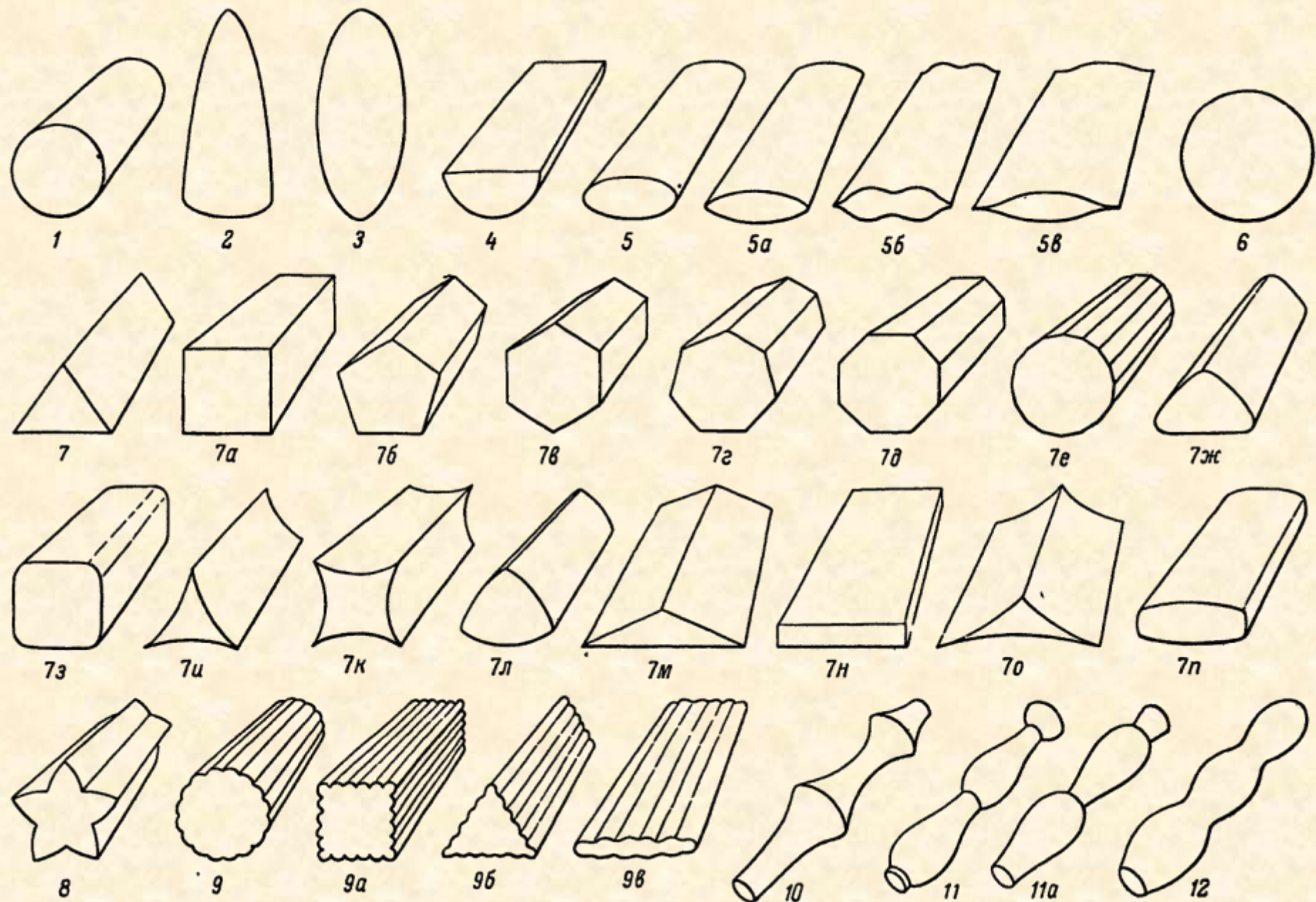


***Стебель***

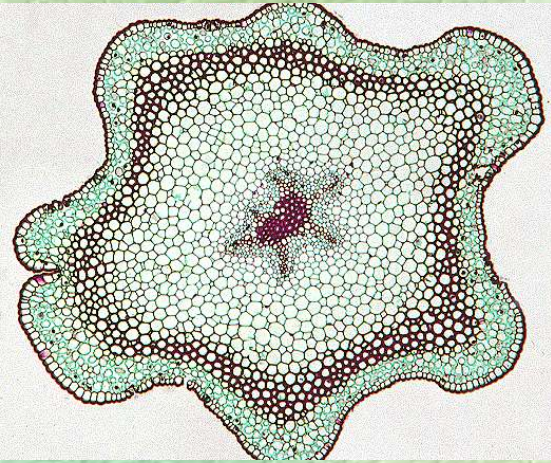




Форма стебля



*У плауновидных и псилотовых прокамбий закладывается единым тяжем в центре стебля, по теории J. von Hanstein этот гистоген соответствует плероме.*



*Psilotum nudum*

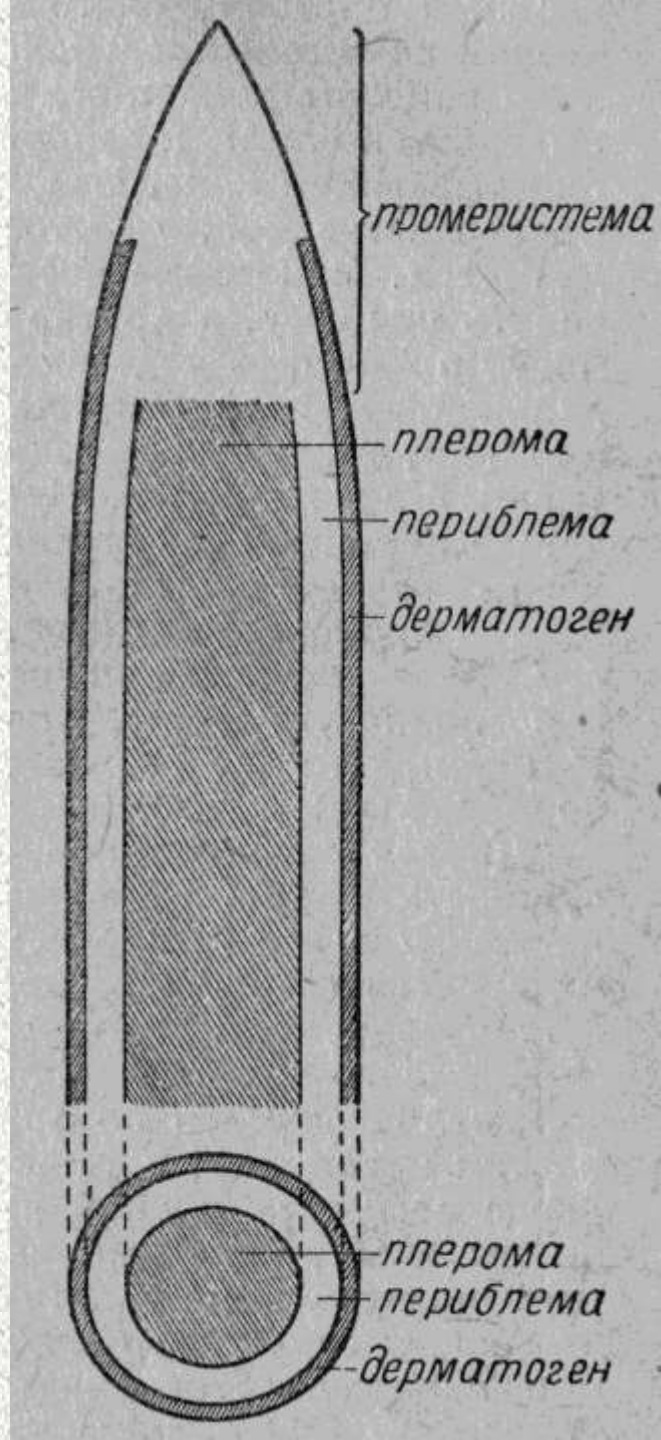


*Selaginella exaltata*



*У плауновидных  
первичные  
флоэма и ксилема  
стебля закладываются  
экзархно, как и в корне*

