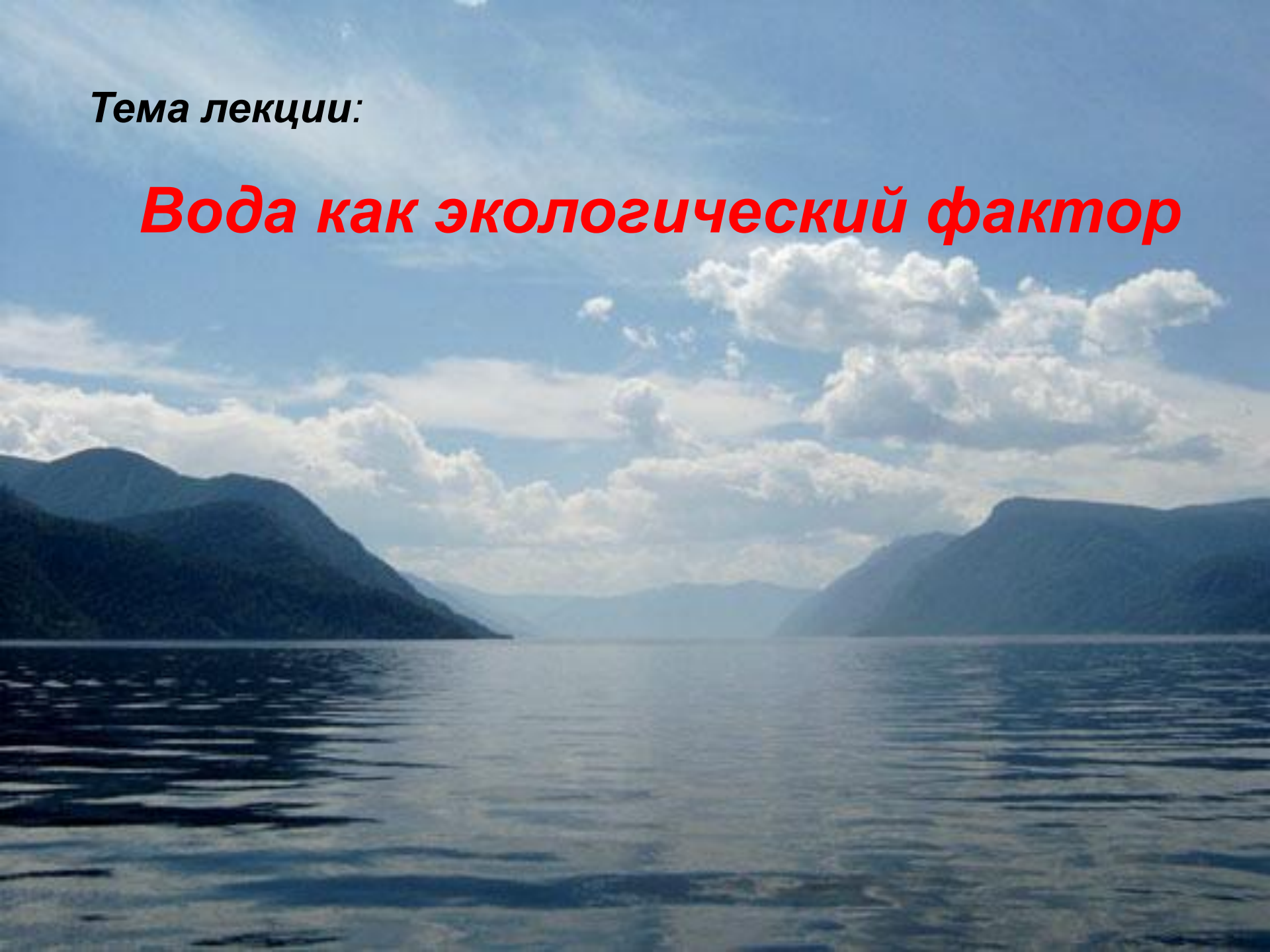


*Тема лекции:*

# *Вода как экологический фактор*



# **План лекции:**

- 1. общая характеристика воды как экологического фактора;**
- 2. экологические группы организмов по отношению к влаге.**

# Вопрос 1

## Значение воды для растения:



- неотъемлемая часть растения;
- определяет внешний облик растения;
- необходима для роста и развития;
- является растворителем и метаболитом;
- регулирует теплообмен растений (испарение;)
- заменяет скелет растения (тургор);
- может быть средой обитания.

# Аридные зоны

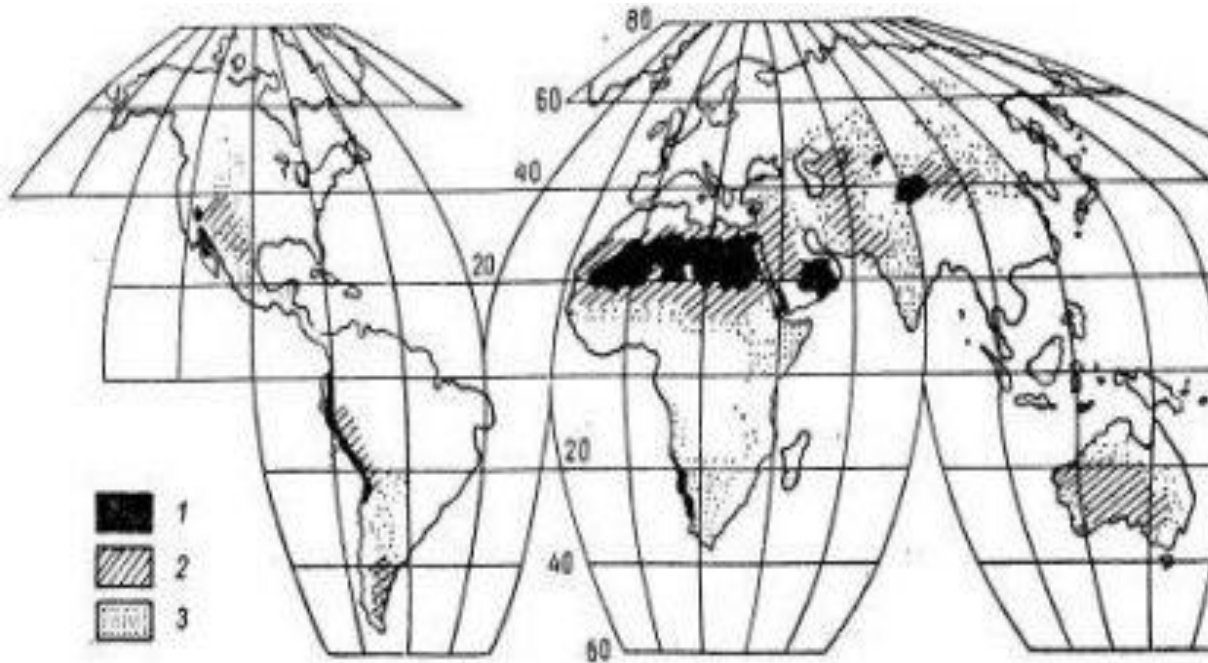
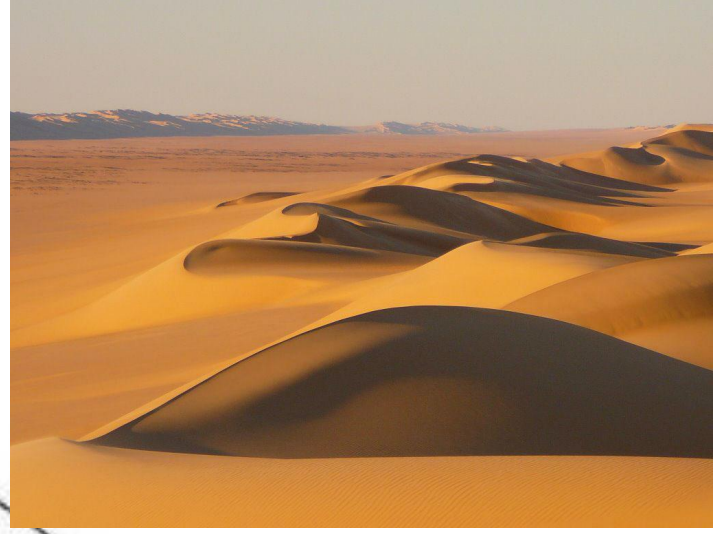


Рис. 6. Аридные территории (по Мейджу, 1955):  
1 – крайне засушливые; 2 – засушливые; 3 – полувзасушливые.

