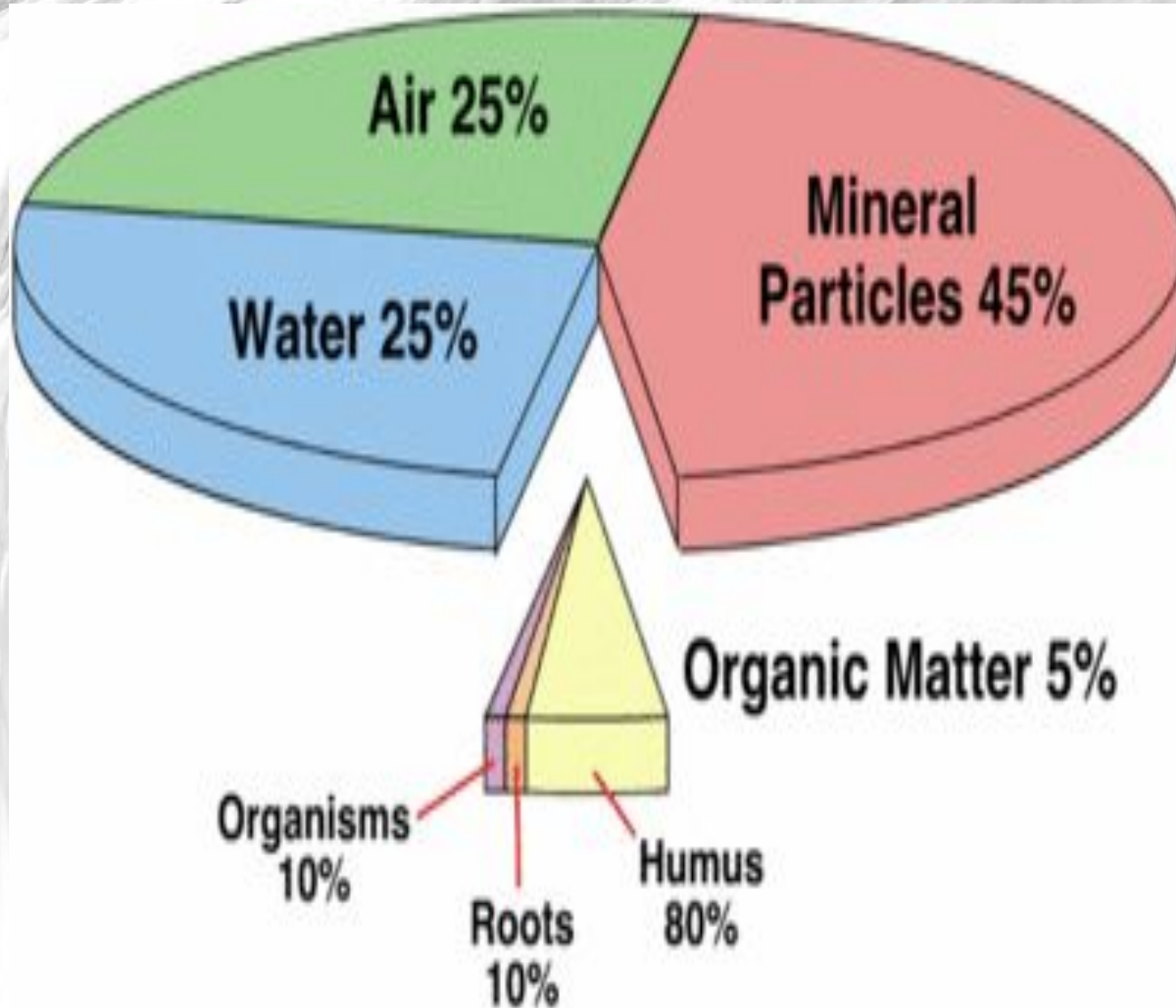


# **Лес и почва**

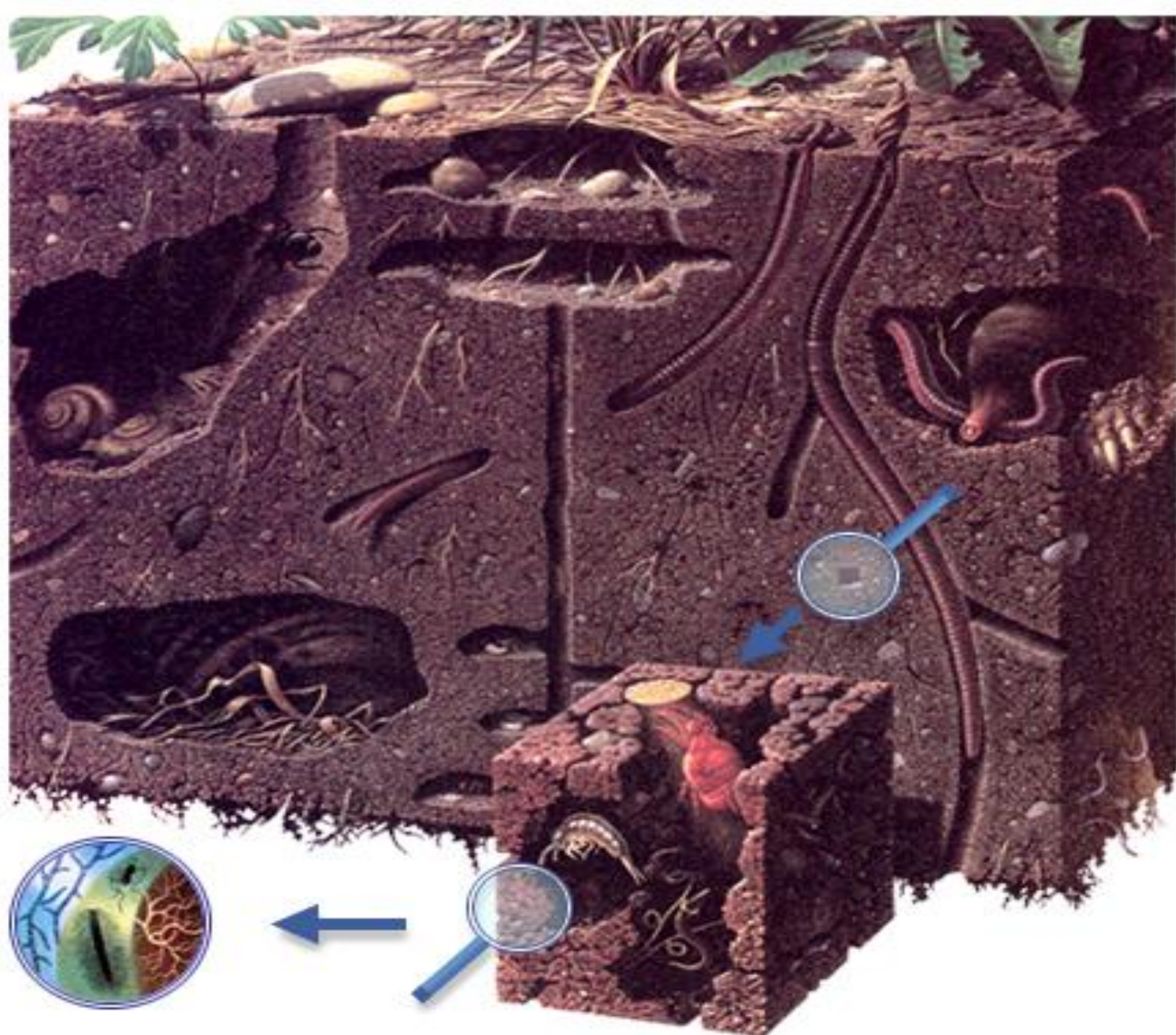
# ЛЕС И ПОЧВА

- Почва снабжает лесную растительность водой и элементами питания, обеспечивает ей физическую устойчивость, в то же время являясь средой обитания животных.
- Почва, растительность, фауна – равноправные и необходимые компоненты лесного биогеоценоза.
- Другие, кроме живых организмов, факторы лесообразования (климат, рельеф, горная порода, возраст страны) считаются косвенно действующими.



В состав почвы входят четыре важнейших компонента:

- минеральная основа (50–60 % от общего объёма);
- органическое вещество (до 10 %);
- воздух (15–25 %);
- вода (25–35 %).



## Роль почвы в лесной экосистеме

*Почва*, по определению В.В. Докучаева, - верхний слой земной коры, образовавшийся в результате совокупной деятельности и взаимовлияния факторов почвообразования.

### **Значение почвы для леса:**

Из почвы древесные породы берут воду, содержащую водород и кислород. Большое количество воды извлекается из почвы на транспирацию.

Из почвы растения получают минеральные питательные вещества – соединения азота, фосфора, калия, кальция, магния, натрия, железа, серы и др., а также микроэлементы – медь, молибден, кобальт, бор, марганец, необходимые для создания жизненно важных ферментов.

Почва участвует в биологическом круговороте веществ в лесу.

## *Влияние леса на почву:*

- Растения и микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности создают почву, придают ей определенную структуру.
- Лес повышает плодородие почвы, извлекая и аккумулируя зольные элементы из грунта.
- Лес защищает почву от эрозии, сберегает влагу, смягчает микроклимат.

# Кислотность почвы

- Почвенный раствор может иметь кислую, щелочную или нейтральную реакции.
- Кислая реакция среды (кислотность почвы) определяется содержанием в ней избытка свободных ионов водорода, щелочная – избытком ионов гидроксильной группы  $\text{OH}$ .
- Концентрацию ионов водорода в почвенном растворе условно выражают величиной  $\text{pH}$ :
  - ✓ при  $\text{pH} = 7$  – реакция нейтральная,
  - ✓ при  $\text{pH} < 7$  – раствор будет кислым;
  - ✓ при  $\text{pH} > 7$  – щелочным.

Подстилка (напочвенный слой отмерших травянистых растений, опавших листьев, веточек и коры деревьев и т.п.) в лесах из вечнозеленых хвойных пород (сосна, ель, пихта) вызывает увеличение кислотности почвы до  $\text{pH} = 4,6-3,7$ .

Подстилка лиственных и лиственничных (лиственницы) лесов отличается слабокислой или нейтральной ( $\text{pH} = 5,9-6,5$ ).

Согласно учению В.В. Докучаева, почвы формируются под воздействием пяти ведущих факторов:

- климат;
- материнская горная порода;
- рельеф;
- растения и животные;
- время почвообразования или возраст местности;



**Organisms**

**Topography**



**Time**



**Climate**



**Parent Material**

## Выделяют три типа подстилки: *мулль, мор и модер*

- **Мулль** (мягкий гумус) - полностью разложившаяся, темная, пачкающаяся масса. Реакция нейтральная, флора бактериальная. Почвы наиболее плодородные, древостой лиственные или смешанные, производительные. Масса подстилки – 3-7 т/га.
- **Мор** (грубый гумус) характеризуется слабой степенью разложения, кислой реакцией, грибной флорой. Почвы наименее плодородные, древостой хвойные, низко производительные. Масса подстилки – до 100 т/га.
- **Модер** занимает промежуточное положение между муллем и мором.

