

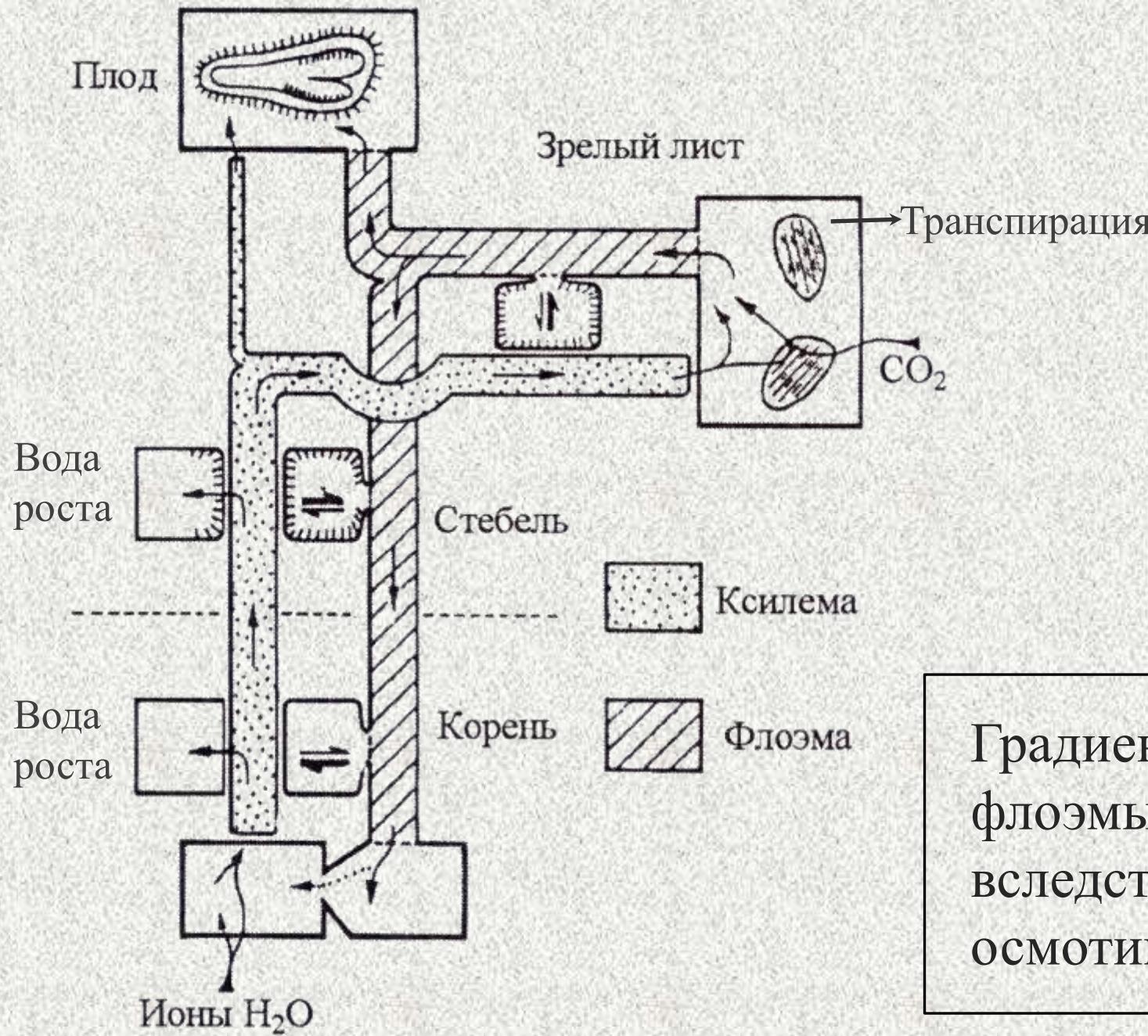
ПРОВОДЯЩИЕ ТКАНИ

Симплластный транспорт – транспорт по цитоплазматическому континууму

Эндопластный транспорт – транспорт по межклеточной эндоплазматической сети, включая вакуоли

Апопластный транспорт – транспорт по межклеточной экзоплазматической сети

*Проводящие ткани
обеспечивают направленный
транспорт веществ на
большие расстояния*



Ю. В. Гамалей

ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА
СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ



Градиент давления вдоль русла флоэмы и ксилемы возникает вследствие разницы концентрации осмотиков в терминалях листа и корня

Распределение транспортных потоков в теле растения

Аксиомы транспортной концепции:

1. открытая система циркуляции водных растворов
2. цитоплазматическая вода прочно связана и ее вклад в циркуляцию воды по транспортной системе невелик
3. циркуляция воды апопласта и эндопласта подчинена законам осмоса
4. баланс циркулирующей по проводящим тканям и паренхиме воды контролируется не только почвенным поглощением и устьичным выделением, но и локальным синтезом и гидролизом органических осмотиков

*Ксилема и флоэма, несмотря
на различие направлений
потоков и типов транспорта,
имеют заметное сходство в
структуре.*

*Ксилема и флоэма ткани
комплексные.*

В их состав входят:

- 1. собственно проводящие элементы*
- 2. механические элементы*
- 3. паренхимные клетки*

*Междудо механическими
волокнами и паренхимой
существуют промежуточные
варианты.*

*Все паренхимные клетки
вытянуты в том или ином
направлении.*

*Направление растяжения
клеток совпадает с
направлением транспорта по
эндопласту.*

Ксилема

*Ксилема реализует
основной аопластный
транспорт.*

Скорость транспорта составляет 1-8 м/ч

*Источником
азотосодержащего потока
ксилемы служит почвенный
раствор веществ.*

Ксилемная жидкость представляет собой 0,1–0,4%-ный раствор неорганических веществ, органических кислот, аминокислот, витаминов, гормонов, алкалоидов и т.п.



Acer saccharum

Весенняя пасока может содержать до 2,5% сахарозы

1. Трахеальные элементы

*При дифференциации
трахеальных элементов
происходит лигнификация
оболочки и аутолиз
протопласта.*



Бурая («сухая») гниль древесины
(*Fomitopsis* sp. и др. грибы)

Волокнистая гниль древесины
(*Donkioporia expansa* и др. грибы)



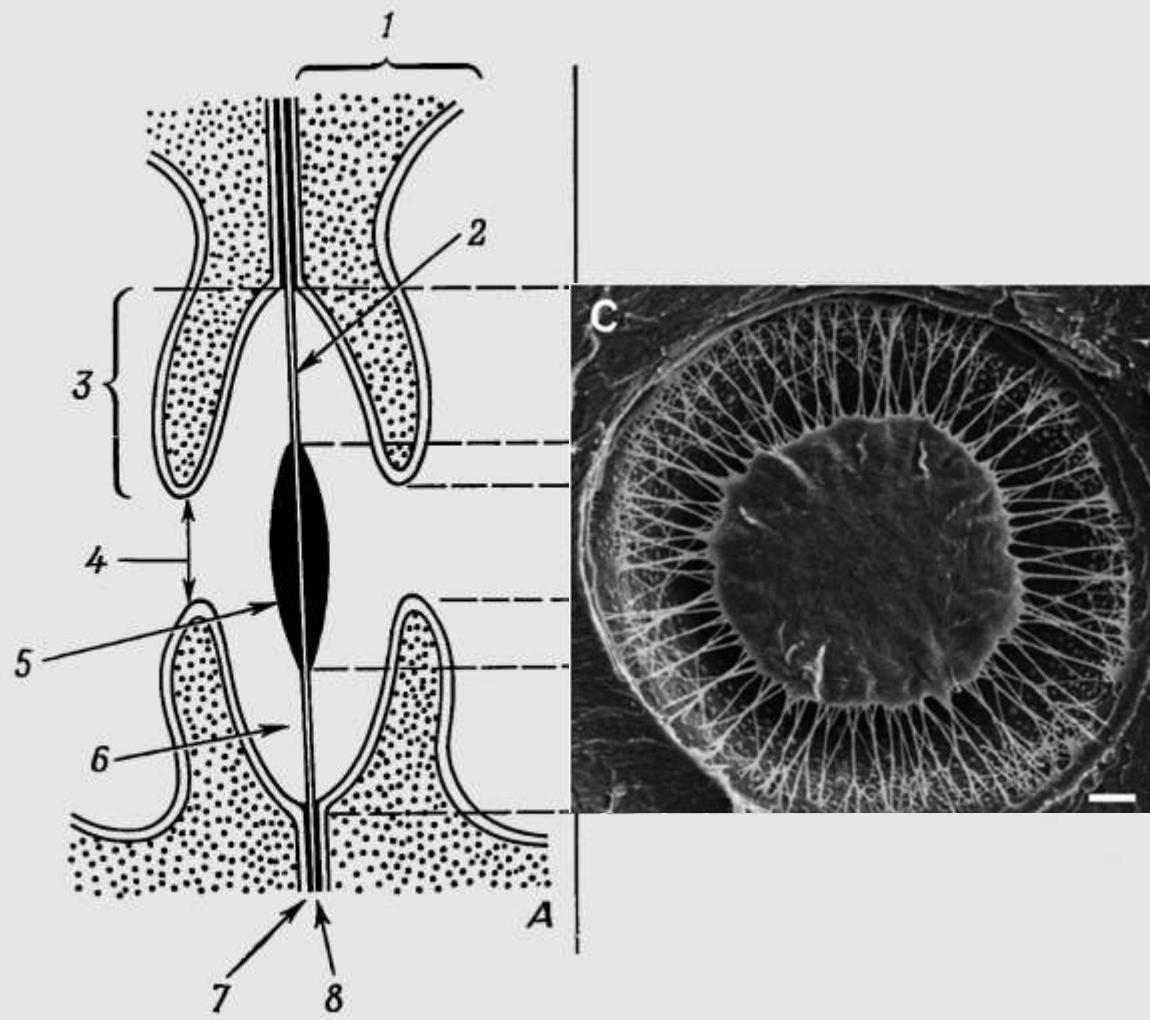
1. Трахеальные элементы трахеиды



Трахеиды *Pinus* sp.

Сопротивление одиночной окаймленной поры трахеиды лежит в пределах 0,073–28 МПа.

При увеличении числа пор на стенке гидравлические потери уменьшаются (при прочих равных условиях) и составляют 0,000005–0,057 МПа.



Пара пор с торусом трахеид *Pinus sp.*

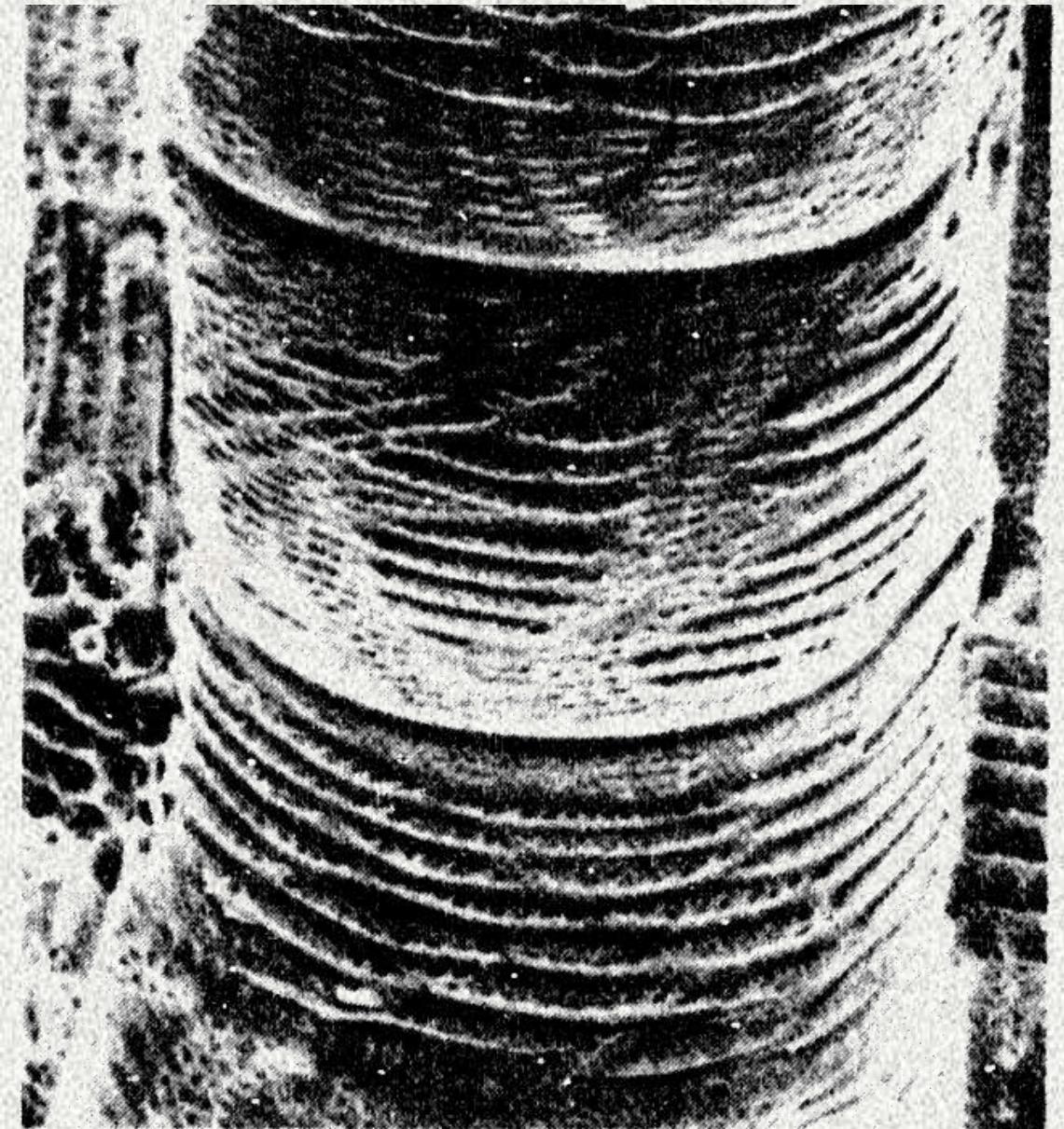
Маргинальная зона замыкающей пленки поры вокруг торуса проводит растворы эффективнее гомогенной замыкающей пленки и оказывает меньшее сопротивление.