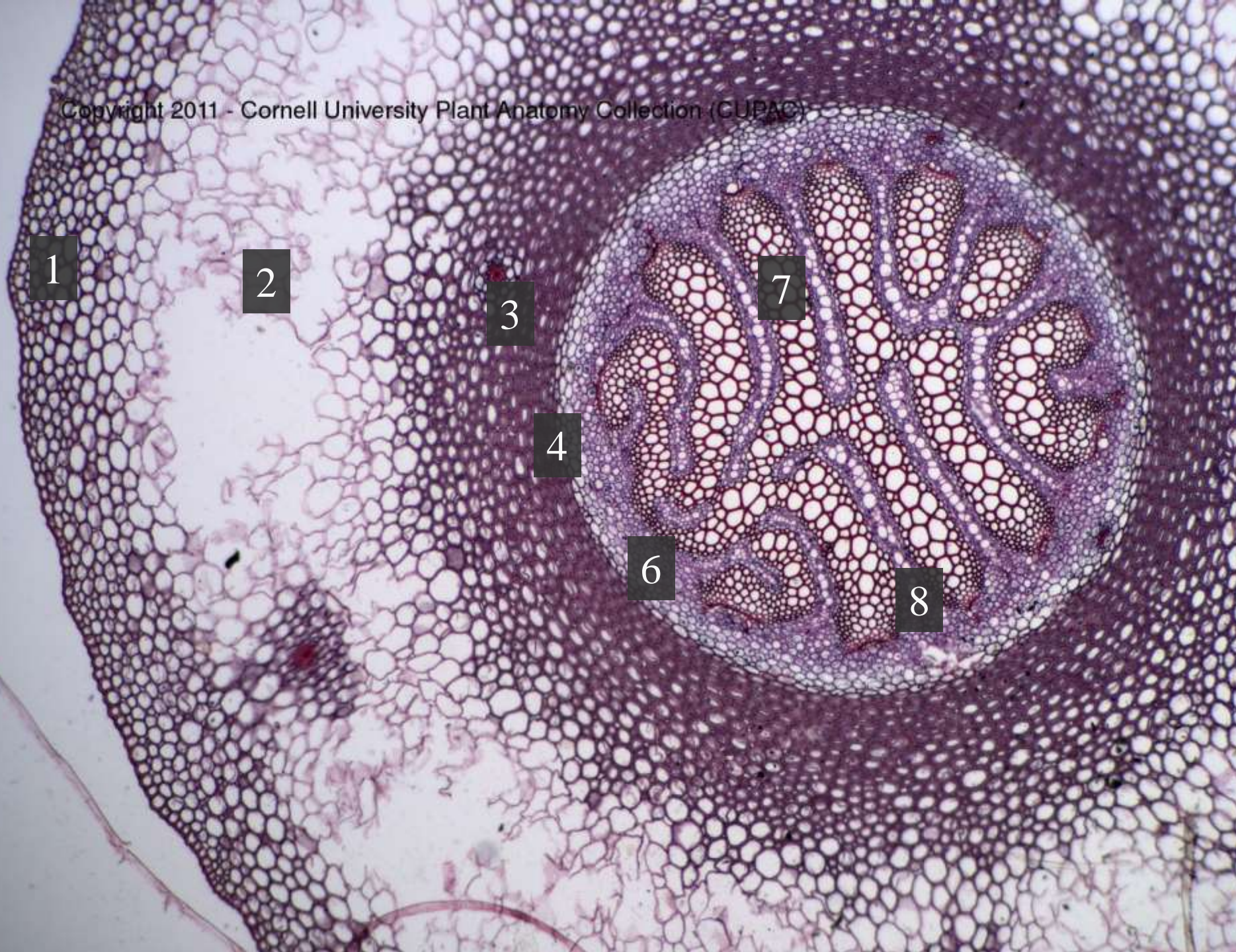
Строение меристемы  
побега согласно теории  
ГИСТОГЕНОВ