## **древесные породы делят на почвоулучшающие и почвоухудшающие**

- Листопадные породы с мягкими листьями способствуют образованию муллевой подстилки,
- Хвойные и некоторые твердолиственные (дуб, бук) ее ухудшают, причем ель в большей степени, чем сосна. Листва дуба и бука содержит дубильные вещества, угнетающие микрофлору.
- К почвоулучшающим в наибольшей степени относятся древесные и кустарниковые породы с мягкими листьями, на корнях которых имеются клубеньковые бактерии, связывающие атмосферный азот (ольха серая, акация желтая и белая, дрок, раkitник и др.). На корнях белой акации клубеньковые бактерии накапливают за четыре года 300 кг азота на 1 га. К этой же категории можно отнести нитрофильные кустарники, в листьях которых содержится много азота: малину, крушину, бересклет и др.

## **Значение подстилки:**

- Лесная подстилка является источником питания растений в лесу.
- Лесная подстилка – важное звено биологического круговорота.
- От подстилки во многом зависят физико-химические свойства почвы, ее структура, водный и воздушный режимы.
- Подстилка предохраняет почву от эрозии, от излишнего испарения, служит своеобразным фильтром, что способствует переводу поверхностного стока в грунтовый и внутрипочвенный.
- От мощности подстилки, ее состава, влажности, особенностей разложения зависит возобновление леса.
- В ней протекает жизнедеятельность почвенной мезо-фауны и микроорганизмов.

# Факторы, влияющие на качество ПОДСТИЛКИ

- Характер подстилки изменяется с возрастом древостоя: на хороших почвах в густом еловом молодняке она бывает грубогумусной, а затем, по мере изреживания молодняка и появления мохового покрова, трав, кустарников, подроста лиственных пород, подстилка приближается к муллевой.
- Листопадные породы с мягкими листьями способствуют образованию муллевой подстилки.
- Хвойные и некоторые твердолиственные (дуб, бук) породы ухудшают почву.

# Классификация типов гумуса лесных почв по О.Г.Чертову

Название почв по типам гумуса Типы гумуса почв нормального увлажнения	Мощность, см		Диагностические признаки		Типы леса на Северо-Западе России
	Ao	A1	Подстилки (торфа) горизонта	Гумусового	
Грубогумусные	5-8	0-10	Лиственный-хвойная или хвойная, сверху слабо-, ниже сильно разложившаяся, бурая, связанная в войлок грибницей	Слоеватый или комковатый. Серый, рыхлый, иногда натечный	Ельники и сосняки черничные и чернично-брусничные III-II класса бонитета
Модергумусные	3-5	8-15	Хвойно-лиственная и лиственная, рыхлая, в нижней части сильно разложившаяся, перегнойная	Серый и темно серый, рыхлый, комковато-зернистый	Ельники, сосняки, березняки и осинники кисличные, реже дубравно-травяные, II-I класса бонитета
Муллевые (мулльгумусные)	0-2	15-35	Рыхло лежащий слой лиственного опада	Серый, очень рыхлый и рассыпчатый, ореховато-зернистый	Ельники, сосняки, осинники и березняки дубравно-травяные и

# Виды подзолистых почв по степени подзолистости

**Вид**

**Характеристика**

**Слабепод-**  
**золистые**

Сплошной горизонт А, отсутствует не на границе между горизонтом А<sub>1</sub> и А<sub>2</sub>, разорванный, не сплошной, горизонт В выражен хорошо. Горизонт А<sub>2</sub>

# Генетические горизонты лесных почв:

Название почвы, например, мультгумусная слабоподзолистая суглинистая на валунном суглинке, дают с учетом типа гумуса и степени оподзоленности почвы

**A<sub>0</sub> – 0-3 см - 0**

**A<sub>0</sub> – лесная подстилка=0**

**A<sub>1</sub> – 3-20 см - A**

**A<sub>1</sub> – гумусовый и  
перегнойно-  
аккумулятивный горизонт  
= A**

**A<sub>2</sub> – 20-30 см - E**

**A<sub>2</sub> – подзолистый горизонт  
= E**

**B – 30-50 см**

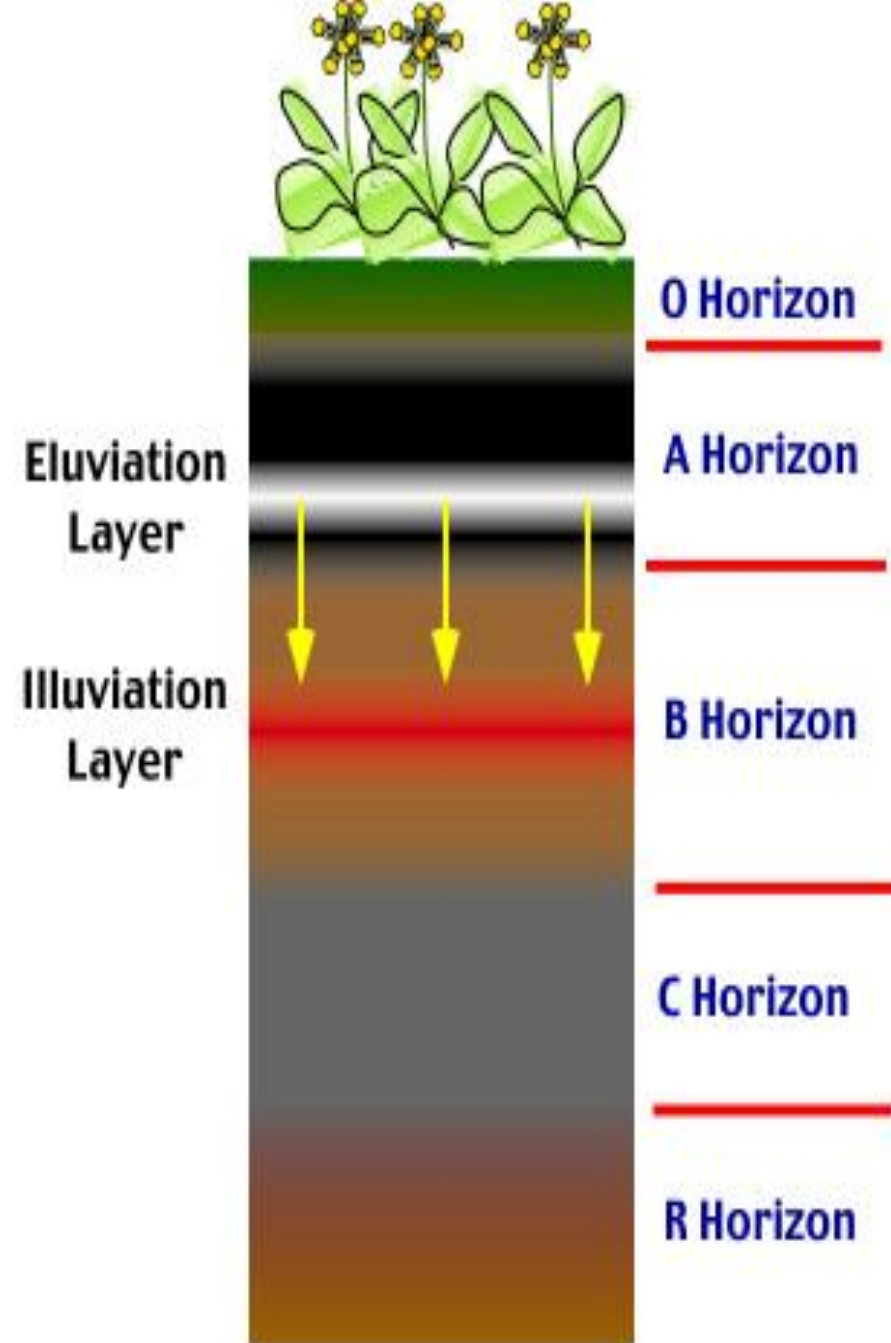
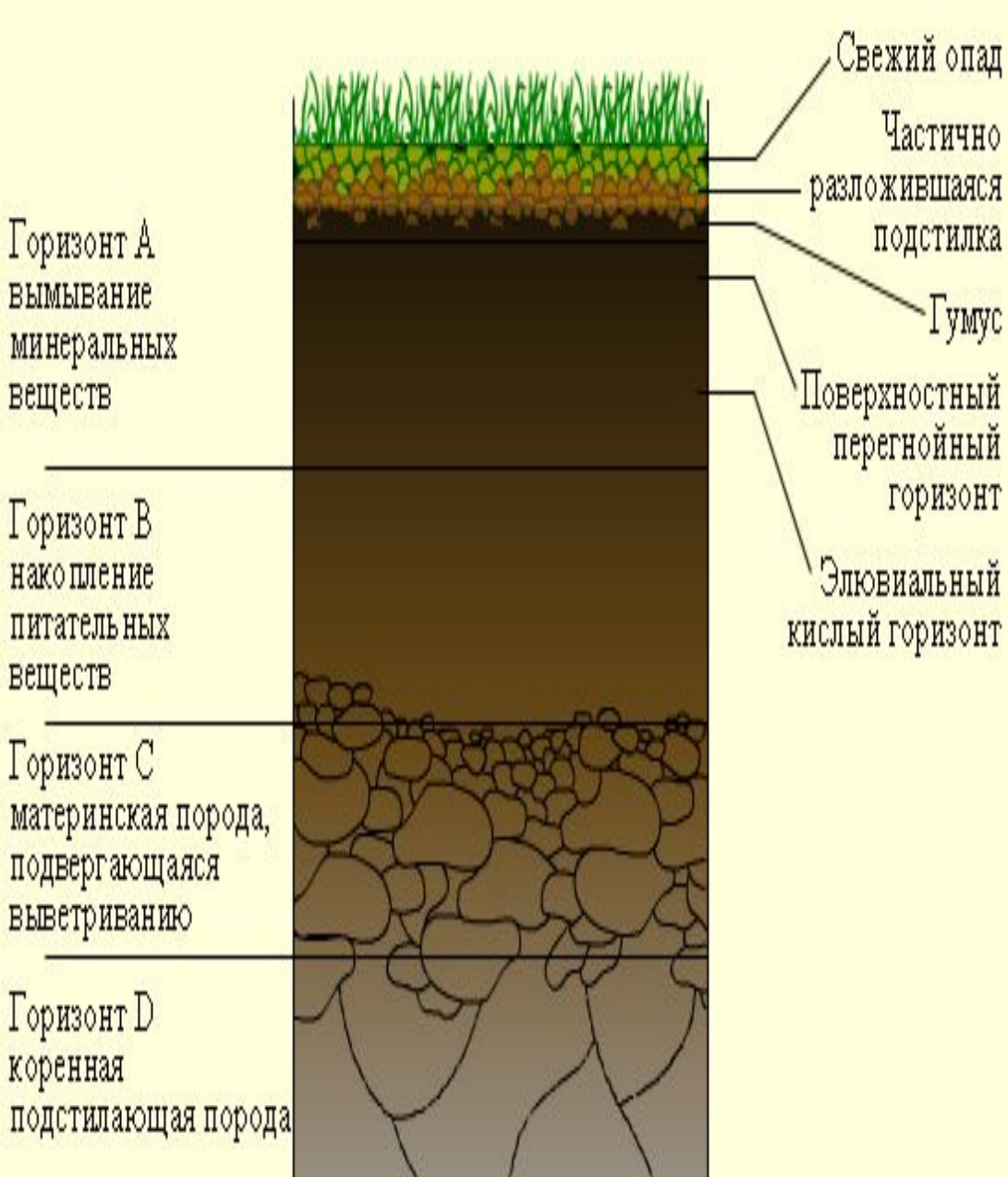
**(A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> – горизонты  
вымывания)**