При удалении окаймления от замыкающей пленки поры гидравлические потери уменьшаются.

1. Трахеальные элементы

трахеиды

членники сосуда (трахеи)



Сосуд *Quercus rubra*

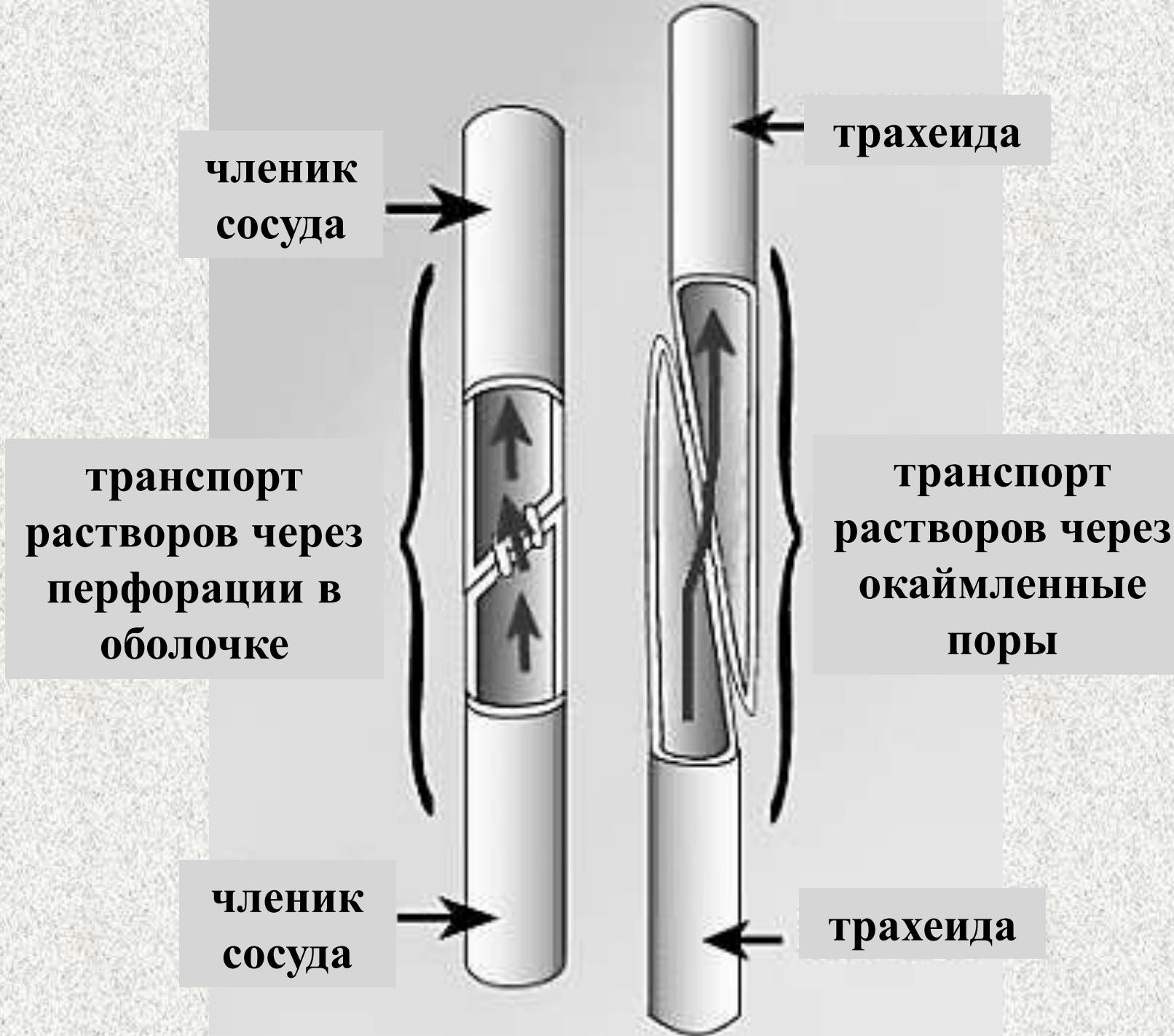


Quercus rubra



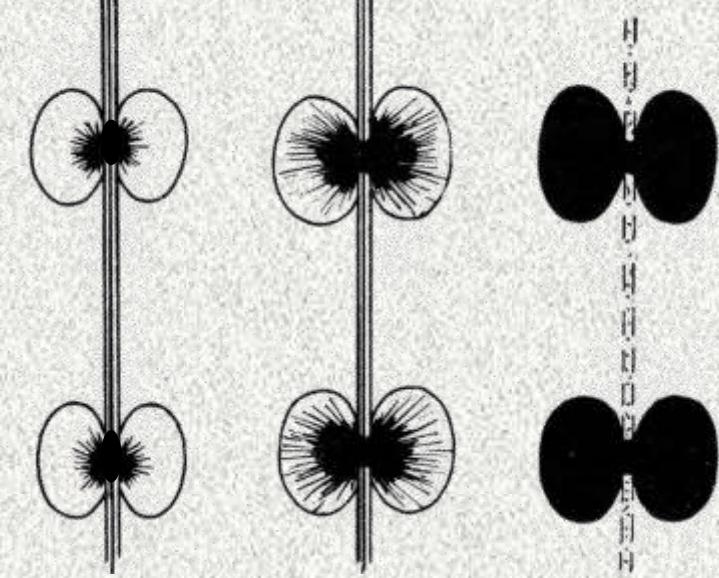
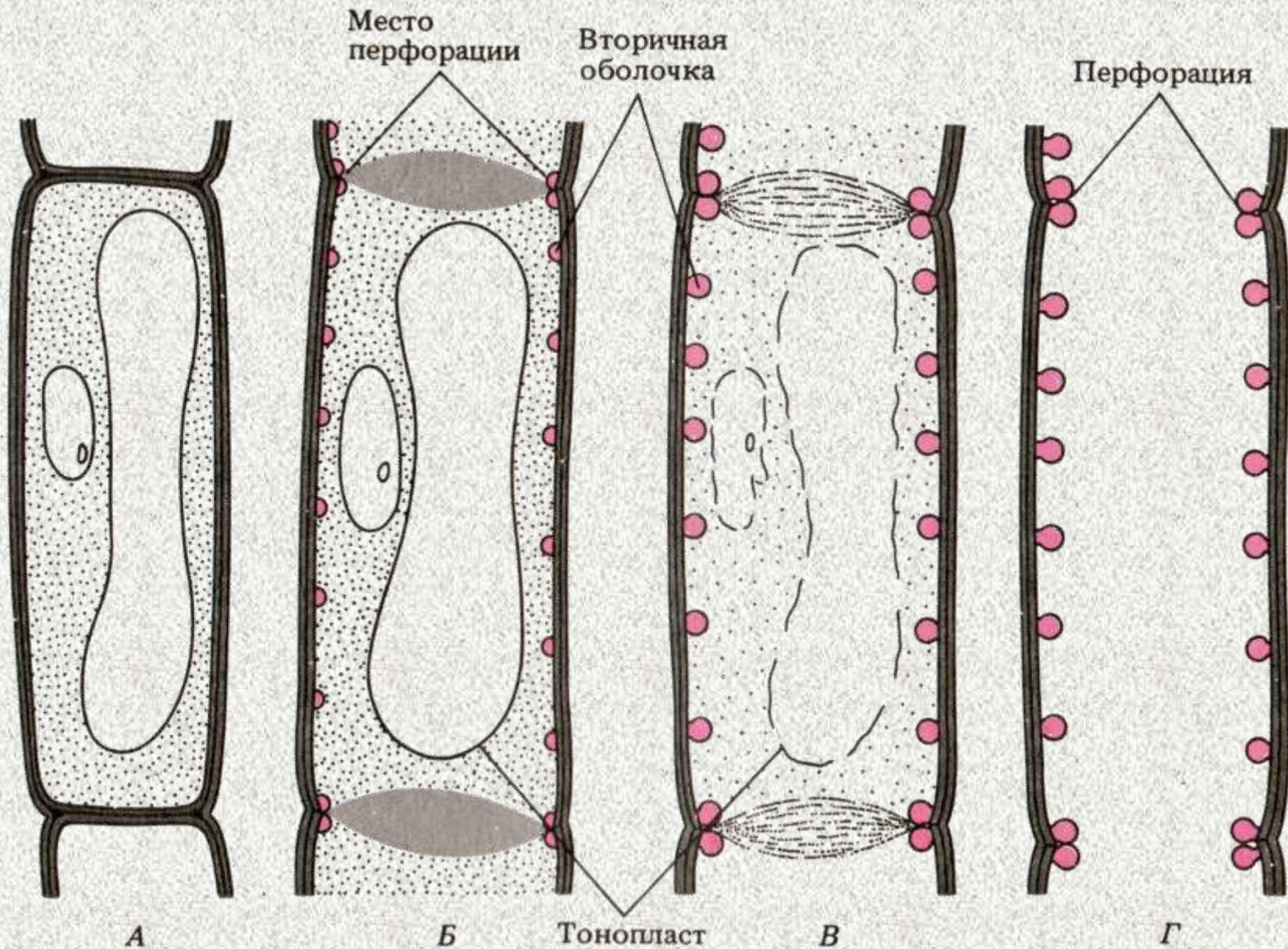
Fraxinus americana