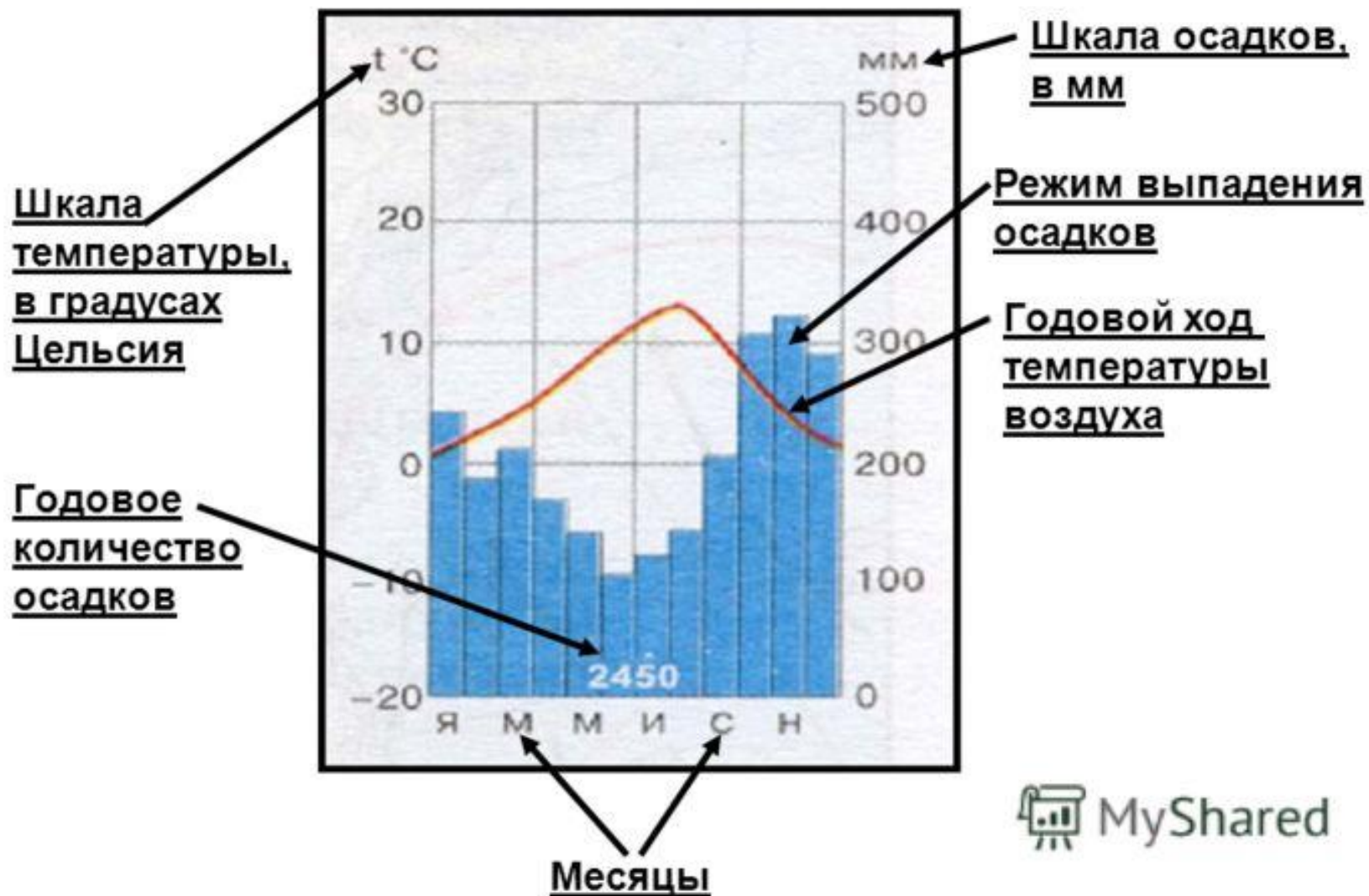


1 – экстрааридные; 2 – аридные; 3 –  
семиаридные зоны

# Гумидные зоны



# Основные элементы климатограммы



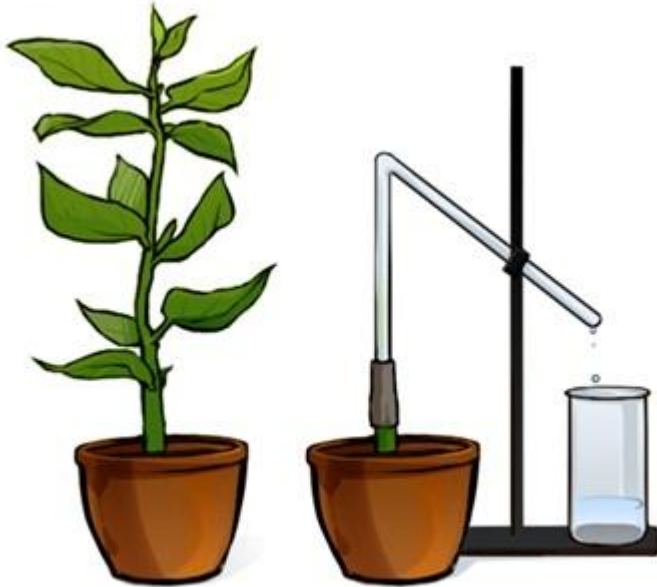
# **Почвенная влага**

- **Гравитационная вода** – это подвижная вода, которая заполняет широкие промежутки между почвенными частицами и легко просачивается до грунтовых вод. Самая легкодоступная для растений
- **Капиллярная вода** – заполняет тончайшие промежутки между почвенными частицами, удерживается капиллярными силами сцепления (подвижная капиллярная вода). Усваивается трудно
- **Связанная вода** – находится на поверхности почвенных частиц, удерживается абсорбционными силами. Недоступная вода (мертвый запас)
- **Насыщенный водяной пар** (парообразная влага).

# Сосущая сила

**Сосущая сила** - сила, равная разности между осмотическим и тургорным давлением в клетке.

Лесные деревья умеренной зоны развивают сосущую силу корней около  $3 \cdot 10^6$  Па (30 атм), некоторые травянистые растения (земляника лесная, медуница неясная) – до  $2 \cdot 10^6$  (20 атм) и даже свыше  $4 \cdot 10^6$  Па (40 атм) (смолка обыкновенная); растения сухих областей – до 60 атм.