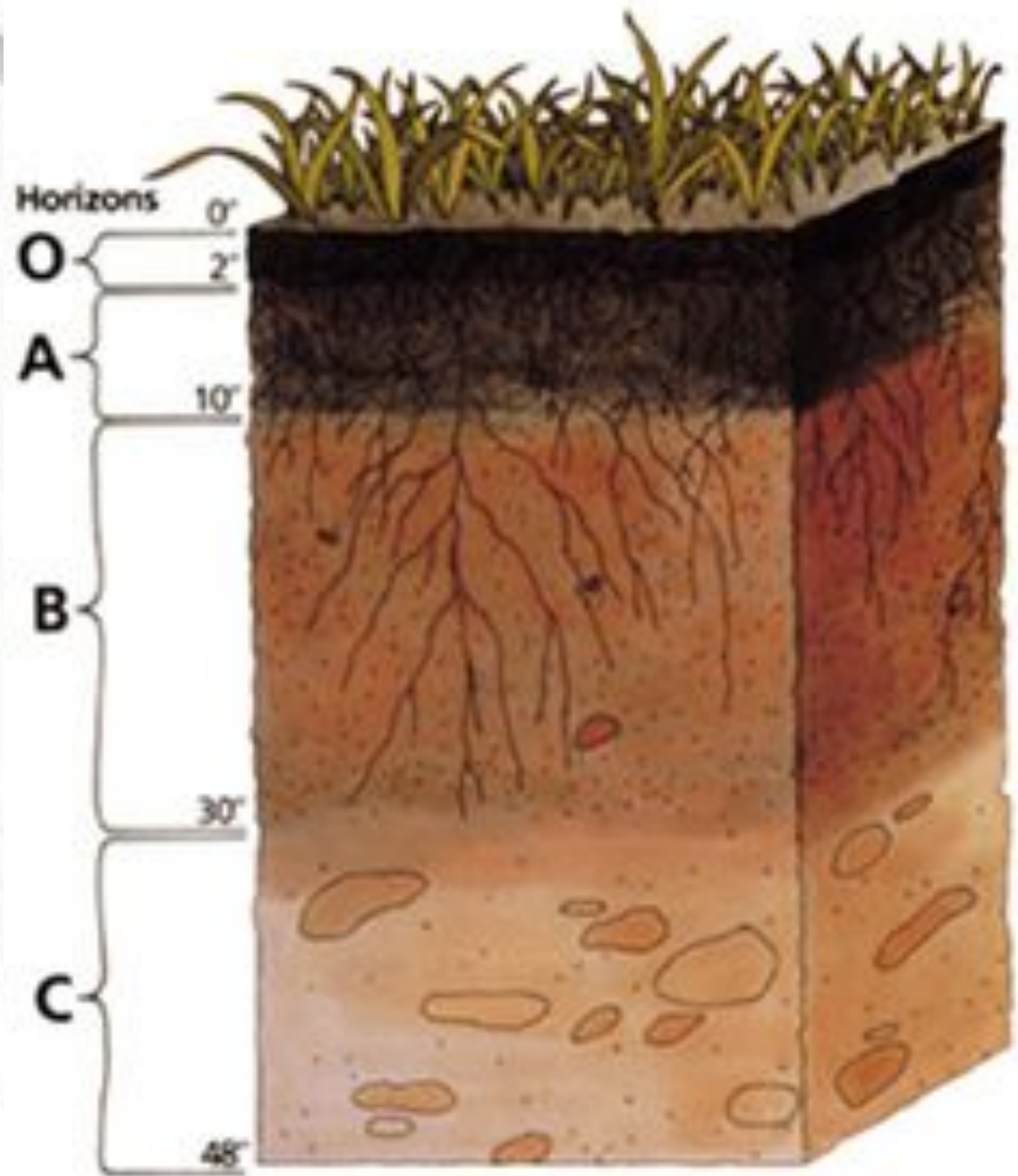
**C – 50 - ... см**

**B – иллювиальный  
(горизонт вымывания)**

**C – материнская порода**







Подзолистая почва в хвойном лесу  
и бурая лесная почва



Чернозем



Дерново-подзолистая



Тундровая подзолистая





# Дерново-подзолистая почва

# Влияние рельефа на лес

- Рельеф – это фактор перераспределения света, тепла, влаги атмосферных осадков и биогенных элементов. Обычно выделяют **мегарельеф** (горные страны, равнины), **мезорельеф** (овраги, моренные холмы) и **микро-** или **нанорельеф** (кочки, валеж, гнилые пни и др.).
- Повышенным элементам рельефа свойственны элювиальные почвы (элювий – продукт выветривания горных пород, остающийся на месте своего образования) с глубоким стоянием грунтовых вод, с преобладанием ксерофитной лесной растительности. В таежной зоне на элювиальных почвах чаще всего произрастают сосняки низкой производительности.

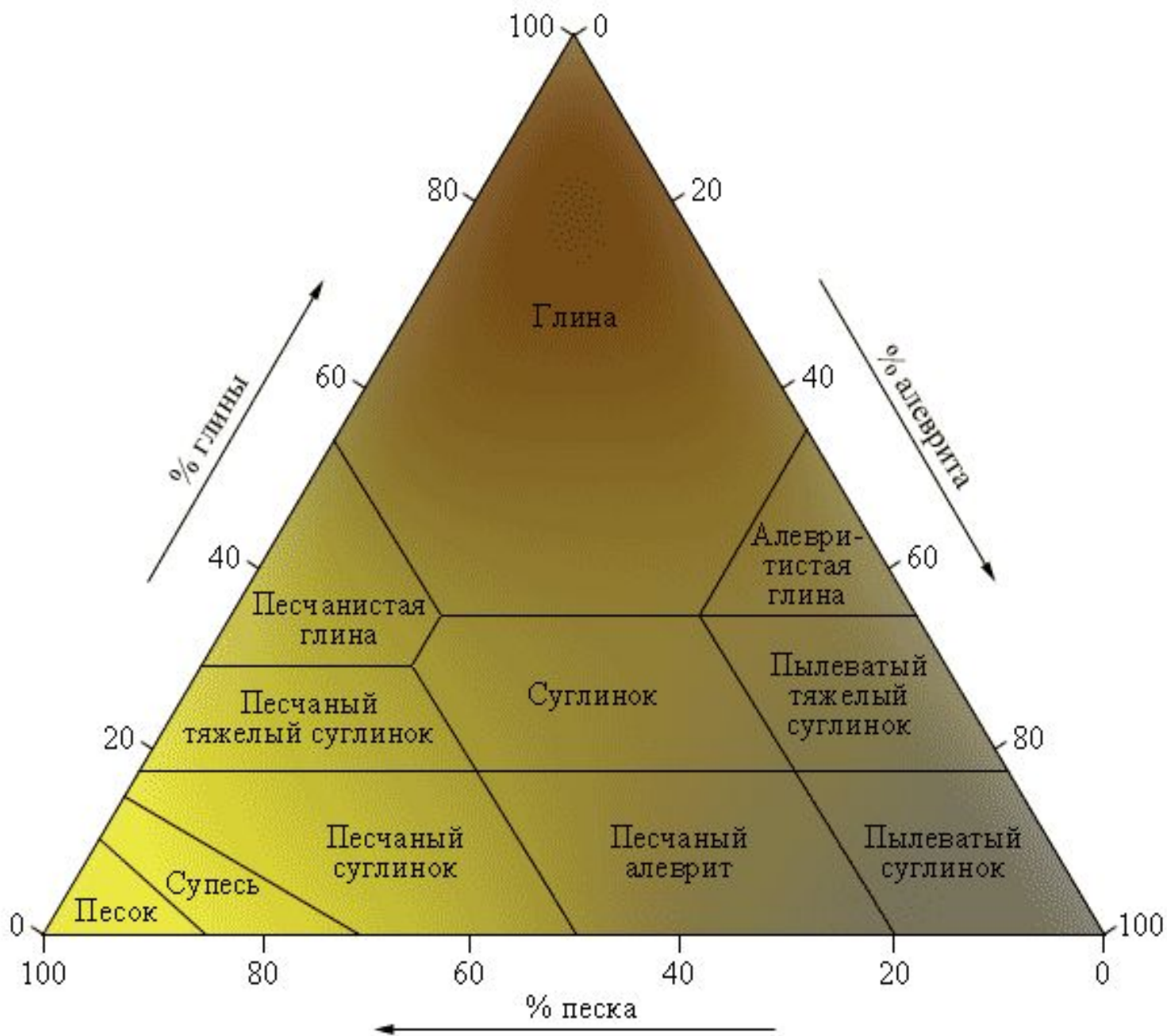
# Влияние рельефа на лес (продолжение)

- Ниже расположены делювиальные почвы (состоят из продуктов выветривания горных пород, смытых талыми и дождевыми водами) с мезофитной растительностью, например, смешанные леса повышенного бонитета.
- Еще ниже находятся микропонижения, которые отличаются обилием торфа, иловатостью, соленостью. Здесь преобладают леса из гигрофитов (ольхи черной, ивы).
- Бонитет зависит от проточности или застойности почвенных вод. В поймах рек и ручьев он может быть высоким, в закрытых западинах образуются болота, бонитет падает или лес исчезает совсем.

