

Проводящие
ткани.

Пыжикова Е.М.,
Бардонова Л.К.

План лекции:

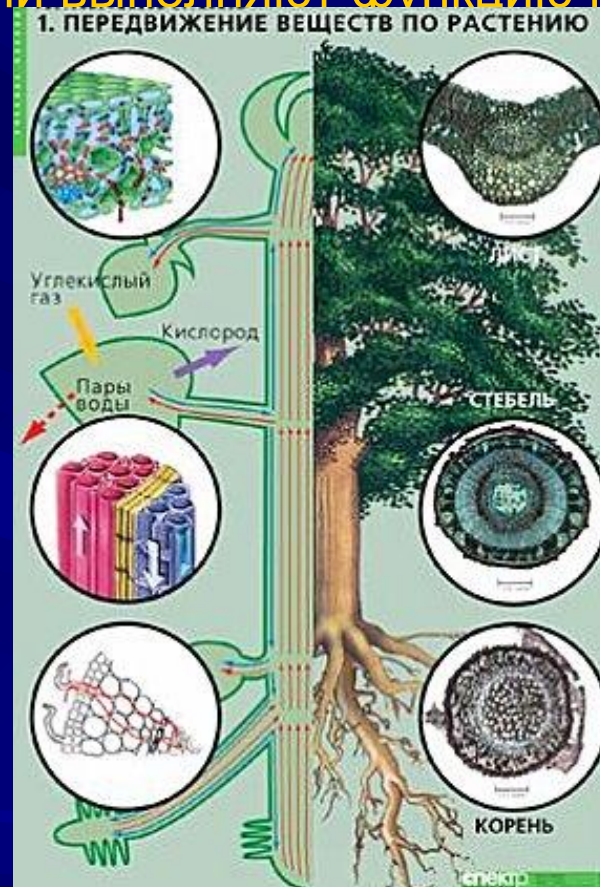
1. Общие сведения о проводящих тканях.
2. Ксилема – гистологический состав, строение, функции, онтогенез и эволюция проводящих элементов.
3. Флоэма – гистологический состав, онтогенез и филогенез ситовидных элементов.



Проводящими тканями называют ксилему и флоэму.
Они в теле растений образуют непрерывную проводящую систему,
Которая пронизывает вегетативные и генеративные органы
растений.

Обе ткани выполняют функцию проведения.

Ксилема -
ткань сосудистых
растений
проводящая воду с
растворенными
минеральными
веществами.



Флоэма –
ткань, проводящая
органические вещества,
образующиеся в листьях
в процессе фотосинтеза.

Проводящие ткани классифицируются по
происхождению
и по времени возникновения в теле растений
(онтогенетически).

По происхождению ткани возникшие из первичной васкулярной латеральной меристемы – прокамбия, называют первичными, а возникшие из вторичной меристемы – камбия – вторичными.

Прокамбий

первичная флözема

первичная ксилема

Камбий

вторичная флözема (луб)

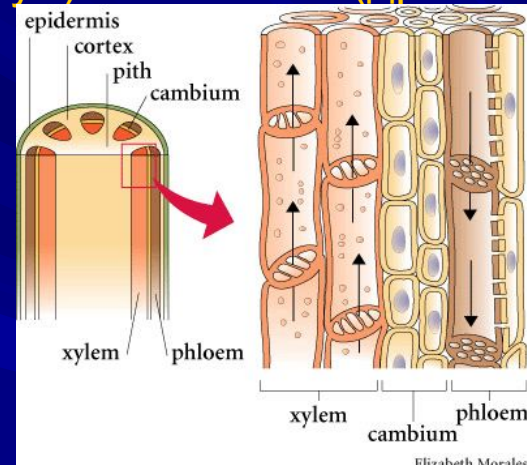
вторичная ксилема (древесина)

протофлözема

протоксилема

метафлözема

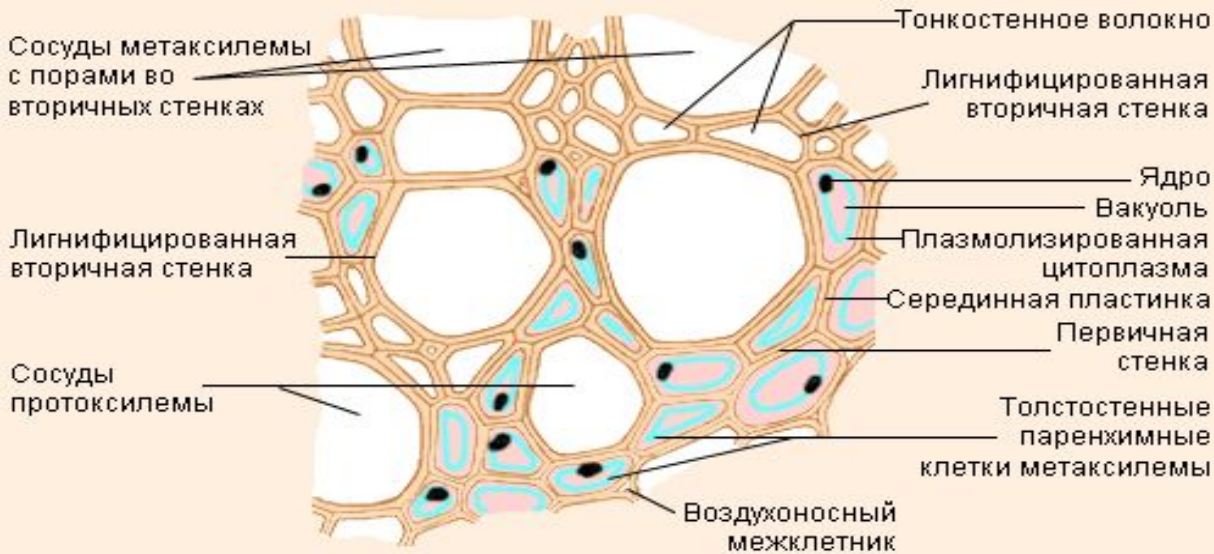
метаксилема



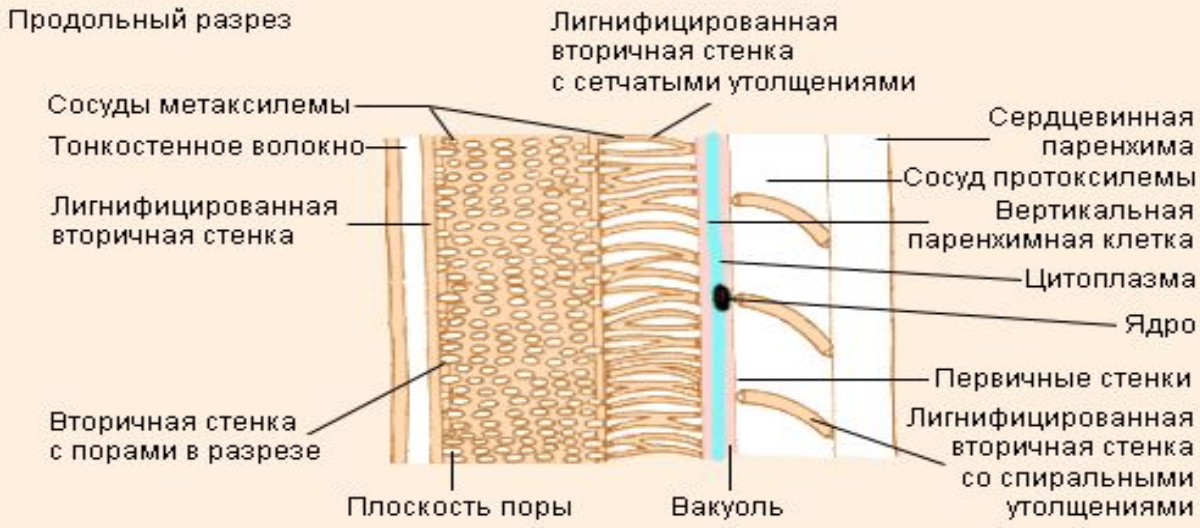
По времени возникновения проводящие ткани различаются онтогенетически. Элементы первичной флözемы и первичной ксилемы, возникшие первыми называют протоэлементами (протофлözема, протоксилема). Позднее возникают метаэлементы (метафлözема, метаксилема).

• Общая характеристика

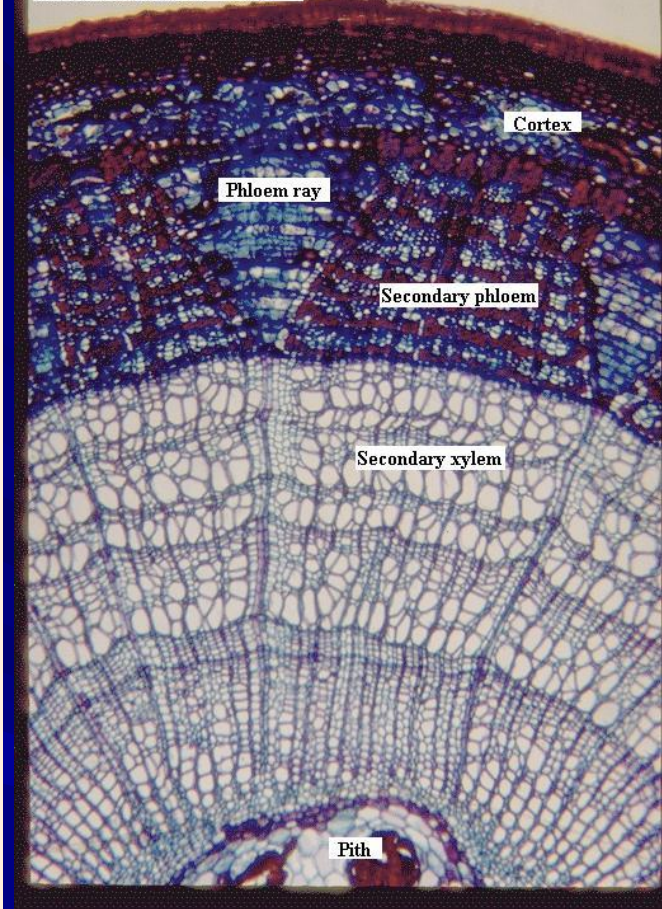
Поперечный разрез

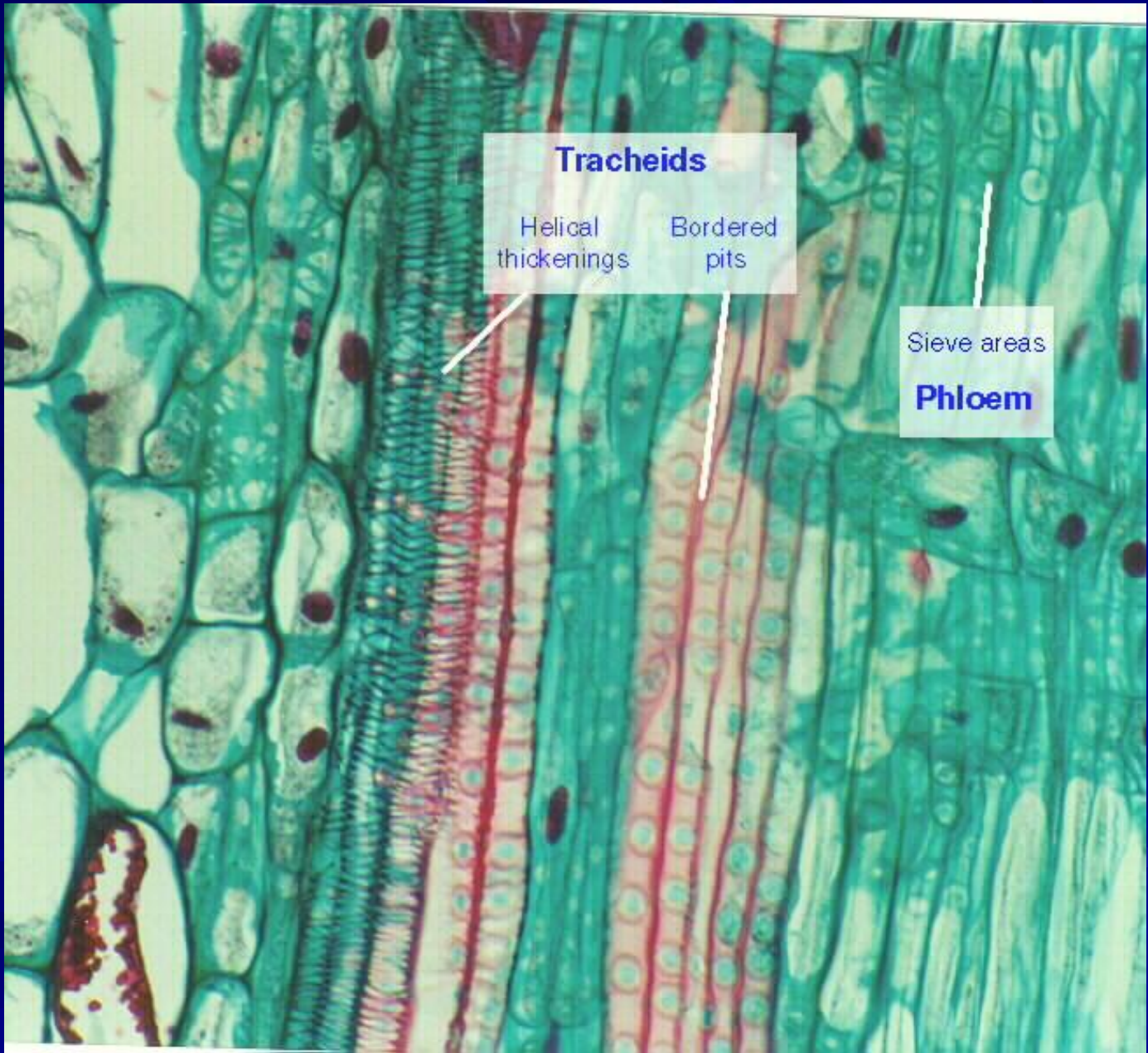


Продольный разрез



Tilia stem x-sec.





Tracheids

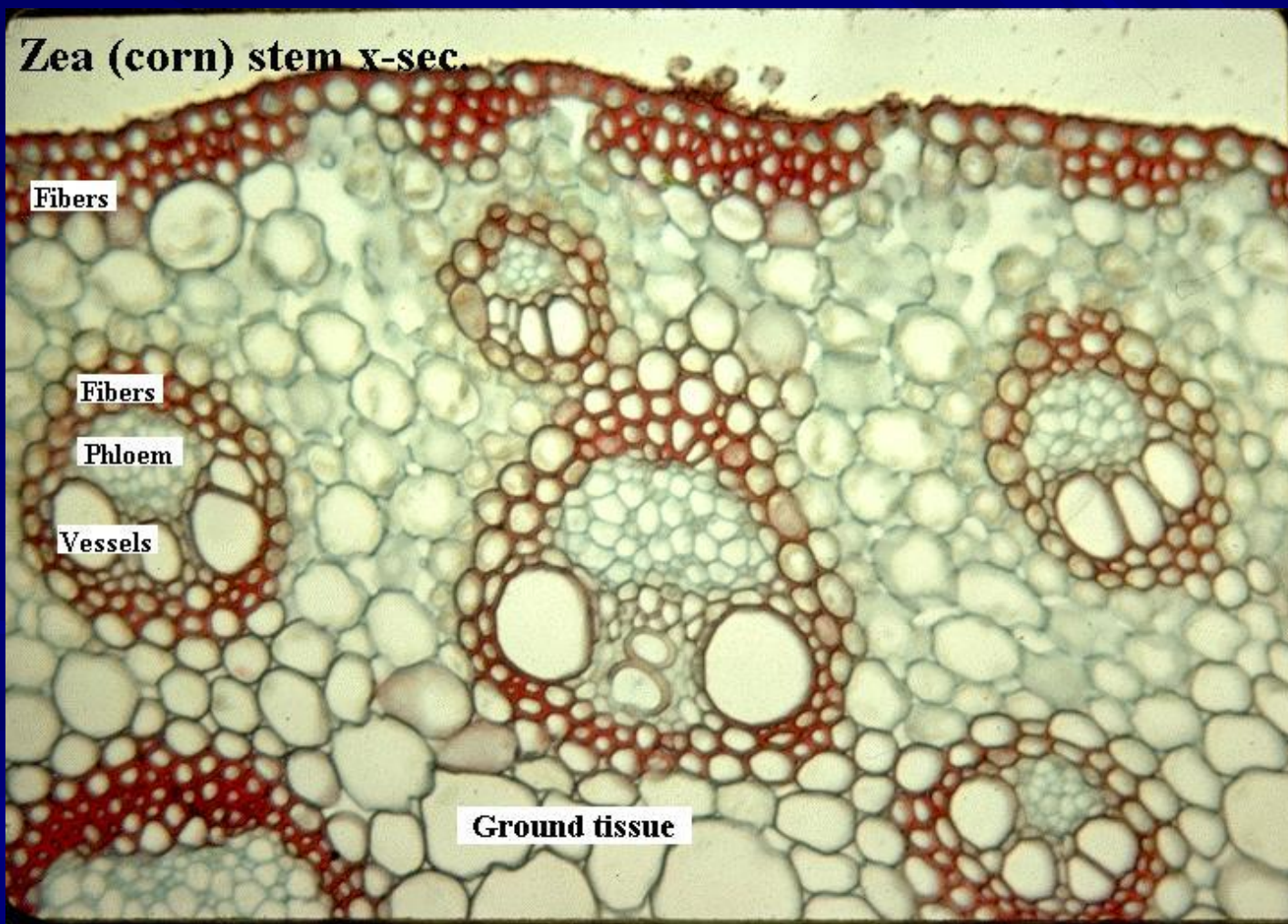
Helical
thickenings

Bordered
pits

Sieve areas

Phloem

- У однодольных растений (злаковые, лилейные, осоковые, орхидные и др.), которые не имеют вторичного роста, метахсилема и метафлоэма составляют всю проводящую ткань взрослого растения и функционируют в течение всей жизни растения. Поскольку камбий отсутствует у однодольных – вторичные ксилема и флоэма не образуются. Вся проводящая ткань образуется из прокамбия.