## Стебель

### *Lycopodium clavatum*



1 – склеренхима  
наружной зоны  
кортекса

2 – паренхима  
средней зоны  
кортекса

3 – склеренхима  
внутренней зоны  
кортекса

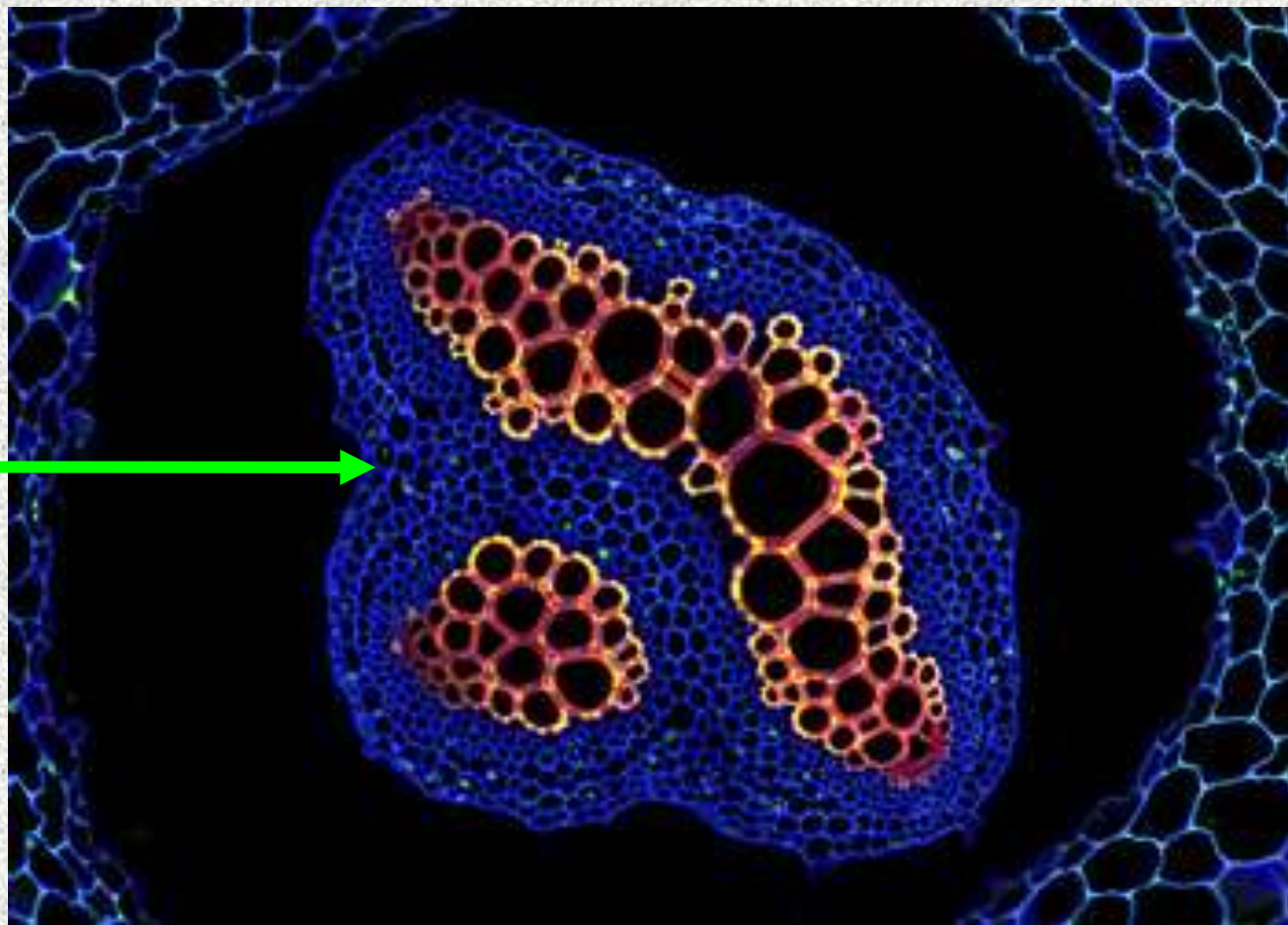
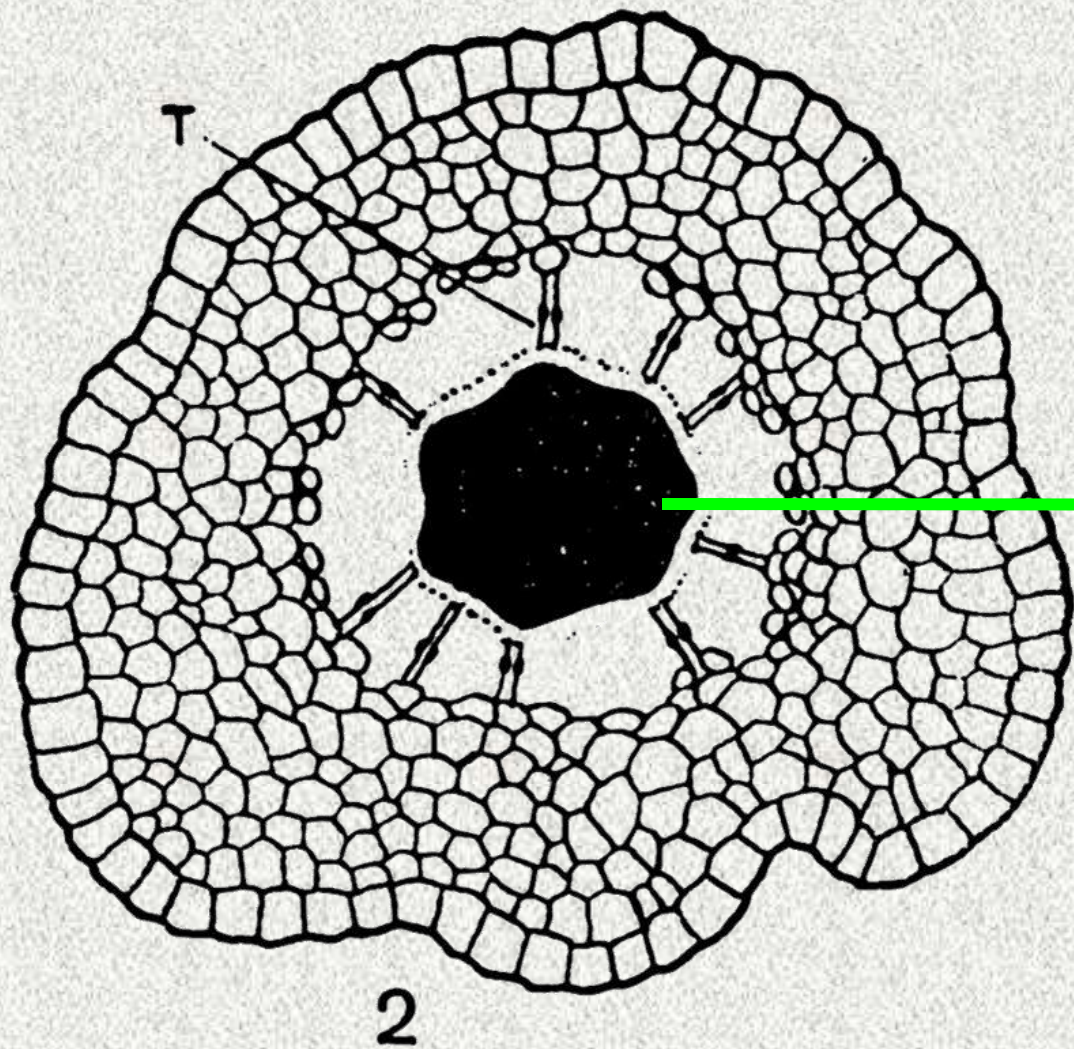
4 – эндодерма с  
поясками Каспари

6 – паренхимный  
перицикл

7 – экзархная ксилема

8 – флоэма



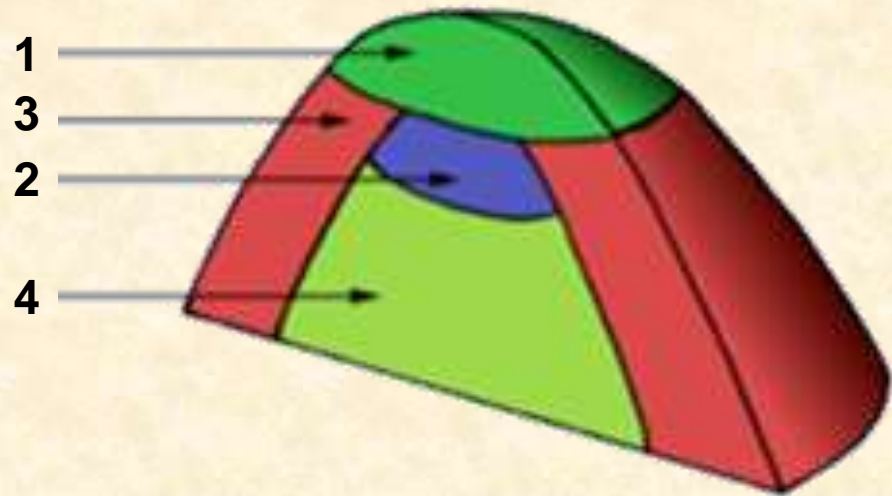


Стебель *Selaginella* sp.



*У папоротниковидных прокамбий  
закладывается в виде полого цилиндра,  
у семенных – отдельными тяжами.*