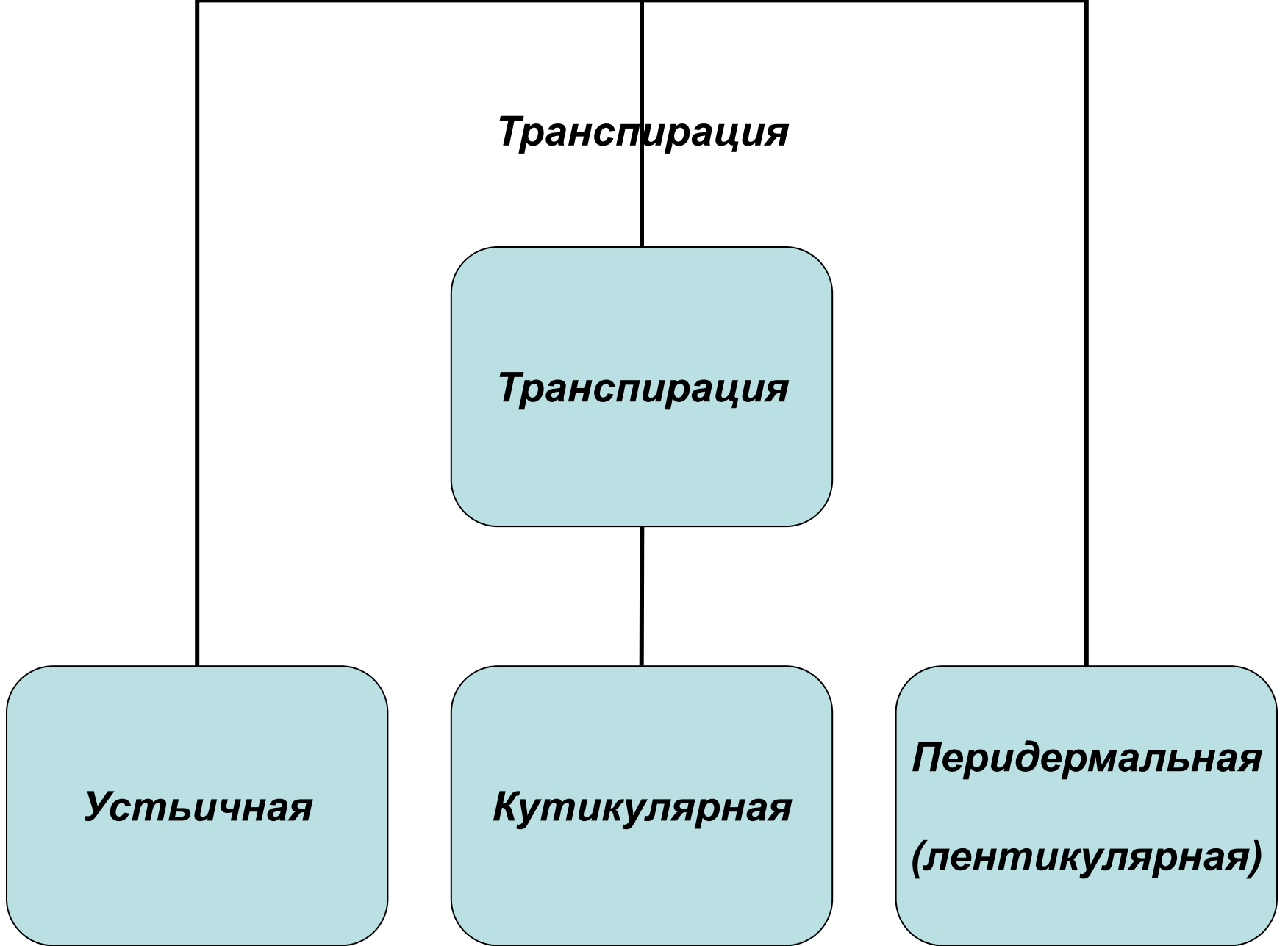
*Транспирация*

*Транспирация*

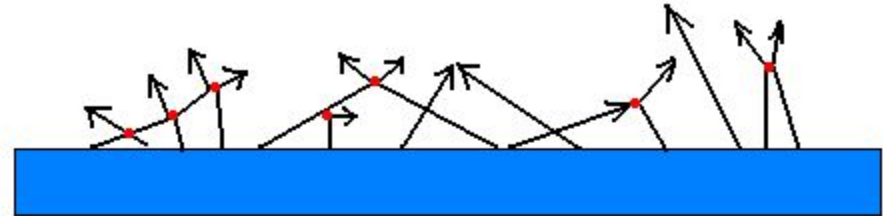
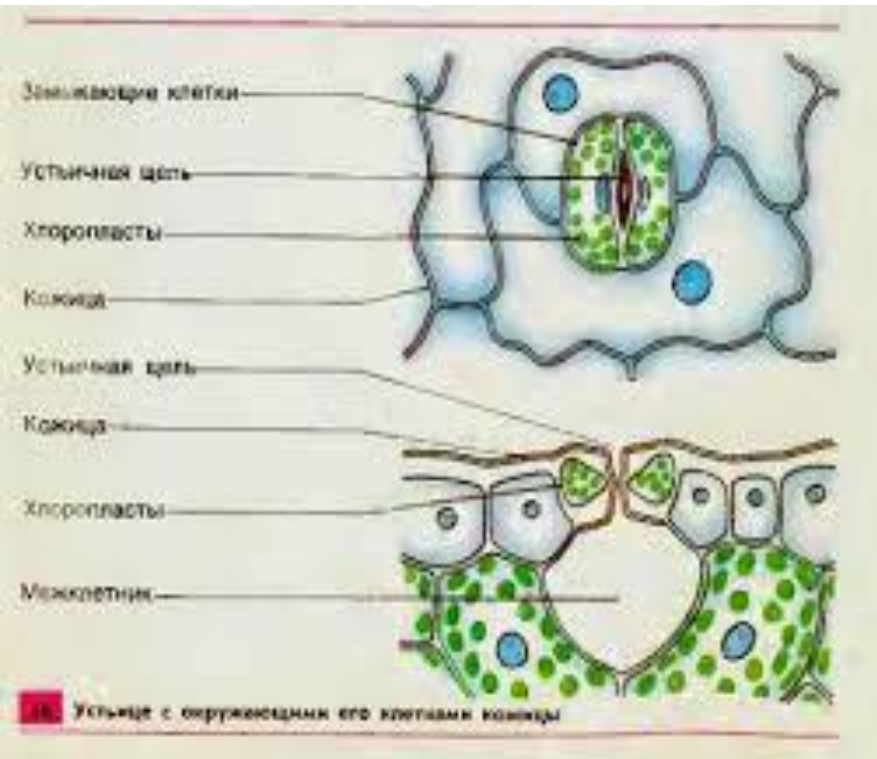
*Устьичная*

*Кутикулярная*

*Перидермальная  
(лентикулярная)*



# Устьичная транспирация

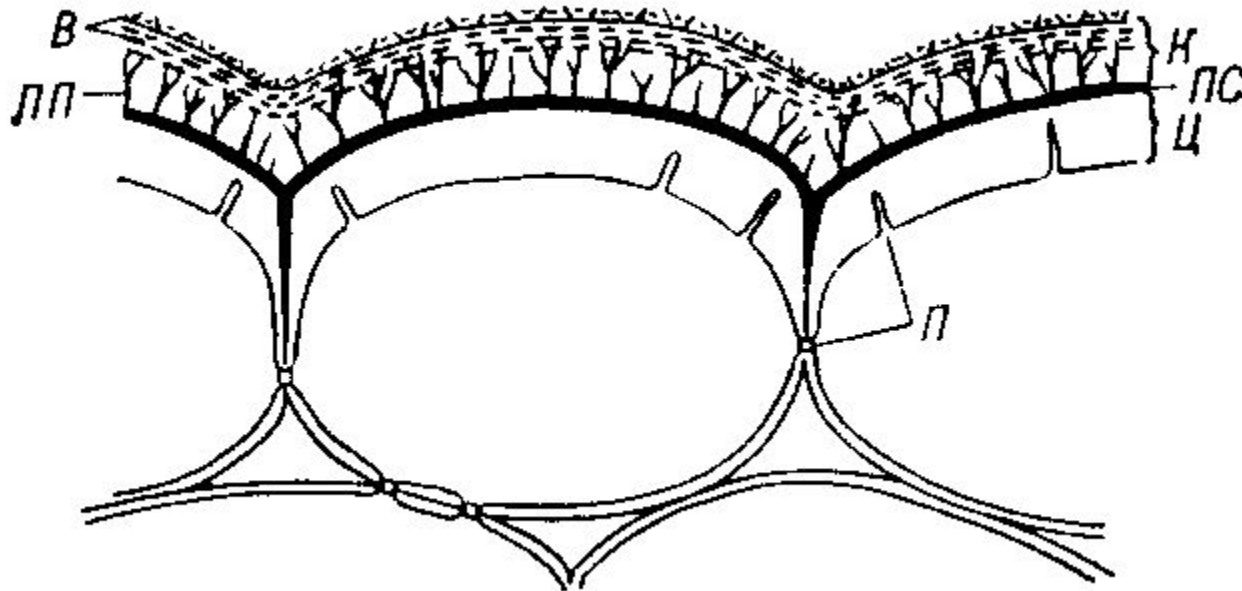


Беспорядочный разлёт молекул водяного пара со свободной водной поверхности ведёт к их столкновениям и тормозит весь ход испарения



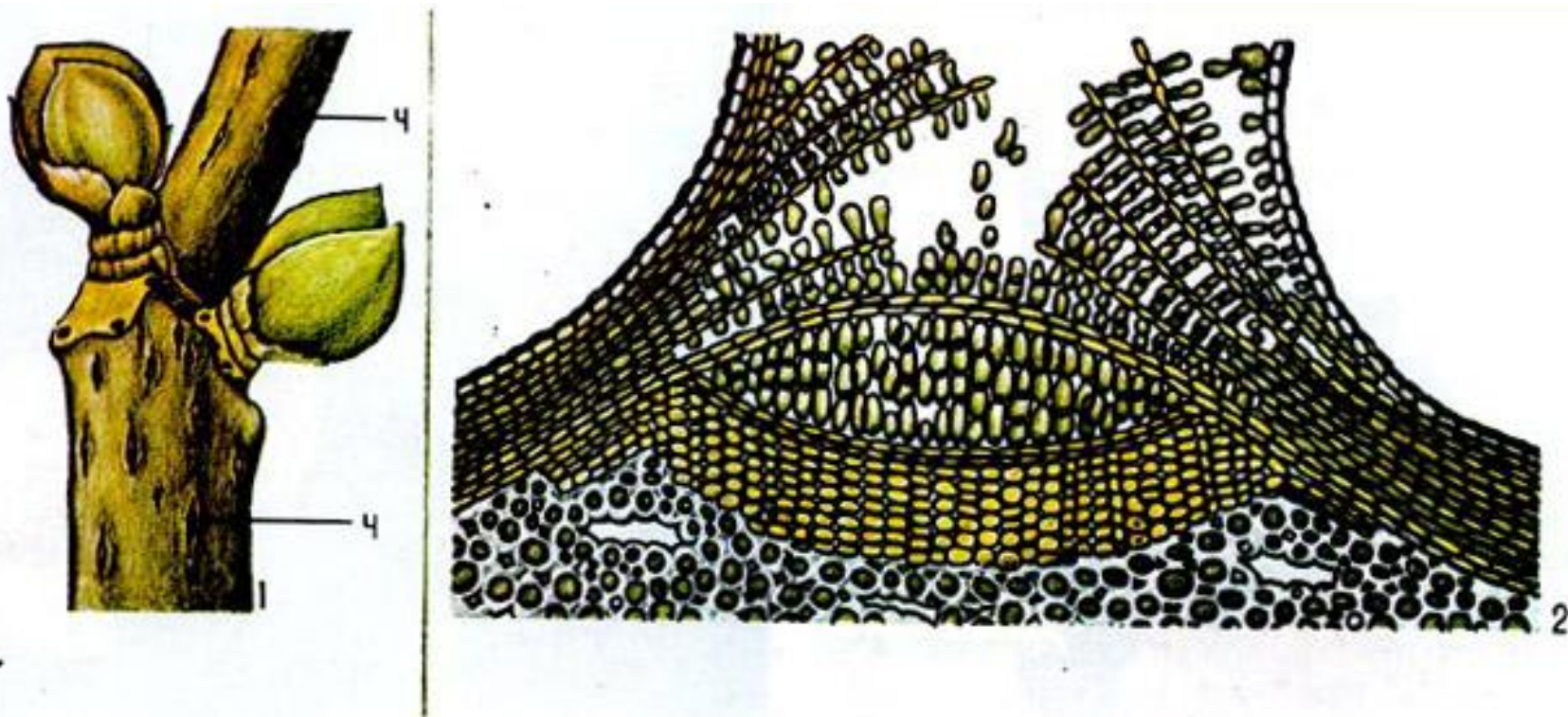
Испаряясь через устьица, составляющие ок 1% от поверхности листа, пар покидает лист лишь в 2 раза медленнее, чем свободную водную поверхность!

# Кутикулярная транспирация



- составляет менее 10 % от свободного испарения; у вечнозеленых хвойных пород она сокращается до 0,5 %, а у кактусов даже до 0,05 %. Относительно велика кутикулярная транспирация молодых разворачивающихся листьев.

# Перидермальная (лентикулярная) транспирация



Чечевички: 1 — внешний вид на ветке бузины; 2 — на поперечном срезе ветки; ч — чечевичка.

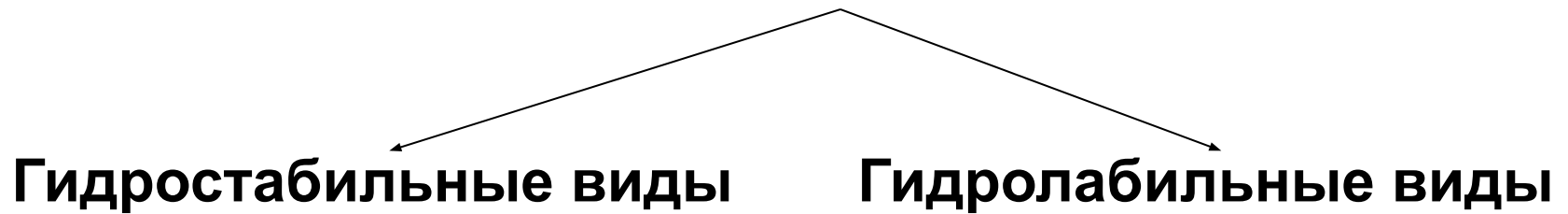
# ***Интенсивность транспирации***

***Интенсивность транспирации*** – количество воды, испарившейся за 1 час с 1 дм<sup>2</sup> листа или в граммах сырой массы листа.