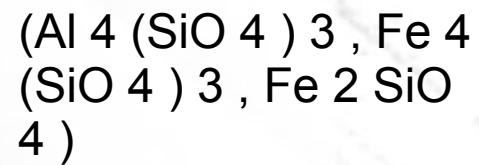
# Влияние материнской горной породы на лес

***Материнские породы*** – песок, супесь, суглинок, глина, мергель, известняк – содержат в себе запасы питательных веществ, определяют механический состав формирующихся почв и их водно-воздушные свойства. Чем мельче раздроблена материнская порода, тем больше в ней доступных растениям питательных веществ: кальция, калия, фосфора, магния, железа и др. Однако с мелким раздроблением вступают в противоречия другие важные свойства, это водо- и воздухопроницаемость. Оптимальный комплекс свойств почв, определяемый механическим составом, заключен между песками и глинами, а именно в средних супесях, легких и средних суглинках.





По химическому составу минеральной компоненты почва состоит из песка и **алеврита** (формы кварца (кремнезёма)  $\text{SiO}_2$  с добавками силикатов



и глинистых минералов (кристаллические соединения силикатов и гидроксида алюминия)).

Потребность древесных пород в элементах питания и требовательность к плодородию почвы

**Потребность** древесных пород в элементах питания – это количество азота и зольных веществ, которое необходимо дереву для его жизнедеятельности, а **требовательность** - отношение к условиям почвенного плодородия, способность извлекать из почвы нужные вещества в нужных количествах.

По требовательности к почве древесные породы обычно разделяют на три группы:

- **олиготрофы** (сосна, береза, акация белая, ива шелюга);
- **мезотрофы** (ель, лиственница, кедр, ольха серая и черная, осина, рябина);
- **мегатрофы** (клен, ясень, дуб, бук, липа).

## Шкала Г.Ф. Морозова по потребности древесных пород в азоте и зольных элементах (в порядке убывания)

- акация белая,
- ильм,
- ясень,
- бук,
- дуб,
- ольха черная,
- ель,
- береза,
- лиственница,
- сосна обыкновенная,
- сосна веймутова.

Белая акация, занимающая первое место по потребности в питательных элементах, удовлетворительно растет и на бедных почвах, поскольку имеет мощную корневую систему.

А сосна веймутова, занимающая последнее место в ряду по потребности, может хорошо расти лишь на богатых почвах.

У сосны обыкновенной малы и потребность в питании, и требовательность к почве.

# Метод определения потребности древесных пород в элементах питания

- *Листовой анализ.*
- Основан на определении содержания азота и зольных веществ в листьях и хвое.

## **Недостатки метода:**

не позволяет судить о требовательности древесных пород к почве;

режим потребления питательных веществ меняется во времени;

содержание элементов зависит от положения листа в кроне (теновой или световой лист);

деревья оттягивают элементы питания из листьев, которые будут сброшены осенью.

# Классификация древесных пород по требовательности к плодородию почвы

- **ацидофилы** – легко переносят избыточную кислотность, но избегают избыток извести (ель, сосна, осина, береза, пихта, а также некоторые другие - дуб, граб).
- **кальцефилы** – легко переносят избыток извести (лиственница, бук, ясень, ильм, тис, акация белая, сосна крымская, бузина).
- **кальцефобы** – не переносят извести (каштан благородный, а из растений живого напочвенного покрова - вереск и злаки).
- **нитрофилы** – с трудом переносят нехватку азота (крушина, малина).
- **галофиты** – встречаются в условиях южного лесоводства на почвах с избытком солей (саксаул, акация белая).
- **психрофиты** – растения, обитающие на холодных почвах тундр и лесотундр (береза карликовая).
- **псаммофиты** – растения песчаных почв (виды саксаула, песчаная акация, ива остролистная).

Классификация лесных местообитаний по количеству питательных веществ (по П.С. Погребняку)

- **боры – где растут только олиготрофы;**
- **субори – олиготрофы и примесь мезотрофов;**
- **судубравы – все три категории;**
- **дубравы – мезо- и мегатрофы.**

# Механизмы адаптации древесных пород к почве:

- 1) *Эволюционное приспособление к эдафическим условиям.* В результате эволюции образуется местная разновидность, именуемая *экотипом*. Например, у сосны выделяются скальный, боровой, болотный экотипы.
- 2) *Пластичность корней.* Проявляется в изменении габитуса (внешнего вида) и мощности корней.

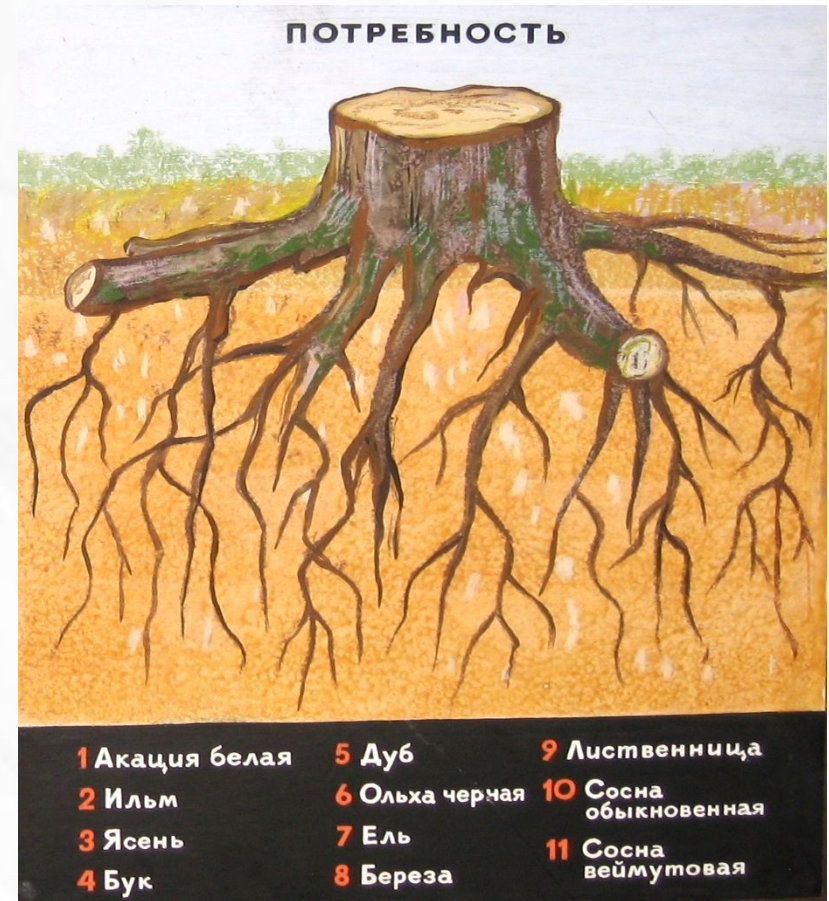
Различают в основном *три вида корней*:

- Глубинные (дуб, липа, лиственница, тополя).
- Поверхностные (ель, ясень, клен полевой).
- Якорные.

Остальные древесные породы обладают большой пластичностью корневых систем. Так, среди таежных видов наибольшей пластичностью корней отличаются сосна и береза.

- 3) *Образование микоризы.* Одним из способов адаптации древостоя к почве является *микориза (грибокорень)* - соединение корневых тканей дерева и грибного мицелия. К сильно микоризным породам относятся сосна и ель. Высокой микоризностью обладают дуб, пихта, лиственница. Микориза отсутствует у таких пород, как ясень, акация белая, бересклеты.

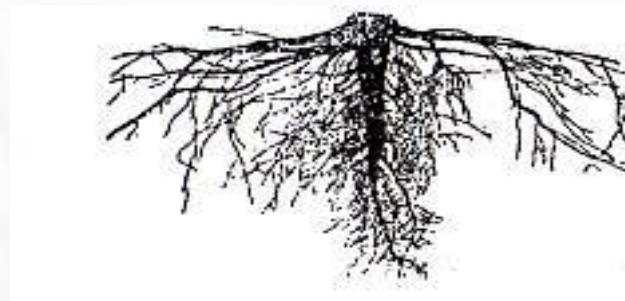
# Требовательность к почвам и потребность в питательных зольных веществах по степени уменьшения (по Г.Ф. Морозову)





# Пластичность корней сосны обыкновенной

- У сосны на хорошо дренированной почве развивается мощный стержневой корень и на глубине, ярус боковых мелких корней.
- На осушенных торфяниках, как у сосны, так и у ели образуются якорные корни.
- На скальных почвах склонов гор появляются мощные поверхностные корни.



# Факторы, влияющие на габитус (внешний вид корней)

## Возраст

- У сосны в хороших условиях сначала растет стержневой корень, затем, в среднем возрасте, преобладают боковые корни, а в приспевающих и спелых древостоях появляются якорные корни.

## Происхождение древостоя

Ельник, сменивший дубраву, обладает более глубокой корневой системой, чем сменивший ельник, поскольку корни ели заглубляются по старым каналам в местах прохождения корней дуба.

# Факторы, влияющие на габитус (внешний вид корней)

## Уровень грунтовых вод

- Количество мелких физиологически активных корней, ростовых и сосущих изменяется в течение вегетационного периода.