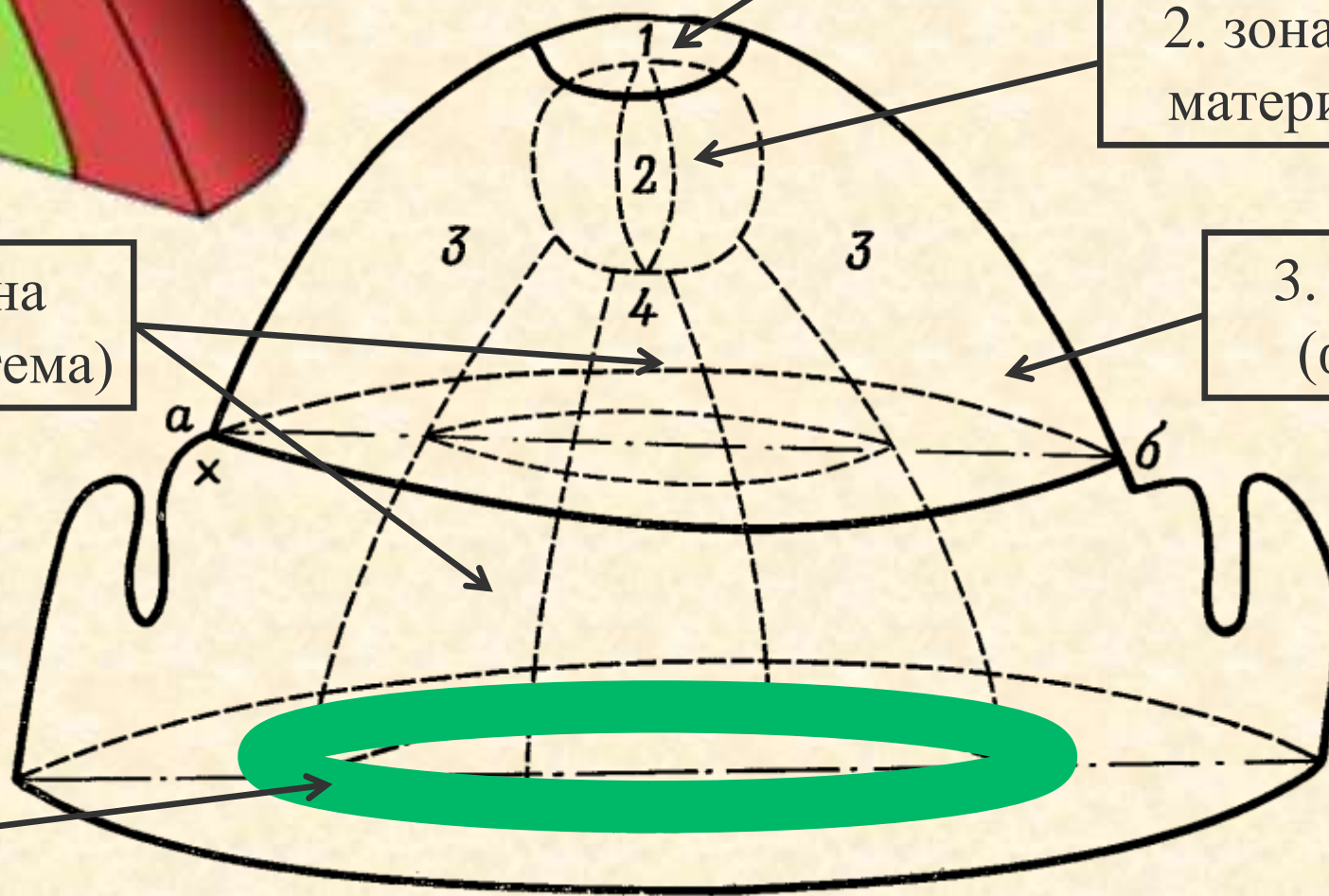
1. апикальные клетки

2. зона центральных  
материнских клеток

4. медулярная зона  
(стержневая меристема)

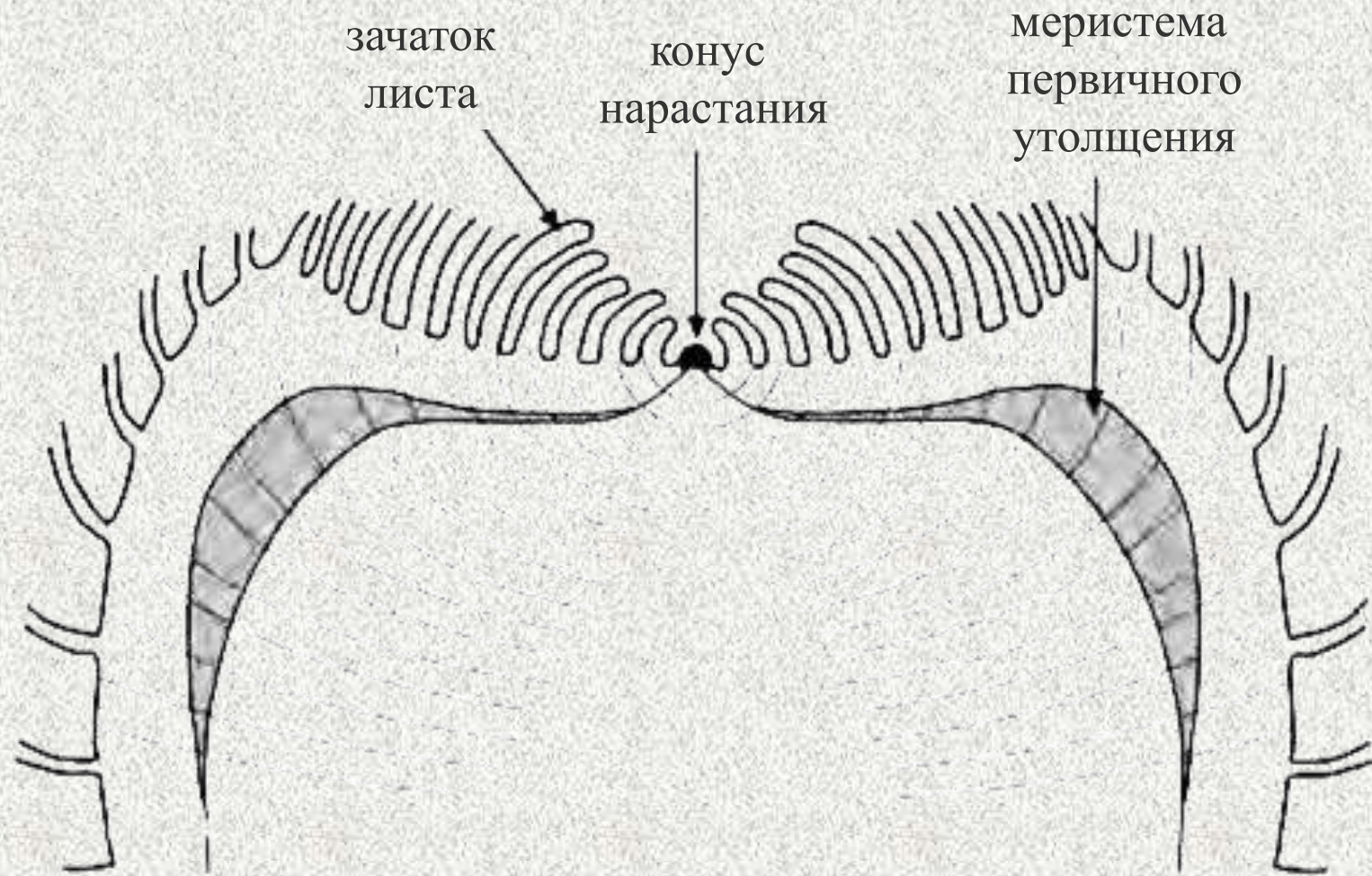
3. периферическая  
(фланговая) зона

образовательное  
кольцо  
(остаточная  
меристема)



Зональность меристемы апекса побега (по A.S. Foster, 1938)