Общие черты Кс и Фл

1. Одинаковы по происхождению, т.к. обе ткани возникают из прокамбия и камбия;
2. Обе ткани выполняют проводящую функцию;
3. Имеются общие черты в строении. Кс и Фл состоят из различных типов клеток, поэтому являются сложными тканями. В их состав входят паренхимные клетки и проводящие элементы.
4. Клетки во вторичных тканях расположены определенным образом, образуя осевую (продольную или вертикальную) систему и лучевую (поперечную или горизонтальную) систему.
 - Осевая система состоит из рядов клеток, длинные оси которых ориентированы в стебле и корне параллельно главной оси стебля и корня.
 - Лучевая система состоит из рядов клеток, ориентированных перпендикулярно по отношению к осям стебля и корня.

ксилема

флоэма

Основные типы клеток

Осевая система

Функция

трахеиды
сосуды

проведение
воды

Функция

Осевая система

проведение
органических
веществ

ситовидные трубки
ситовидные клетки

волокна (волокнистая
трахеида, либриформ,
перегородчатое волокно),
склеренхима

**механическая,
запасающая**

лубяные волокна,
склереиды,
смоляные ходы

паренхимные клетки

**живые клетки,
запасающая**

паренхимные клетки

Лучевая система

паренхимные клетки

трахеиды у хвойных

проведение
воды

**живые клетки,
запасающая**

Лучевая система

паренхимные клетки
однорядные или
мнгорядные

различия

Tilia root x-sec.

Secondary phloem

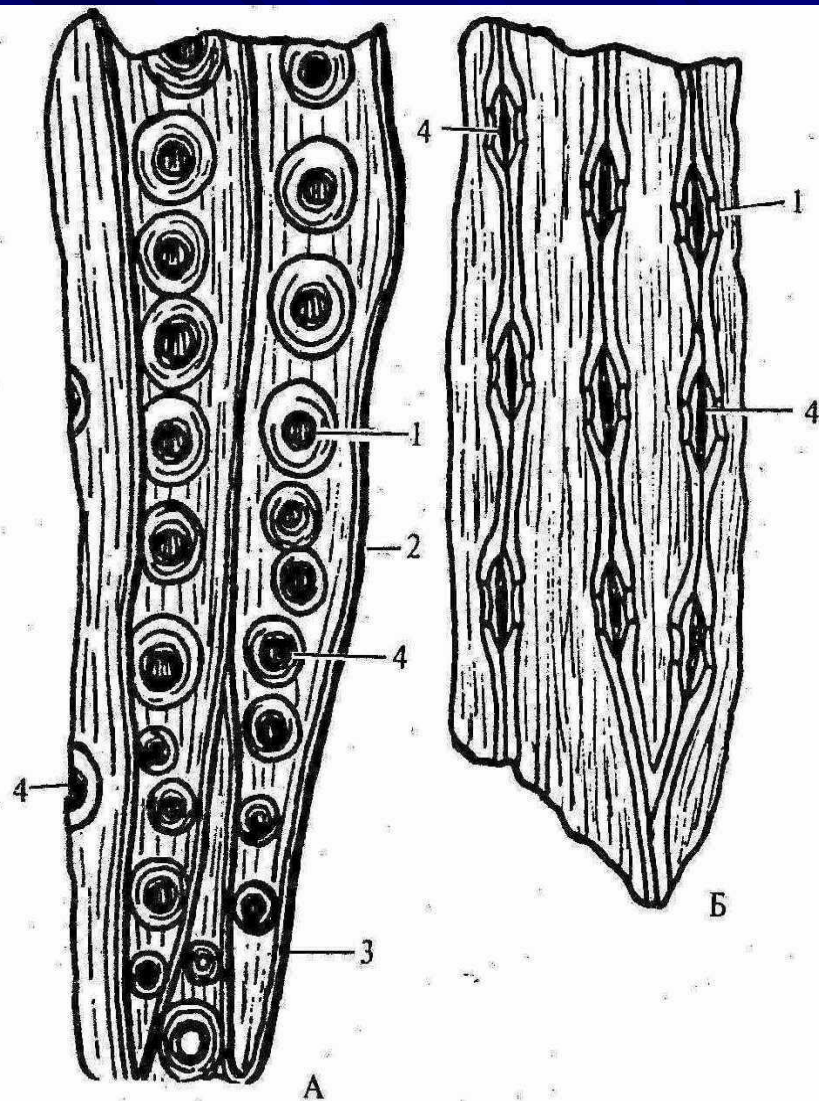
Secondary xylem



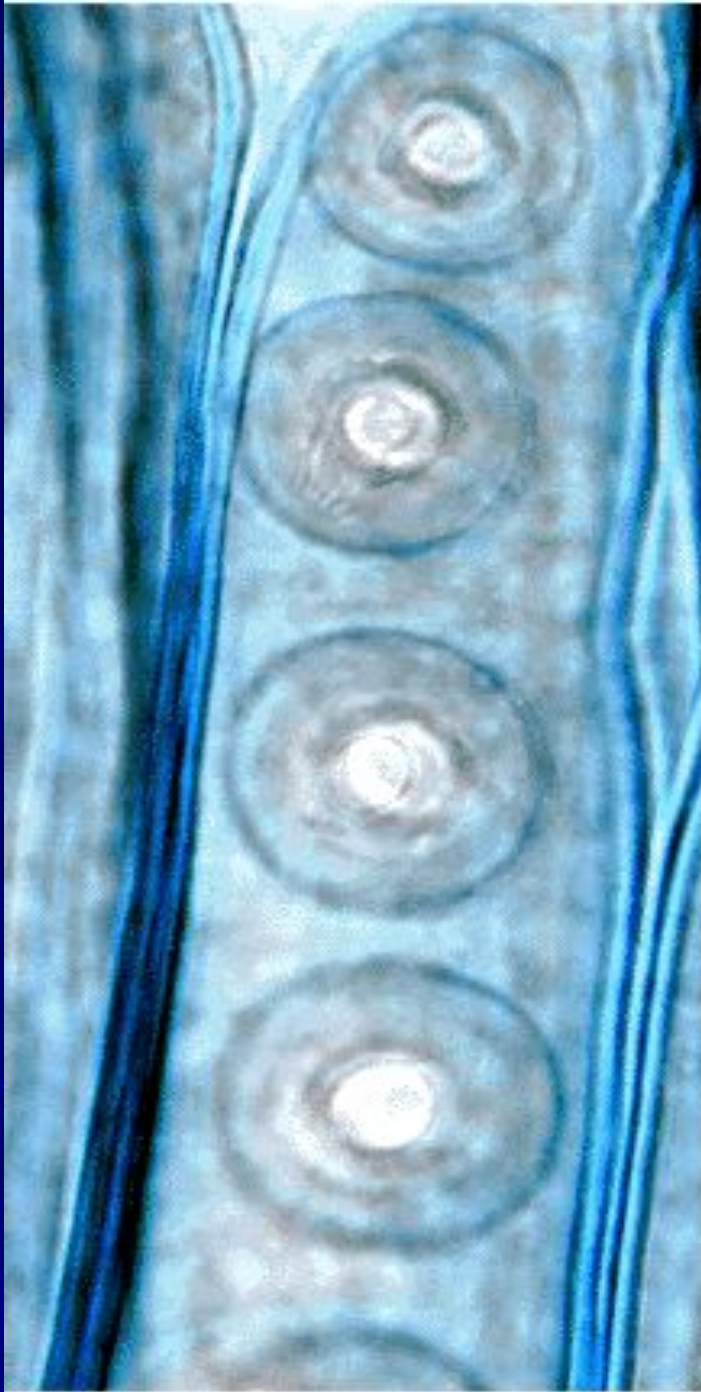
Гистологический состав Кс, строение и функции проводящих элементов

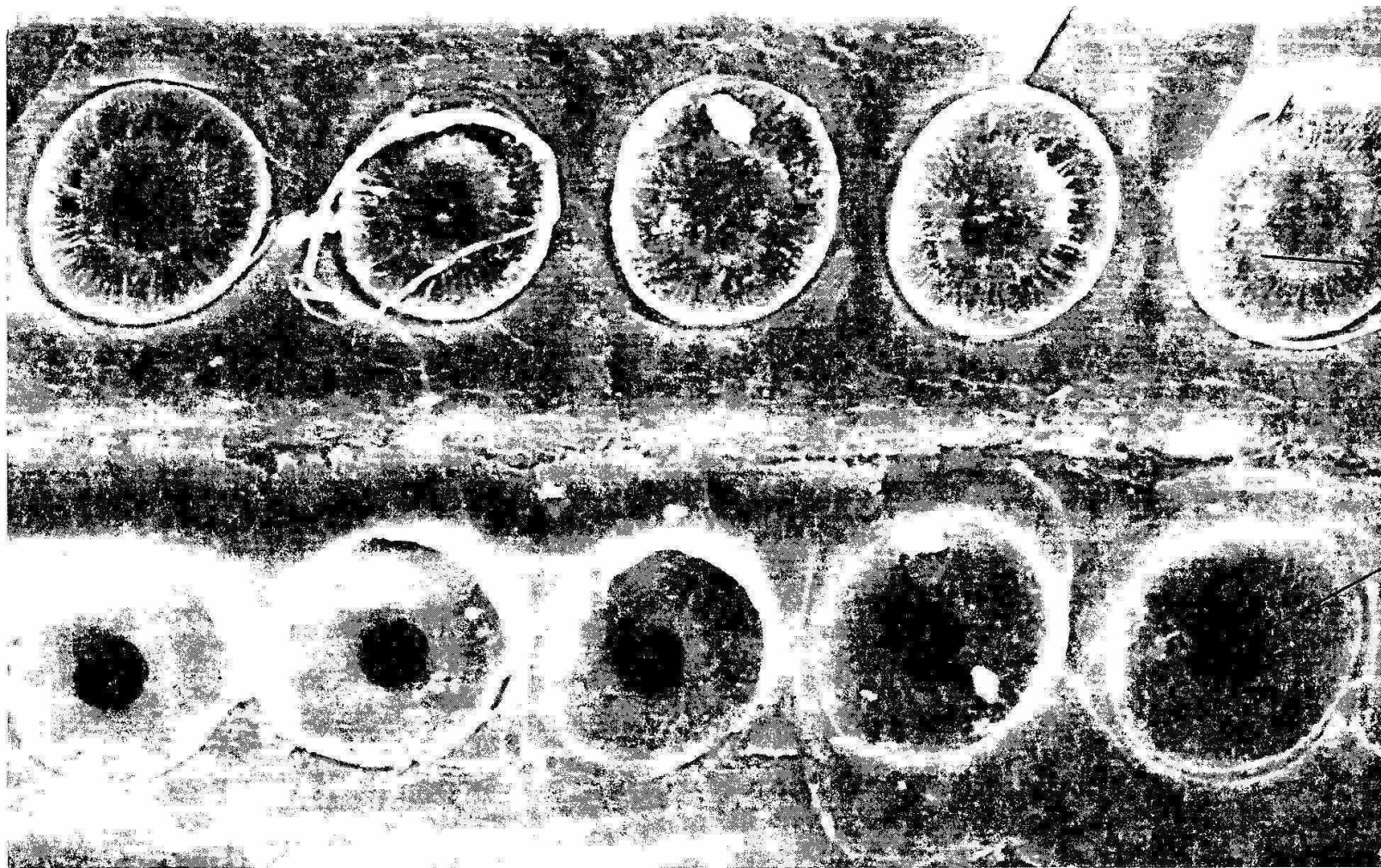
Трахеиды

- Трахеиды имеют длину 1-4 мм, в поперечном сечении от 0,1 до 0,01 мм. Это отдельные клетки, имеющие неравномерные утолщения в оболочке. Утолщаются обычно продольные стенки. Каждая трахеида обособлена, имеет свою оболочку. Трахеиды – неперфорированные клетки.



Трахеиды стебля сосны: А – радиальный срез; Б – тангенциальный срез; 1 – окаймленные поры; 2 – оболочка трахеиды; 3 – скошенные концы трахеид; 4 – торус



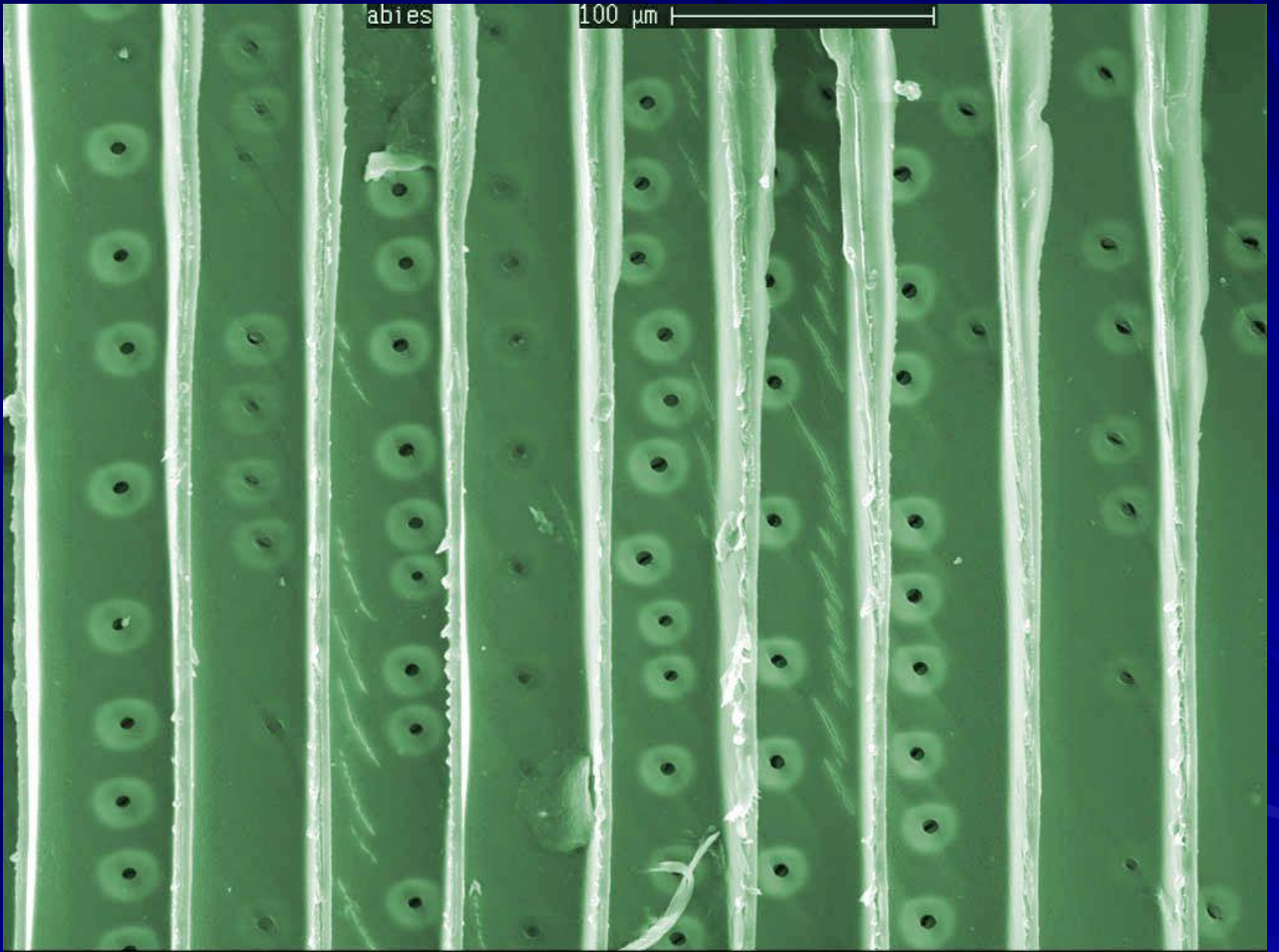


Окаймленные поры в трахеидах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) (ориг.):

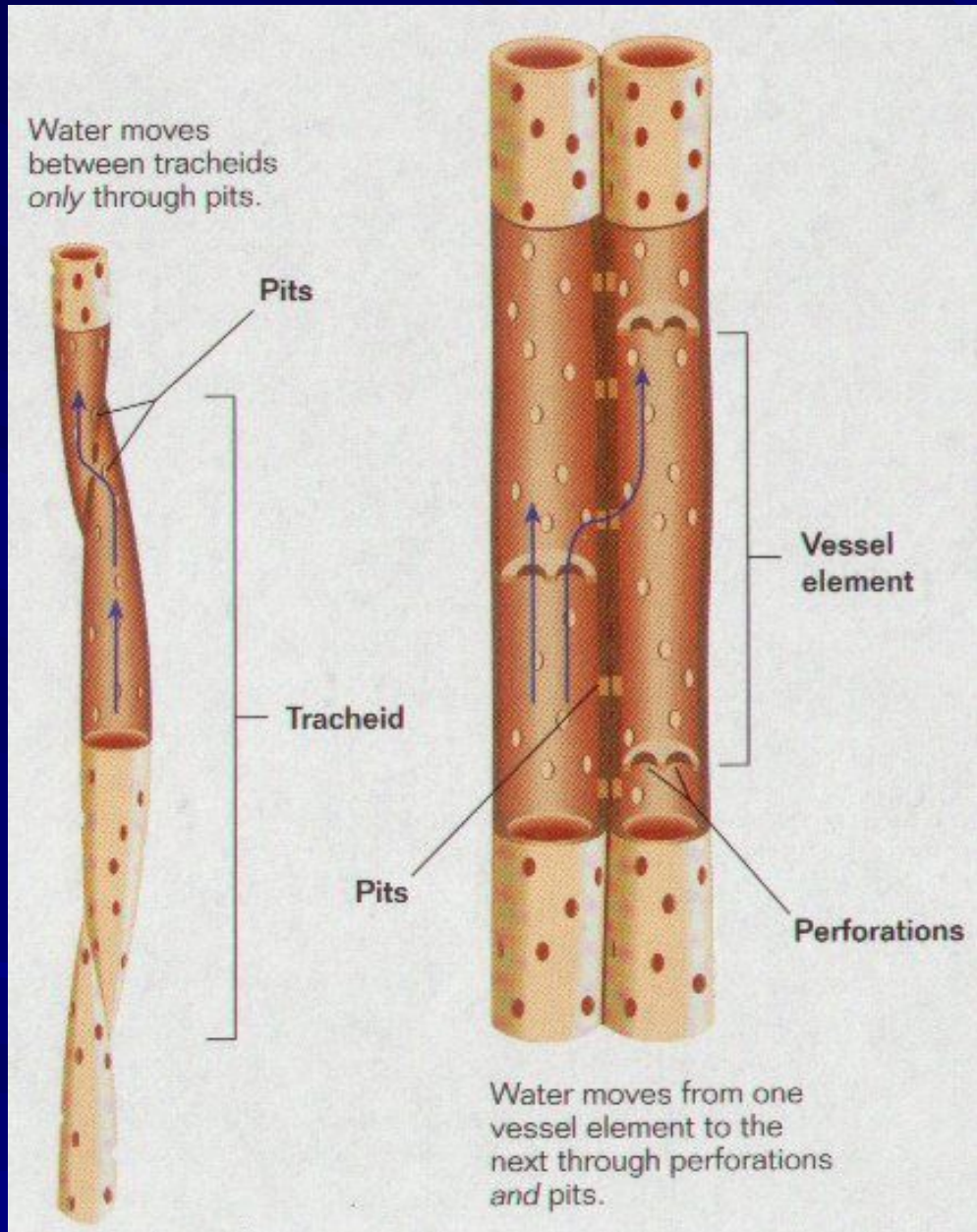
1 — входной канал поры; 2 — торус.