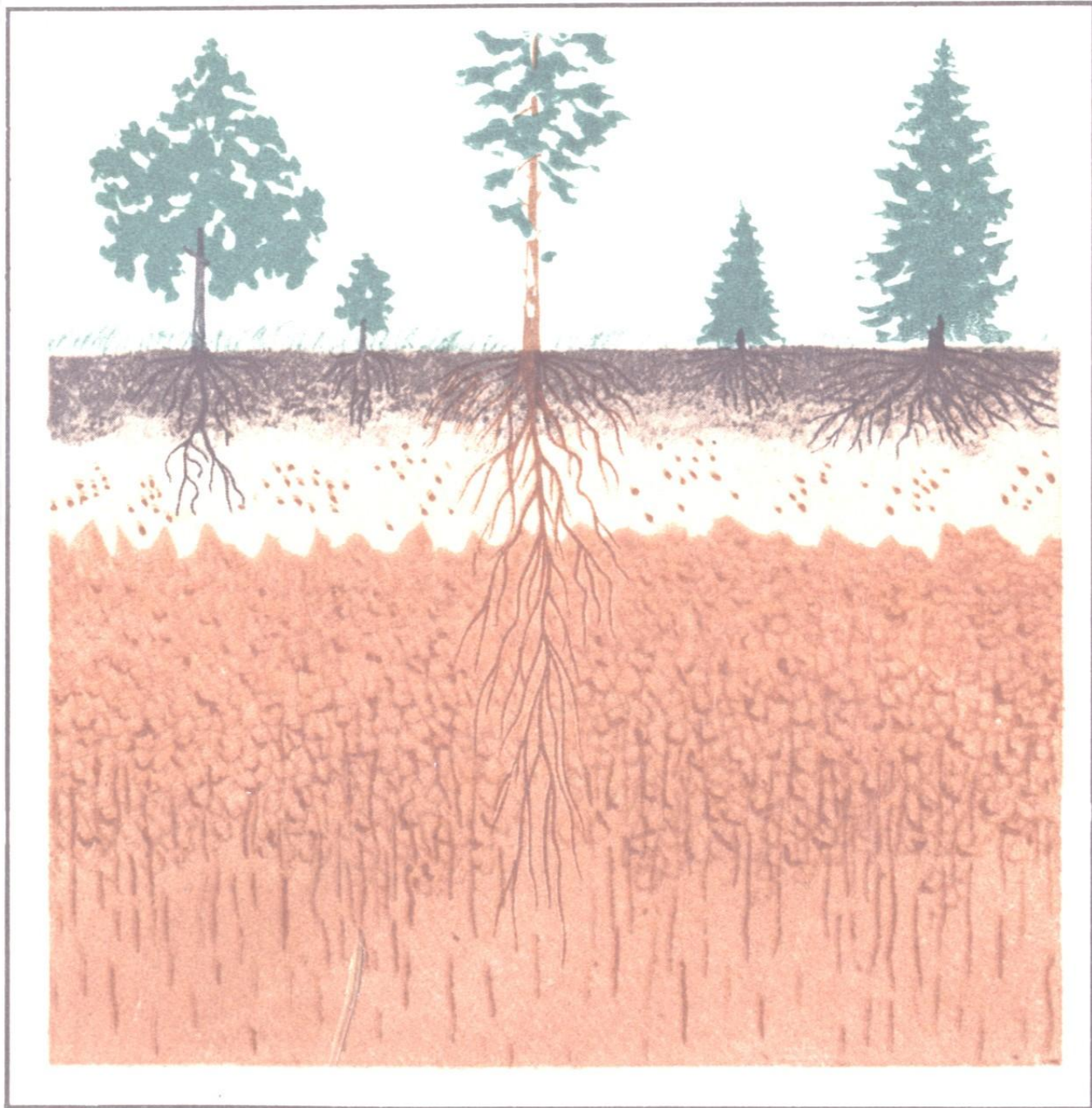
## Погодные условия

- В сухой период мелких корней больше

## Почва

Чем богаче почва, тем меньше корней, так как более легким становится обеспечение потребности растений в питании.

В ельнике сфагновом корней в два раза больше, чем в чернично-кисличном.