**Общая транспирация  
увеличивается:**

- с увеличением освещенности;
- с увеличением температуры;
- при увеличении сухости воздуха;
- при ветре.

## *По типу водного баланса*



# Пойкилогидрические растения

(от греч. *poikilos* — различный)

- содержание воды в тканях непостоянно и сильно зависит от степени увлажнения окружающей среды
- не могут регулировать транспирацию и легко и быстро теряют и поглощают воду, используя влагу росы, туманов, кратковременных дождей; в сухом состоянии находятся в анабиозе
- способны обитать там, где короткие периоды увлажнения чередуются с длительными периодами сухости
- цианобактерии, все водоросли, некоторые грибы, лишайники, а также ряду высших растений: многие мхи, некоторые папоротники и даже отдельные цветковые; пойкилогидричны пыльцевые зерна и зародыши в семенах растений
- в мелких клетках таллома большинства *низших растений* нет центральной вакуоли, поэтому при высыхании они равномерно сжимаются без необратимых изменений ультраструктуры протопласта. Мхи, растущие на сухих скалах, стволах деревьев или на поверхности почвы лугов и степей, также могут сильно высыхать, не теряя жизнеспособности

# Гомойогидрические растения

(от греч. *homois* — одинаковый)

- способны поддерживать относительное постоянство обводненности тканей
- относят большинство высших наземных растений
- характерна крупная центральная вакуоль в клетках. Благодаря этому клетка всегда имеет запас воды и не так сильно зависит от изменчивых внешних условий. Кроме того, побеги покрыты с поверхности эпидермой с малопроницаемой для воды кутикулой, транспирация регулируется устьичным аппаратом, а хорошо развитая корневая система во время вегетации может непрерывно поглощать влагу из почвы.

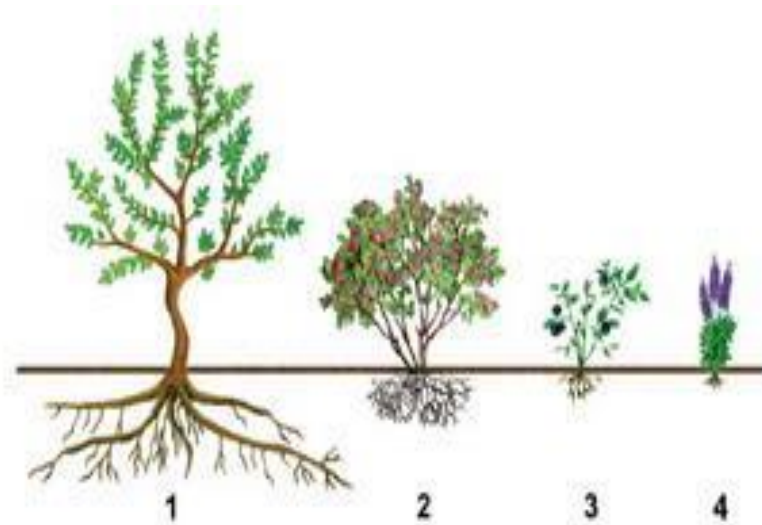


## Вопрос 2

**Экологическая группа** - это группа растений сходно реагирующих на действие какого-либо фактора среды



**Жизненная форма (биоморфа)** - внешний облик растений (габитус), отражающий их приспособленность к условиям среды.



# Экологические группы растений по отношению к водному режиму

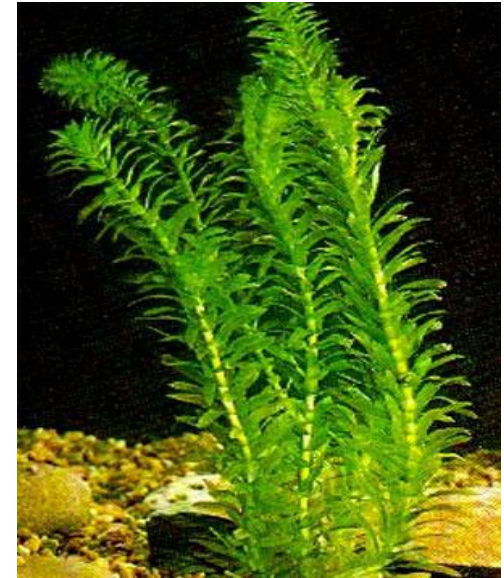
- **Гидрофиты** – растения, живущие в воде:
  - А. **гидатофиты** – полностью погруженные в воду;
  - Б. **гигрофиты** – очень влажных мест обитания
- **Мезофиты** – растения умеренно влажных и теплых мест обитания (характеризуются ограниченной возможностью перенесения сухости организма)
- **Ксерофиты** – растения сухих мест обитания, выдерживающие значительный недостаток влаги и сохраняющие при этом нормальную жизнедеятельность.

# Гидрофиты

## 1. Гидатофиты

### Морфологические особенности:

- *Корневая система* сильно редуцирована
- *Гетерофилия* (разнолистность)
- *Цветоносные побеги* выносят цветки над водой, а после опыления побеги снова могут погружаться, и созревание плодов происходит под водой
- *Турионы* – зимующие почки, которые представляют собой видоизмененные побеги с большим запасом питательных веществ
- Покрываются *слизью*



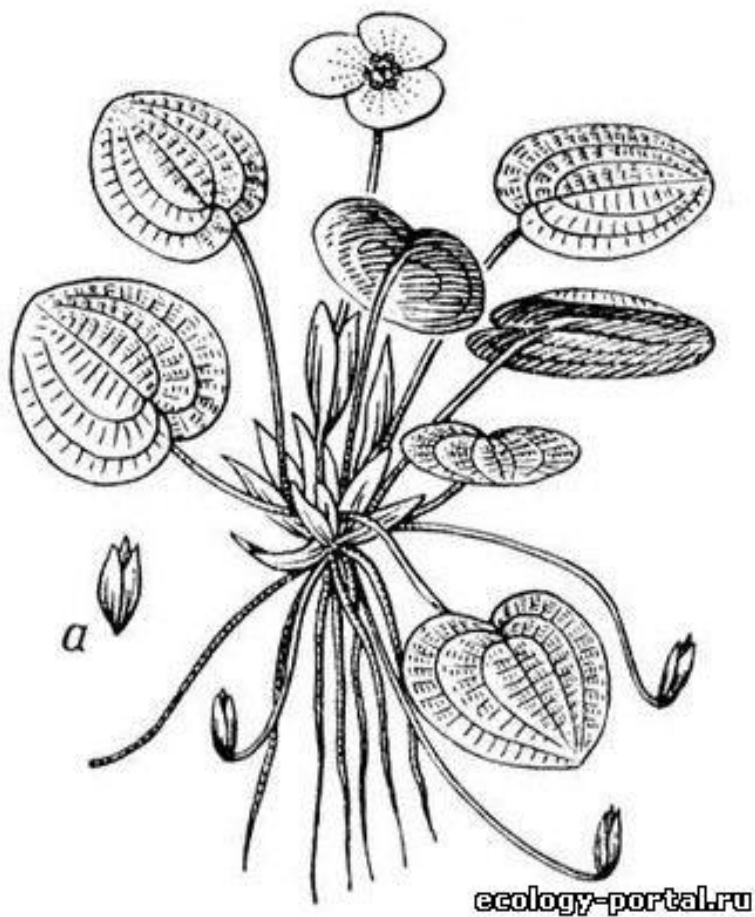
Элодея (*Elodea Michx*)



Валлиснерия

(*Vallisneria P. Micheli ex L.*)

# Гидрофиты



Турионы пузырчатки обыкновенной  
(*Utricularia vulgaris* L.)

# Гидрофиты

## 1. Гидатофиты

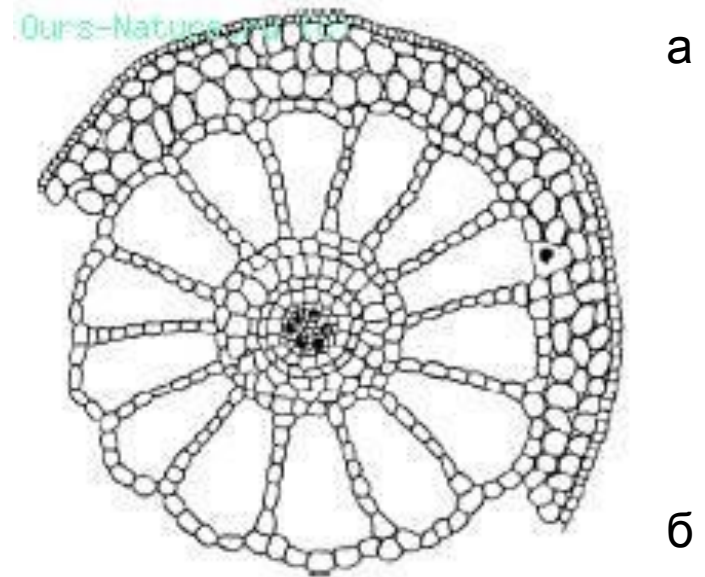
### Анатомические особенности:

#### 1) Лист

- Эпидерма подводных листьев не образует кутикулы или слабо развитую, клетки эпидермы всегда имеют хлоропласты, нет устьиц, есть **гидропорты**
- мезофилл обычно не дифференцирован  
Особенность – имеют **воздухоносные полости**

#### 2) Стебель

- основная ткань – **аэренхима** – ткань с воздухоносными полостями.
- Не формируют механическую ткань



Урть (*Myriophyllum verticillatum* L.):

а – внешний вид, б – поперечный срез стебля.