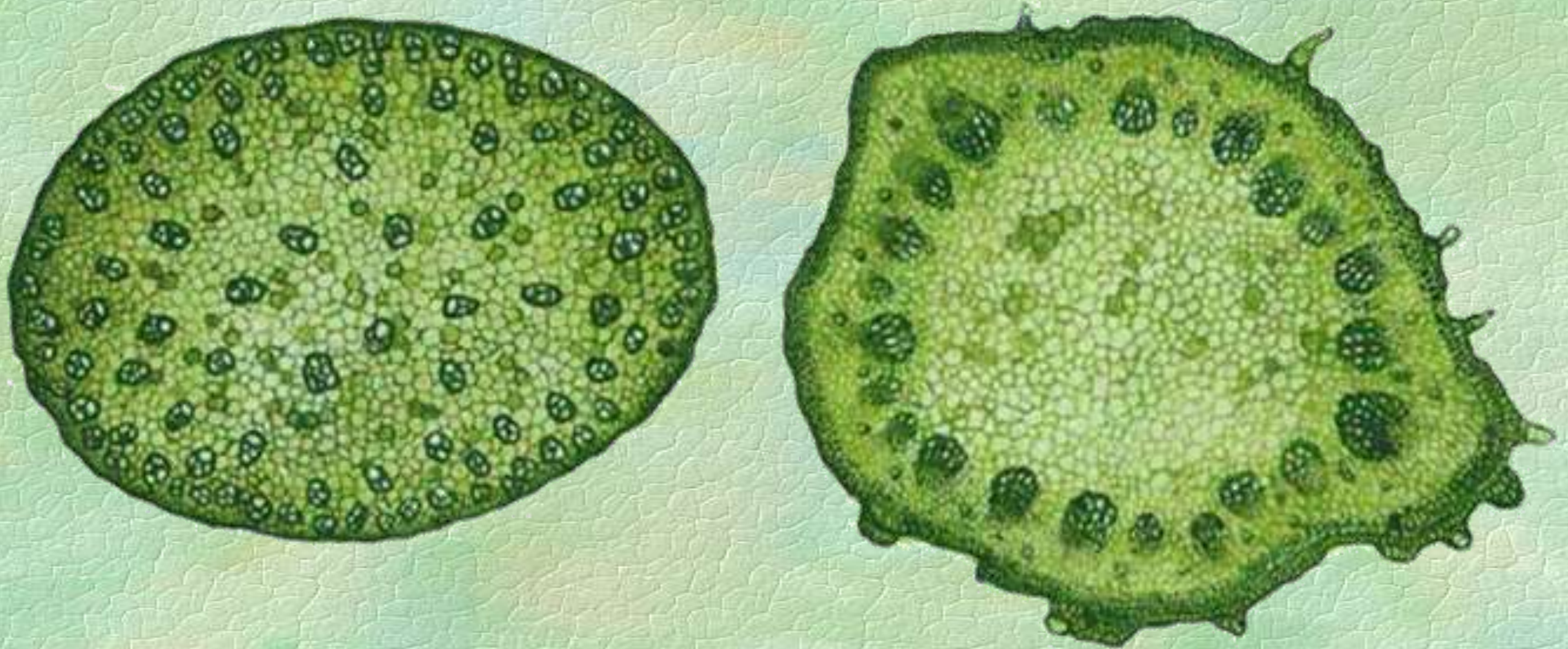




*У однодольных растений стержневая меристема часто не выражена. Клетки меристемы первичного утолщения делятся преимущественно периклинально. В результате верхушка побега становится плоской или вогнутой.*