abies

100 μm



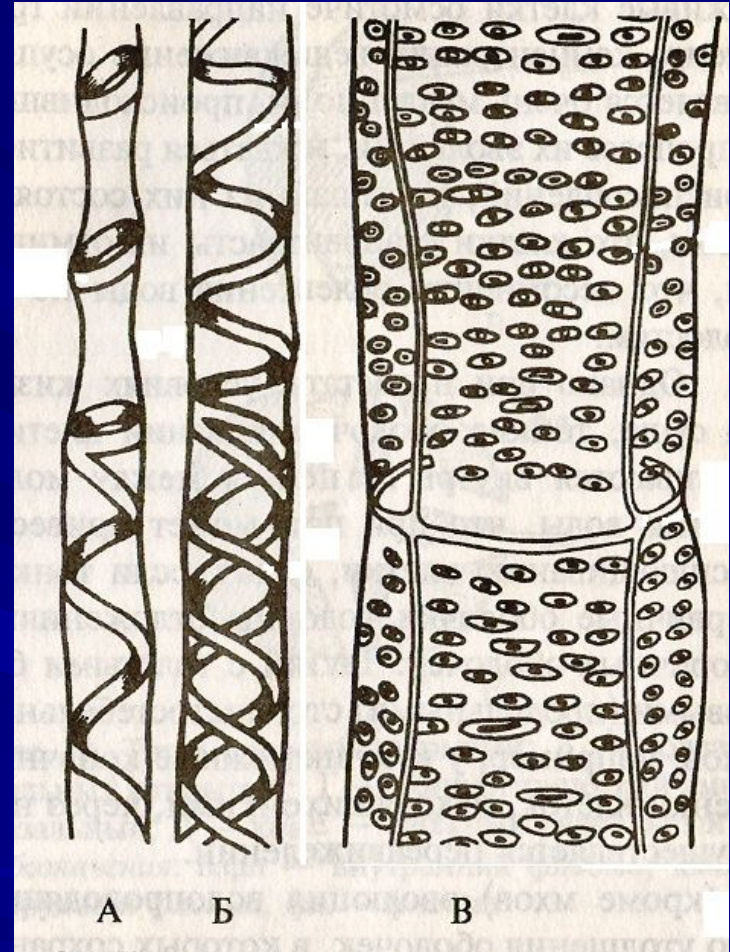
Перфорации и поры



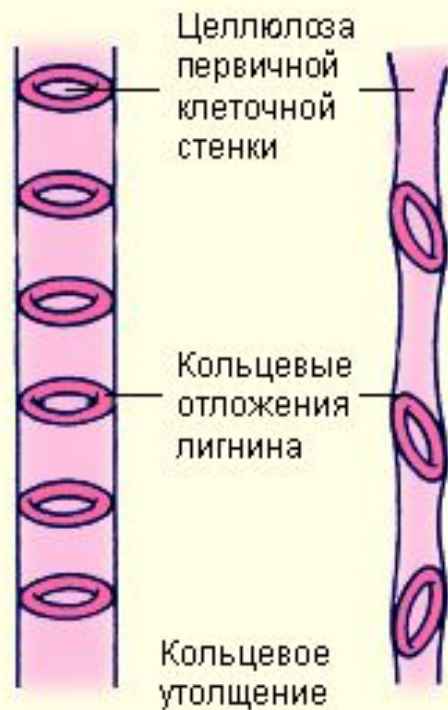
- Перфорации – это сквозные отверстия на поперечных стенках, которые образуются только у сосудов (трахей). у трахеид на продольных стенках образуются поры.
- Поры – это неутолщенные участки вторичной оболочки, которые могут быть простыми и окаймленными.

Виды утолщений трахеид

- Утолщения продольных стенок могут быть различными. Вторичная оболочка трахеид может иметь форму колец, не связанных друг с другом (кольчатые трахеиды), форму спирали (спиральные трахеиды). Если образуются утолщения в форме спирали, витки которых связаны между собой, такие утолщения называются лестничными. Сетчатое утолщение в виде сетки, пористое утолщение часто с окаймленными порами.



а – кольчато-спиральный, б – спиральный, в - пористый



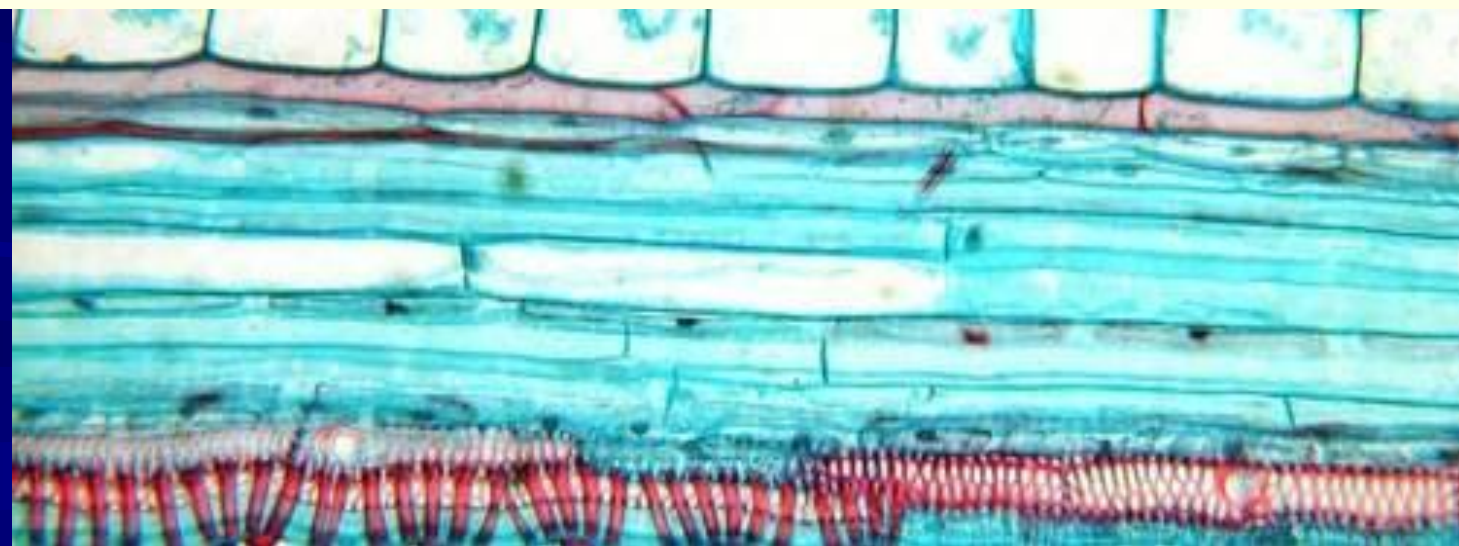
До растяжения

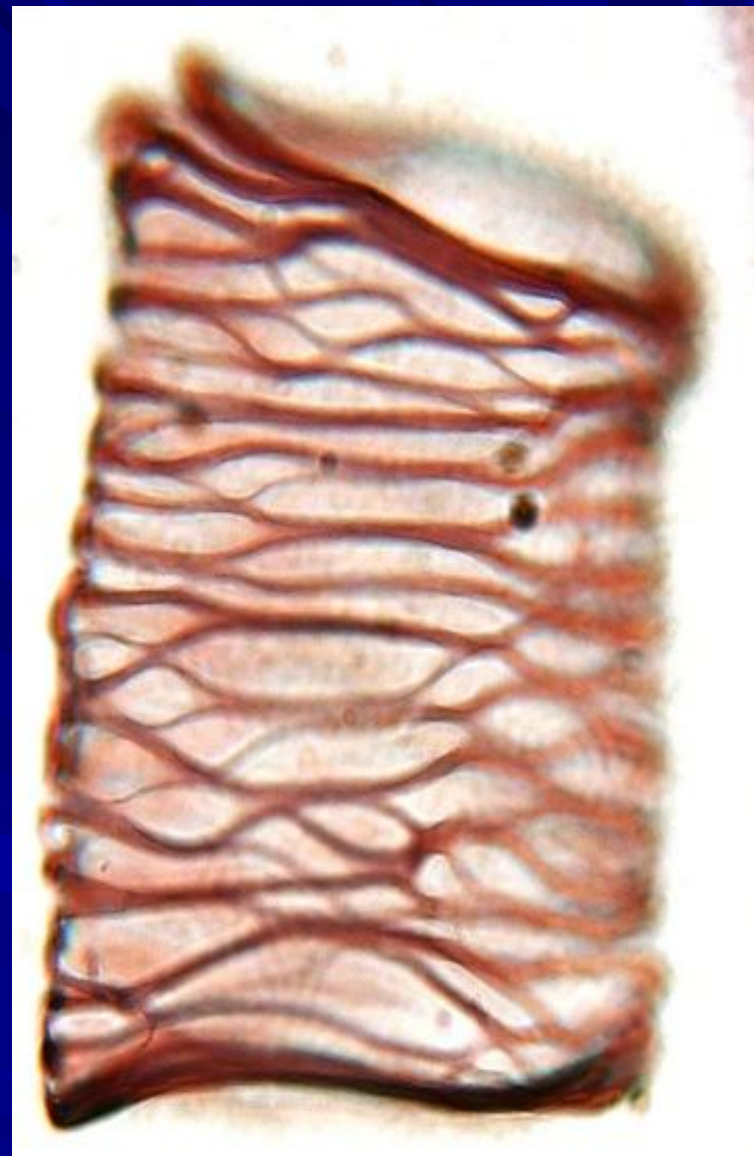
Во время растяжения



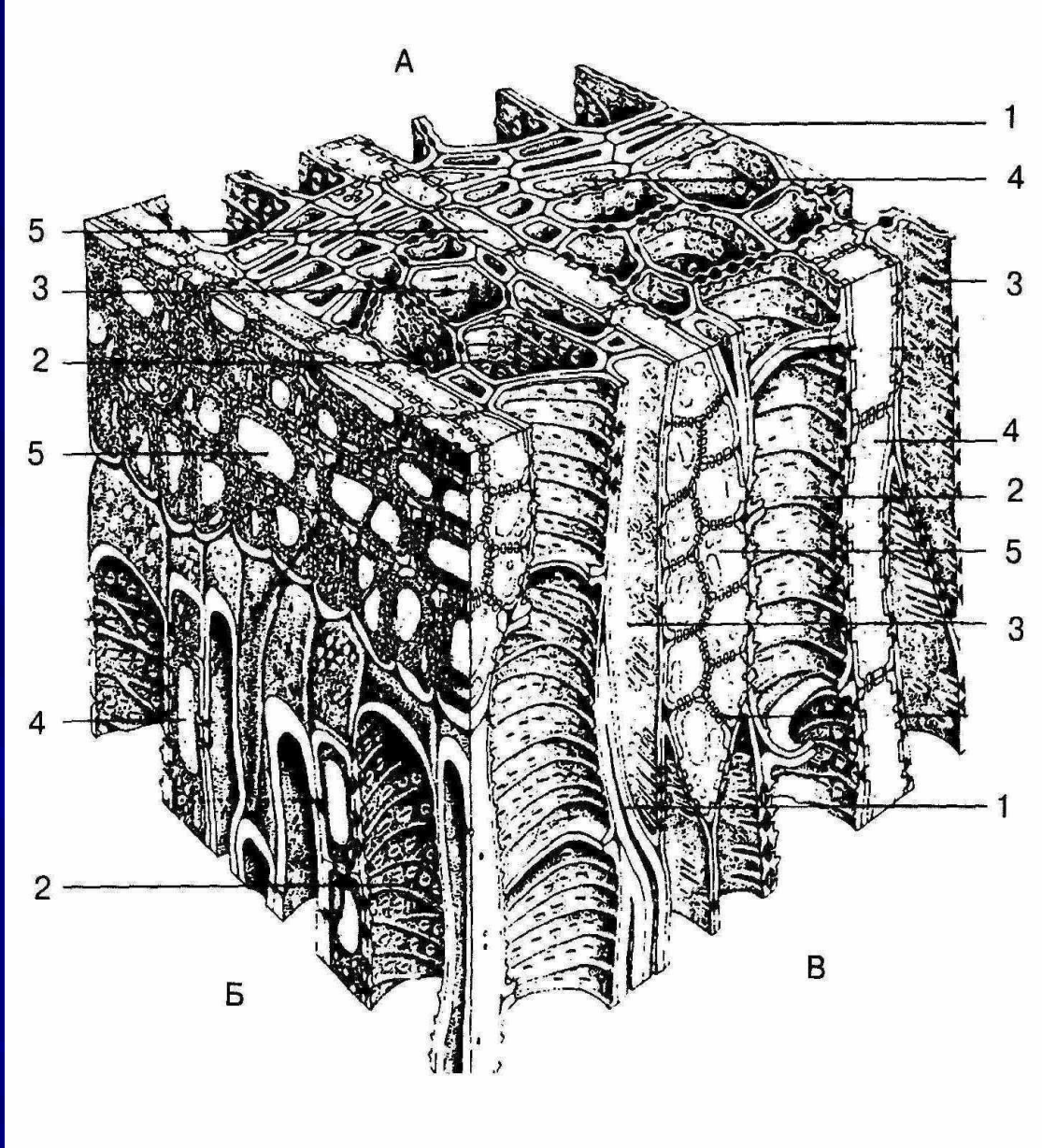
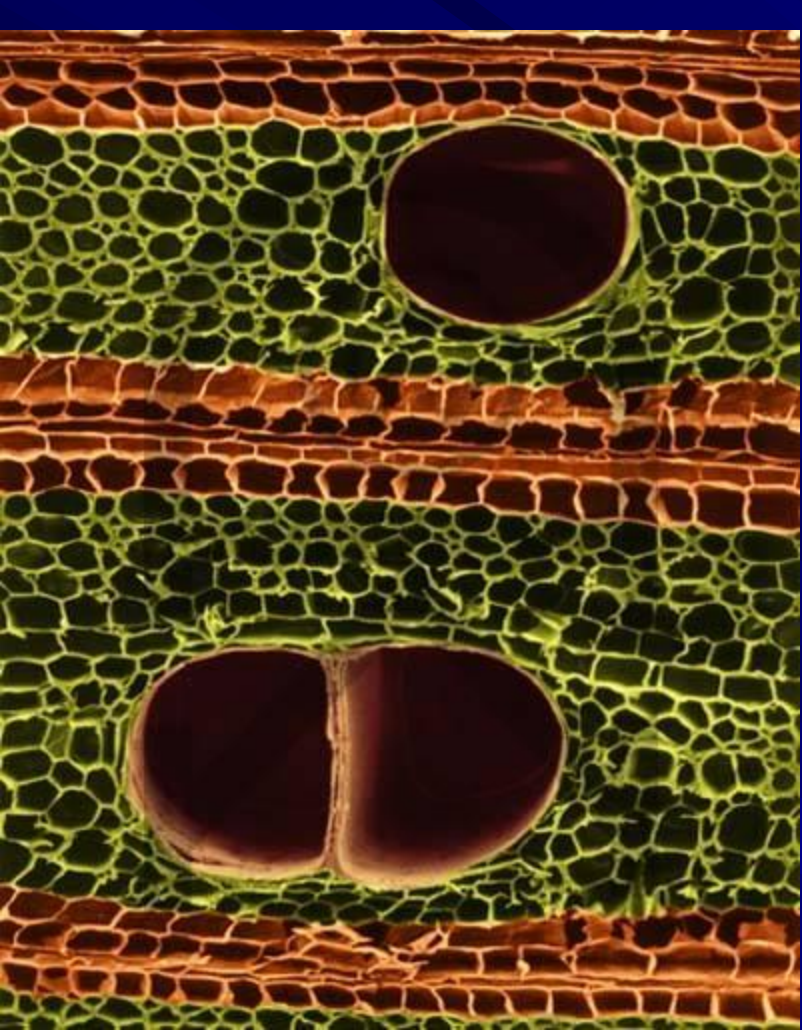
До растяжения