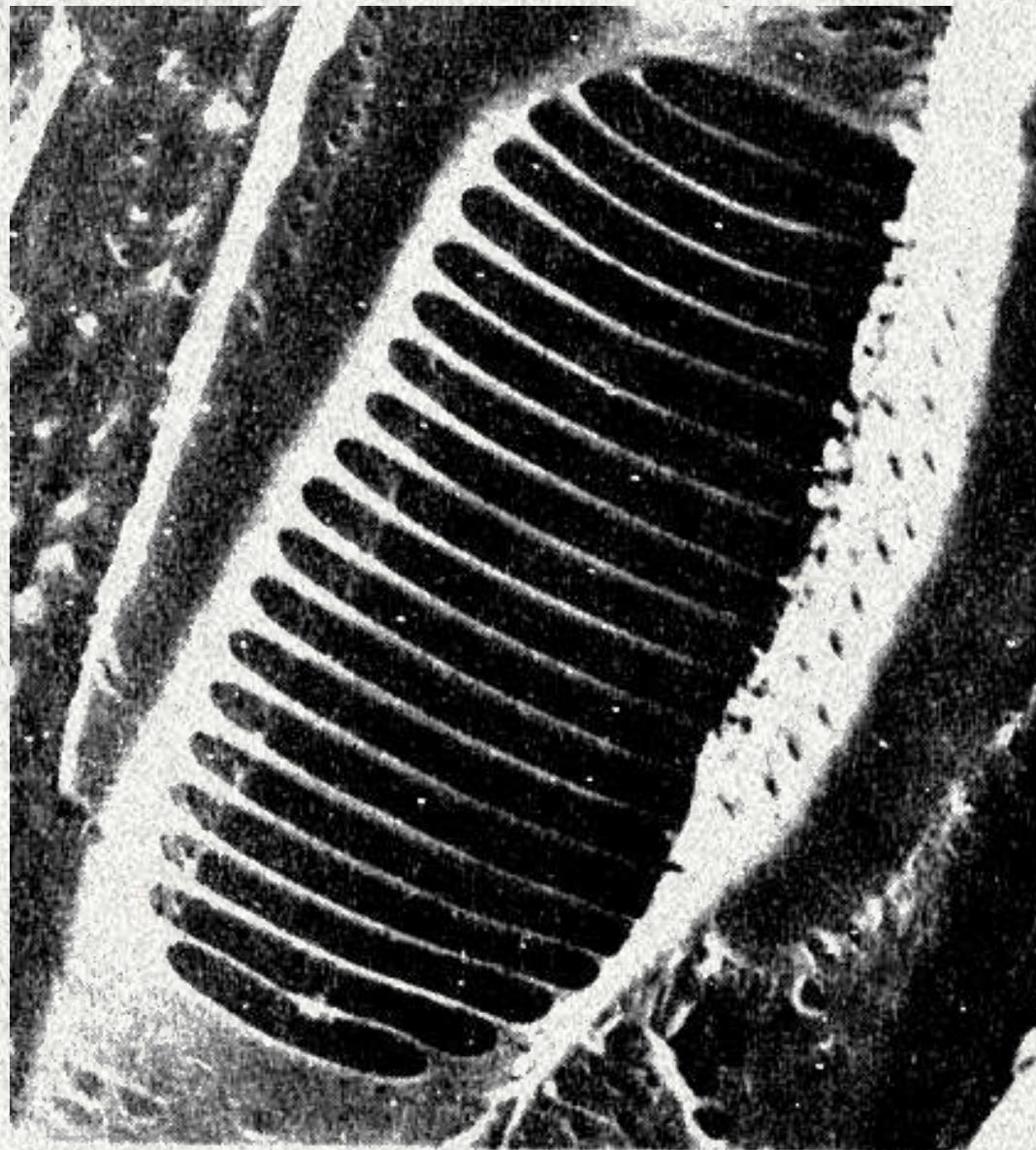
Длина сосудов может достигать нескольких метров, так у *Quercus rubra* она составляет 10,5–11 м, а у *Fraxinus americana* – до 18 м



*Сосуды эффективнее
проводят воду, чем трахеиды.*

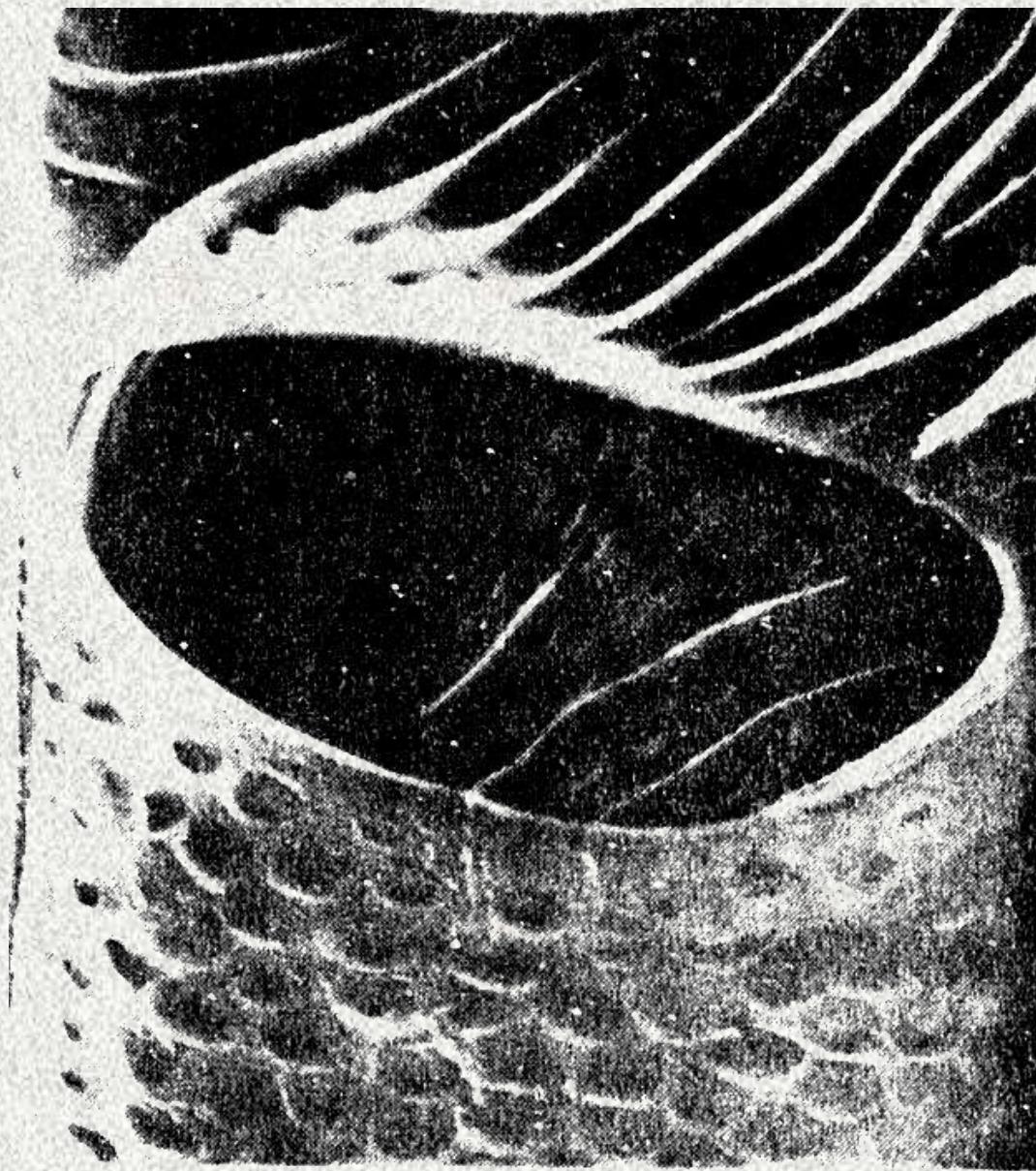
*Из-за большего диаметра они
хуже противостоят
кавитации, чем трахеиды.*





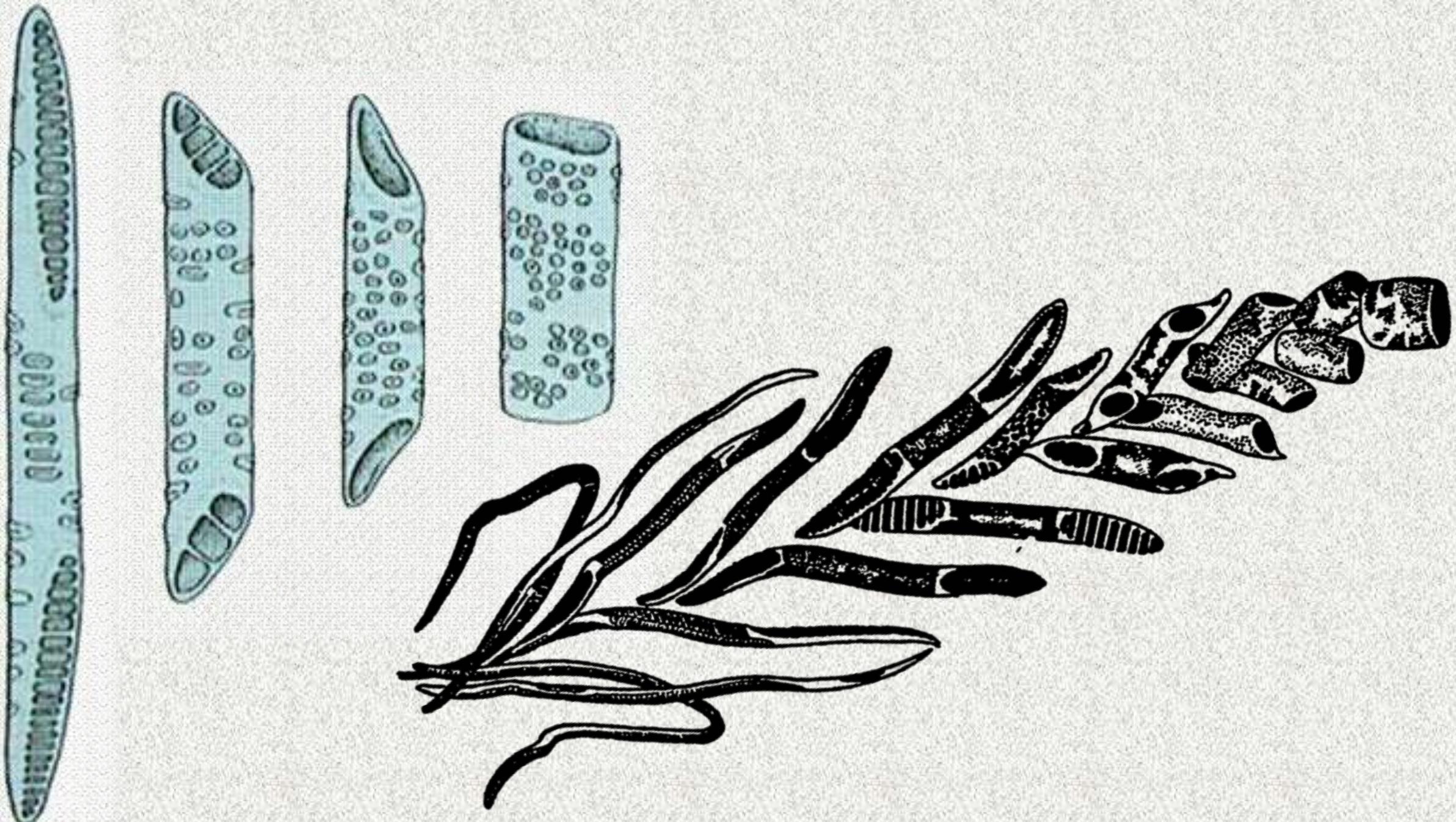
20 мкм

Сложная перфорационная пластиинка в сосуде *Alnus* sp.



20 мкм

Простая перфорационная пластиинка в сосуде *Tilia cordata*



Эволюционные преобразования трахеальных элементов древесины

Чем длиннее и шире сосуд, тем выше его гидравлическая проводимость.

Гидравлическая проводимость сосуда примерно равна четвертой степени его диаметра (например, сосуды диаметром 1, 2 и 4 соответственно проводят объем раствора 1, 16 и 256).

При продвижении вверх по побегу гидравлическая проводимость падает из-за уменьшения сечения и длины сосудов , а также сопротивления при переходе через поры между сосудами.