- **ГИДРОПОТЫ**

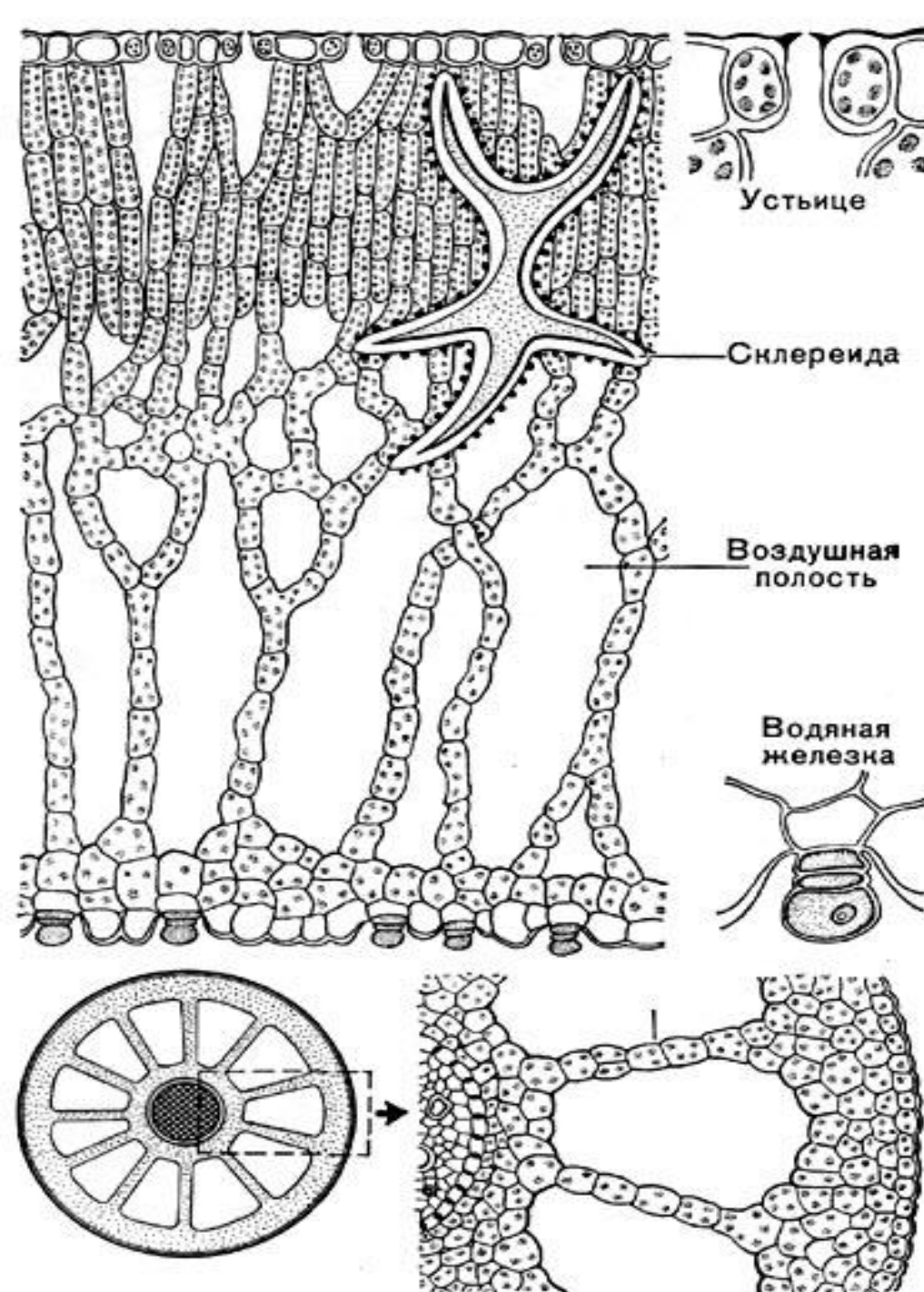
Узкие полоски или округлые группы клеток с извилистыми стенками, богатые цитоплазмой, наблюдаемые в эпидермисе растений с погруженными и плавающими листьями. Образуют своеобразные островки, где клетки отличаются от обычных клеток эпидермиса меньшими размерами, более простой формой и лучшей проницаемостью.

Через гидророты легко диффундируют вода и растворенные в ней соли.

# Гидрофиты

## 1. Гидатофиты

**Анатомическое строение некоторых водных растений.** Вверху — поперечный разрез через плавающий лист желтой кувшинки; видны обширные воздушные полости; отдельно изображены устьице и водяная железка (*гидатода*). Внизу — поперечный разрез стебля урути, справа — при большом увеличении.



# Гидрофиты

## 2. Гигрофиты

### Морфологические и физиологические особенности:

- Корни поверхностные, обычно слабо ветвящиеся, корневых волосков нет
- Листья имеют крупные листовые пластинки
- Интенсивность транспирации очень высока, могут расти только при постоянном интенсивном поглощении воды. Очень быстро увядают.



*Хвощ полевой*  
(*Equisetum arvense* L.)



# Гидрофиты

## 2. Гигрофиты

### Анатомические особенности:

#### 1) Лист:

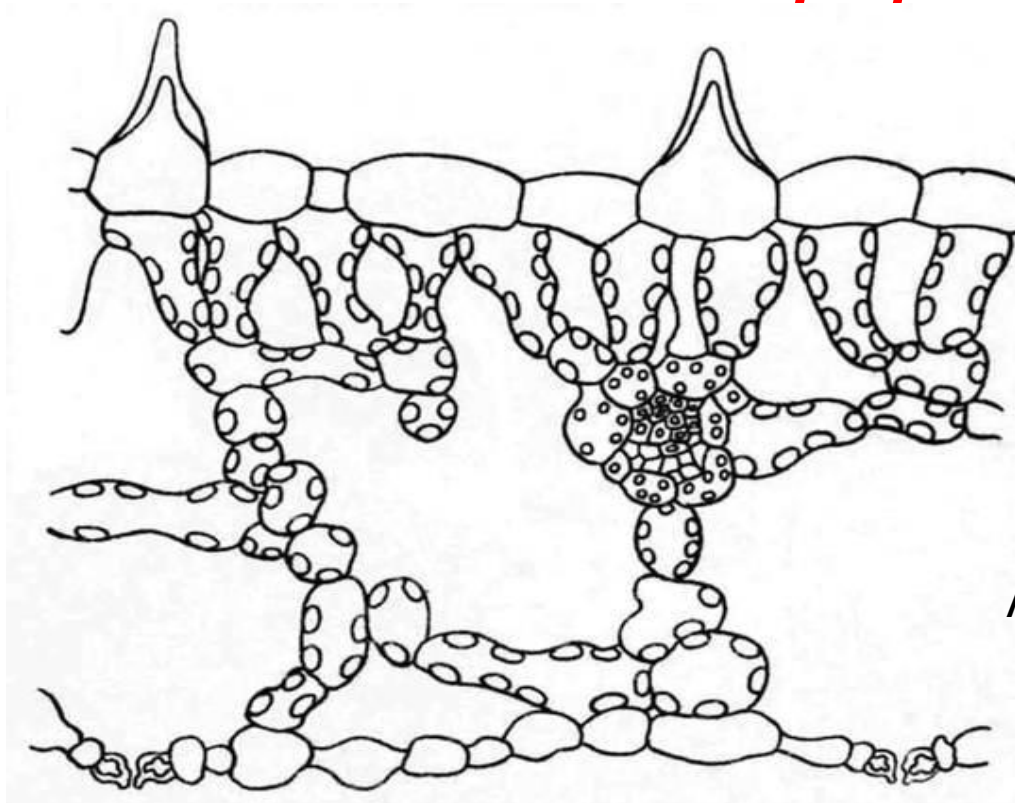
- Большая оводненность клеток
- *Эпидерма* тонкостенная, клетки содержат хлоропласты
- Устьица на нижней стороне листовой пластинки, всегда открыты
- *Мезофилл* не многослойный, слабо дифференцирован, в основном губчатый
- Хорошо развита система межклетников, проводящих воздух (*аэренхима*).

#### 2) Стебель:

- Хорошо развита система межклетников, проводящих воздух (*аэренхима*).
- проводящие и механические ткани развиты лучше, чем у гидатофитов

# Гидрофиты

## 2. Гигрофиты



А



Б

А - Поперечный срез листа медуницы (*Pulmonaria obscura* Dumort.);  
Б – внешний вид.

Клетки эпидермы тонкостенные, покрыты тонкой кутикулой. Устьица или находятся вровень с поверхностью листа, или даже приподняты над ней.