После растяжения





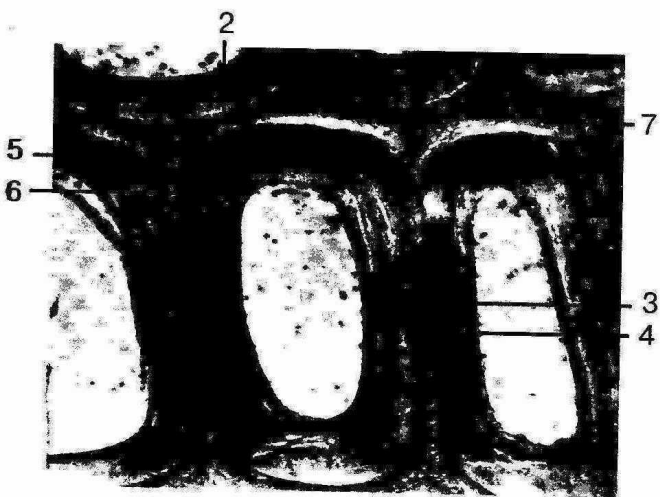
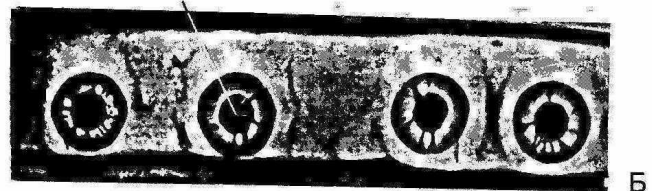
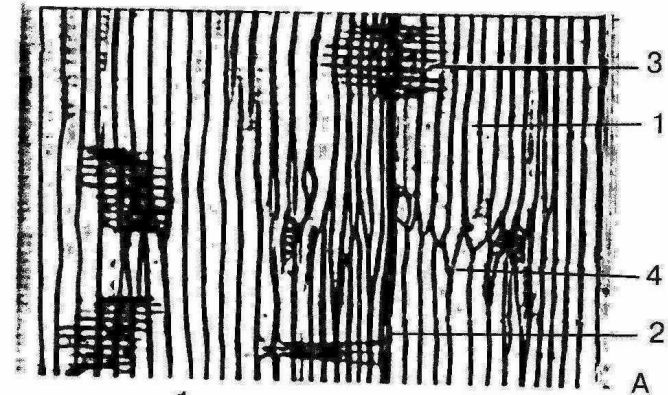
Микрофотографии утолщений сосудов



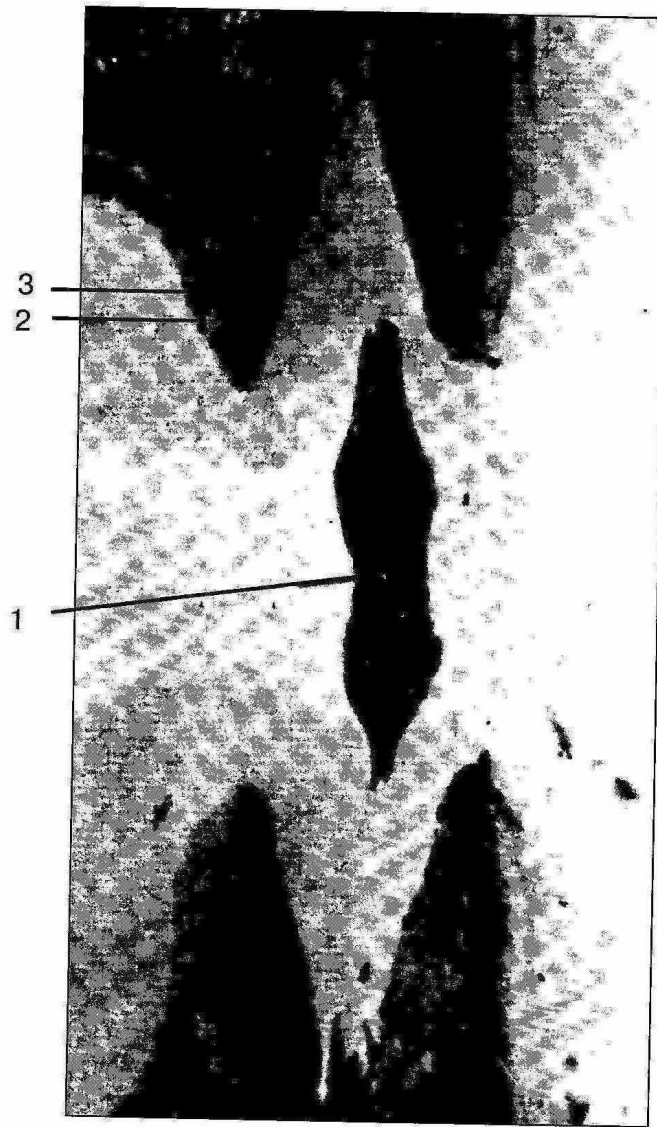
Микрофотография
и объемное изображение
вторичной ксилемы:

- 1 – либриформ,
- 2 – сосуды, 3 – трахеиды, 4 – вертикальная паренхима,
- 5 – горизонтальная паренхима (сердцевинный луч)

ТРАХЕИДЫ



Ва



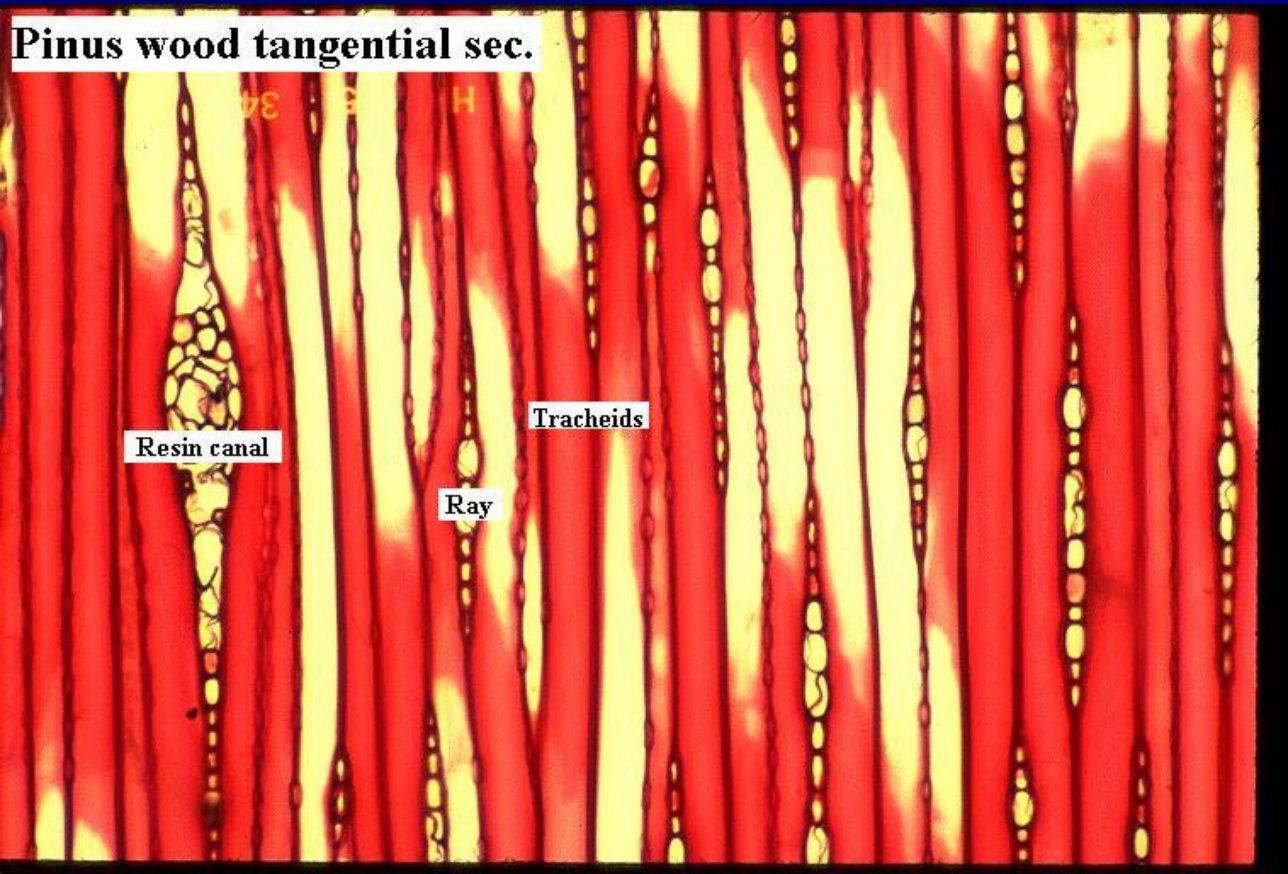
Вб

Трахеиды древесины хвойных:

А — сосны (*Pinus strobus*) на радиальном срезе; х 50: 1 — ранняя древесина, 2 — поздняя древесина, 3 — паренхимный луч, 4 — вершина трахеиды; **Б** — окаймленные поры в трахеидах тсуги (*Tsuga canadensis*) (из К. Эзау, 1980); х 1 000: 1 — торус; **В** — трахеиды (а); х 9000 и **окаймленная пора** (б); х 12 000 пихты (*Abies pinsapo*) (из Атласа ультраструктуры растительных тканей, 1980): 1 — торус, 2, 3, 4 — слои вторичной оболочки, 5 — срединная пластинка, 6 — бородавки клеточной оболочки, 7 — первичная оболочка.

ХВОЙНЫХ

Онтогенез трахеид



Эволюция трахеид



а1-а4 – эволюция волокон;

б1-б4 – эволюция членков сосудов;

I-III – длинные трахеиды из примитивных древесин

Трахеи

- Сосуд – группа трахеид у которых исчезают поперечные перегородки. Сосуд состоит из многих клеток, называемых члеником сосуда, которые образуют вертикальный ряд.
- По членикам сосуда вода движется через перфорации, а перфорированную часть оболочки членика сосуда называют перфорационной пластинкой.

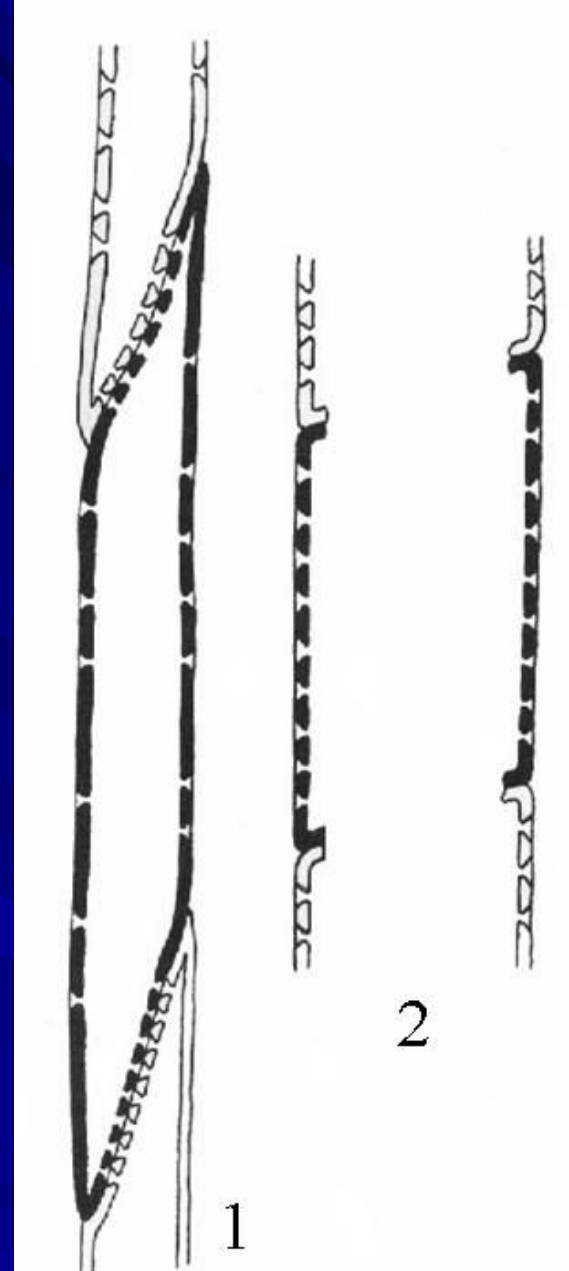
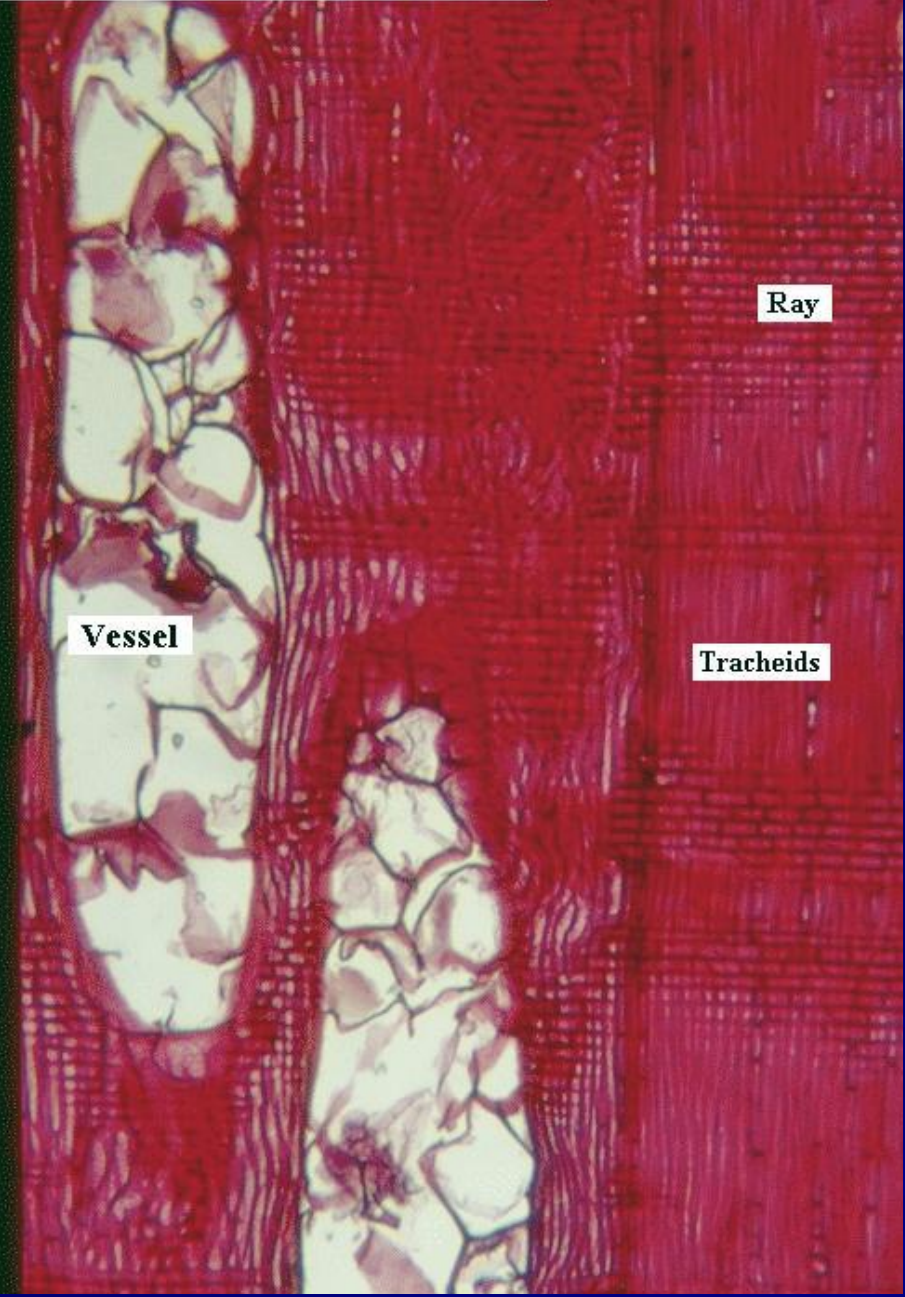
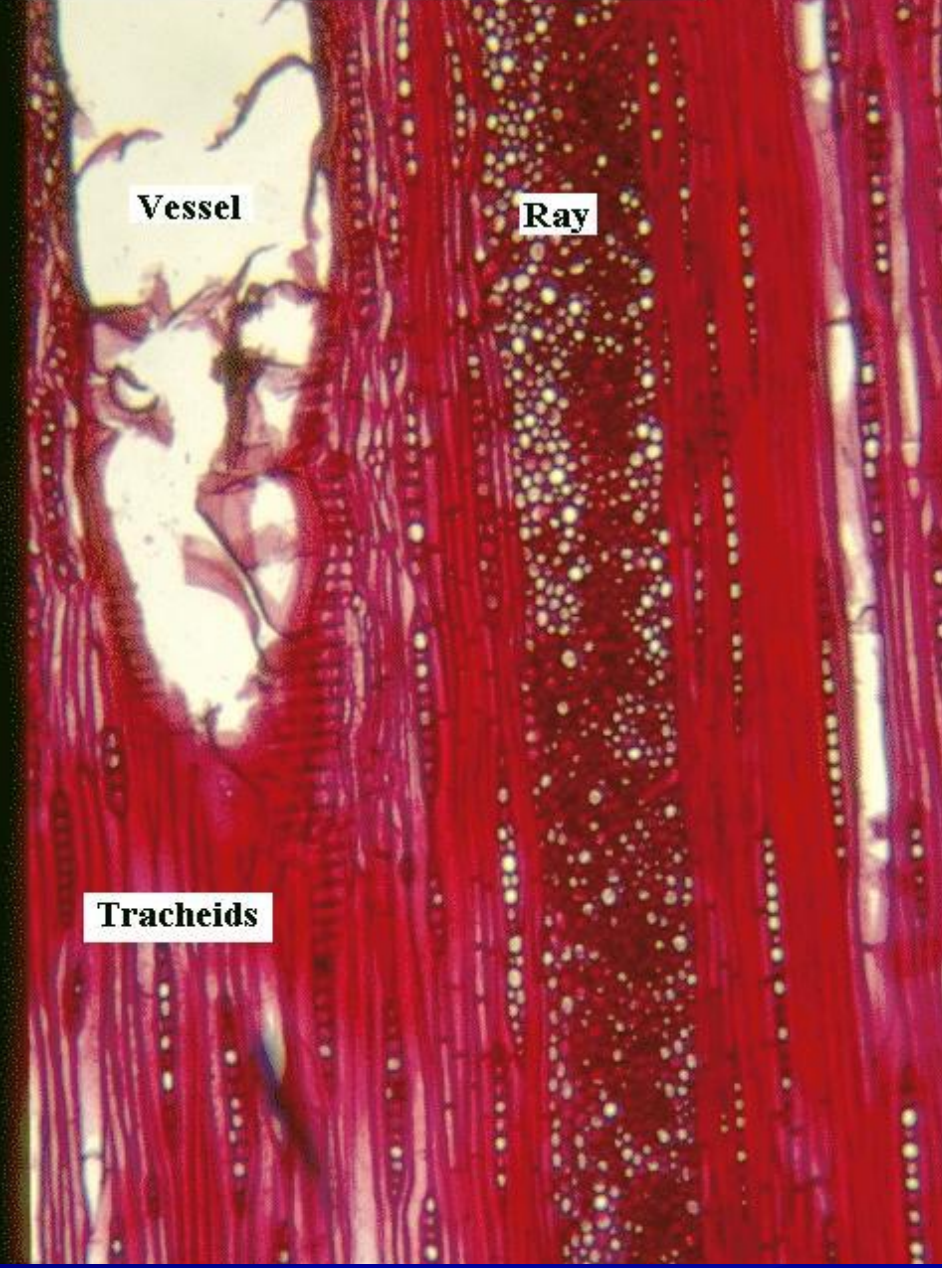


Схема строения и сочетания трахеид (1) и члеников сосуда (2).