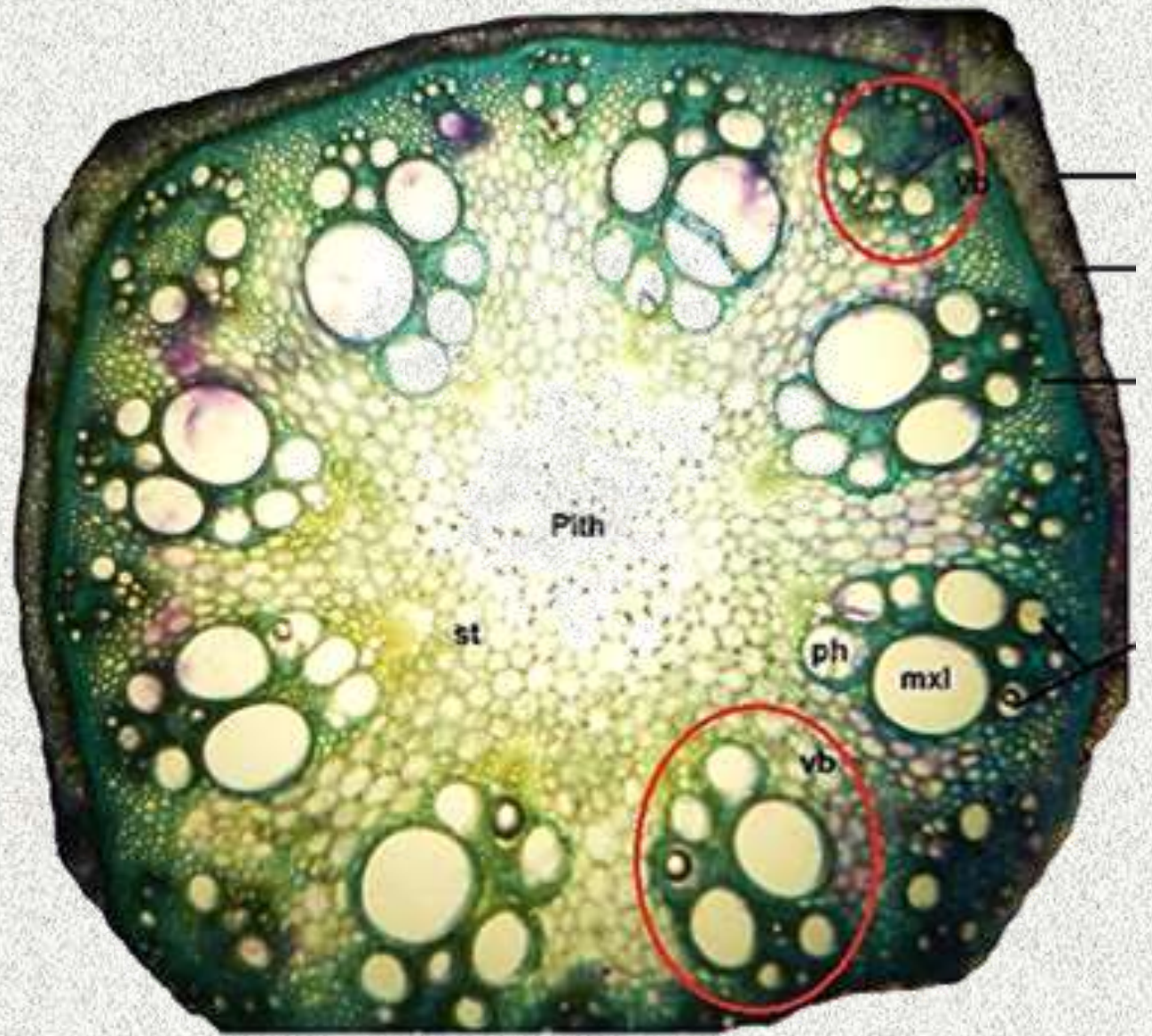


# Первичное строение стебля однодольных и двудольных



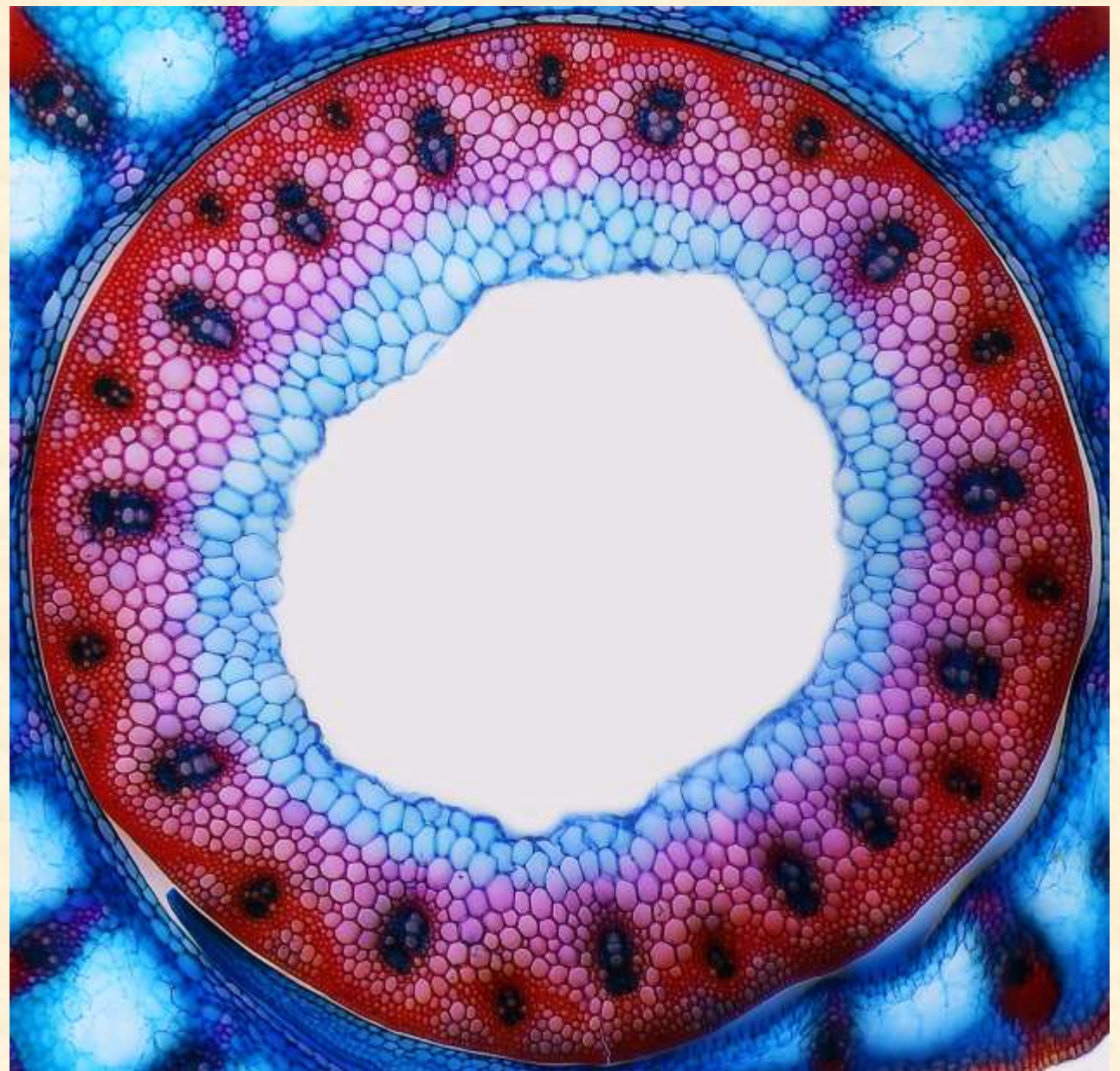
*У семенных растений  
первичная флоэма стебля закладывается в стебле экзархно,  
первичная ксилема – эндархно*





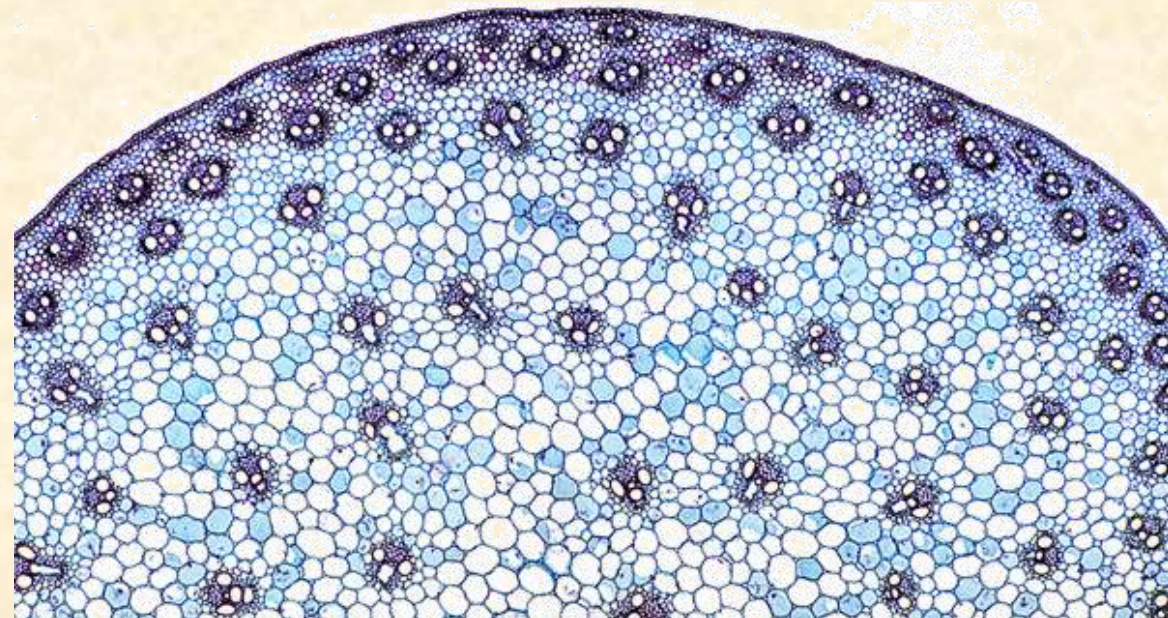
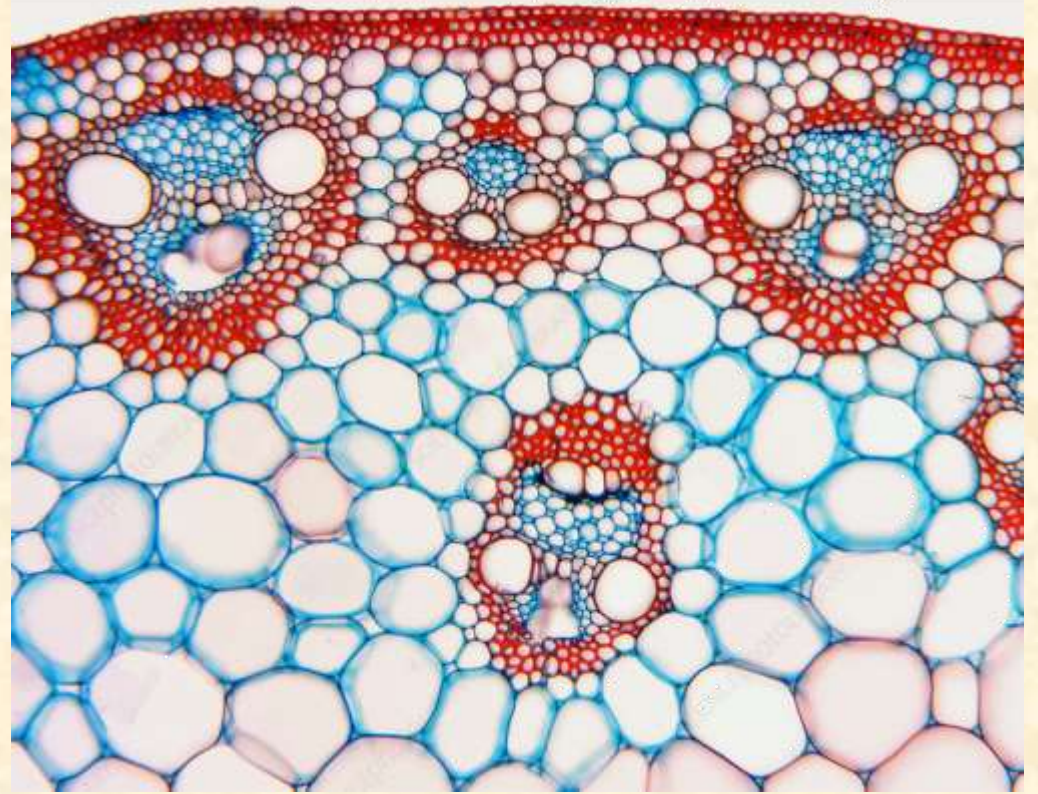
Поперечный срез стебля *Dioscorea alata*  
(диоскорейный тип строения)