# Теневые гигрофиты

## Морфолого-анатомические особенности:

*Лист* (теневой структуры)

- Листья часто тонкие,
- Эпидерма со слабо развитой кутикулой, имеет **гидатоды**, или водяные устьица (водяные железки), выделяющие капельножидкую воду.
- Содержат много свободной и малосвязанной воды. Обводненность тканей достигает 80 % и более. При наступлении даже непродолжительной и несильной засухи в тканях создается отрицательный водный баланс, растения завядают и могут погибнуть



## Адиантум венерин волос (*Adiantum capillus-veneris* L.)

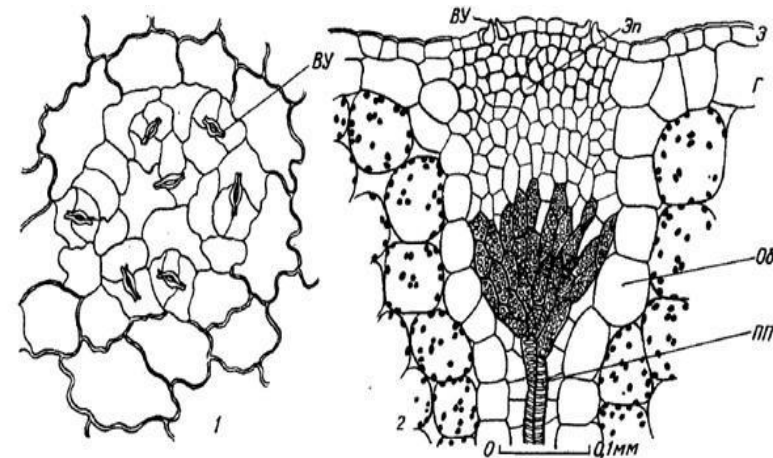


Рис. 57. Гидатода в листе толстянки портулаковой:

1 — вид с поверхности; 2 — на поперечном разрезе листа; ВУ — водяные устьица; Г — гиподерма; Об — обкладка; ПП — проводящий пучок; Э — эпидерма; Эл — эпитема.

# Световые гигрофиты

## Морфолого-анатомические особенности:

- Листовые пластинки толще, чем у теневых
- *Эпидерма* имеет более толстые наружные стенки, хорошо развита кутикула



Таксодиум двурядный (болотный кипарис)  
(*Taxodium distichum* (L.) Rich.)

# Мезофиты

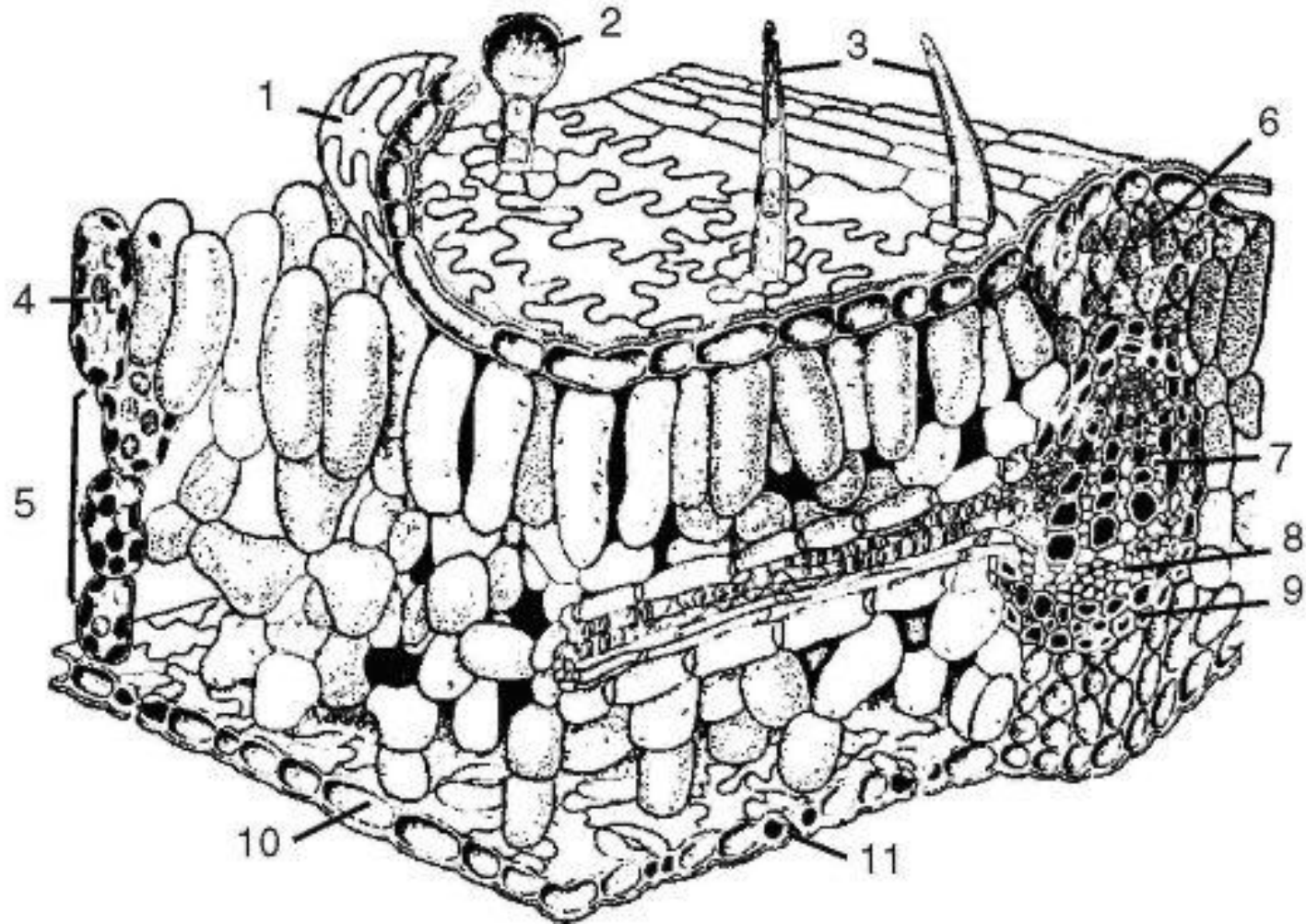
## Морфолого-анатомические особенности:

- Имеют хорошо развитые корневые системы, глубоко проникающие в почву
- Все ткани (в том числе проводящие и механические) типичного строения, развиваются в оптимальных условиях
- Мезофилл дифференцирован, может быть и однородным.
- Листья могут приобретать особенности световой и темновой структуры.



Нивяник (*Leucanthemum* Mill.)

# Мезофиты



**Анатомическое строение листа**

# Мезофиты

**Эфемеры** – однолетние растения с очень коротким жизненным циклом.



**Бурачок пустынный**  
(*Alyssum desertorum* Stapf)

# Мезофиты

**Эфемероиды** – многолетние растения с очень коротким периодом вегетации. Имеют запасные органы для перенесения неблагоприятных условий



Крокус (шафран) (*Crocus* L.)



# Ксерофиты

## Морфологические особенности:

### 1) Корень:

- корневые системы хорошо развиты:

- А) **экстенсивного характера**
- Б) **интенсивного характера**

- *корневые шишки* (метаморфозы придаточных корней), выполняющие запасающую функцию.

### 2) Надземные органы:

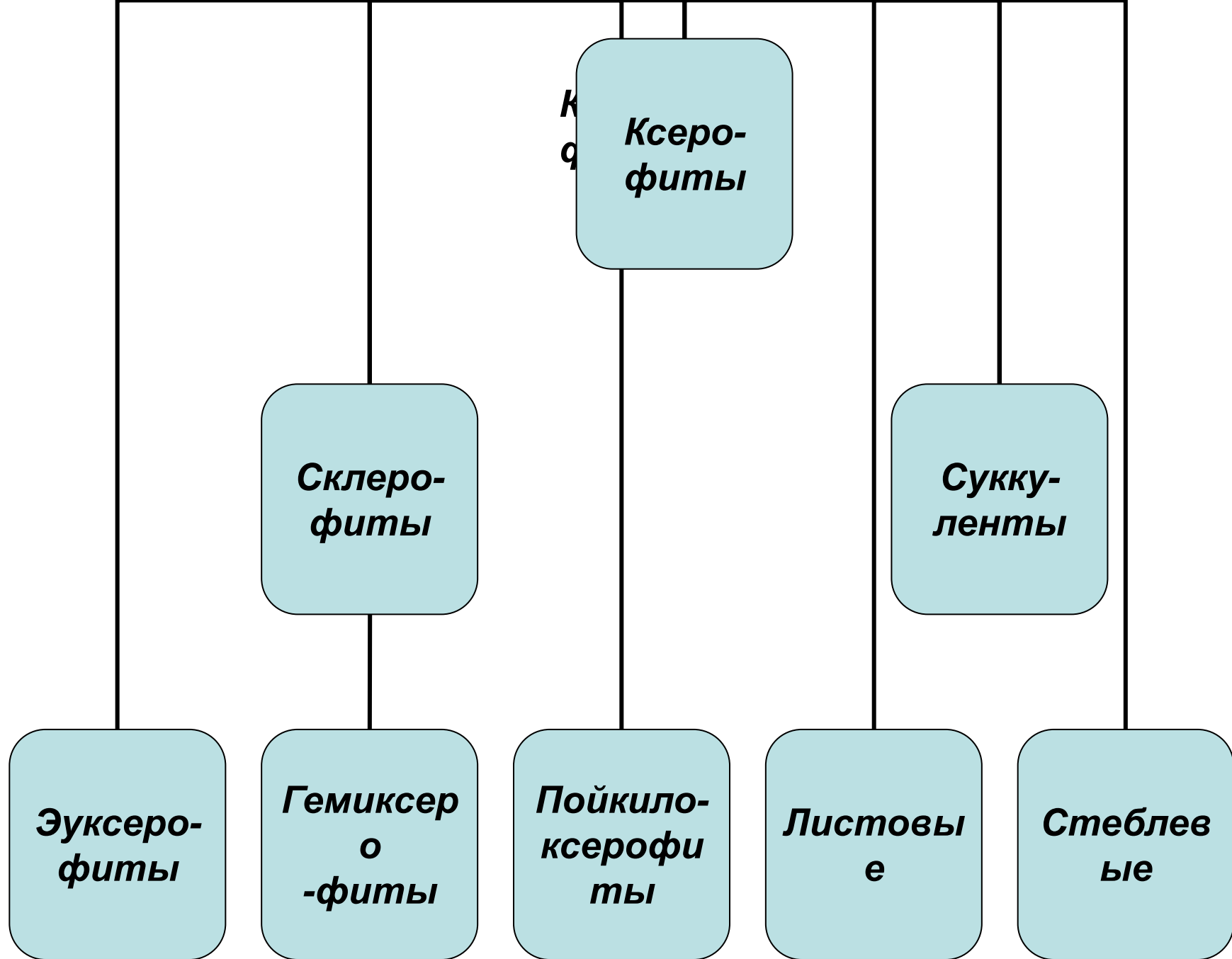
защитные структурные приспособления направлены на уменьшение влагопотери:

- общее *сокращение транспирирующей поверхности*;
- уменьшение листовой поверхности в жаркие, сухие периоды вегетации (*летний листопад*);
- развитие мощных *покровных тканей* (эпидермис с толстыми наружными стенками), *опушения, кутикулы* и образование *чешуек воска*;
- устьица в специальных ямках (**криптах**) в тканях листа (**погруженные устьица**), иногда ямки снабжены *волосками*, листья могут *свертываться* (устьица в камере);
- усиленное развитие *механических тканей* (уменьшение расхода воды).