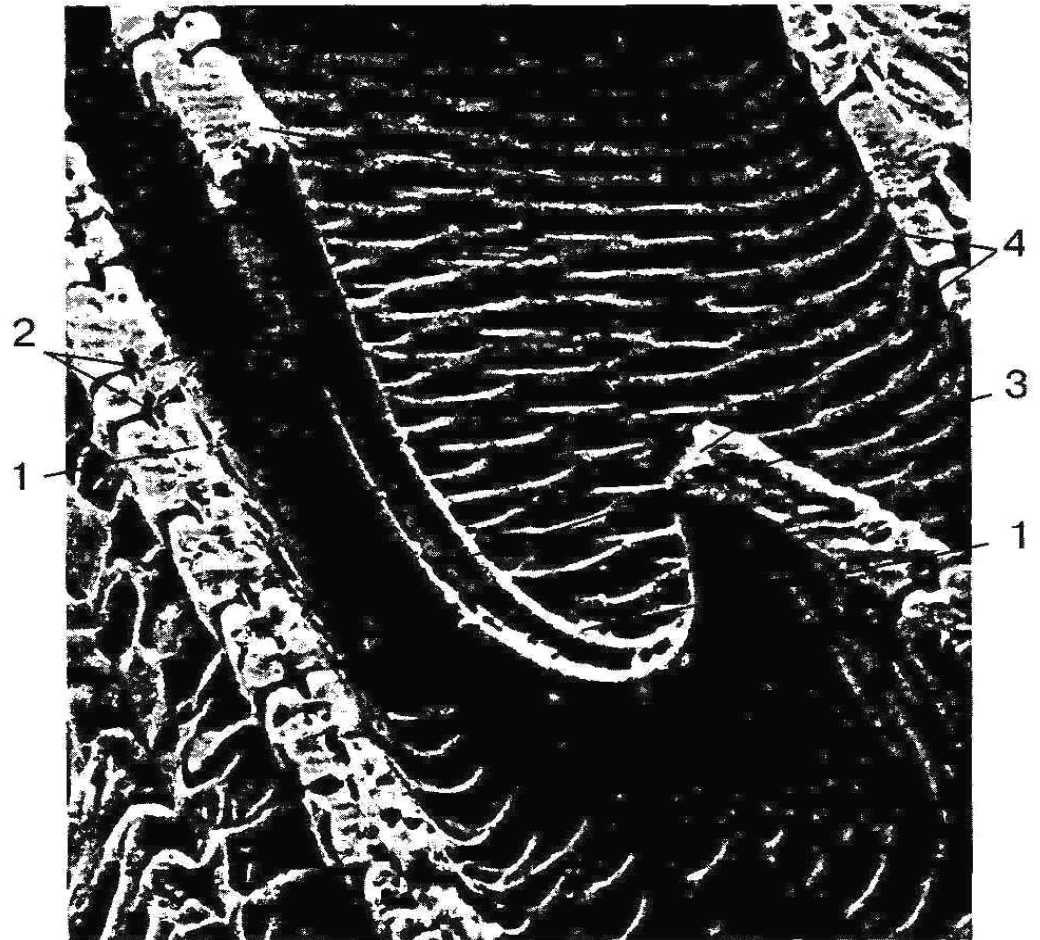
Quercus wood radial sec.



Quercus wood tangential sec.



- Пластинка может быть простой или сложной.
- Сложная пластинка может быть:
 1. Лестничной.
 2. Сетчатой.

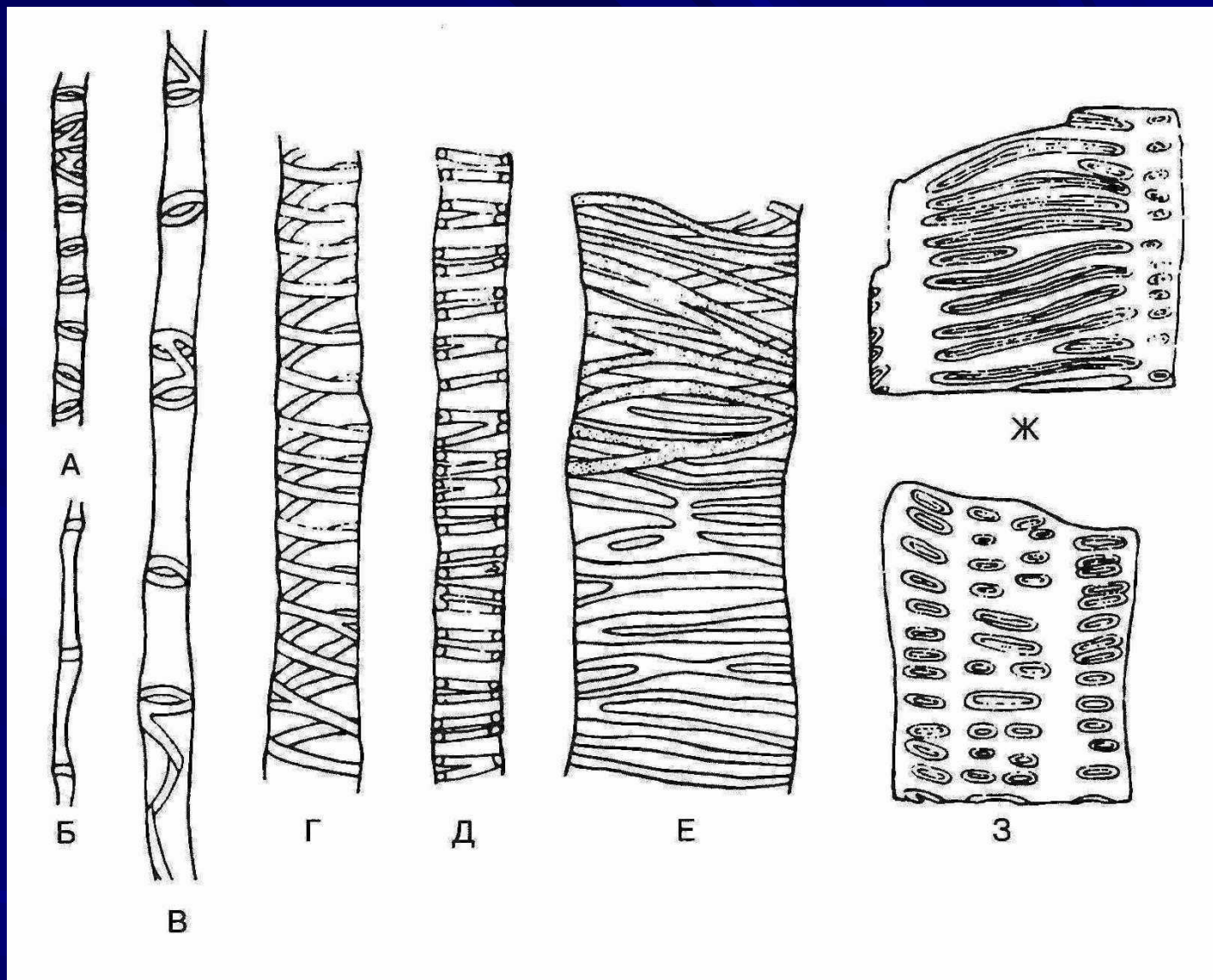


Электронная фотография половины зрелой перфорационной пластинки сосуда древесины рева-рева из Новой Зеландии, полученная с помощью сканирующего микроскопа (из К. Эзау, 1980); $\times 2200$:

1 — вторичная оболочка; 2 — поровые мембраны в парах пор на боковой стенке; 3 — первичная оболочка; 4 — перфорация.

Трахеи

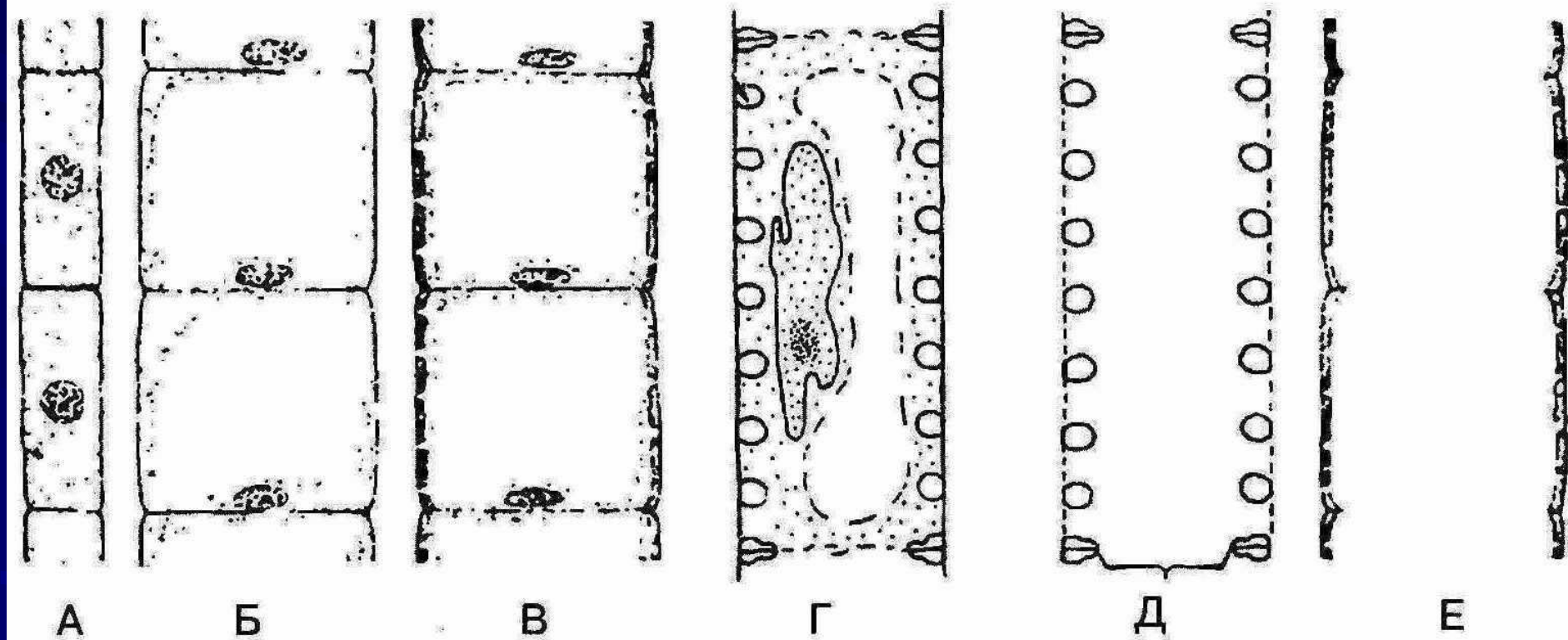
- У сосудов на продольных стенках тоже имеются поры. Они могут быть простые и окаймленные, как у трахеид. У сосудов число и характер распределения пор варьирует и различают следующие типы поровости:
 1. Лестничная – поры простые, вытянутые.
 2. Переходная – простые поры чередуются с окаймленными.
 3. Супротивная – окаймленные поры располагаются супротивно.
 4. Очередная – окаймленные поры располагаются рядами, наиболее высокоорганизованный тип.



А – кольчатые, Б – растянуто-кольчатые, В – кольчато-спиральные,
Г, Д – спиральные, Е – сетчатые, Ж – лестничные,
З - супротивнопоровые

Таким образом, поры у сосудов образуются и на поперечных и на продольных стенках. Оболочки лигнифицированные (одревесневшие). В зрелом состоянии сосуды, как и трахеиды, являются мертвыми клетками, т.к. выполняют функцию проведения воды и растворенных в них веществ. Онтогенез идет также как у трахеид. Сосуды не имеют определенной длины, она может быть от 60 см до 4,5 м.

Развитие члеников сосудов со спиральным утолщением



Эволюция сосудов шла по следующей схеме:

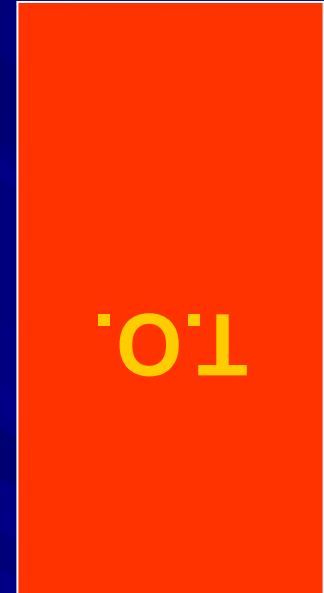
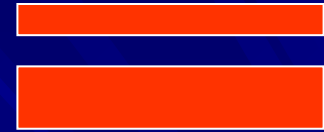
1. Укорочение членика сосуда

2. Расширение диаметра сосуда

3. Сокращение наклона концевых частей до горизонтальных

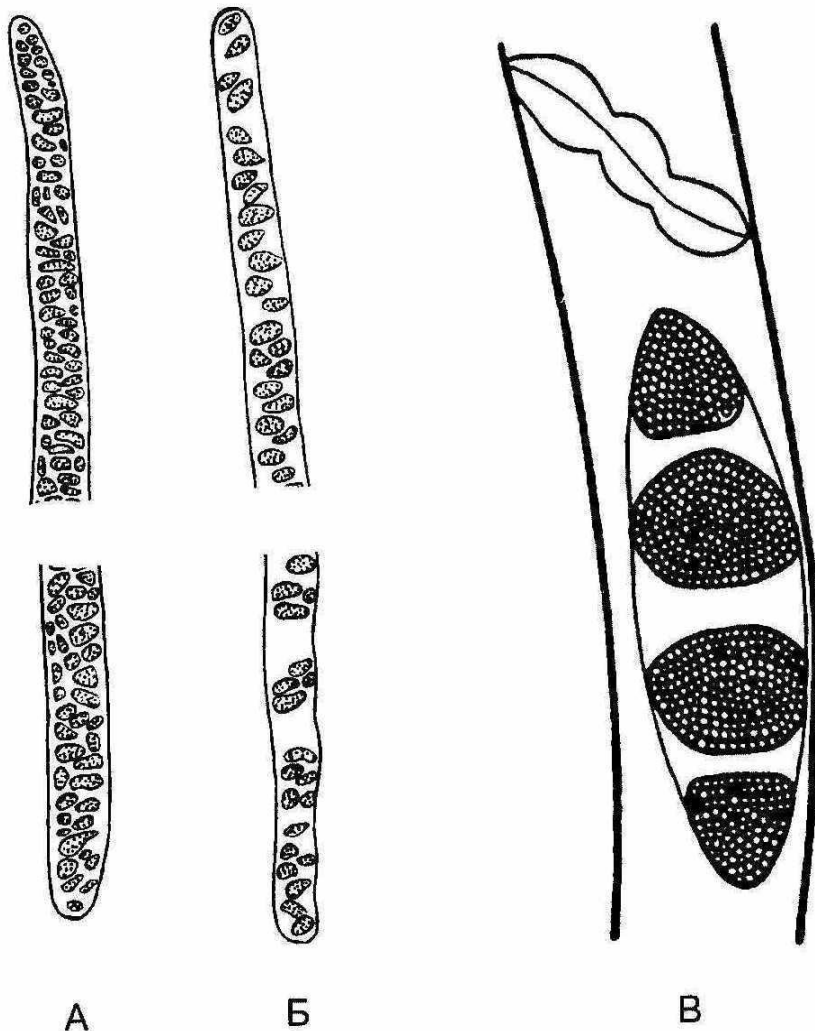
4. Уменьшается число перфораций
от 20 до 1

5. Появляется очередная поровость



Сосуд приспособивался
для лучшего проведения воды

Флоэма – гистологический состав
и функции проводящих
элементов.