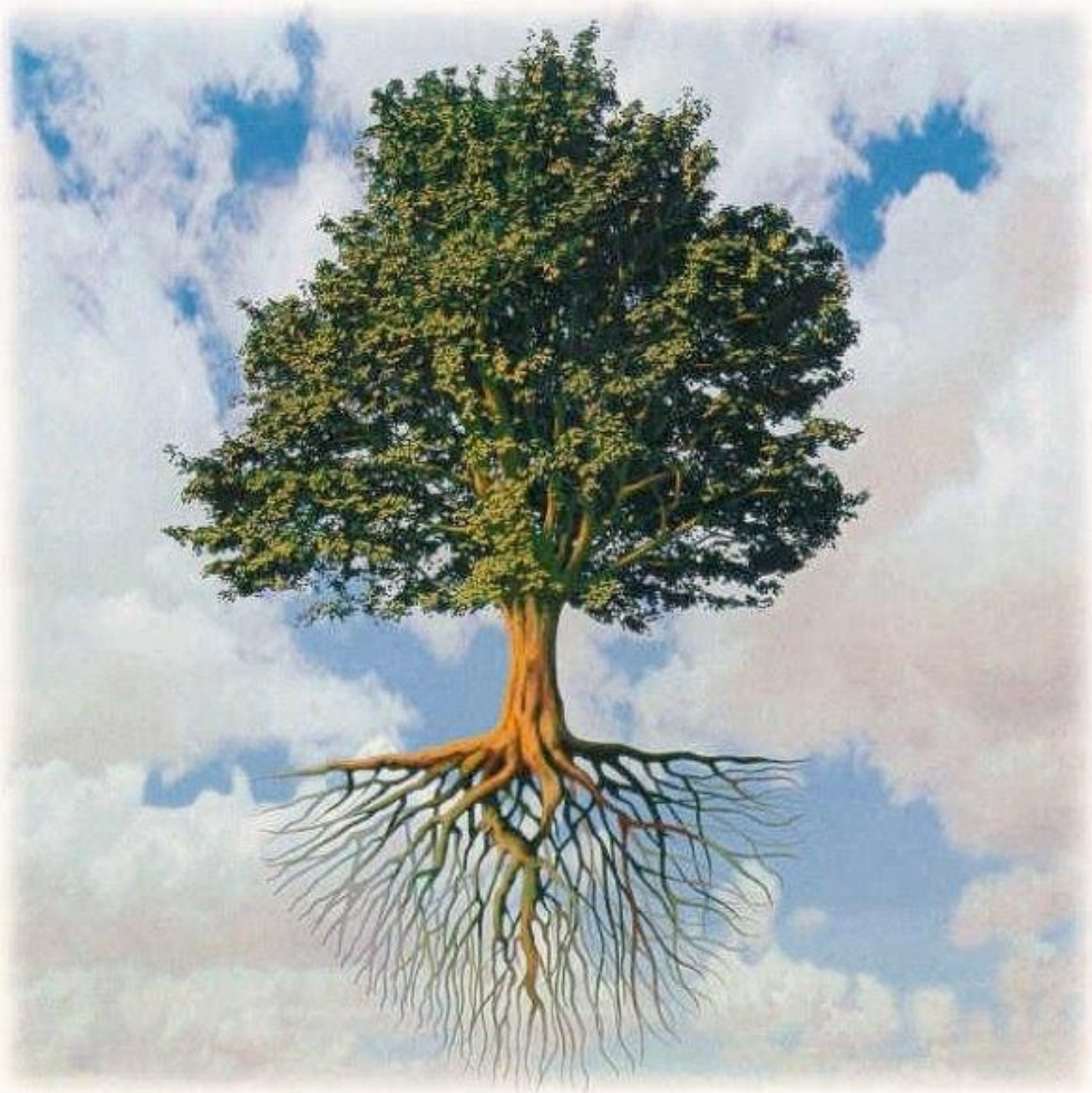


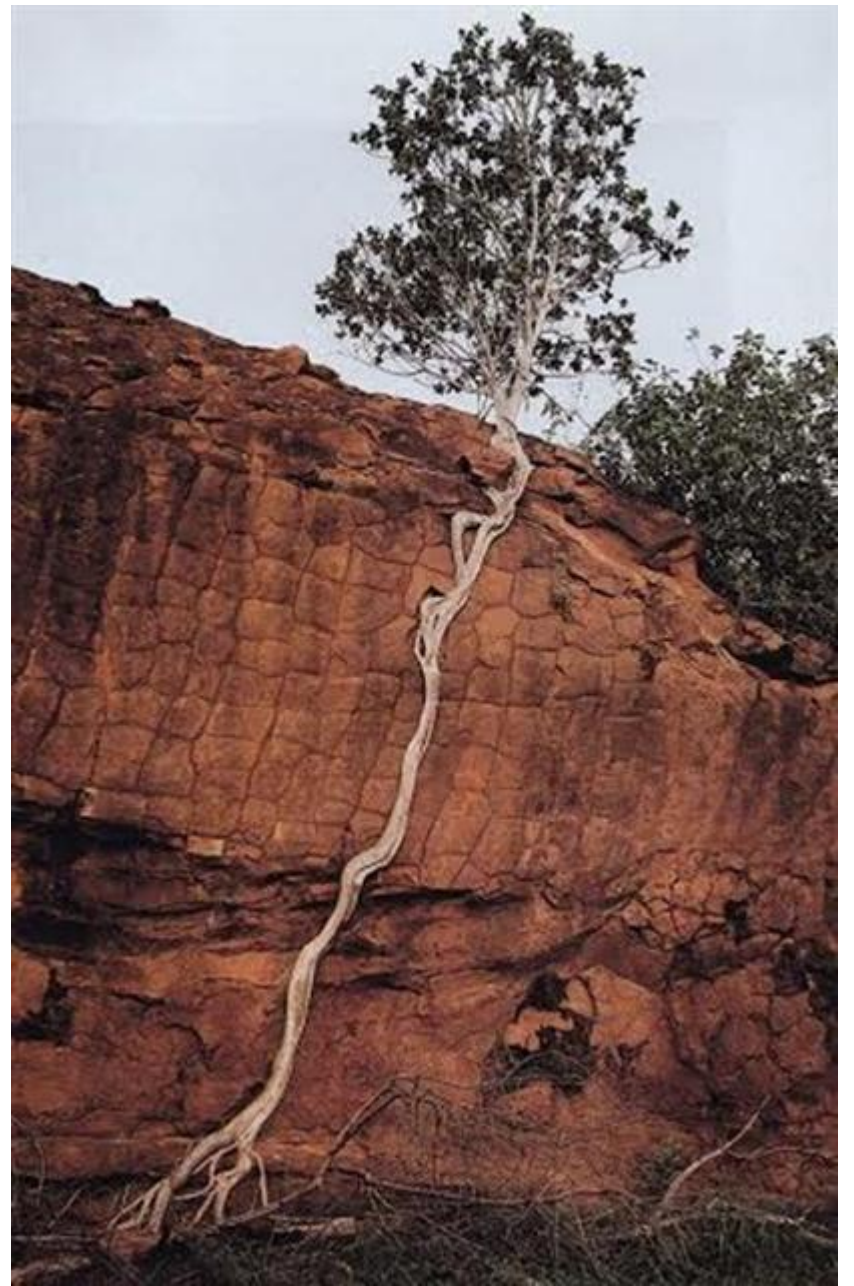
мочковатая

стержневая

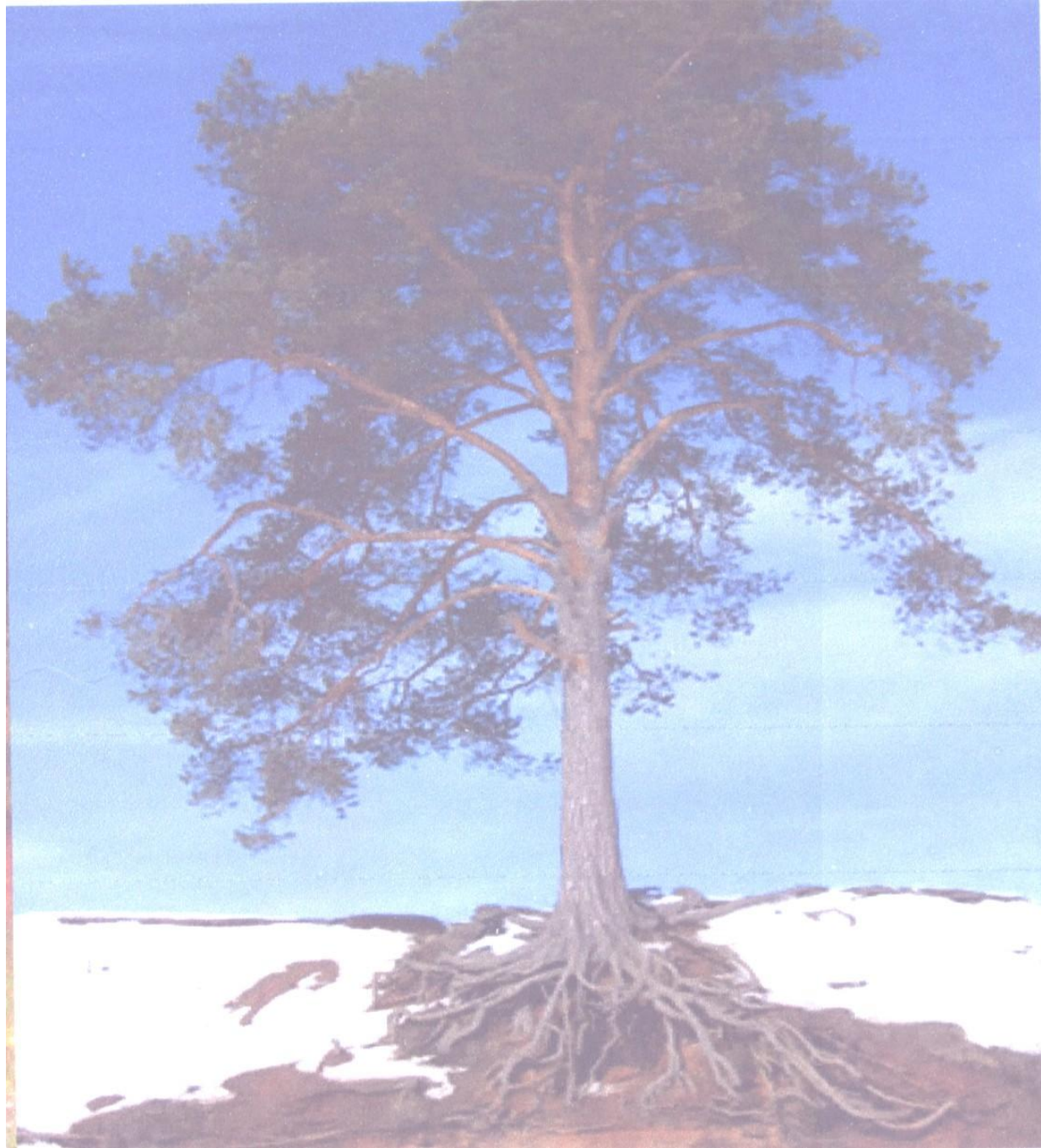
поверхностная















# Виды и значение микоризы

## Микориза бывает:

- *эктотрофная* (гриб оплетает корень);
- *эндотрофная* (гриб проникает в корень).

## Значение микоризы

### в жизни леса:

в несколько раз увеличивает адсорбционную поверхность корней;

способна извлекать азот из бедных почв;

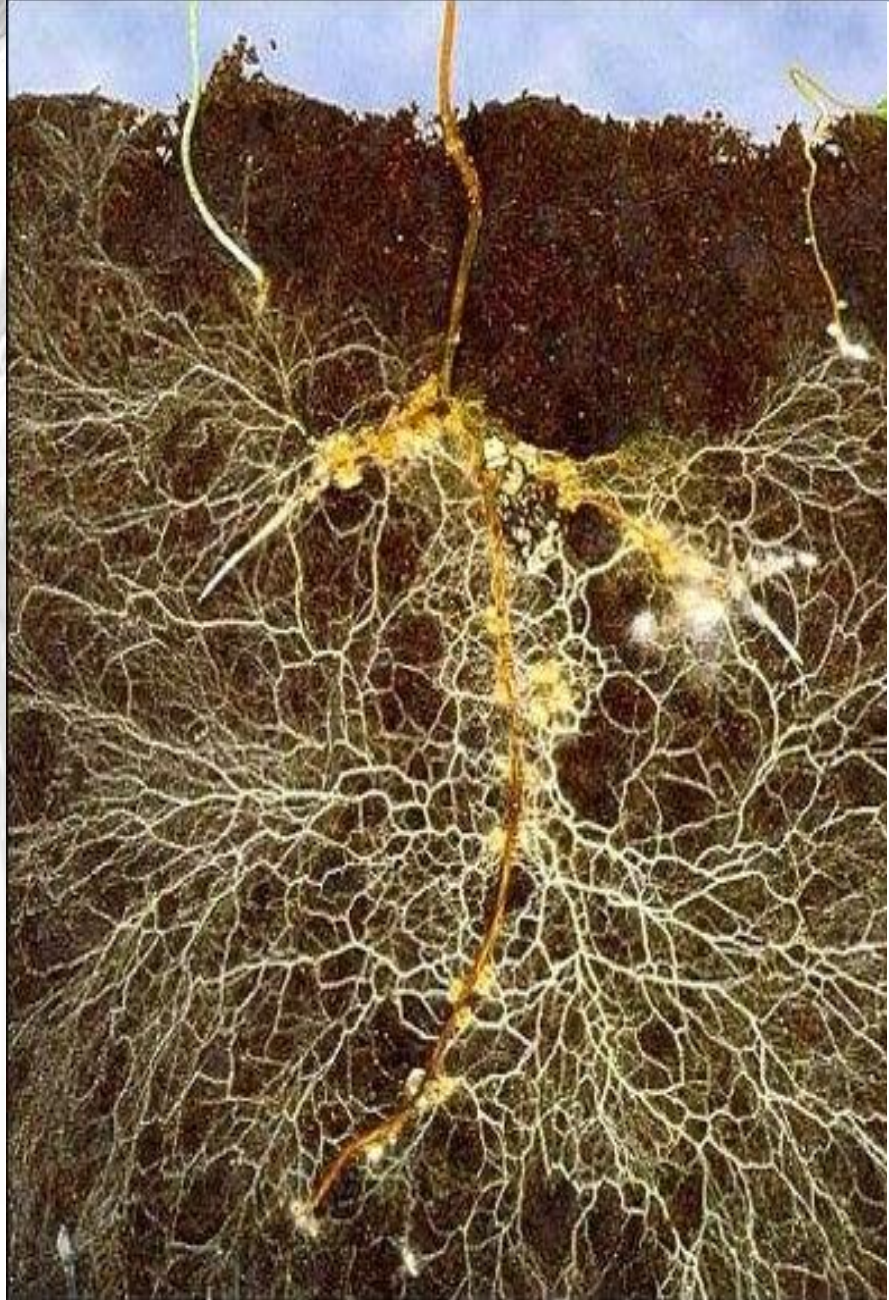
удерживает элементы питания от выщелачивания;

препятствует проникновению болезнетворных микроорганизмов;

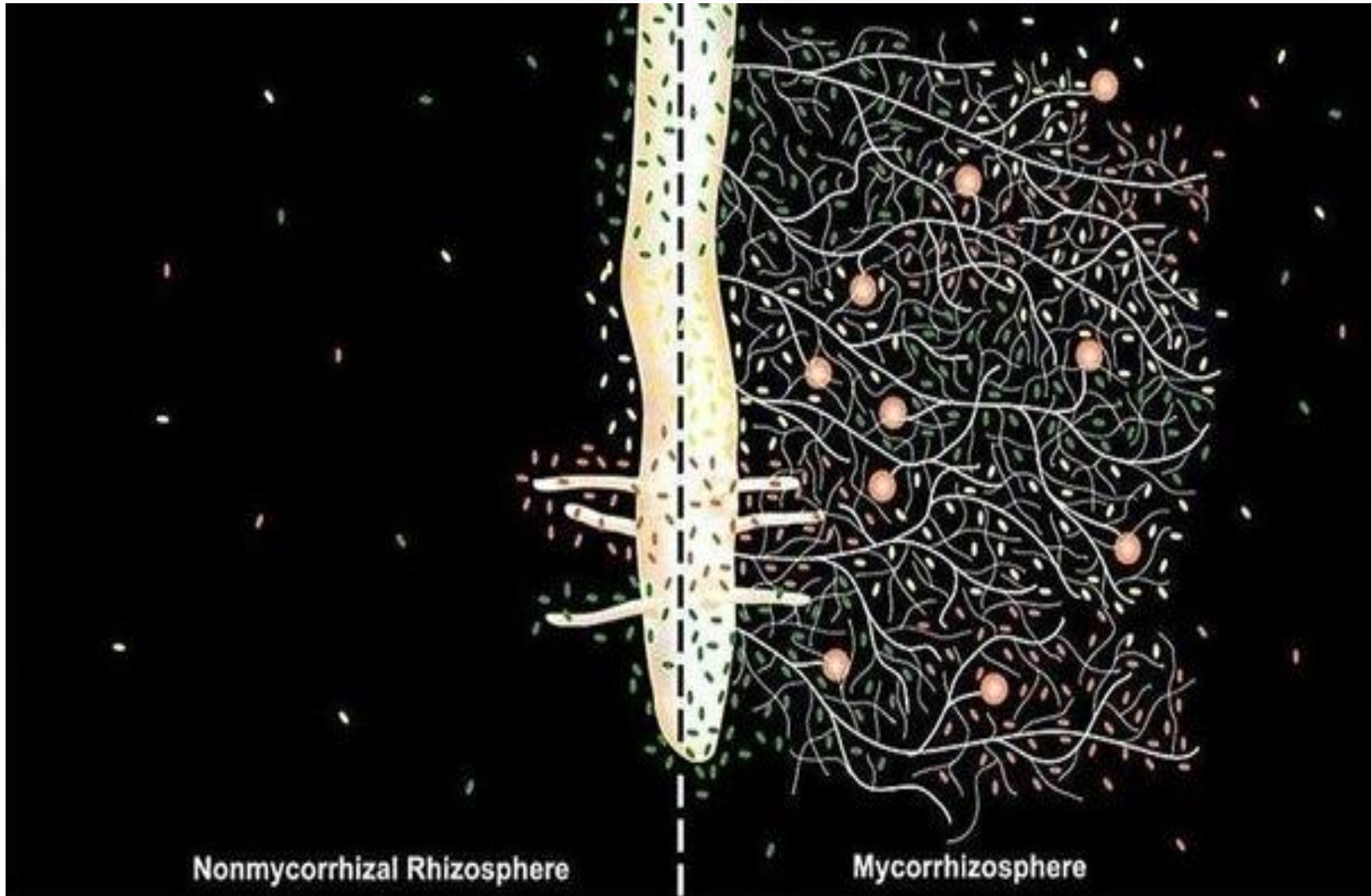
повышает засухоустойчивость;