Например, в побеге *Dendranthema grandiflorum* через каждые 0,34 м гидравлическая проводимость снижается на 50%



Трахеальные элементы первичной ксилемы

протоксилема

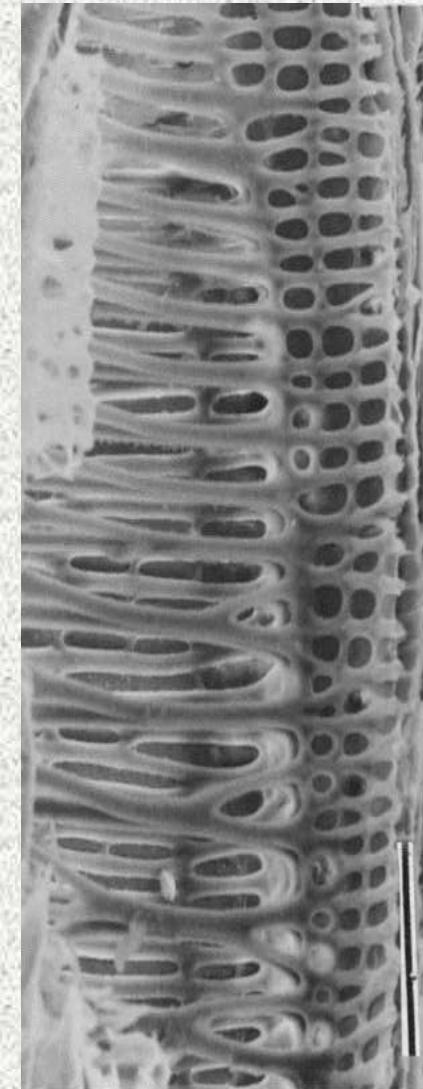


кольчатый



спиральный

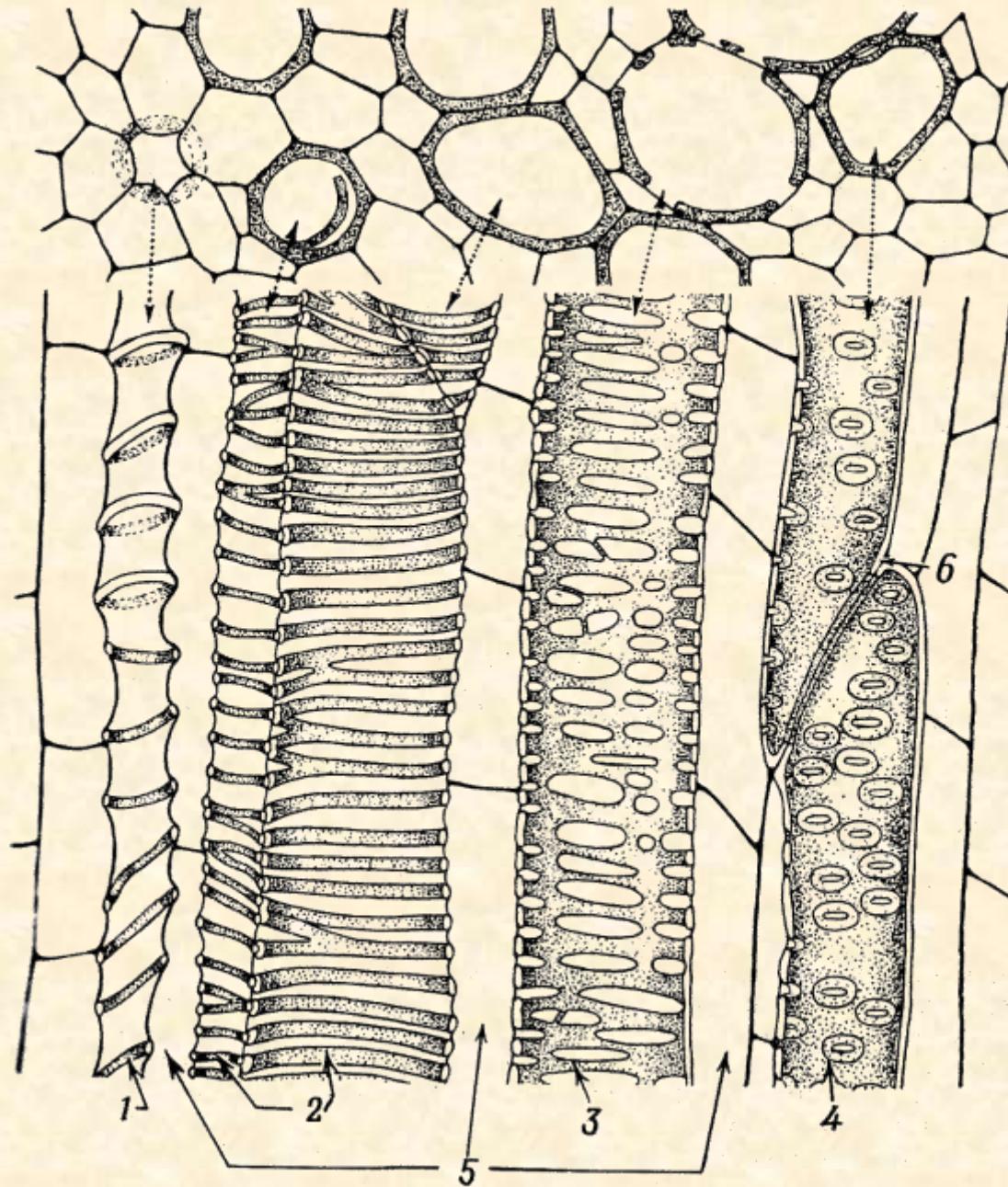
метаксилема



сетчатый



лестничный



Первичнаяproto- и метаксилема, и вторичная ксилема *Aristolochia* sp.

1. Трахеальные элементы

2. Механические (волокнистые)

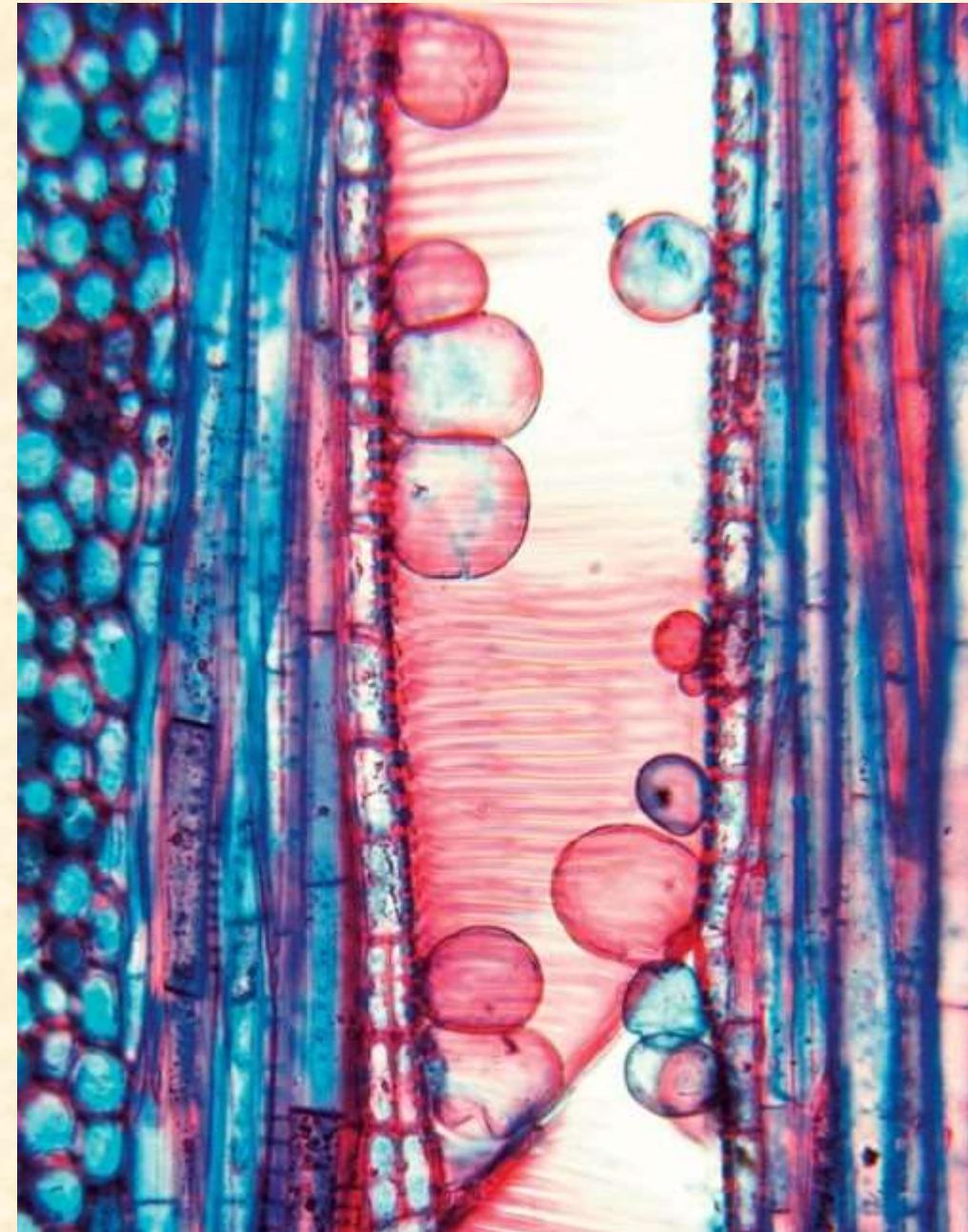
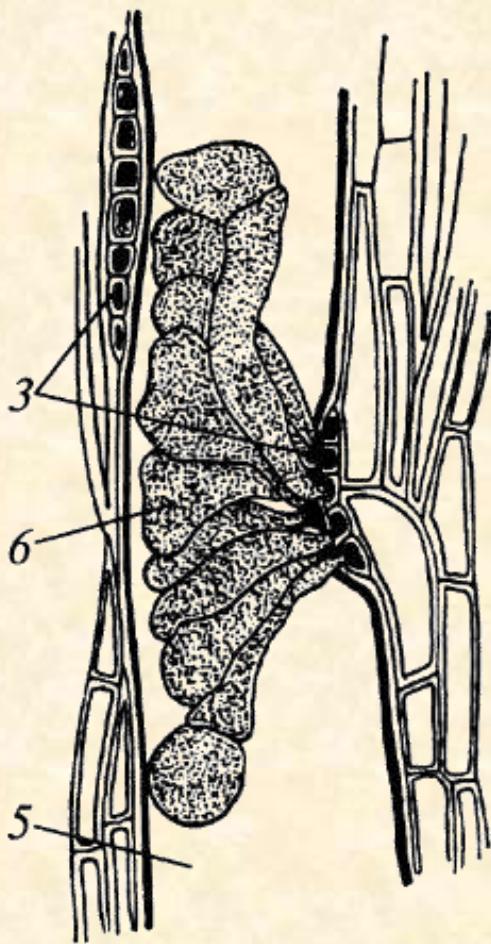
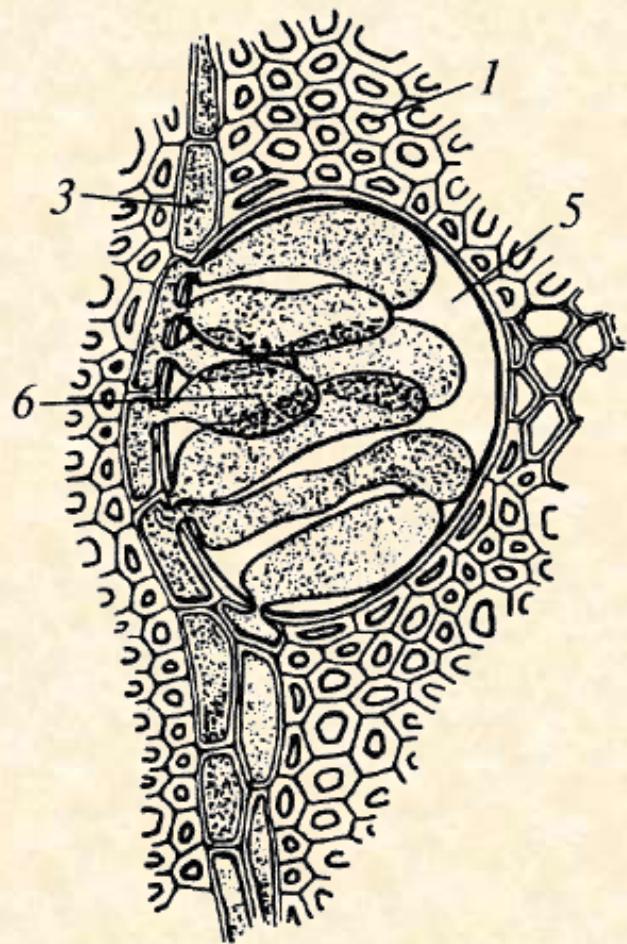
элементы

(волокнистые трахеиды и волокна либриформа)



Головной убор народности Тлинкиты из древесины (вторичной ксилемы) корня *Picea sp.*