А

Б

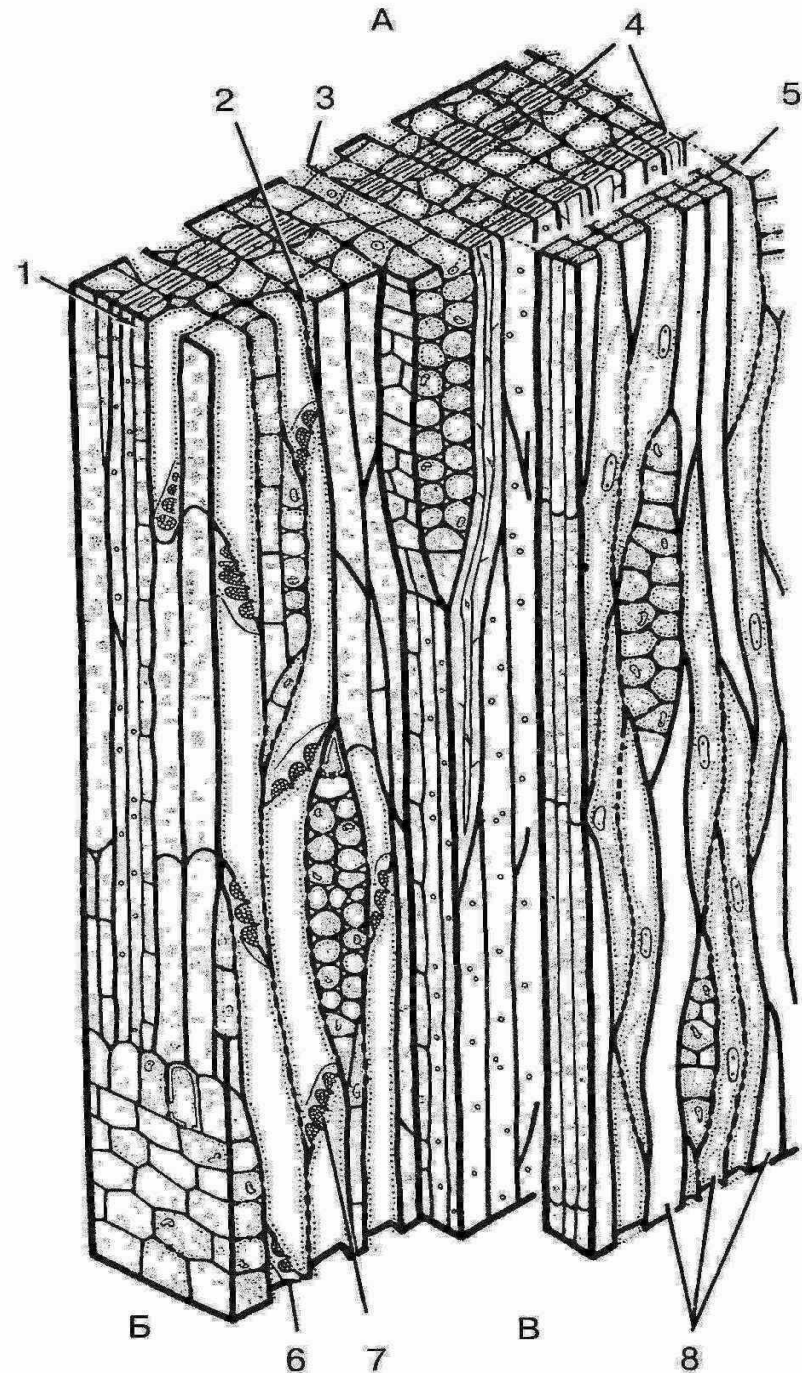
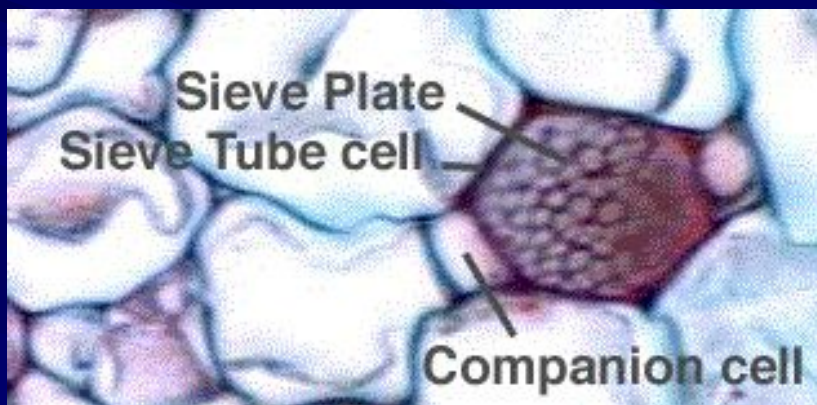
В

Ситовидные клетки:

А — папоротника-орляка (*Pteridium aquilinum*); Б — ели (*Picea excelsa*) (из Н. С. Киселевой, Н. В. Шелухина, 1969). Клетки-спутницы отсутствуют; В — сито на продольной стенке ситовидной клетки (из В. Г. Александрова, 1966).

- Проводящими элементами флоэмы являются ситовидные клетки и ситовидные трубки.
- Ситовидные клетки — менее специализированные элементы, присущие папоротникообразным и голосеменным растениям.

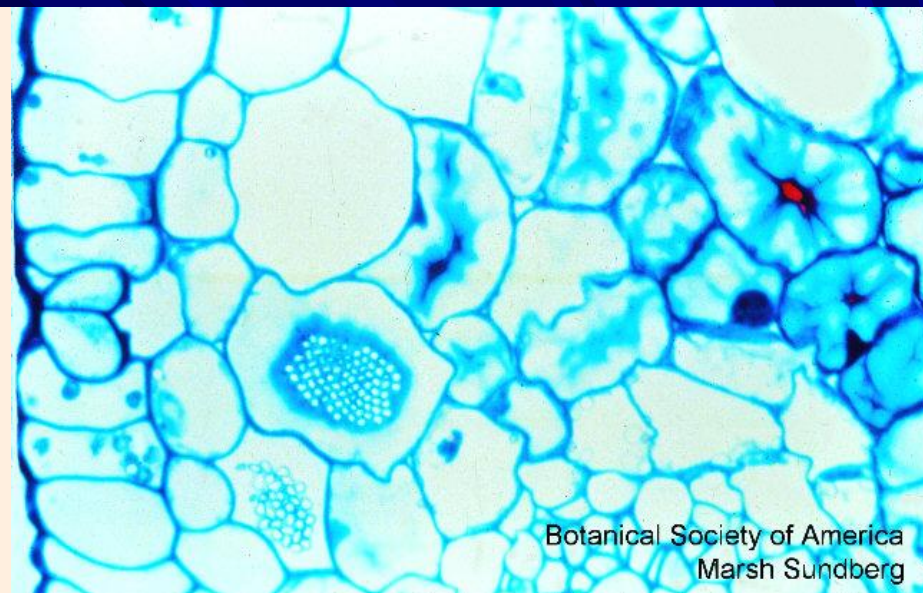
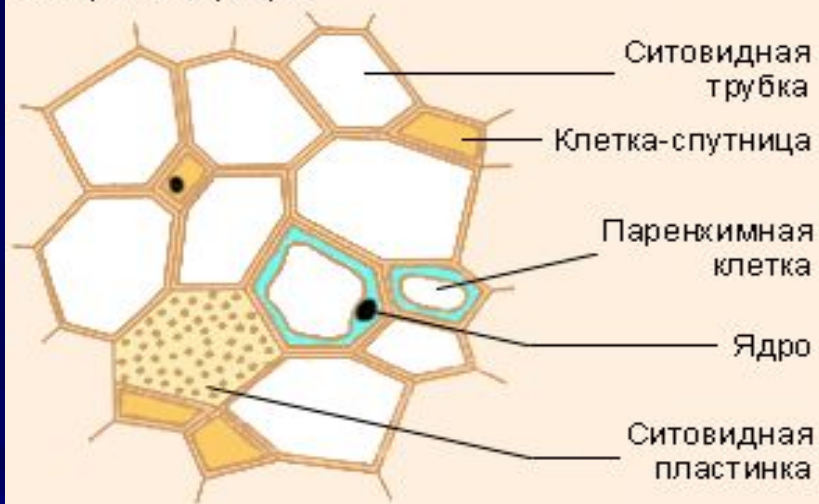
- Ситовидные трубки – высокоспециализированные проводящие элементы, характерны для покрытосеменных растений.



Объемное изображение вторичной флоэмы двудольного растения лириодендрона (*Liriodendron*) (из К. Эсау, 1969):

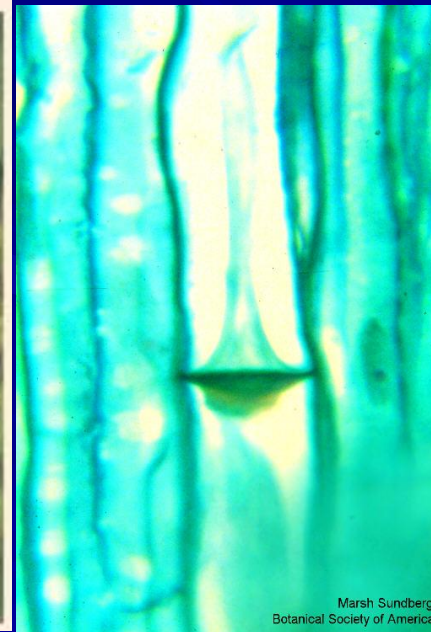
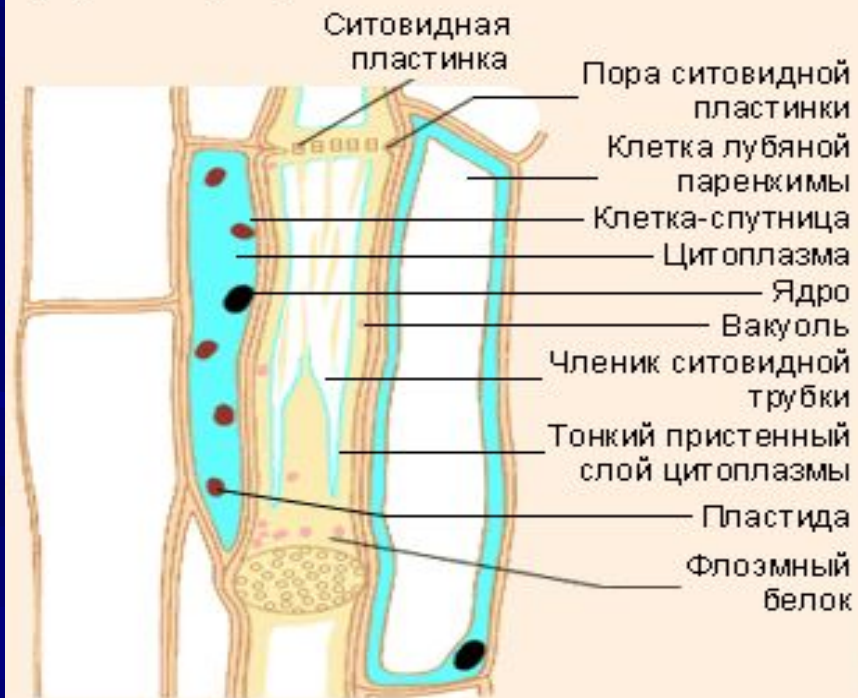
А — поперечный срез; Б — продольный радиальный срез; В — продольный тангентальный срез; 1 — флоэмная паренхима; 2 — клетка-спутник; 3 — луч; 4 — волокна; 5 — камбий; 6 — ситовидная трубка; 7 — ситовидная пластинка; 8 — веретеновидные инициали.

Поперечный разрез

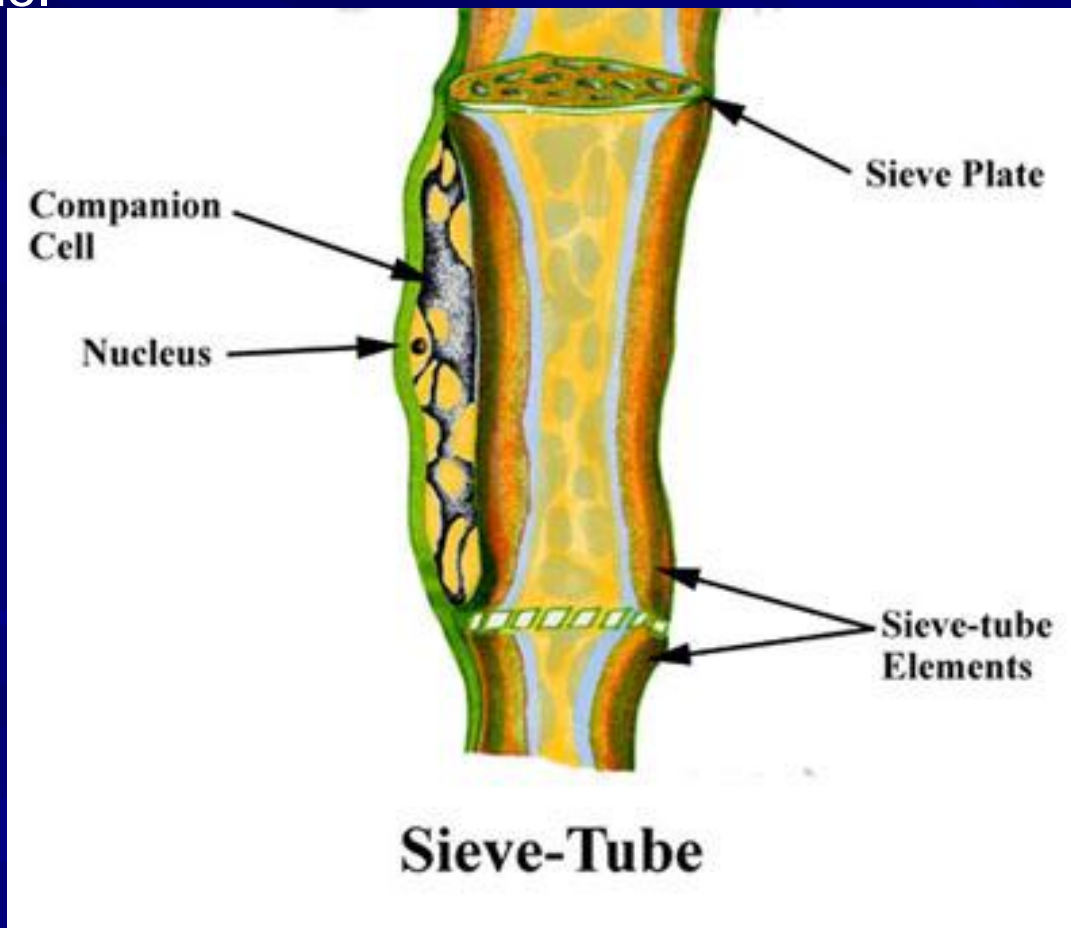


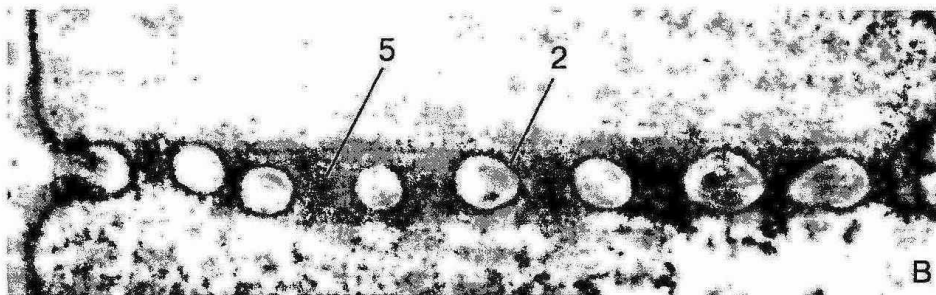
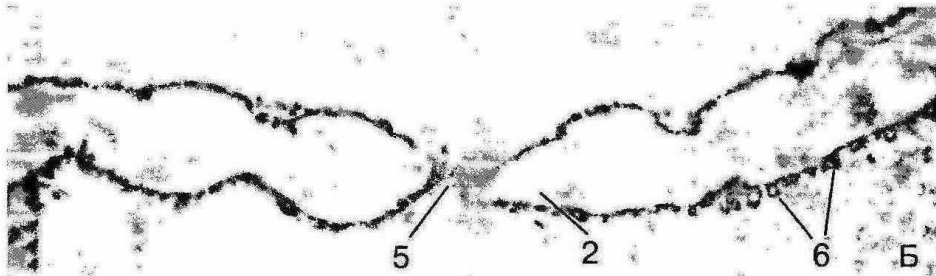
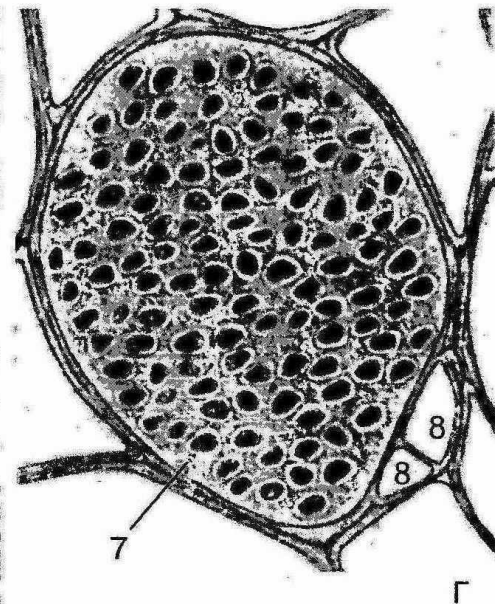
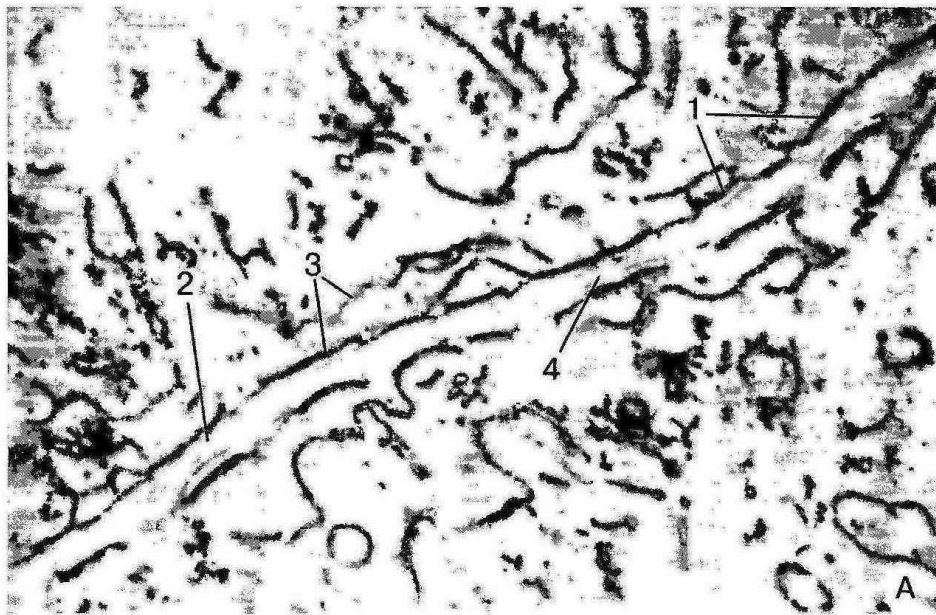
Ситовидные трубки тыквы

Продольный разрез



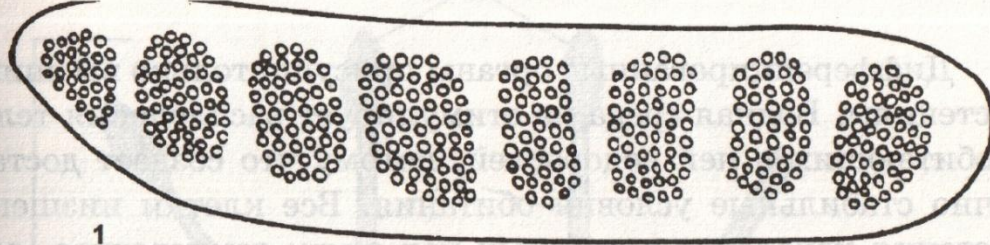
- Ситовидным полем называется специализированный участок клеточной стенки, пронизанный отверстиями (канальцами). Посредством ситовидных полей ситовидные элементы сообщаются друг с другом.
- Ситовидные клетки и ситовидные трубки имеют толстые оболочки. В ситовидных клетках ситовидные поля располагаются только на продольных стенках, отверстия мелкие.