подкисляет ризосферу, что способствует усвоению элементов питания;



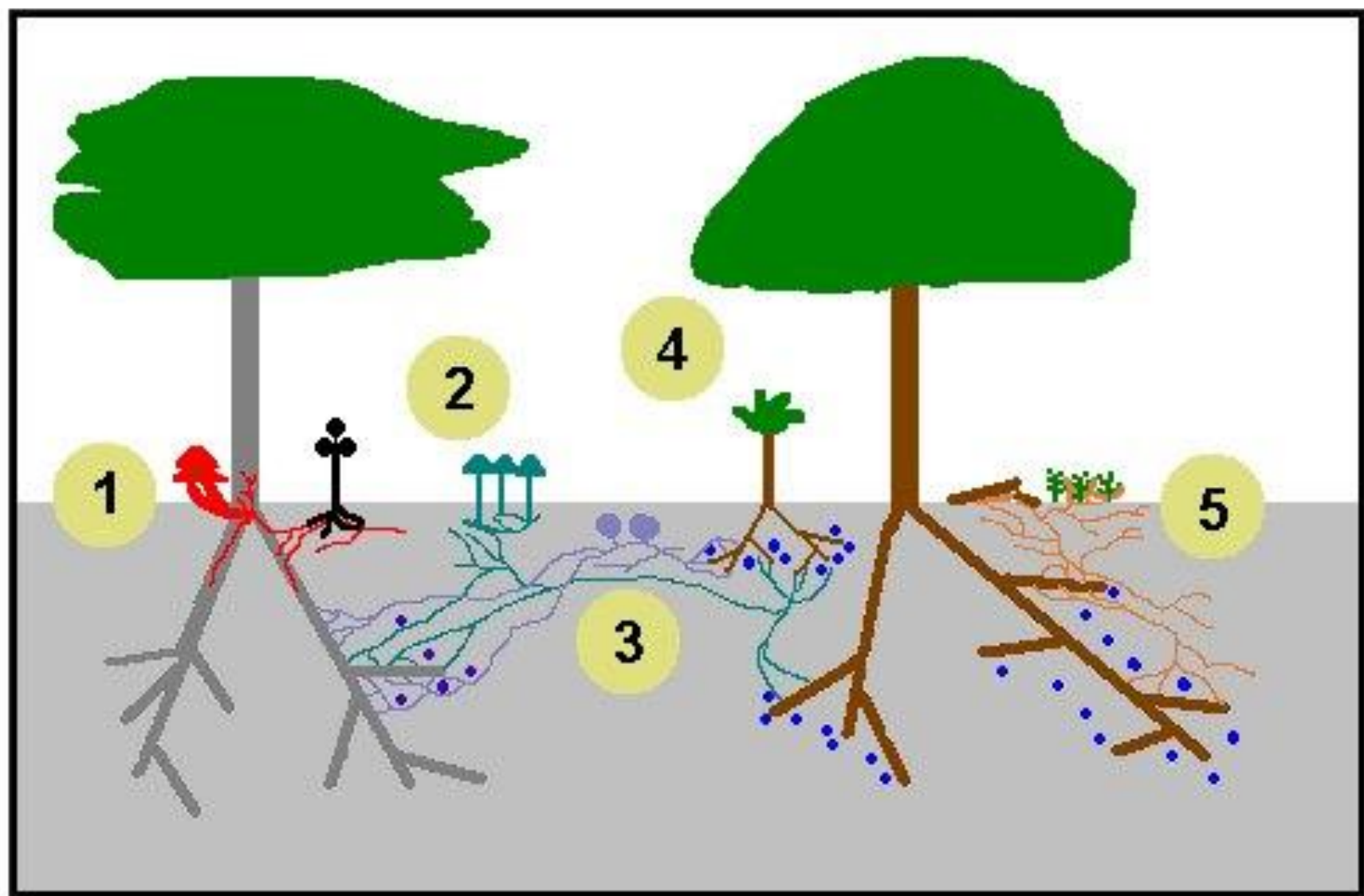


Микориза



Nonmycorrhizal Rhizosphere

Mycorrhizosphere

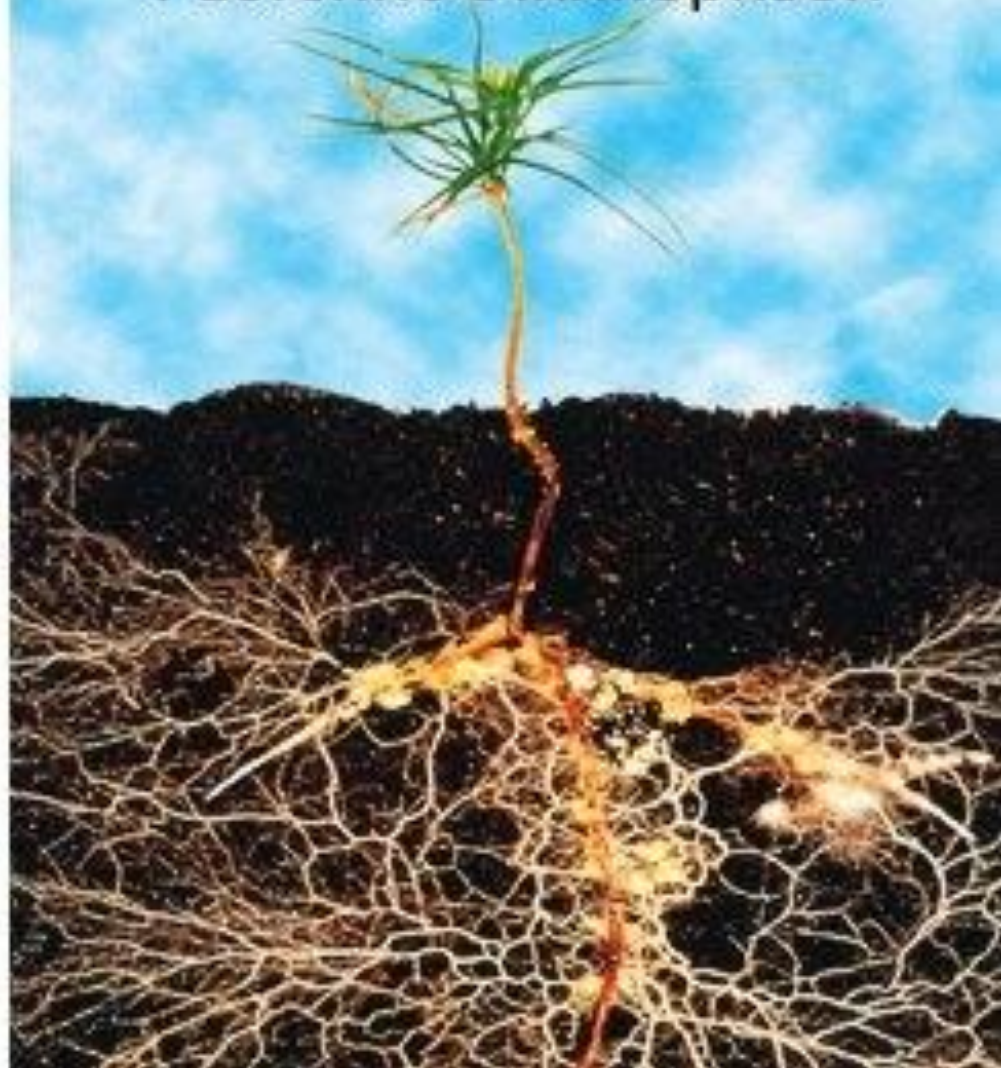




Растение без микоризы



Растение с микоризой



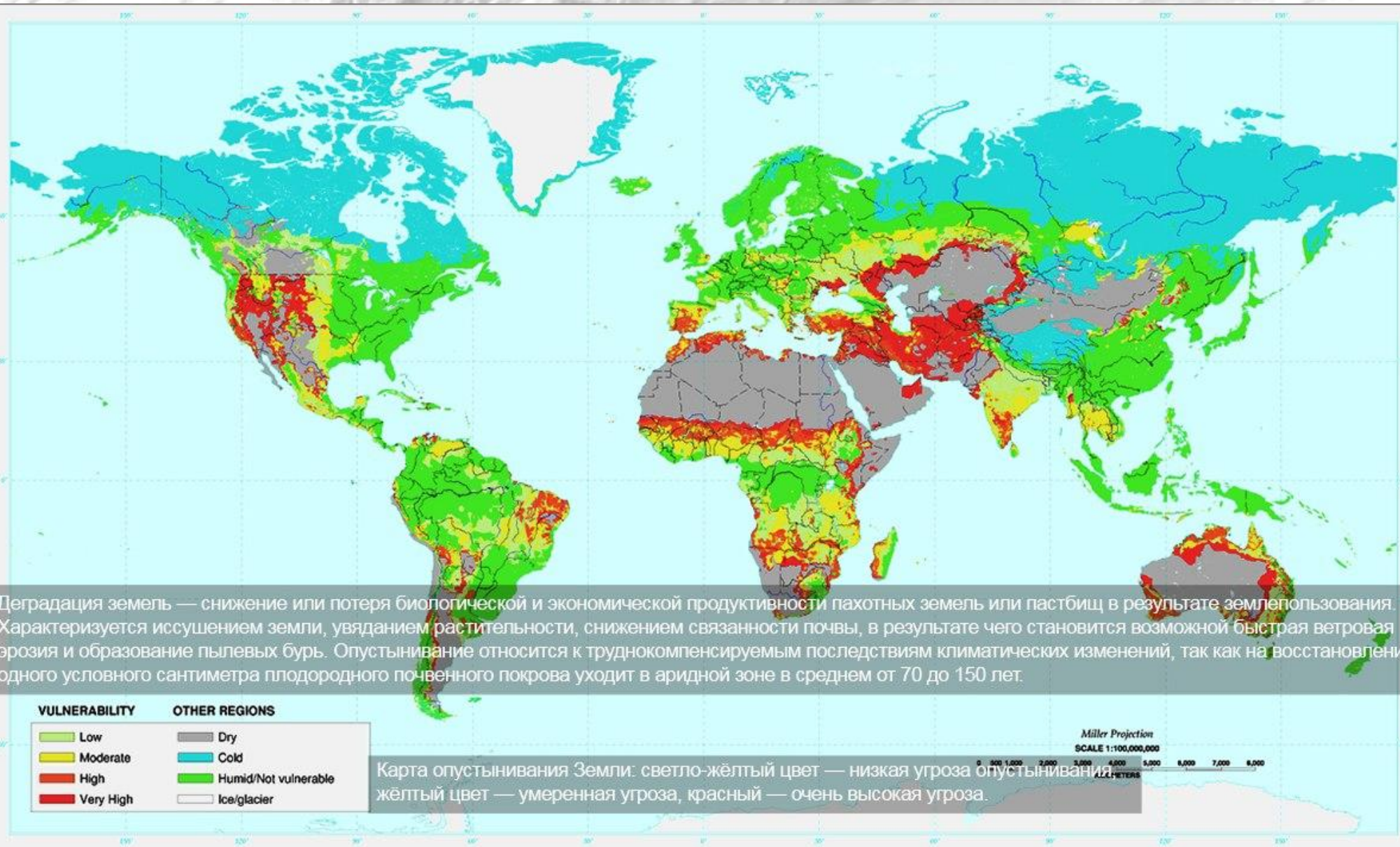
# Способы оценки почвенного плодородия

1. Продуктивность древостоя зависит от плодородия почвы. О нем можно судить *по средней высоте древостоя в определенном возрасте (по бонитетной шкале)*. Но эта шкала не всегда правильно отображает потенциальное плодородие почвы, так как рост древостоя может быть задержан вследствие, например, пожара, угнетения ели в молодом возрасте злаками и листовыми породами, засухи, повреждения животными, болезнями и т.д. Поэтому на одинаковых почвах встречаются насаждения разного бонитета. Бонитет изменяется и с возрастом; он связан с полнотой древостоя, с его происхождением.
2. По характеру подстилки.
3. Более точно плодородие почвы характеризуют ее *водно-физические и химические свойства*. Однако почвенные анализы очень трудоемки.
4. Применяется также *математическое моделирование*, имеющее вид уравнений множественной регрессии какого-нибудь показателя продуктивности древостоя (высоты, запаса, прироста) по какому-нибудь набору показателей почвенного плодородия, принимаемых за независимые переменные. В качестве показателей используются мощность верхних горизонтов почвы, содержание физической глины, запас подвижных фосфора и калия, кислотность, содержание гумуса и др. Имеется много моделей зависимости продуктивности древостоя от характеристик почвы, однако точность их невелика.

## Лимитирующие факторы почвенного плодородия

Потери плодородия лесных почв происходят вследствие:

- заболачивания,
- токсикоза почвы,
- действия кислых осадков,
- эрозии почвы,
- влияния человека
- и лесных пожаров.



Деградация земель — снижение или потеря биологической и экономической продуктивности пахотных земель или пастбищ в результате землепользования. Характеризуется иссушением земли, увяданием растительности, снижением связности почвы, в результате чего становится возможной быстрая ветровая эрозия и образование пылевых бурь. Опустынивание относится к труднокомпенсируемым последствиям климатических изменений, так как на восстановление одного условного сантиметра плодородного почвенного покрова уходит в аридной зоне в среднем от 70 до 150 лет.

VULNERABILITY	OTHER REGIONS
<span style="color: #90EE90;">■</span> Low	<span style="color: #808080;">■</span> Dry
<span style="color: #FFD700;">■</span> Moderate	<span style="color: #00CED1;">■</span> Cold
<span style="color: #FF4500;">■</span> High	<span style="color: #32CD32;">■</span> Humid/Not vulnerable
<span style="color: #FF0000;">■</span> Very High	<span style="color: #FFFFFF;">■</span> Ice/glacier

Карта опустынивания Земли: светло-жёлтый цвет — низкая угроза опустынивания, жёлтый цвет — умеренная угроза, красный — очень высокая угроза.

Miller Projection  
 SCALE 1:100,000,000  
 0 1,000 2,000 3,000 4,000 5,000 6,000 7,000 8,000  
 KILOMETERS

# Разлив нефти



# Влияние почвы на качество древесины и продуктивность древостоя

- У *сосны* на песчаных почвах стволы очищаются от сучьев быстрее, чем на глинистых, выше плотность древесины.
- Лучшую поделочную древесину *сосны* с наибольшей плотностью, мелкослойную можно найти на почвах среднего плодородия с нормальным водным режимом и покровом из брусники.
- На богатых карбонатных почвах *ельники* отличаются мягкой древесиной, повышенной суковатостью, восприимчивостью к грибным болезням. То же относится к сосне и другим ацидофильным таежным породам.
- В *дубравах* на богатых почвах очищение от сучьев происходит быстрее и плотность древесины выше. Худшие свойства древесины дуба наблюдаются на солонцах, пониженное качество – в пойменных дубравах.

# Биологический круговорот веществ между древостоем и почвой

- Сущность биологического круговорота заключается в поглощении из почвы зольных веществ и азота, образовании с их помощью органического вещества клеток и тканей, перемещении этого органического вещества с опадом и отпадом в почву, разложении до минеральных соединений и новом поглощении растением.
- Биологический круговорот веществ между растениями и почвой обычно делят на **большой** (включающий весь фитоценоз или древостой) и **малый** (только живой напочвенный покров и подлесок). В молодняках потребление питательных веществ больше возврата, в среднем возрасте эти процессы уравниваются, в спелом возрасте потребление меньше возврата.