1. Трахеальные элементы
2. Механические элементы
3. Паренхима



Типозис сосуда

Флоэма

*Флоэма реализует
основной эндопластный
транспорт.*

Скорость транспорта составляет 0,5-1,5 м/ч

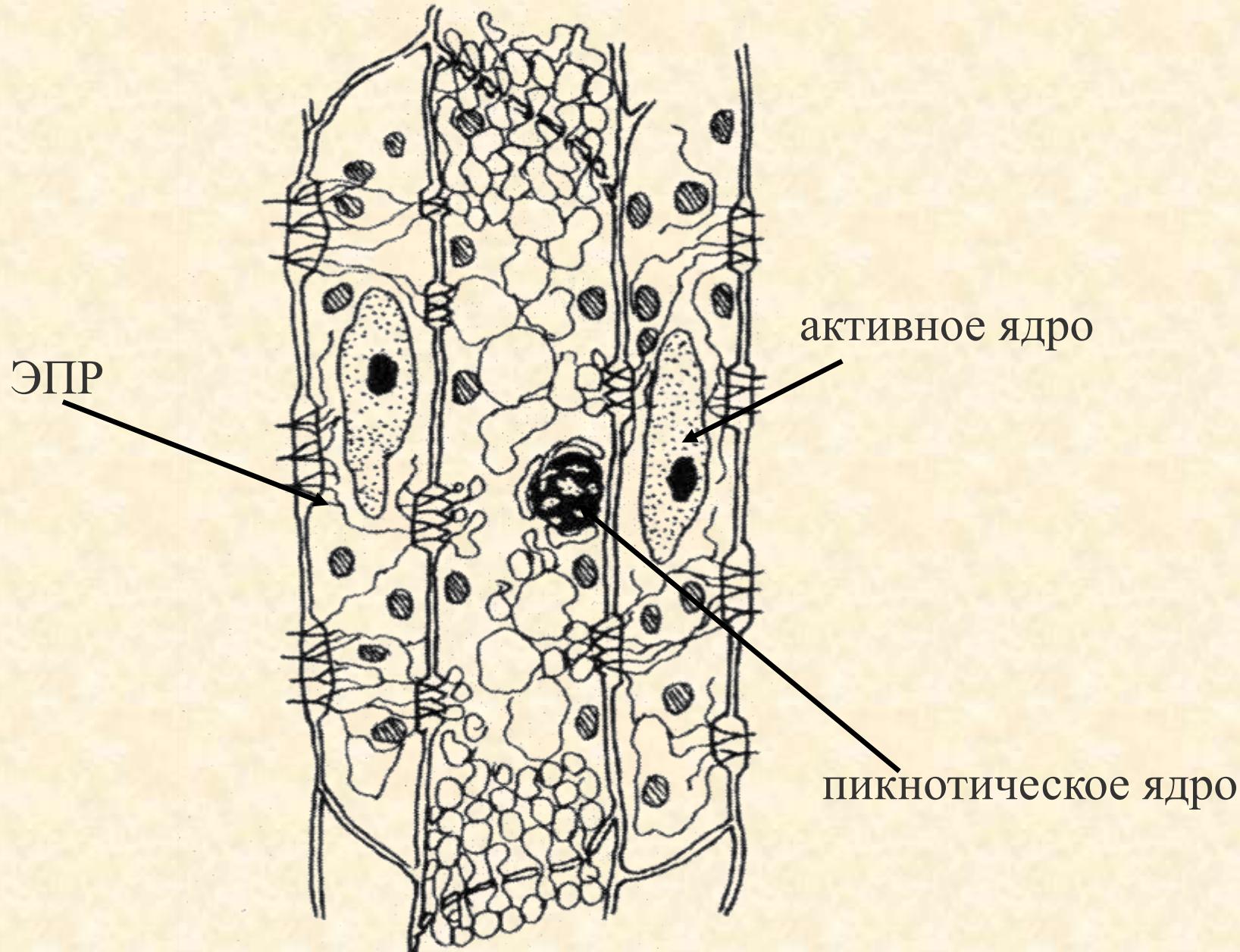
*Углеводный ток по флоэме
формируется из продуктов
фотосинтеза и ксилемной
воды.*

1. Ситовидные элементы
2. Паренхима
3. Механические волокна

В ситовидных элементах, при их дифференции, сохраняется мембрана эндоплазматической сети, пластиды и митохондрии. Этим они принципиально отличаются от трахеальных элементов, в которых все мембранны разрушаются.

1. Ситовидные элементы

ситовидные клетки



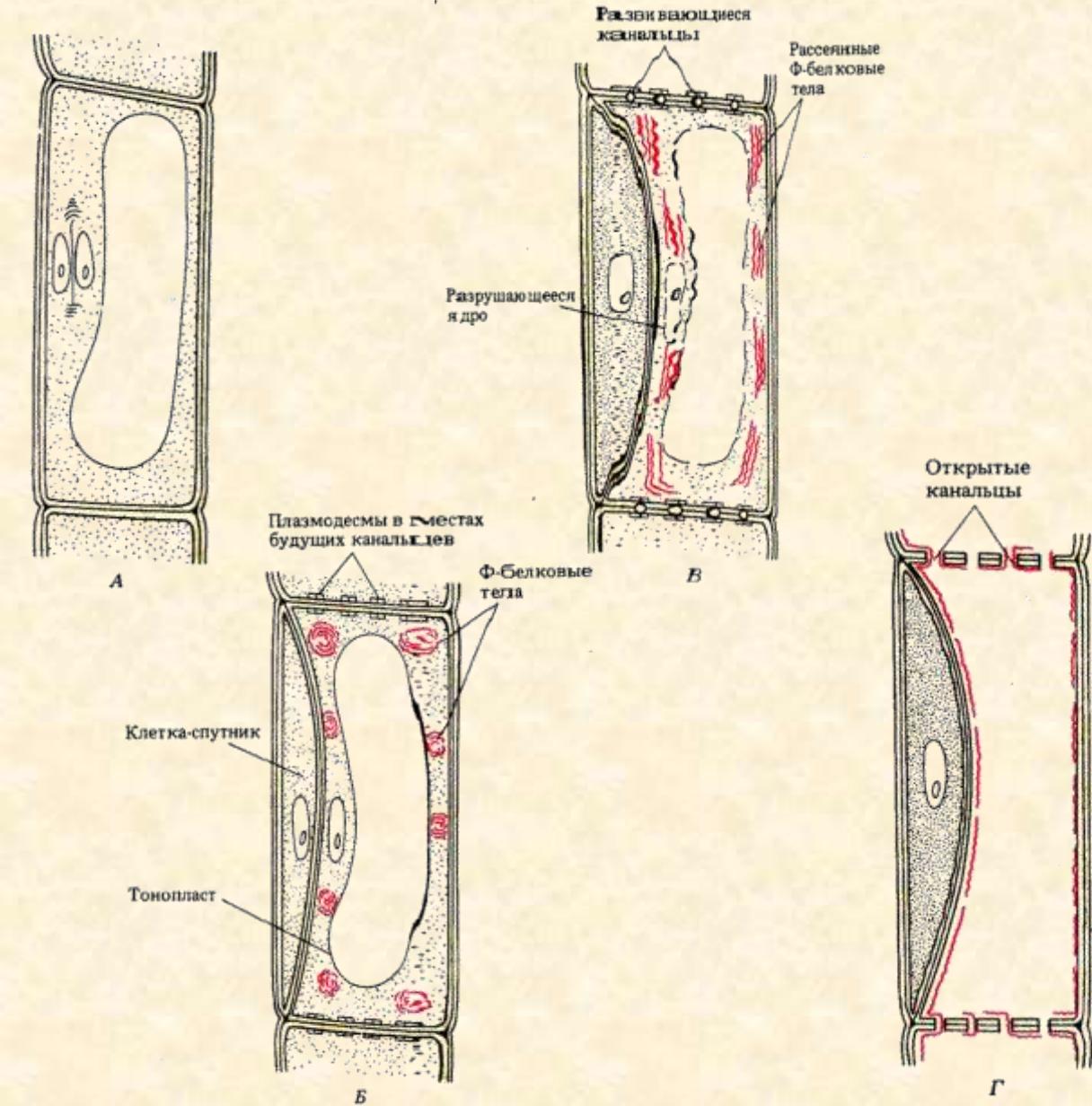
Ситовидные и паренхимные клетки голосеменных