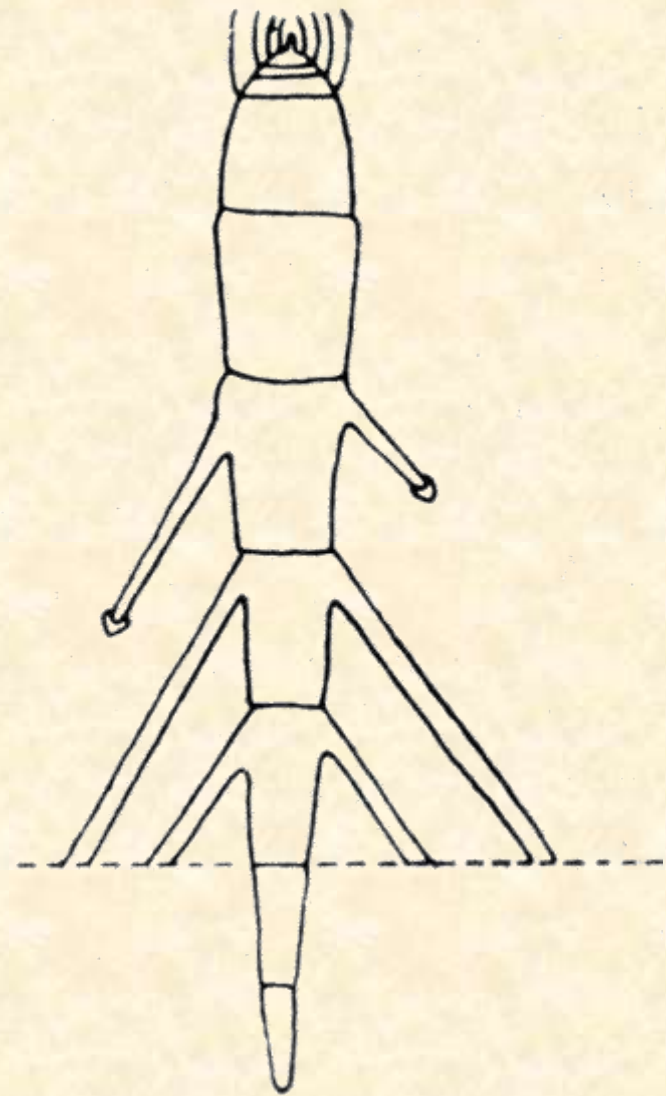
Поперечный срез стебля *Secale cereale*  
(коммелиновый тип строения)





Поперечный срез стебля *Zea mays*  
(пальмовый тип строения)



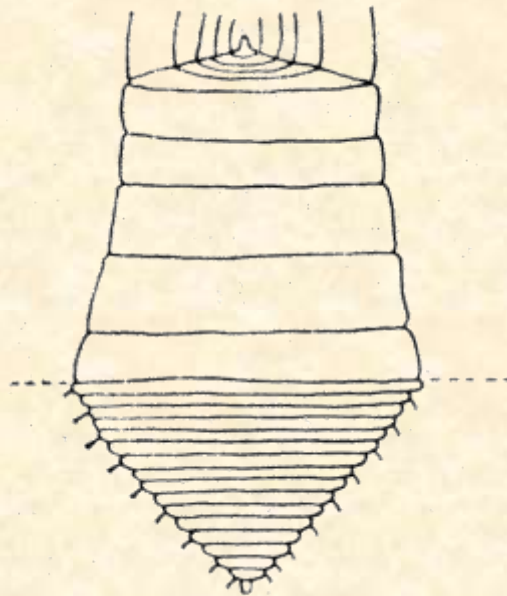


Стабилизирующий рост  
*Pandanus furcatus*





# Стабилизирующий рост пальм



*Corypha umbraculifera*

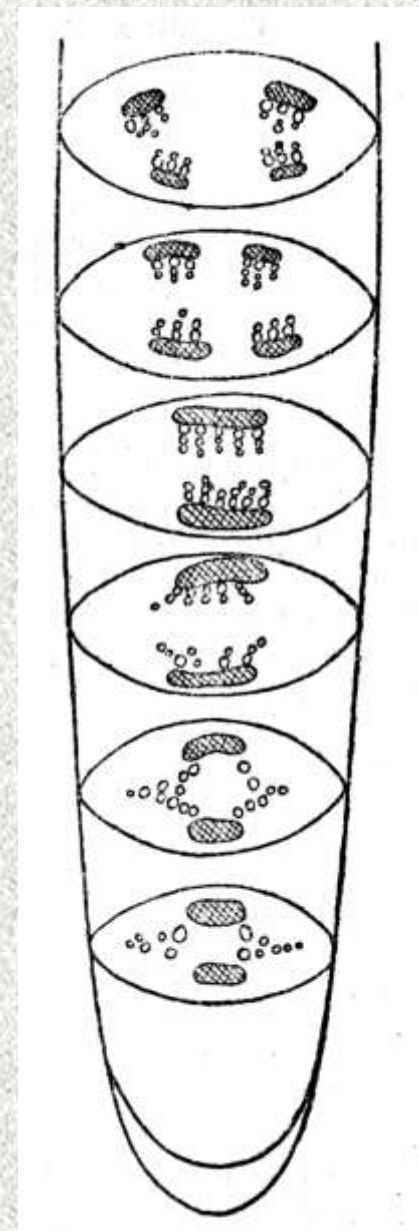
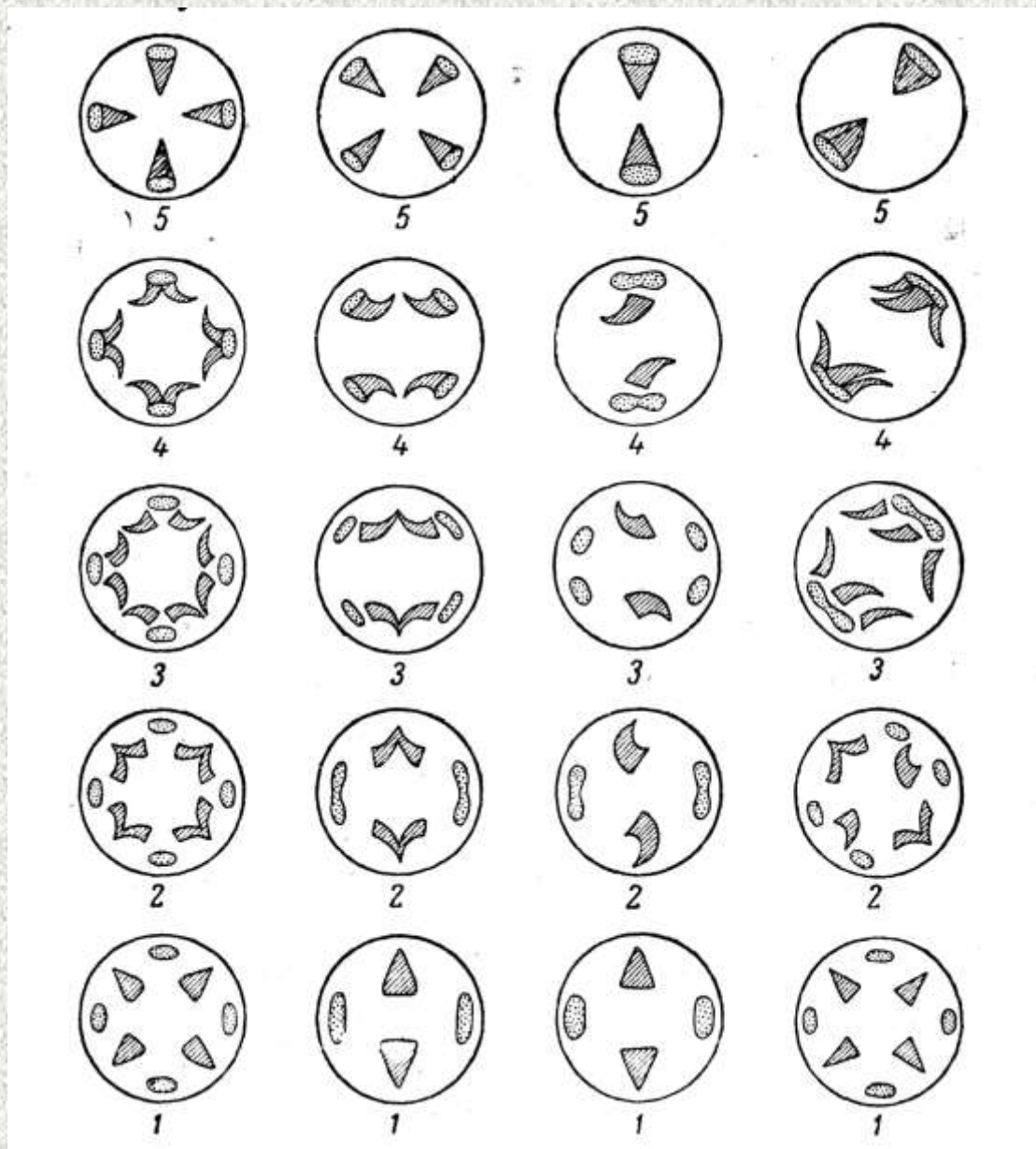