# ***Ксерофиты***

## **Анатомические особенности листа:**

- клетки плотно прилегают друг к другу, т.к. слабо развиваются межклетники
- палисада располагается сверху и снизу листа (***изопалисадный мезофилл***)



# Склерофиты

## Характеризуются

- сильным развитием механических и покровных тканей,
- воду не запасают, а, наоборот, сравнительно мало обводнены,
- осмотическое давление в клетке 40-100 атм,
- мощная корневая система, способная быстро подавать воду в листья



**Синеголовник полевой**  
**(*Eryngium campestre* L.)**

# Эуксерофиты

растения, обладающие  
способностью резко  
сокращать транспирацию в  
условиях недостатка воды



**Саксаул (*Haloxylon* Bunge)**



**Вероника седая  
(*Veronica incana* L.)**

# Эуксерофиты

## Морфолого-анатомические особенности:

- неглубокая интенсивная корневая система (50-60 см),
- подземные органы у многих, особенно в верхних частях, покрыты толстым слоем *пробки*. Иногда пробкой покрываются и стебли,
- густо опушены, толстая кутикула,
- устьица расположены в *ямках*, устьичные щели закупорены *восковыми и смолистыми пробочками*; у некоторых растений листья *свернуты в трубку*,
- хорошо развиты механические ткани (листья жесткие),
- выдерживают обезвоживание, длительное завядание и перегрев (высокая эластичность цитоплазмы, высокая водоудерживающая способность и вязкость).

# Гемиксерофиты

растения, у которых хорошо развиты приспособления к добыванию воды



Резак обыкновенный  
(*Falcaria vulgaris* Bernh.)



Шалфей (*Salvia* L.)



Верблюжья колючка  
(*Alhagi* Gagnebin)

# Гемиксерофиты

## Морфолого-анатомические особенности:

- имеют глубокие корни,
  - клетки корня обладают, как правило, высокой концентрацией клеточного сока, низким (очень отрицательным) водным потенциалом,
  - хорошо развита проводящая система,
  - листья тонкие, с очень густой сетью жилок,
  - листья покрыты волосками,
  - характеризуются интенсивной транспирацией
- 
- Даже в очень жаркие, сухие дни держат устьица открытыми. Благодаря высокой интенсивности транспирации температура листьев значительно понижается, что позволяет осуществлять процесс фотосинтеза при высоких дневных температурах



# Пойкилоксерофиты

растения, не регулирующие свой водный режим



- в период засухи впадают в *анабиоз* (согласно П.А. Генкелю – *криптобиоз*).
- **Криптобиоз** - это состояние, при котором обмен веществ либо прекращается, либо резко тормозится, однако вся организация жизни сохраняется.
- отличительной особенностью является способность протопласта при сильном обезвоживании переходить в *гель*.
- Могут, не теряя жизнеспособности, доходить до воздушно-сухого состояния и в таком виде переносить периоды засухи. После дождей растения этого типа быстро переходят к нормальной жизнедеятельности. Таким образом, обезвоживание для них является не патологией, а нормальным физиологическим состоянием.

# Суккуленты

## Листовые



Алоэ (*Aloe L.*)

## Стеблевые



Карнегия гигантская  
(*Carnegiea gigantea* (Engelm.) Britton & Rose)

# Суккуленты

- корневые системы развиты слабо. Используют влагу осадков, росу. Корни динамичны (если сухо – корни отмирают, после дождей развиваются всасывающие корни – *эфемероидные корни*)
- сочные органы (листья, стебли), которые имеют хорошо развитую водоносную *паренхиму*
- тело покрыто восковым налетом, опушено
- листья редуцированы до чешуек и колючек
- устьица закрыты днем и погружены в ткань листа, а транспирация идет через покровную ткань
- интенсивность испарения невелика, поэтому рост и накопление массы идет очень медленно
- основной способ перенесения сухости – накопление воды до 90% тела. Значительная часть воды – *связанная* (не испаряющаяся). В клетках много гидрофильных веществ. Осмотическое давление в клетках низкое: у стеблевых суккулентов – 5-6 атм, а у листовых – 5-7 атм.
- - **не являются устойчивыми к засухе, к водному стрессу.** Вместе с тем они устойчивы к высоким температурам.

# Суккуленты

- Обладают своеобразным обменом веществ, получившим название **САМ-метаболизм**.

У растений с этим типом обмена днем устьица закрыты, а ночью они открываются, что обеспечивает резкое уменьшение расходования воды в процессе транспирации.

Углекислый газ накапливается в ночной период в виде органических кислот. В дневные часы акцептированный  $\text{CO}_2$  высвобождается и используется в процессе фотосинтеза.

Указанная особенность позволяет этим растениям осуществлять фотосинтез при закрытых днем устьицах.

Все же фотосинтез у таких растений идет чрезвычайно медленно. Поэтому для них характерно крайне медленное накопление сухого вещества и низкие темпы роста.

# Психрофиты

растения влажных и холодных почв



Карликовая ива  
(*Salix polaris* Wahlenb.)



Кедровый стланник  
(*Pinus pumila* (Pall.) Regel.)

# Психрофиты

## *Ксероморфные черты:*

- узкая свернутая пластинка листа; хвоинка
- листья плотные, с мощной кутикулой и восковым налетом, нижняя сторона может иметь трихомы
- хорошо развиты проводящие и механические ткани

## *Гигроморфные черты:*

- крупные клетки губчатого мезофилла с крупными межклетниками
- осмотическое давление клеточного сока невелико 1,4-2,2 атм.