1. Ситовидные элементы

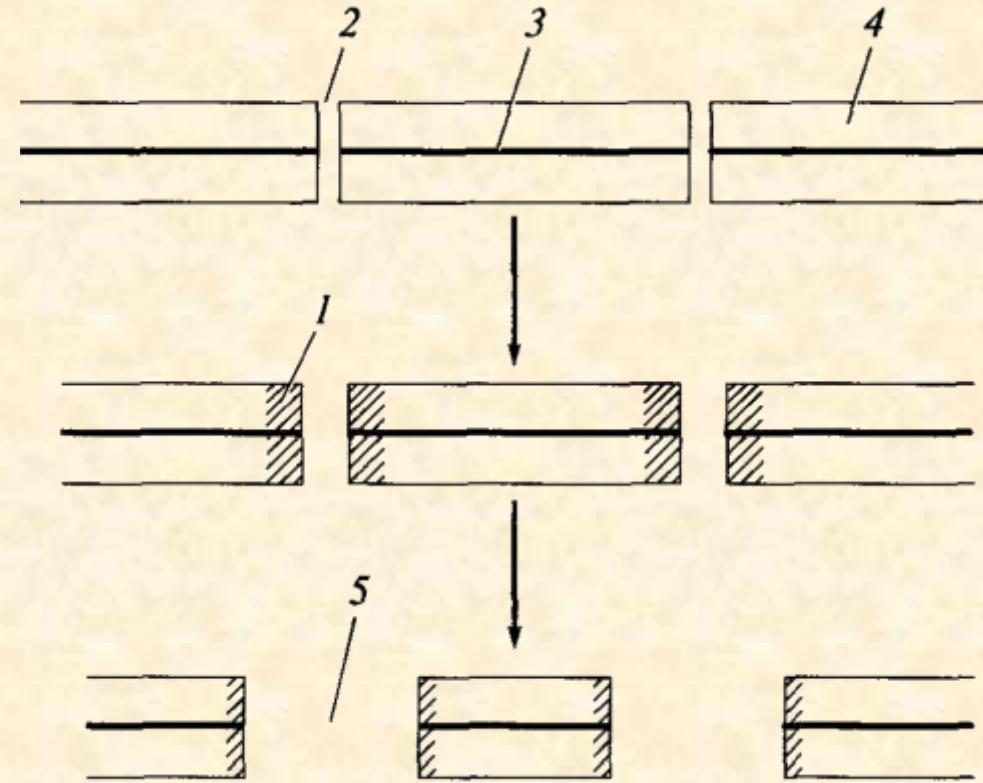
ситовидные клетки

*членики ситовидной трубы с
сопровождающими клетками*

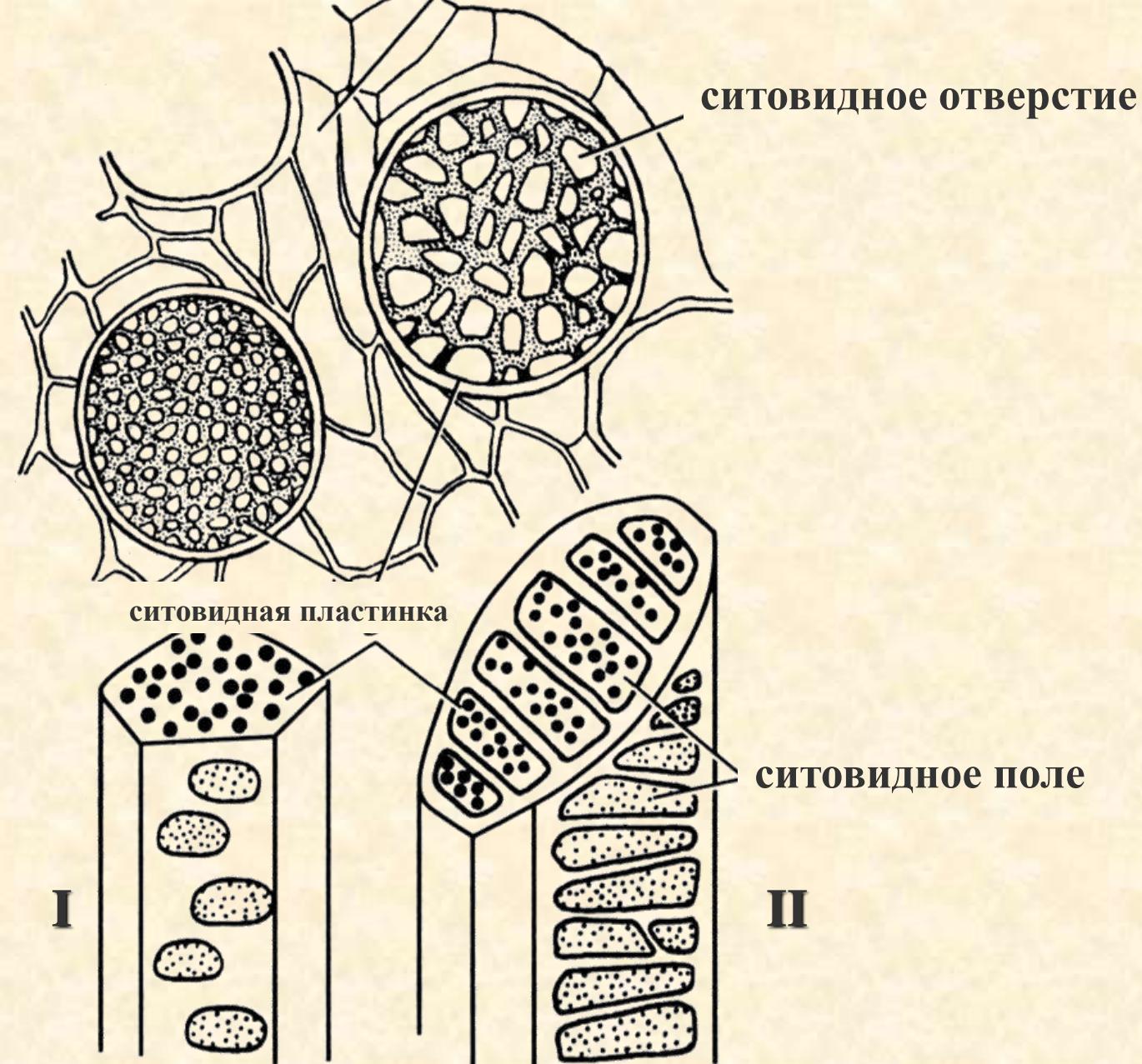
Схема развития ситовидной трубки



Образование ситовидных отверстий

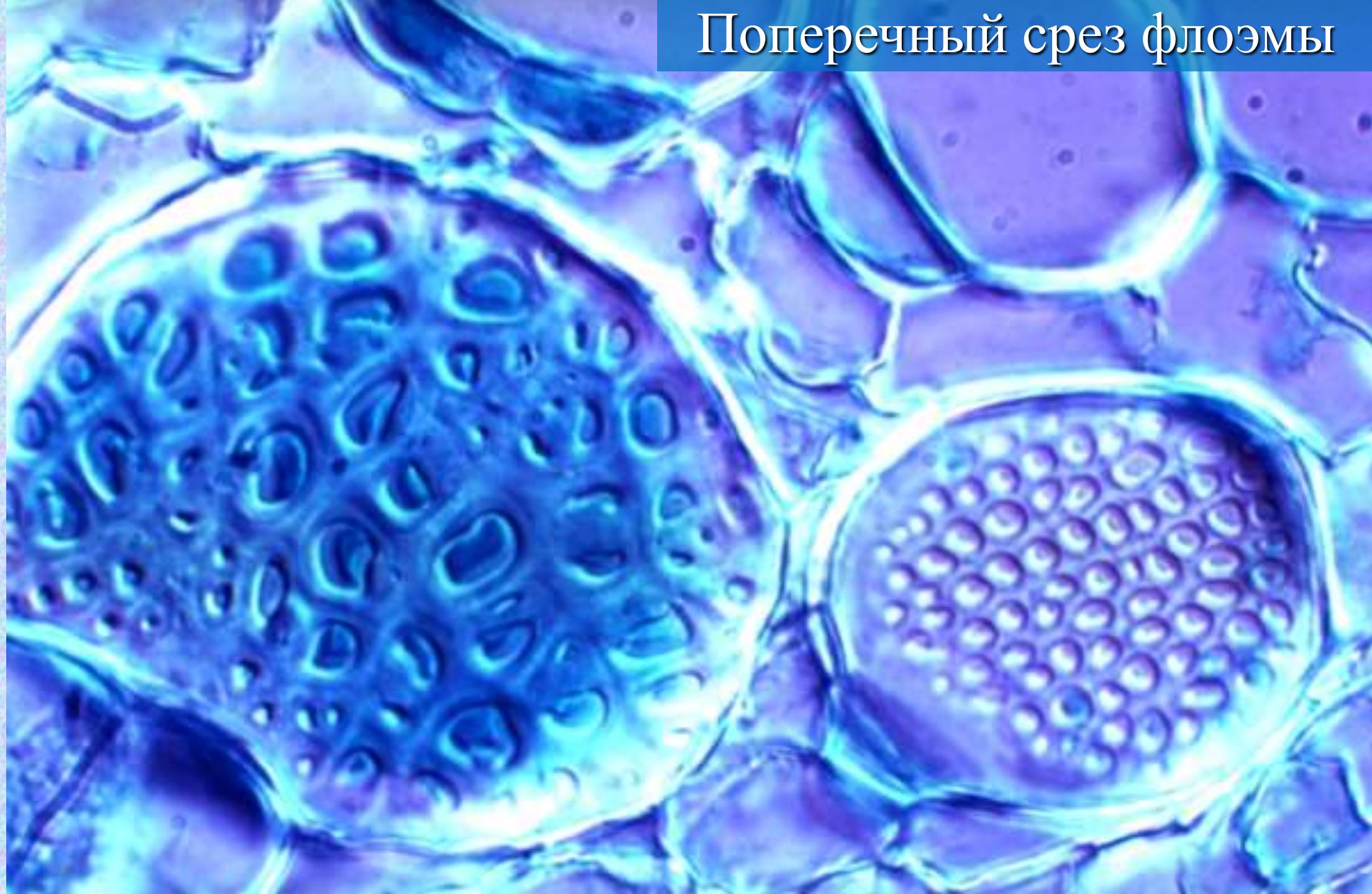


1 – каллоза, 2 – плазмодесма, 3 – пектиновая срединная пластинка, 4 – первичная стенка, 5 – ситовидное отверстие



Ситовидные пластиинки: I – простая; II - сложная

Поперечный срез флоэмы

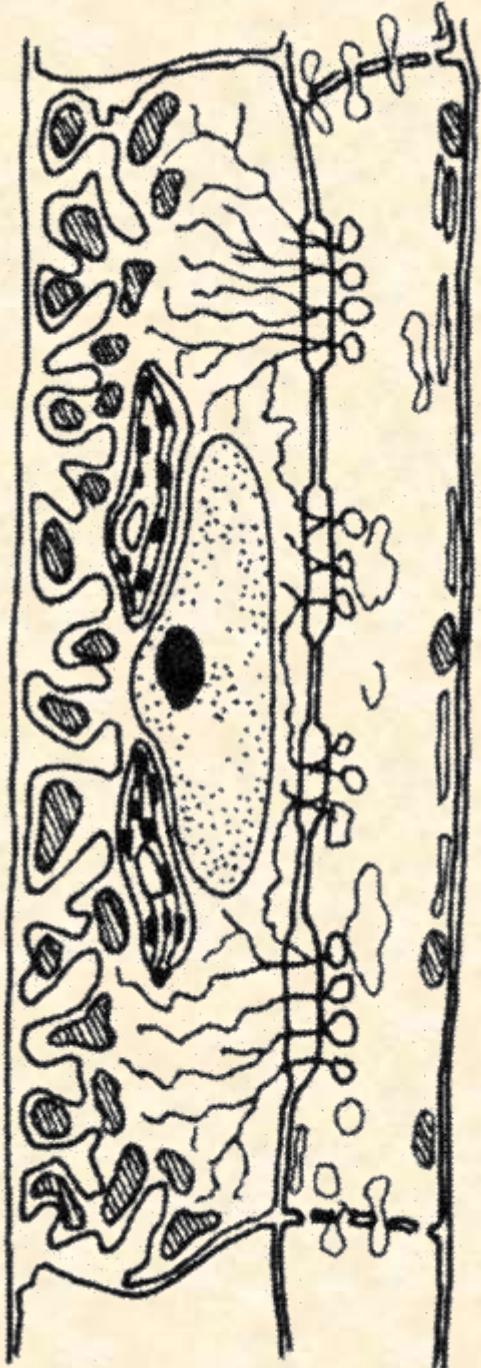




Реконструкция сопровождающей
клетки по данным ТЭМ

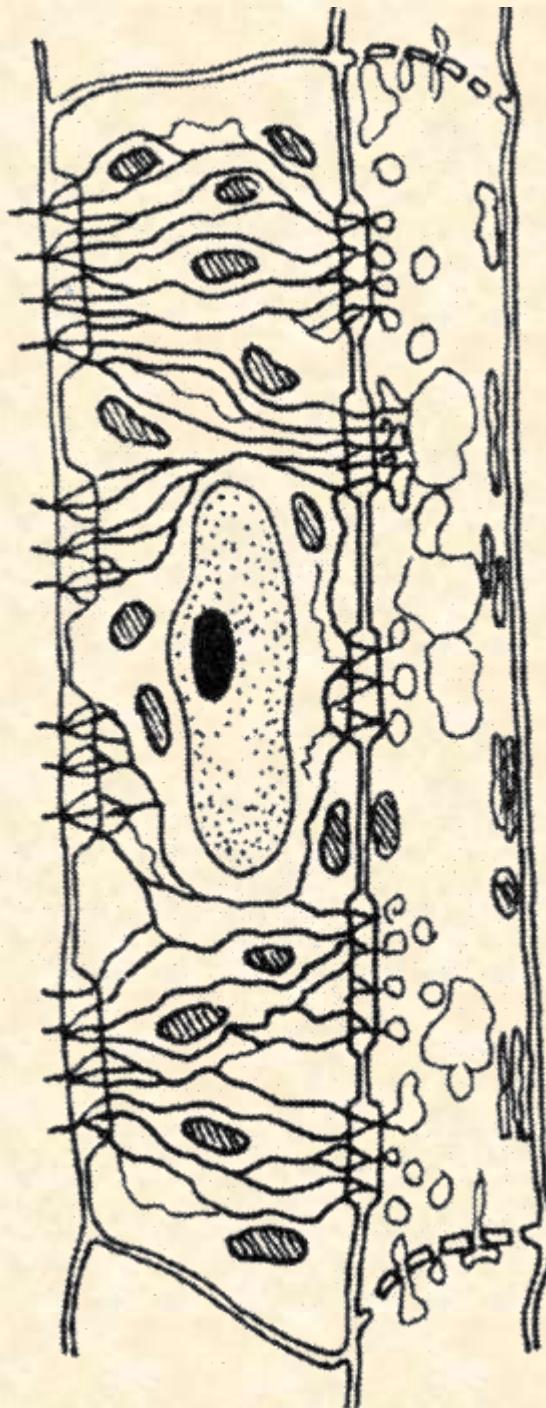
1. Несколько мелких пластид без пигментов или один амебоидный лейкопласт с плотной стромой и несколькими разрозненными тилакоидами.
2. Хондриом гипертрофирован, с гиперфункцией. Митохондрии имеют сетевую структуру, подобную структуре ЭПР. Такой хондриом описывают как митохондриальный ретикулум.