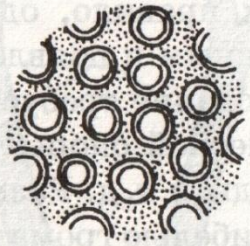


**Развитие ситовидной пластинки тыквы (*Cucurbita pepo*):
электронный микроскоп:**

А — места будущих соединительных канальцев (1) покрыты каллозой (2) и пластинами эндоплазматического ретикулаума (3), видна плазматесма (4); x 10 000; Б — часть ситовидной пластинки с только что образовавшимся отверстием (соединительным канальцем) (5), выстланным каллозой. В цитоплазме вместо эндоплазматического ретикулаума видны пузырьки (6); x 15 000; В — дифференцированная ситовидная пластинка; x 10 000. На ее поверхности и в соединительных канальцах скопилось некоторое количество слизи; Г — ситовидная пластинка в плане; x 590; 7 — соединительные канальцы со слизью; 8 — клетки-спутницы.



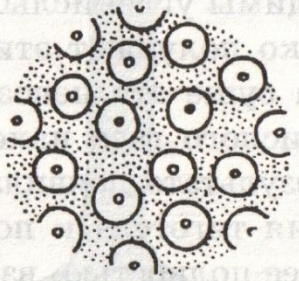
1



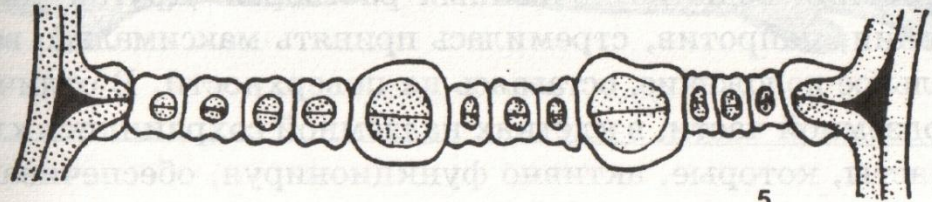
2



3



4



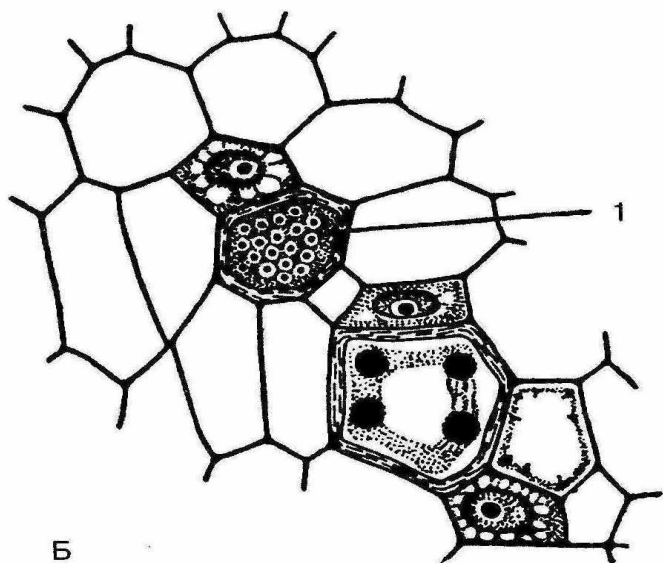
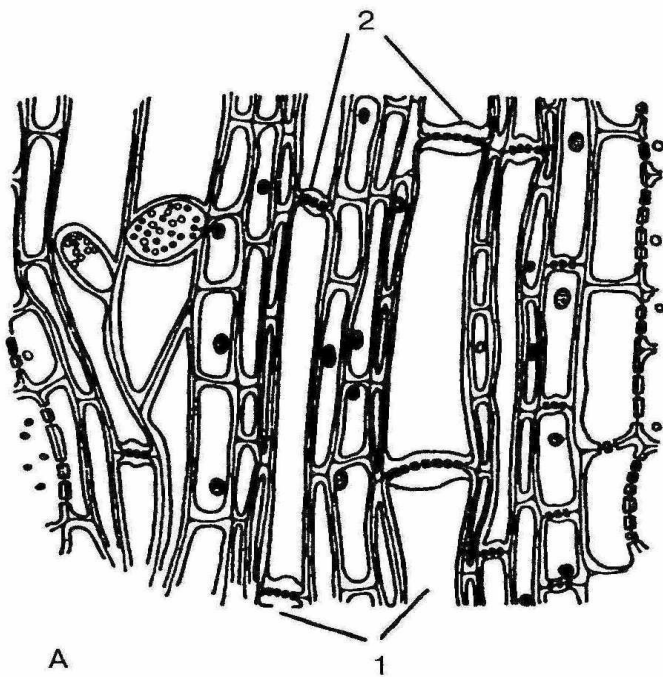
5

Строение ситовидной пластинки:

1 – вид сверху сложной ситовидной пластинки; 2 и 3 – ситовидная пластинка на поперечном и продольном срезах ситовидной трубки при низком содержании каллозы в порах; 4 и 5 – то же самое при высоком содержании каллозы.

Разнообразие ситовидных трубок

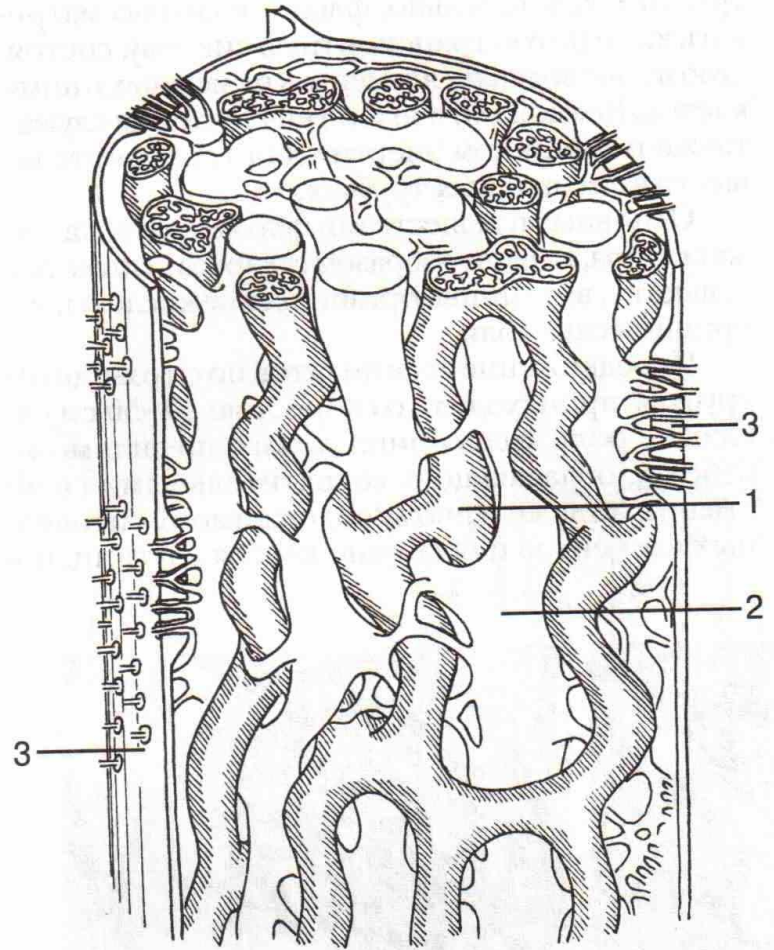
- У примитивных групп растений ситовидные трубки узкие, с наклоненными стенками и сложными ситовидными пластинками. Здесь несколько ситовидных полей, отверстия мелкие.
- У более специализированных групп ситовидные пластинки простые, т.е. с одним ситовидным полем и крупными отверстиями.



Продольный (А) и поперечный (Б) срез флоэмы плодоножки клещевины (*Ricinus communis*) с ситовидными трубками (из В. Г. Александрова, 1966):
1 — ситовидные трубки; 2 — ситовидные пластинки.

Клетки-спутники

- Клетки-спутники — это паренхимные клетки, которые регулируют передвижение веществ по флоэме. Они связаны с ситовидными элементами плазмодесмами. Ядро и ядрышко в них крупные, содержатся хлоропласты, много митохондрий и некоторое количество ЭПР. Наиболее характерно наличие рибосом. Клетки сильно вакуолизированы, при чем много мелких вакуолей. Они способны выделять сахар в ситовидную трубку. Поэтому, предполагают, что функция их секреторная.

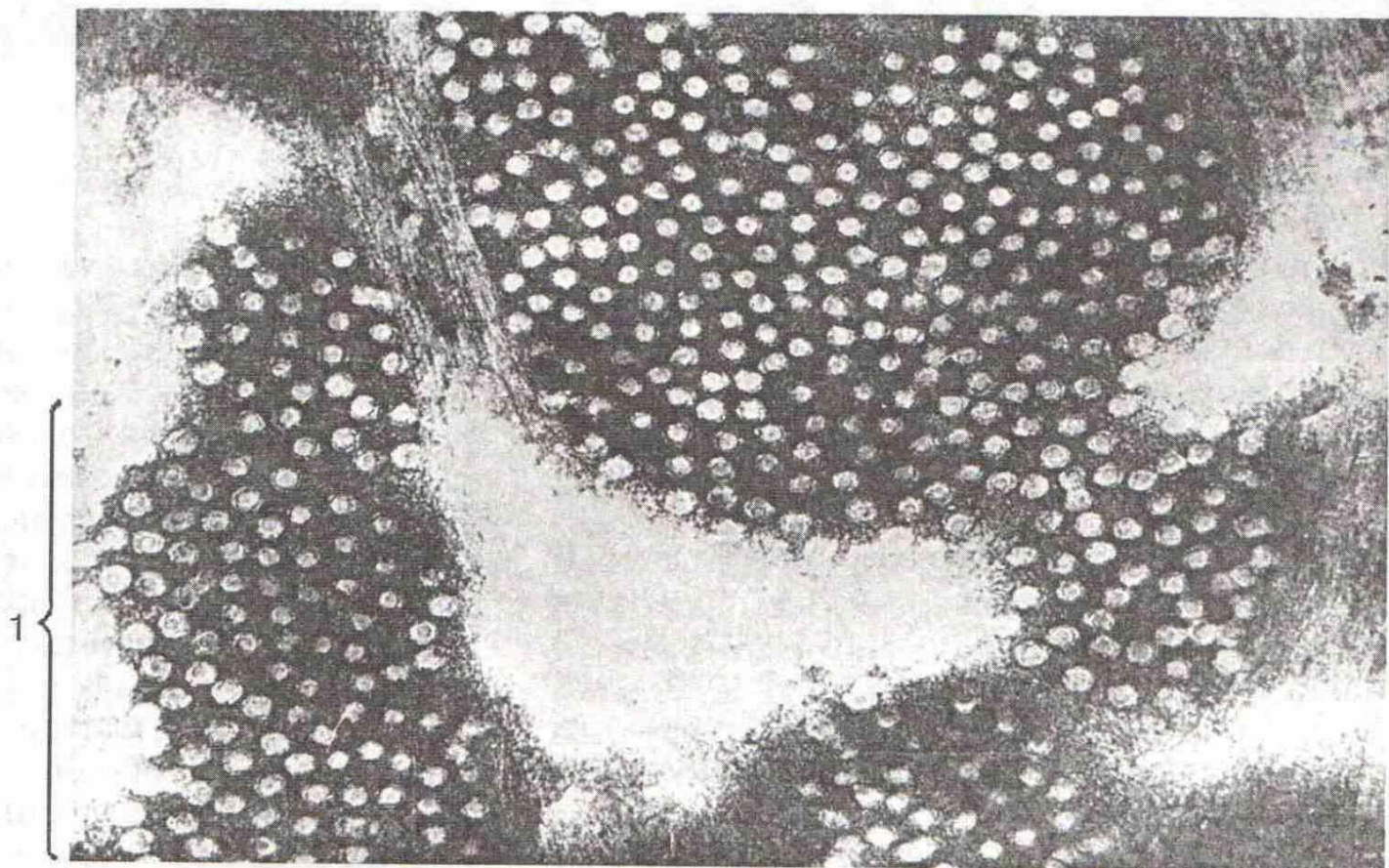


Пространственная организация органоидов в клетке-спутнице мелкой жилки листа ясеня (*Fraxinus ornus*), восстановленная методом объемной реконструкции по серийным срезам (из Атласа ультраструктуры растительных тканей, 1980):

1 — митохондрии; 2 — агранулярный эндоплазматический ретикулум; 3 — плазмодесмы.

Плазмодесменные поля в клетках-спутницах мелкой жилки листа ясеня (*Fraxinus ornus*):

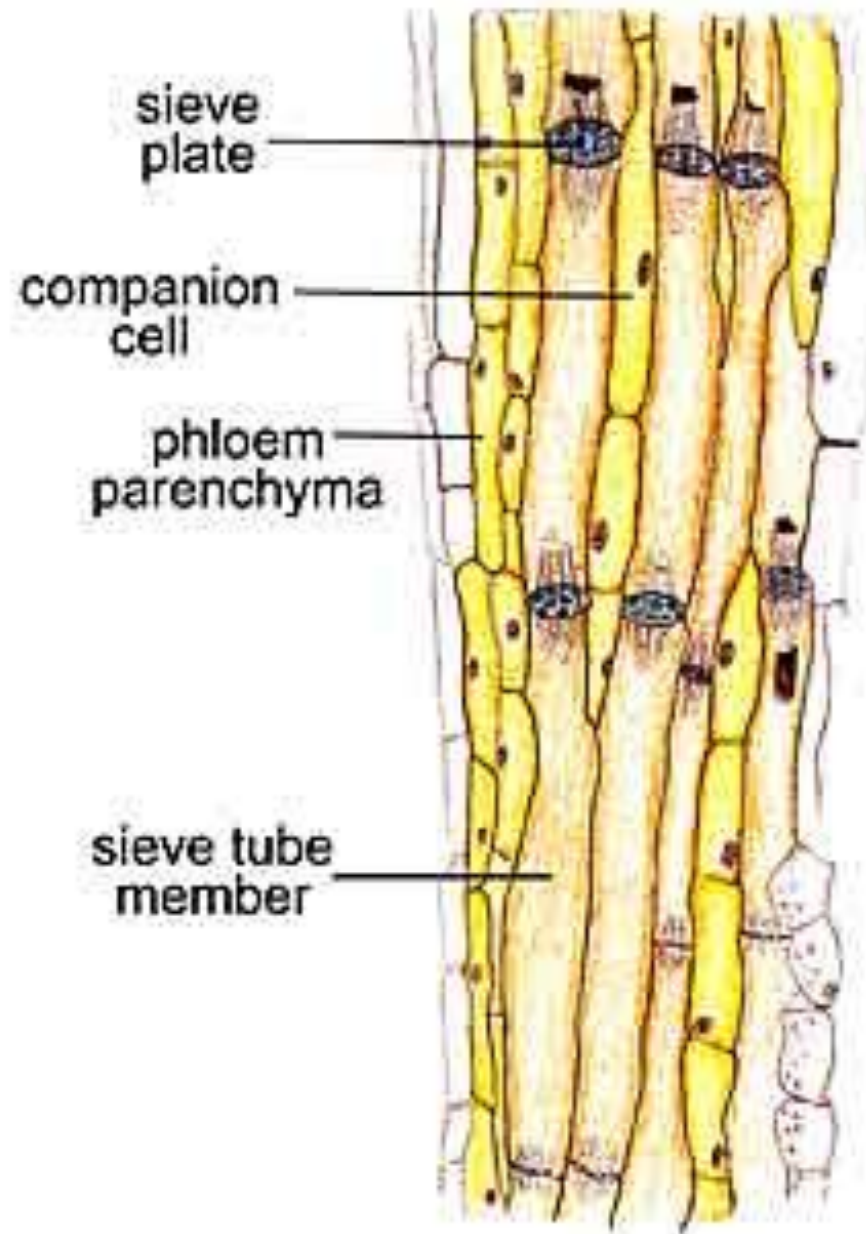
А — объемная реконструкция фрагмента оболочки клетки-спутницы;
Б — продольный срез клеточной оболочки (из Атласа ультраструктуры растительных тканей, 1980); x 70 000; 1 — плазмодесменные поля.