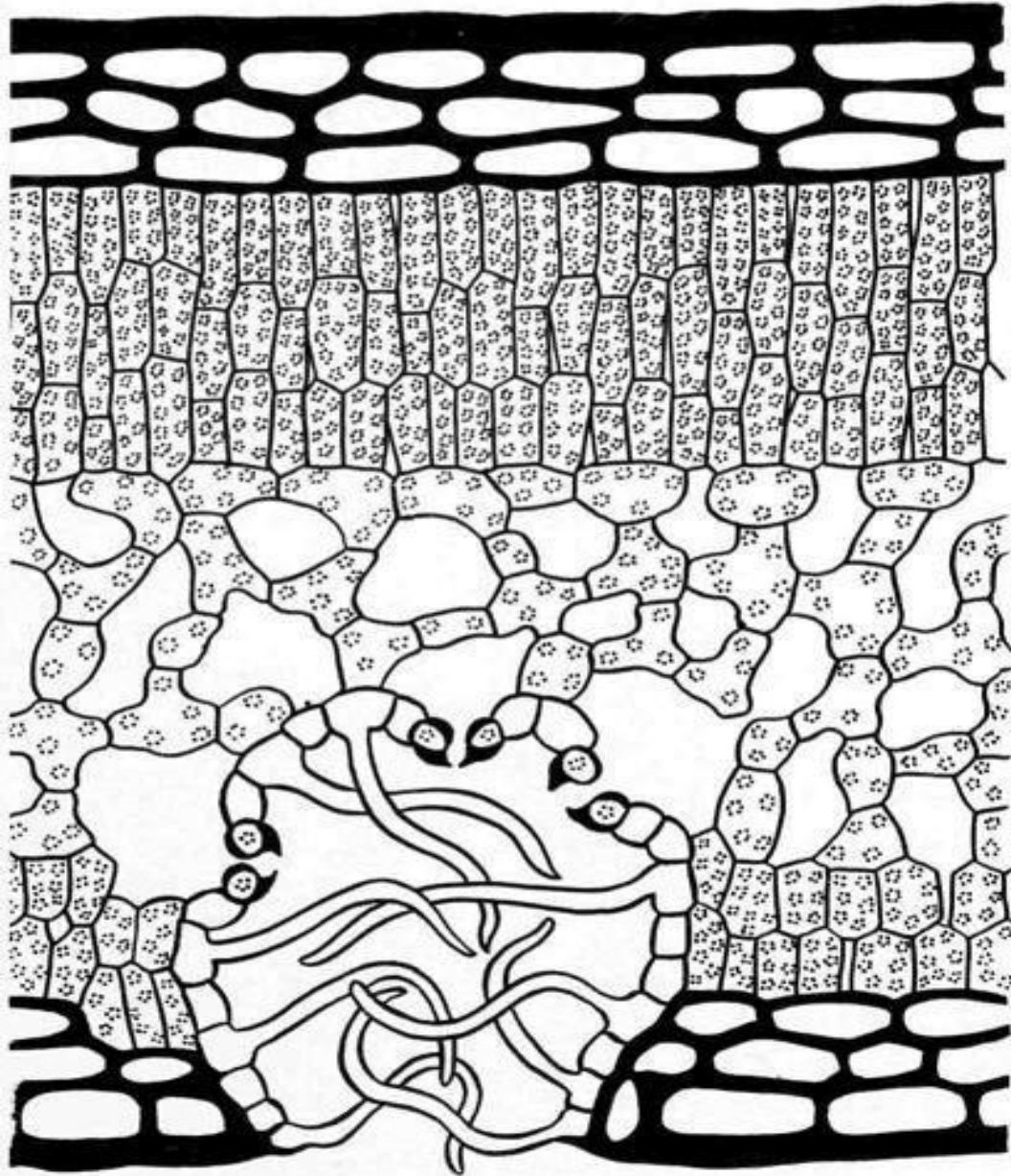
# Криофиты

*растения сухих и холодных местообитаний  
высокогорий*

Жизненная форма –  
*растения-подушки*



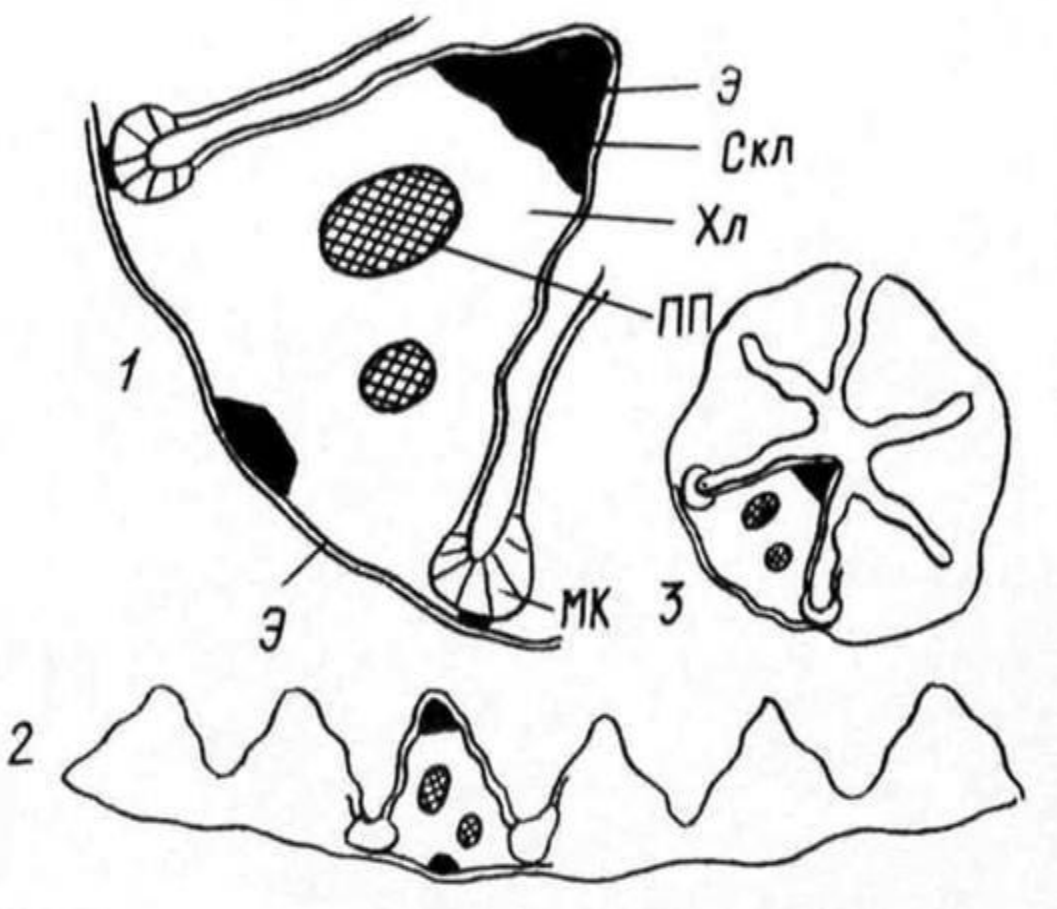
**Гипсофила арцеевидная (*Gypsophila aretioides* Boiss.)**



## Анатомическое строение листа олеандра (*Nerium oleander* L.)

- в каждую большую крипту погружена целая группа устьиц, а полость крипты заполнена волосками, как бы заткнута ватной пробкой

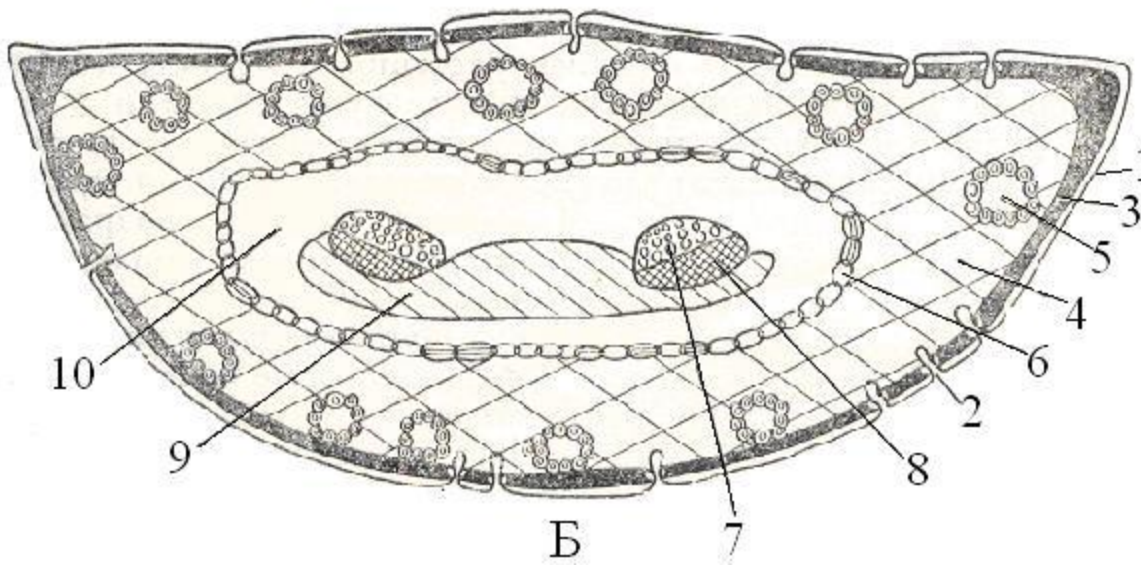
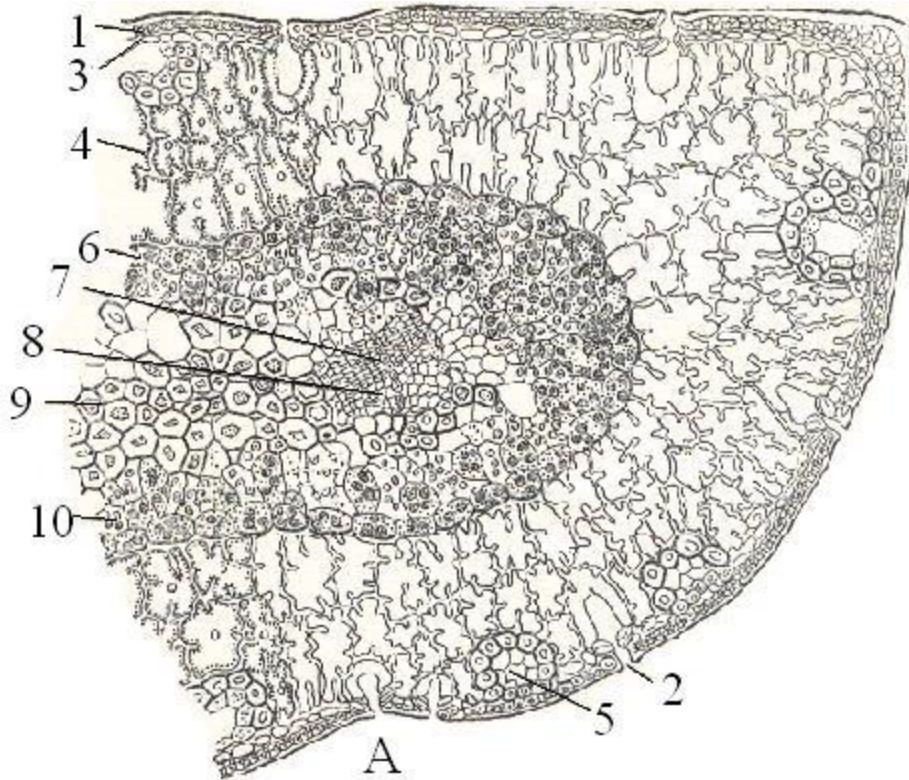




**Поперечный срез листа  
щучки (*Deschampsia  
caespitosa* (L.) P.Beauv.):**

- 1 – часть пластинки листа при большом увеличении;
- 2 – срез всей пластинки листа;
- 3 – пластинка листа в свернутом состоянии;
- МК – моторные клетки;
- ПП - проводящий пучок;
- Скл– склеренхима;
- Хл – хлоренхима;
- Э – эпидерма.

**Строение листа (хвои)  
сосны обыкновенной  
(*Pinus sylvestris* L.) с  
центрическим типом  
мезофилла:**



- А - детальный рисунок; Б - схематичный.

- 1 - эпидерма,
- 2 - устьичный аппарат,
- 3 - гиподерма,
- 4 - складчатая паренхима,
- 5 - смоляной ход,
- 6 - эндодерма,
- 7 - ксилема,
- 8 - флоэма,
- 7-8 - проводящий пучок,
- 9 - склеренхима,
- 10 - паренхима (трансфузионная ткань).