Типы клеток спутников



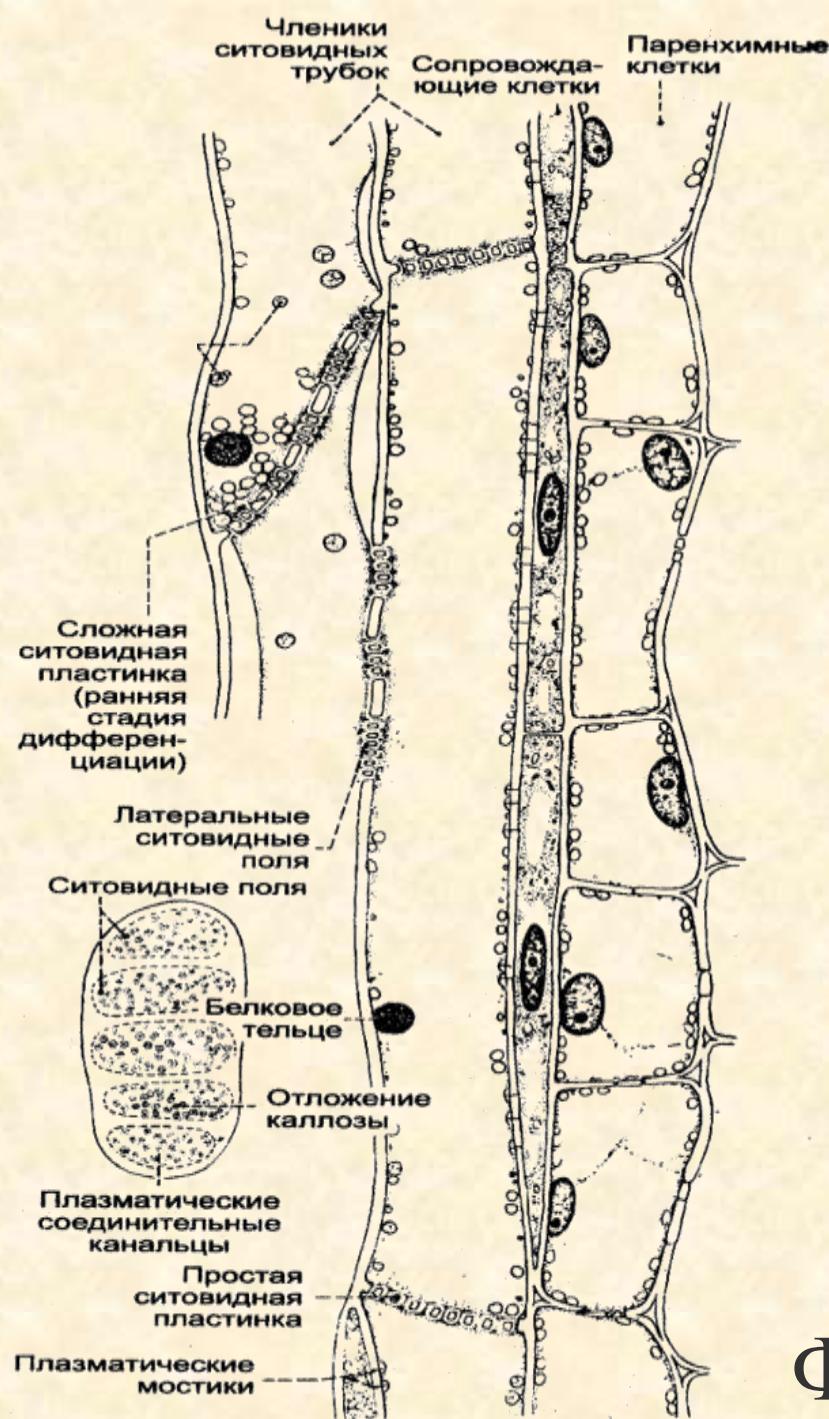
Закрытые спутники – каждый ситовидный элемент имеет несколько спутников, оболочка которых образует лабиринт, с его помощью происходит перегрузка сахарозы из апопласта в ситовидные трубки. У спутников отсутствуют плазмодесменные контакты с паренхимой.

Апопластная загрузка характерна для деревьев.



Типы клеток спутников

Открытые спутники – каждый ситовидный элемент имеет один спутник, специализирующийся на его загрузке сахарозой и олигосахаридами по эндоплазматической сети и плазмодесмам. Спутник отличается интенсивным развитием лабиринта ЭПР. Стенка, контактирующая с паренхимой, пронизана тысячами плазмодесм. Симпластная загрузка характерна для трав.

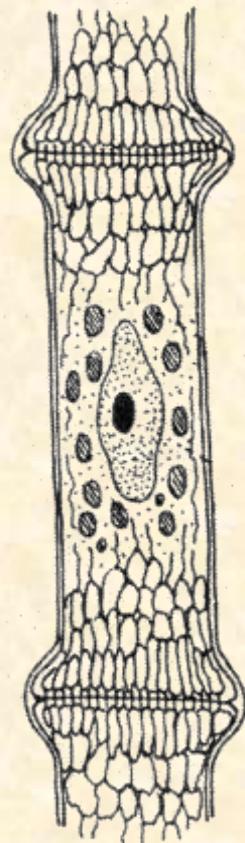


Диффузная пульсаторная система флоэмоцентрических плазмодесм по механизму функционирования напоминает миокард

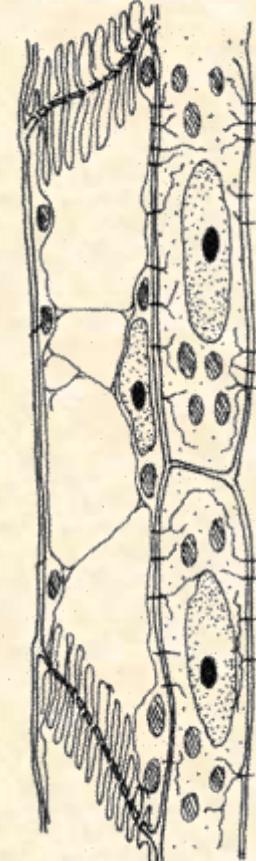


Флоэма *Passiflora sp.*

Эволюция структуры ситовидных элементов и паренхимы флоэмы

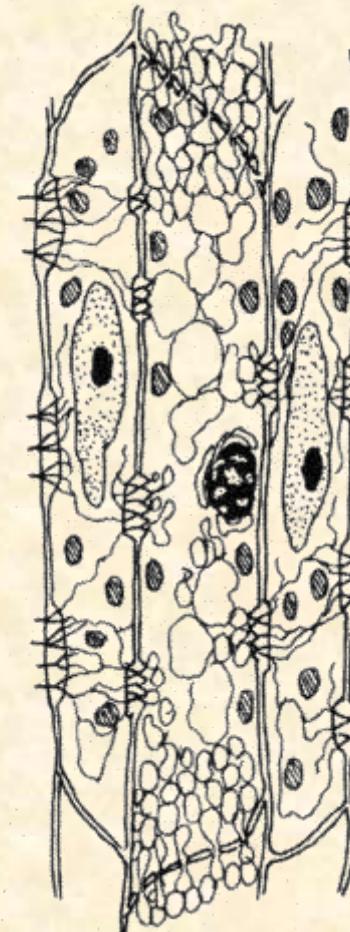


Ситовидные клетки (лептоиды)
и паренхима мхов



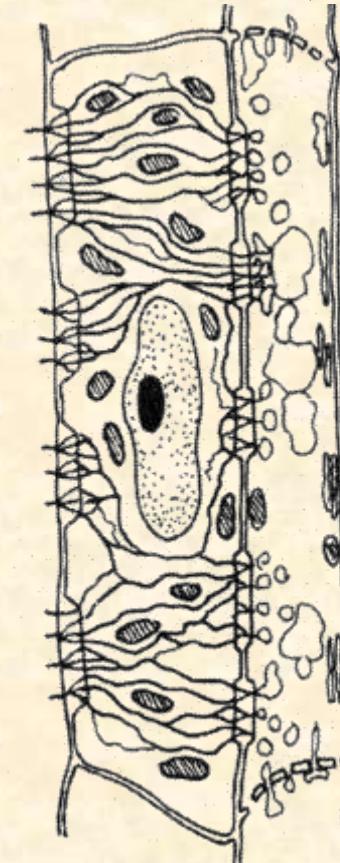
Ситовидные клетки
бурых водорослей

паренхима сходна с
закрытыми спутниками

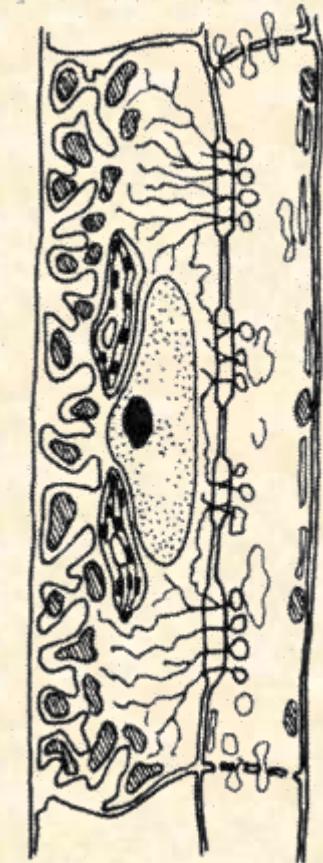


Ситовидные клетки
и клетки Страсбургера
голосеменных
клетки Страсбургера сходны
с открытыми спутниками

Ситовидные трубы и клетки-спутники
цветковых



с открытыми
спутниками



с закрытыми
спутниками

Диаметр ситовидных отверстий во флоэме сосудистых споровых порядка 0,15 мкм, у хвойных ~2 мкм, у покрытосеменных до 15-30 мкм.

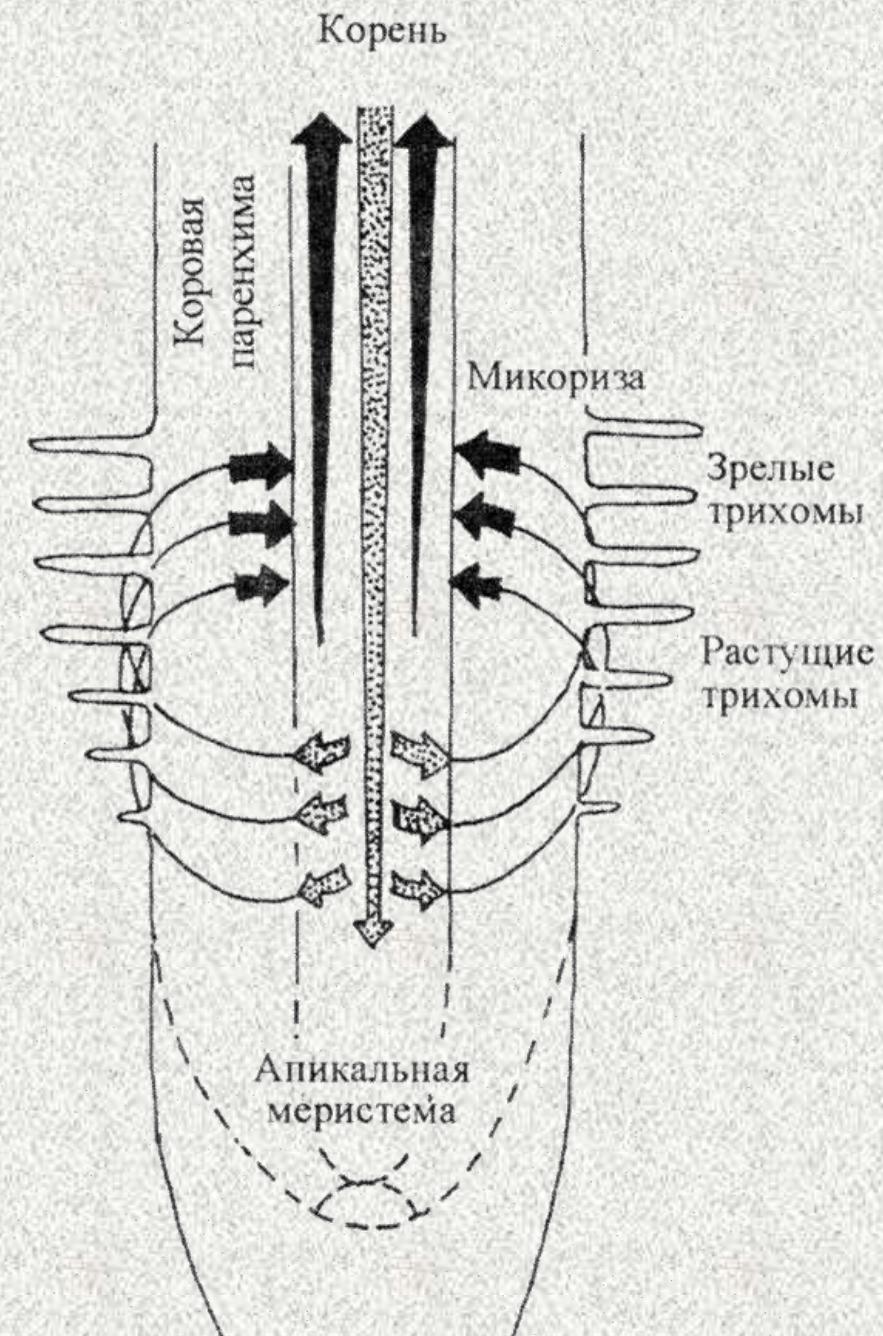
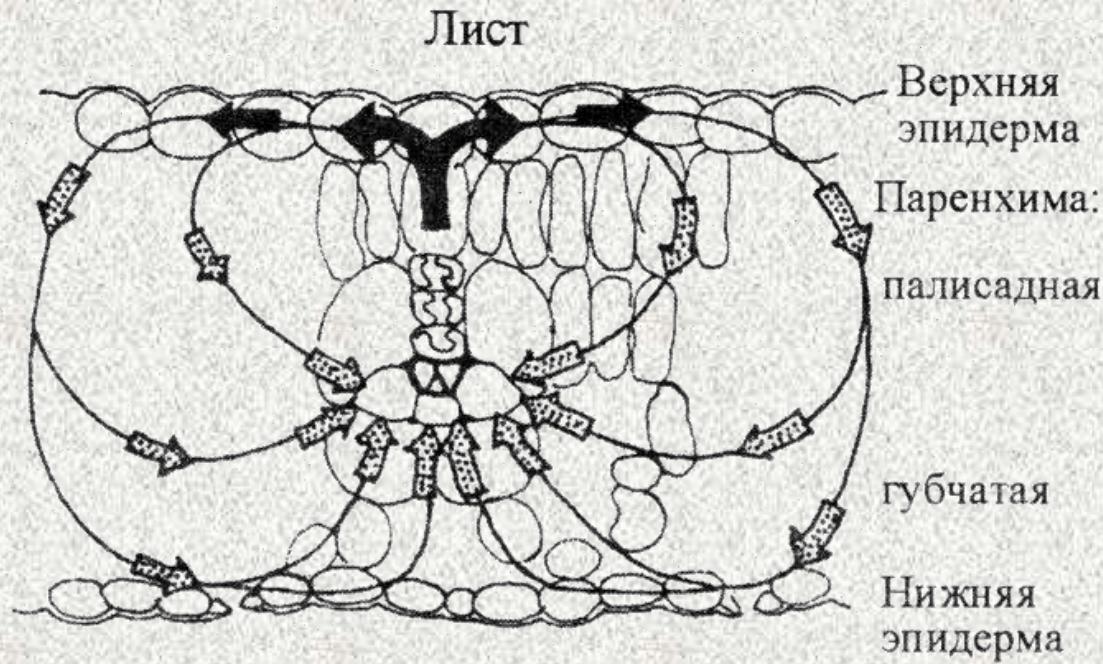