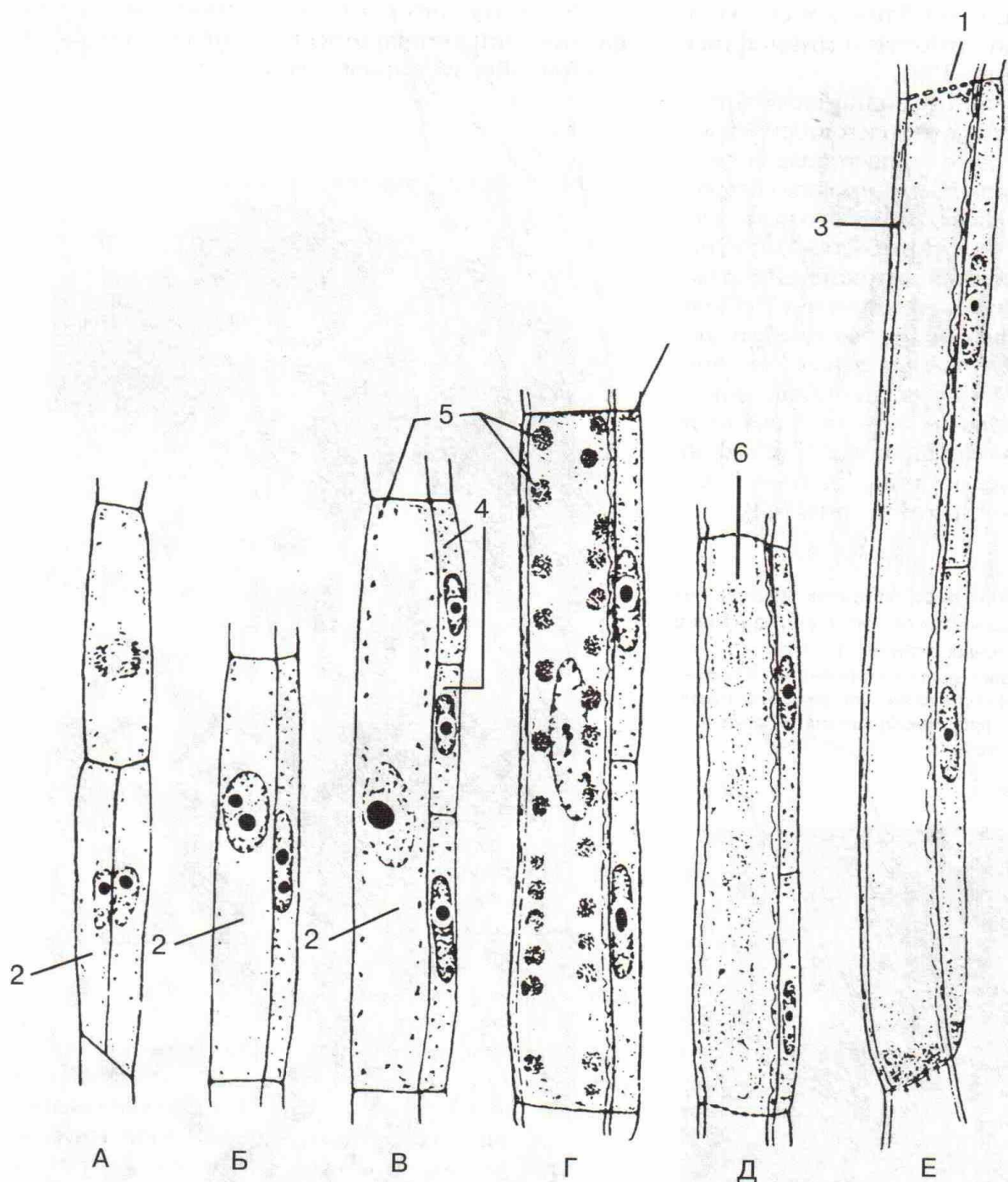


Б

Клетки-спутники

- Клеток-спутников может быть одна или несколько, располагаются с одной или нескольких сторон вертикальными рядами. По наличию клеток-спутников членики ситовидных трубок отличаются от ситовидных клеток. Ситовидные трубки с клетками-спутниками характерны только для покрытосеменных растений. Большое число сопровождающих клеток характеризует более высокую специализацию.





Дифференциация члеников ситовидной трубки во флоэме тыквы (*Cucurbita pepo*) (из К. Эсау, 1969); x 730:

А — делящаяся клетка камбия (вверху) образует членик ситовидной трубки и клетку — предшественницу клеток-спутниц (внизу); Б — членик ситовидной трубки и клетка, образующая клетки-спутницы, увеличиваются в размерах; В — в членике ситовидной трубки образовались небольшие слизевые тельца, клетка-предшественница путем деления сформировала три клетки-спутницы; Г — ситовидный элемент с крупными слизевыми тельцами, ядро сильно вакуолизовано, оболочка клетки утолщенная; Д — слизевые тельца частично слились, ядро — отсутствует; Е — зрелый ситовидный элемент; 1 — ситовидная пластинка; 2 — членики ситовидной трубки; 3 — пристенная цитопlasма; 4 — клетки-спутницы; 5 — слизевые тельца; 6 — слившиеся слизевые тельца.

Направление эволюции СТ

Ситовидная клетка

1

Образование ситовидных полей и их локализация на конечных стенках

2

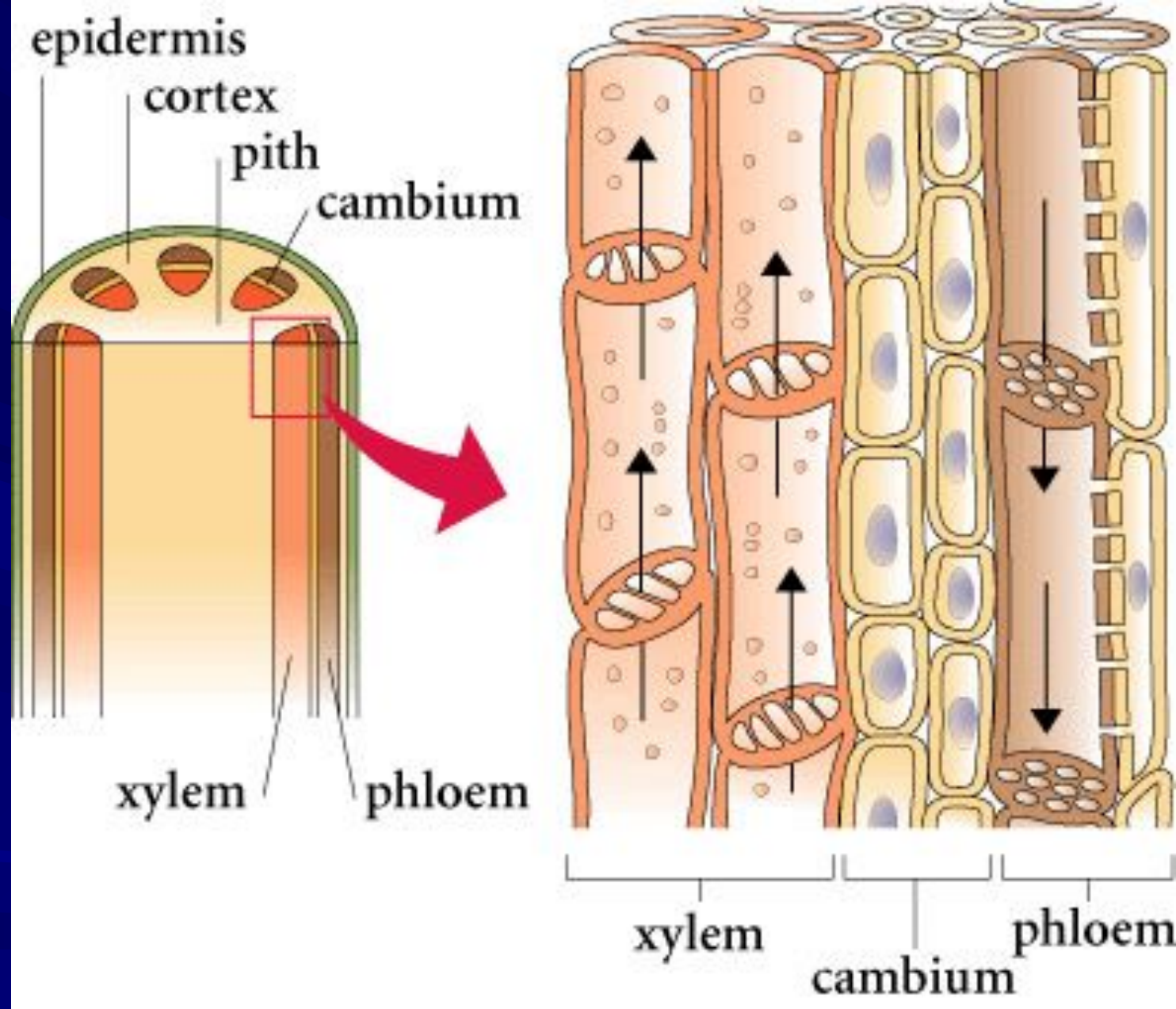
изменение конечных стенок от наклоненных до горизонтальных, появление клеток-спутниц

3

переход от сложных ситовидных пластинок к простым

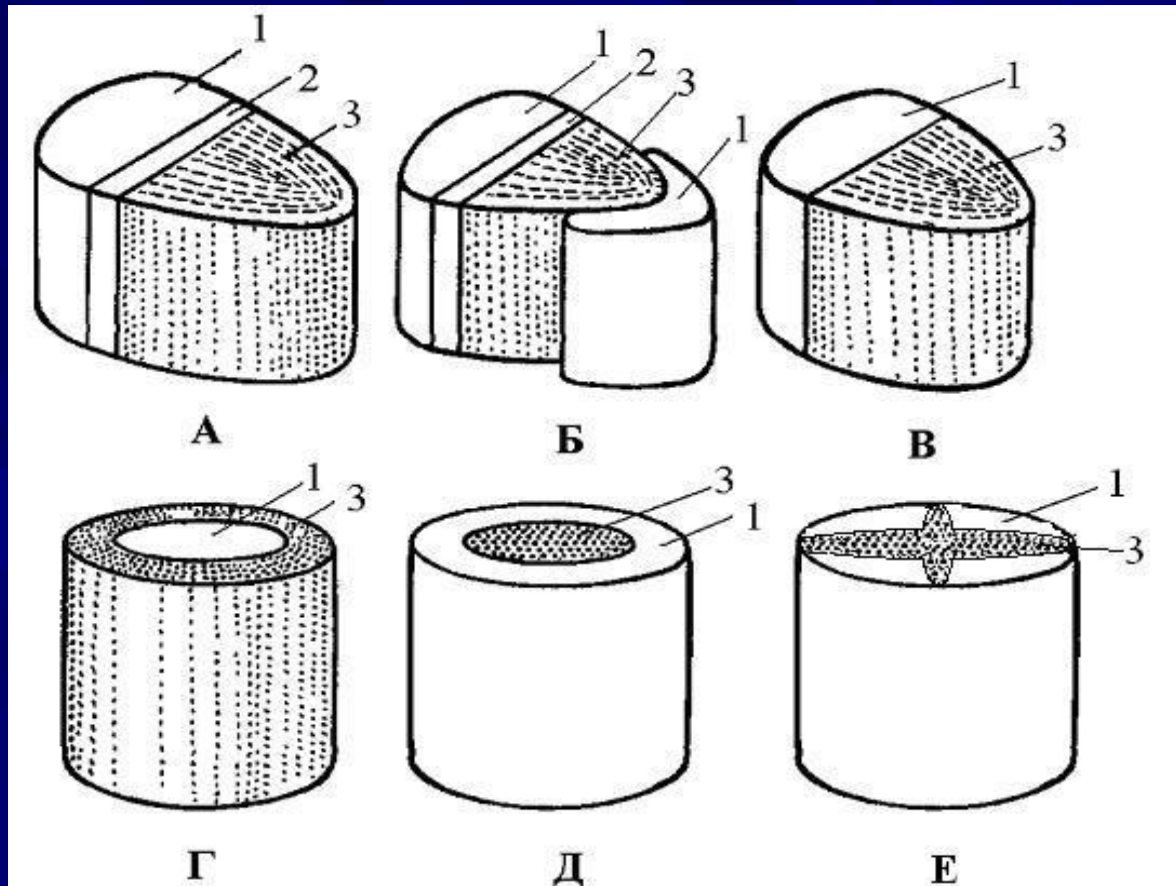
4

уменьшение числа ситовидных полей на боковых стенках

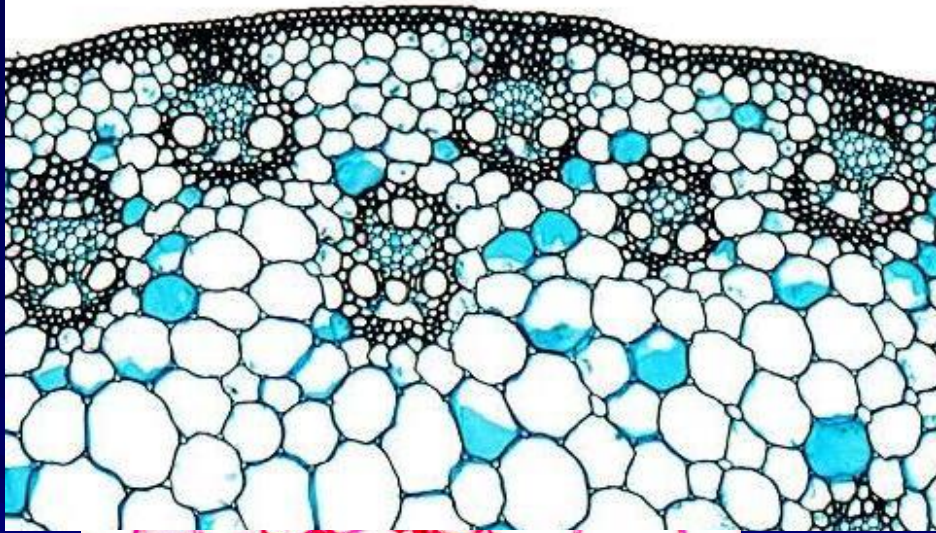


Проводящие пучки

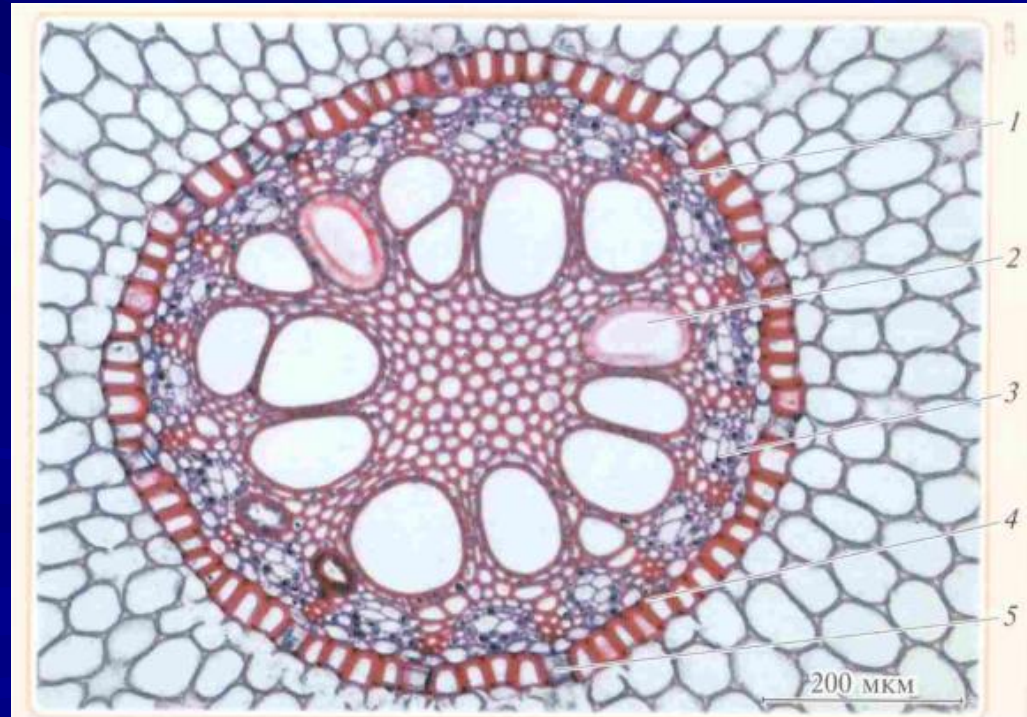
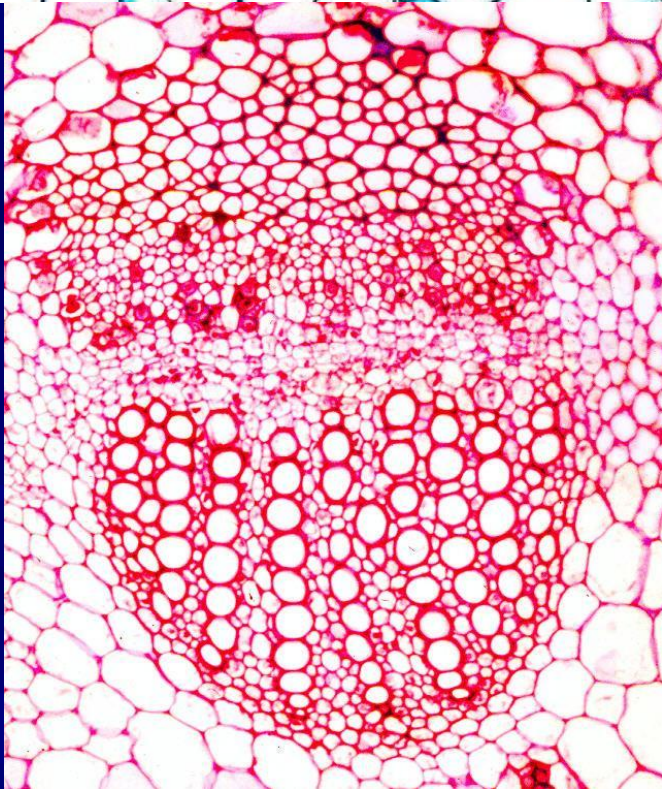
Проводящие пучки



А - открытый коллатеральный; Б - открытый биколлатеральный; В - закрытый коллатеральный; Г, Д - концентрические (Г - амфивазальный, Д - амфикрибральный); Е - радиальный.
1 - флоэма, 2 - камбий, 3 - ксилема.



Botanical Society of America
Marsh Sundberg



Спасибо
за внимание!