# Звенья биологического круговорота между древостоем и почвой

- Поступивший на поверхность почвы опад (листья, хвоя, шишки и др.) подвергается первичному разрушению почвенной мезофауной (червями, моллюсками, членистоногими, кротами, землеройками и др. животными).
- Затем происходит разложение опада ферментами, выделяемыми микроорганизмами (бактериями, грибами, актиномицетами). На этом этапе мертвые органические остатки превращаются в химические соединения – аминокислоты, сахараиды, глицерин. Они вступают в разнообразные реакции между собой и почвенным раствором.
- Синтезируются новые вещества. В процессе полимеризации органического вещества образуется гумус, который постепенно разрушается до ионов. Они попадают в почвенный раствор и накапливаются на поверхности почвенных коллоидов.
- Затем ионы поступают в корни, переходят в растительную массу и накапливаются в клеточном соке. Далее, органические вещества снова поступают в почву с опадом, и цикл биокруговорота повторяется.



## Показатели *скорости биологического круговорота* :

- отношение массы подстилки к массе опада (чем больше отношение массы подстилки к массе опада, тем больше скорость биокруговорота);
- отношение мощности гумусового горизонта к мощности лесной подстилки (чем больше гумусовый горизонт, тем больше скорость биокруговорота);
- отношение содержания в почве углерода к азоту (чем больше отношение содержания в почве углерода к азоту, тем меньше скорость биокруговорота).

## Лесохозяйственные способы повышения плодородия лесных почв

- *мелиорация* (внесение удобрений, извести на кислых почвах, посев люпина и других трав-азотонакопителей);
- *введение подлеска из азотонакопителей* (желтой акации, дрока, ракитника);
- *осушение*, улучшающее водно-воздушный режим почвы;
- *создание смешанных древостоев* с участием в составе хвойных лесов широколиственных пород (ильмовых, ясеня, липы и др.), березы, ольхи, обогащающих почву мягким гумусом;
- *рациональная технология рубок* спелых древостоев, рубок ухода, *очистки лесосек* (замена сплошных рубок несплошными, предотвращение вывозки деревьев с кронами);
- *введение* своеобразного «севооборота» - чередования выращивания хвойных лесов с лиственными).

# **ЗАДАНИЕ**

## Задание

Определите для своего варианта верхнюю или среднюю высоту древостоя с использованием морфологических моделей О. Г. Чертова [8]:

Сосна:  $H_{\text{ср}} = 9,93 + 0,096x_1 + 3,80x_3 - 0,024x_4 + 0,70x_5 - 0,00025x_1^2 - 0,12x_2^2 - 0,44x_3^2$ ;

$$H_{\text{в}} = 16,16 + 0,027x_1 + 4,08x_3 - 0,22x_4 + 0,826x_4 - 0,11x_3^2$$

Ель:  $H_{\text{ср}} = 21,01 + 0,013x_1 - 0,069x_4 + 0,94x_5 - 0,061x_2^2 + 0,048x_3^2 + 0,00022x_4^2 - 0,034x_5^2$

$$H_{\text{в}} = 21,80 + 0,063x_1 - 0,078x_4 + 1,11x_5 - 0,00016x_1^2 - 0,047x_2^2 + 0,00029x_4^2 - 0,042x_5^2$$

Береза:  $H_{\text{ср}} = 23,91 + 0,091x_1 - 0,028x_3 - 0,45x_4 + 0,41x_3^2 + 0,008x_4^2 - 0,000049x_4^3$ ;

$$H_{\text{в}} = 26,86 + 0,076x_1 - 2,91x_3 - 0,17x_4 + 0,44x_3^2$$

Осина:  $H_{\text{ср}} = 24,41 + 0,030x_1 + 0,77x_3 + 0,027x_5^2$ ;

$$H_{\text{в}} = 27,25 + 2,53x_1 - 0,23x_3^2 - 0,026x_5^2$$

Здесь:  $x_1$  – возраст древостоя, лет;  $x_2$  – механический состав горизонта  $A_1$  в баллах (1 песок, 2 – супесь, 3 – легкий суглинок, 4 – средний суглинок, 5 – тяжелый суглинок, 6 – глина, 7 – торф);  $x_3$  – механический состав горизонта С в баллах;  $x_4$  – средняя мощность лесной подстилки или торфа, см;  $x_5$  – отношение средних величин мощности  $A_1$  к мощности  $A_0$  (для торфа – отношение сильно разложившегося торфа к мощности слабо разложившегося верхнем 30-сантиметровом слое торфа).

По данным своего варианта (табл.18) рассчитать средние и верхние высоты. По первым 5 вариантам рассчитывается *верхняя* высота, а по остальным с индексом «а» – *средняя*.

## Варианты задания

Вариант	Древесная порода	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
1	Сосна обыкновенная	60	0,5	4,5	10	0,4
2	Ель европейская	70	1,0	3,0	4,5	2,5
3	Береза повислая	40	3,5	1,5	2,0	0,8
4	Осина	80	2,0	6,0	2,0	4,0
5	Сосна обыкновенная	100	4,0	2,0	6,0	1,5
1a	Сосна обыкновенная	50	6,5	4,0	9,0	2,0
2a	Ель европейская	80	1,5	5,5	11,0	1,5
3a	Береза повислая	100	5,0	3,0	4,0	3,6
4a	Осина	60	1,0	0,5	8,0	1,0
5a	Сосна обыкновенная	90	4,5	7,0	5,0	2,5

Поясните, какие морфологические характеристики почвы в наибольшей мере определяют продуктивность древесных пород.