Одежда народности Оран-улу из
лубяных волокон *Artocarpus integer*

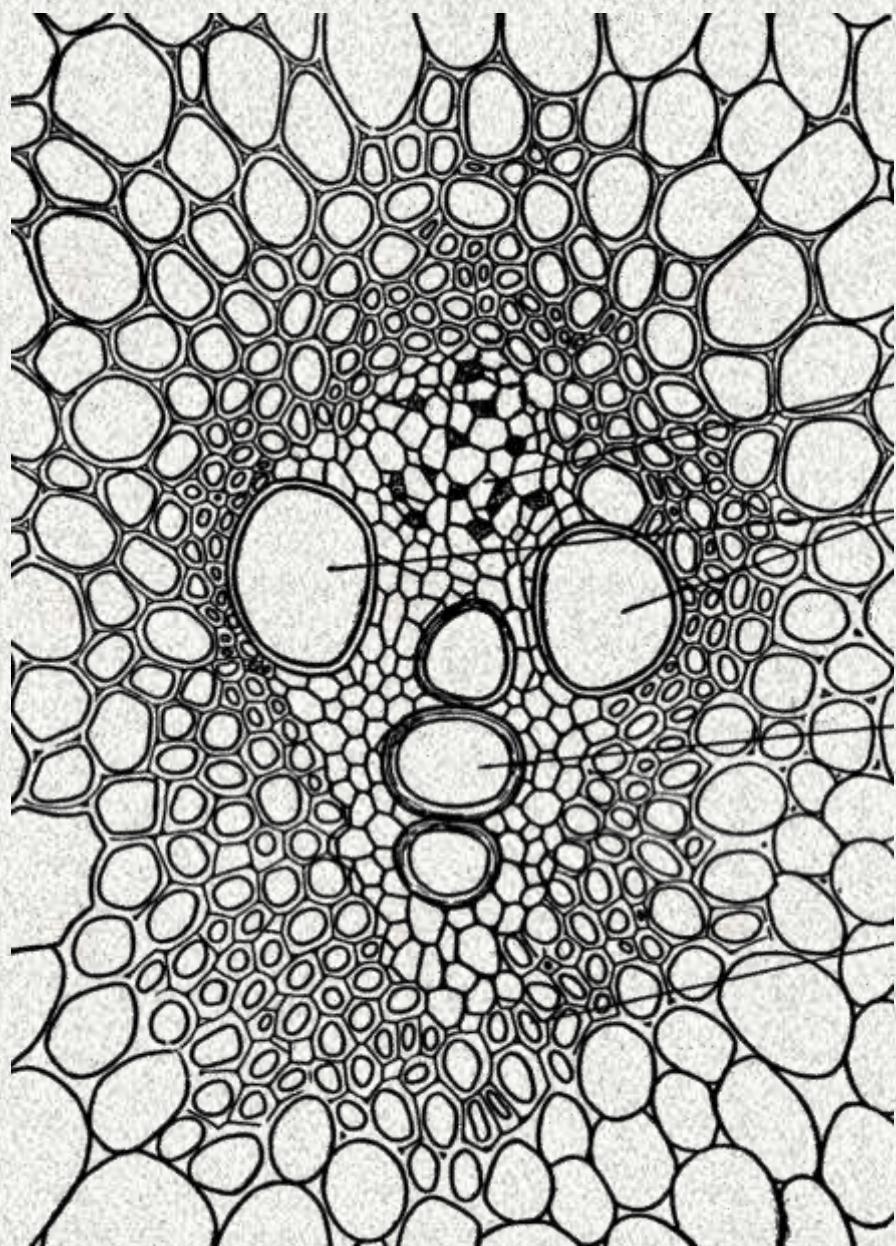
Проводящие пучки

В теле растения проводящие ткани располагаются сложным, сплошным массивом или формируют отдельные проводящие пучки.

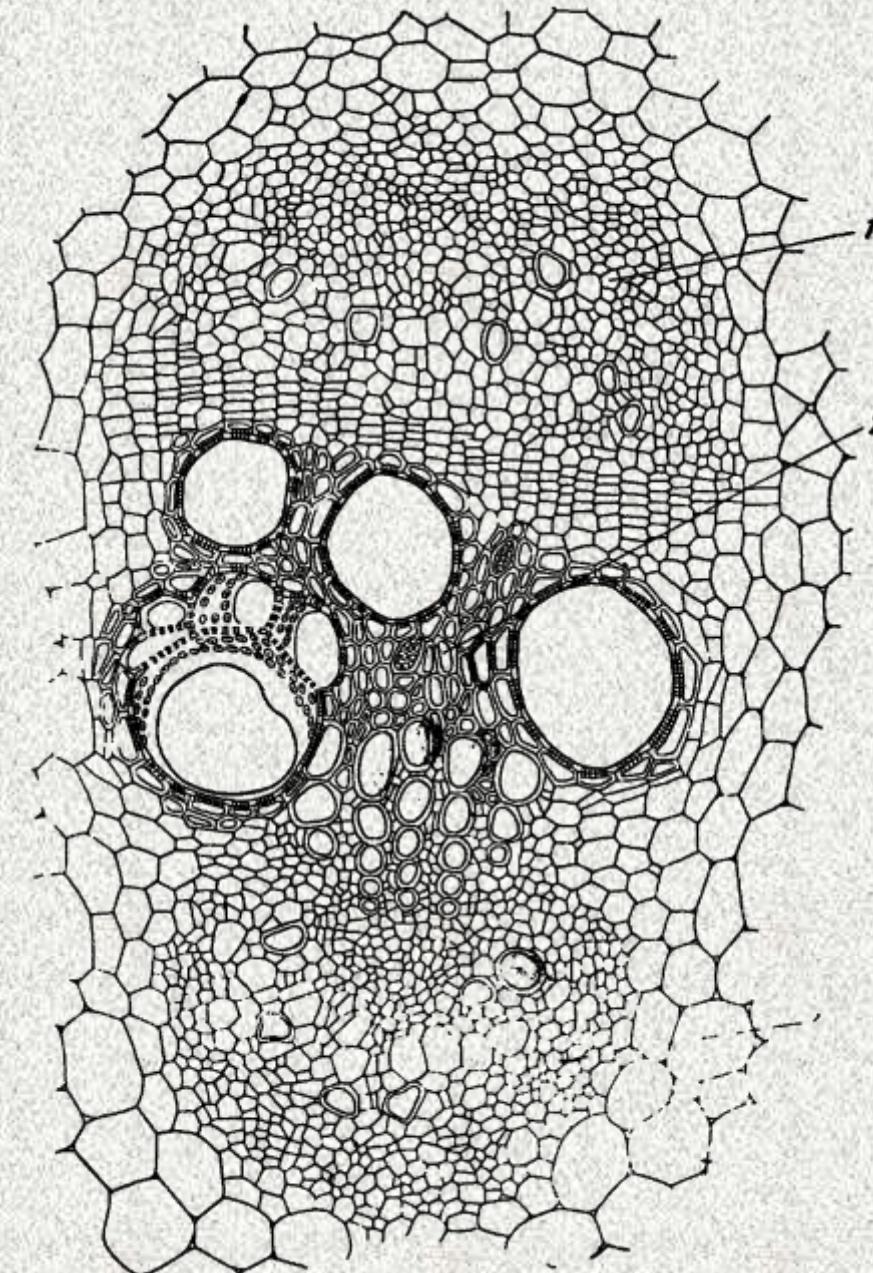
Проводящий пучок – это комплекс проводящих тканей, пронизывающих тело растения и обеспечивающих передачу веществ ко всем органам.



Кольцевая организация транспортных потоков в периферии терминалей проводящей системы

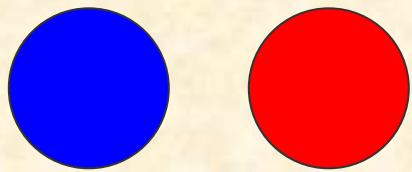


Проводящий пучок *Zea mays*

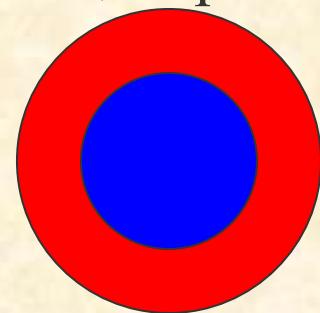


Проводящий пучок *Cucurbita pepo*

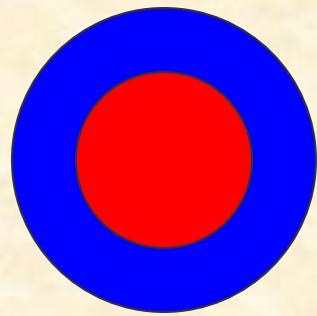
Простые пучки



концентрические



амтивазальный



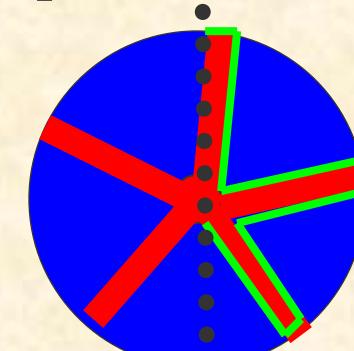
амфикрибральный

Сложные пучки

закрытые

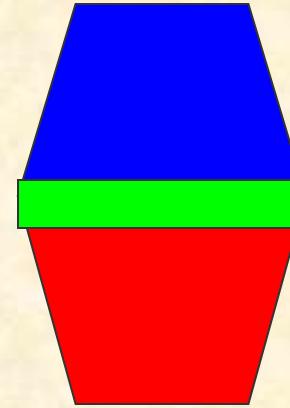
коллатеральный

радиальный



открытые

коллатеральный



биколлатеральный