Стабилизирующий рост  
*Cyathea sp.*







Переход в гипокотиле от структуры корня к структуре стебля



***Типы утолщения стебля  
голосеменных и двудольных цветковых***

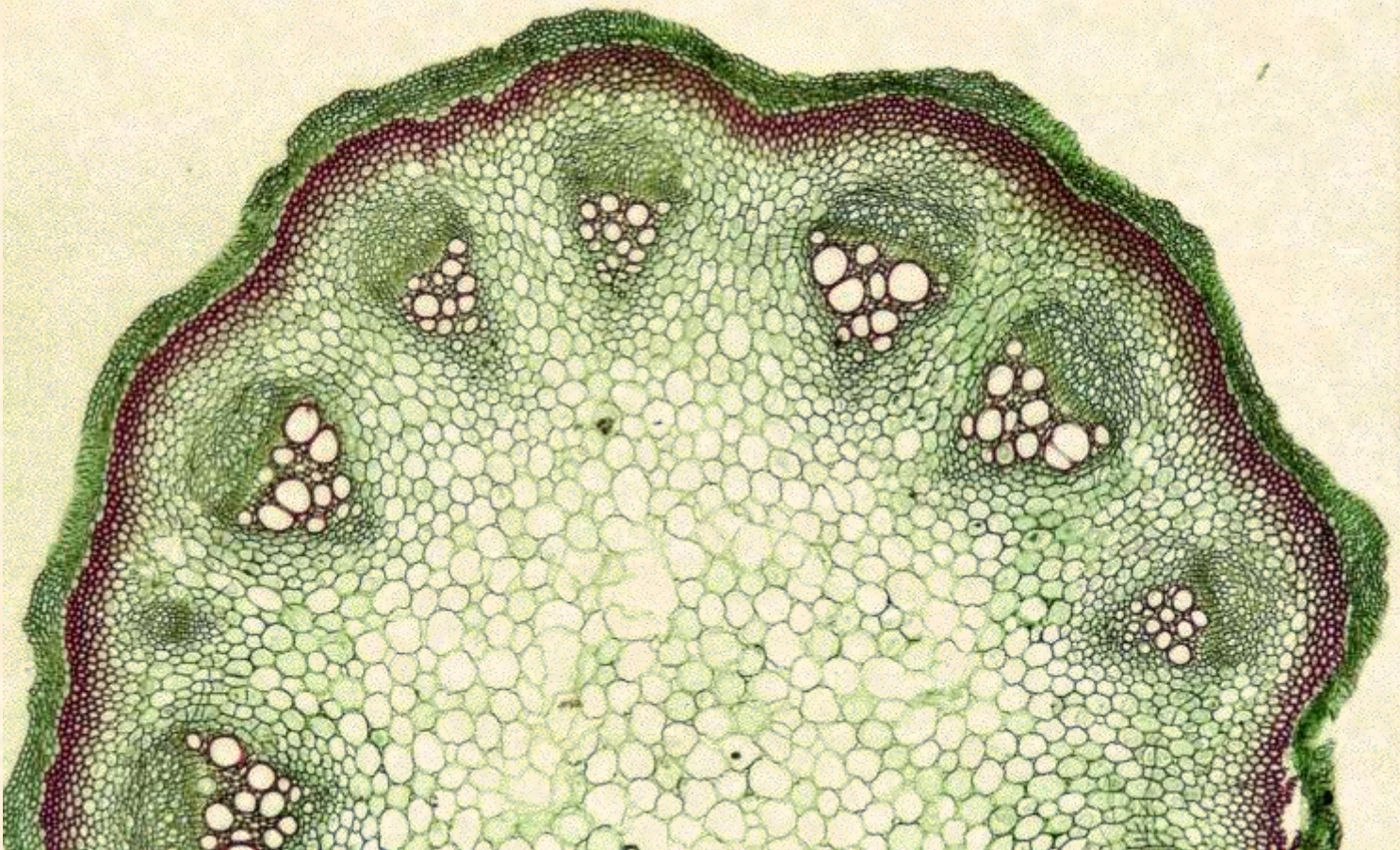
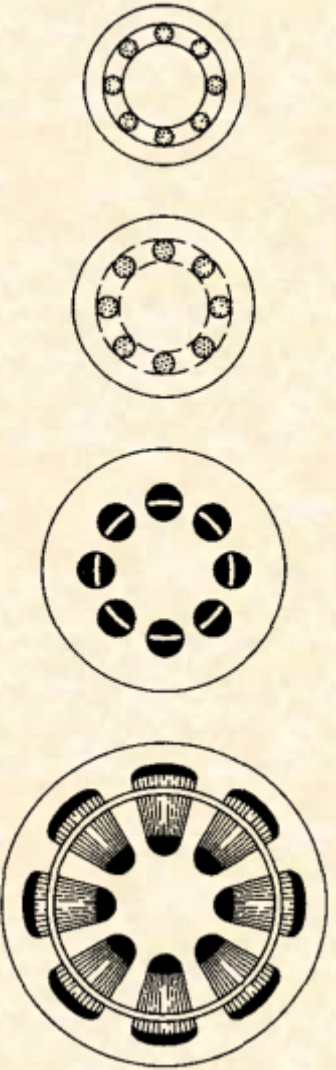




Eduard Adolf Strasburger  
(1844-1912)



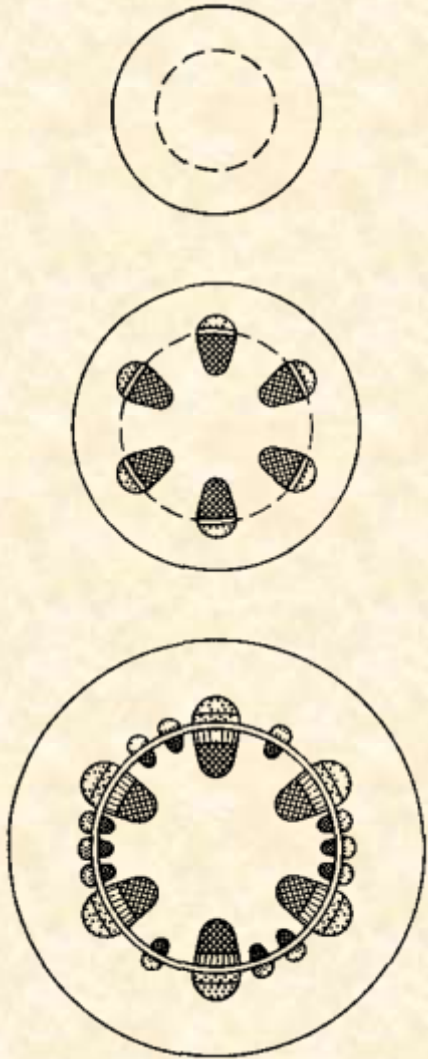
# *Aristolochia*-тип



Поперечный срез стебля *Aristolochia clematitis*



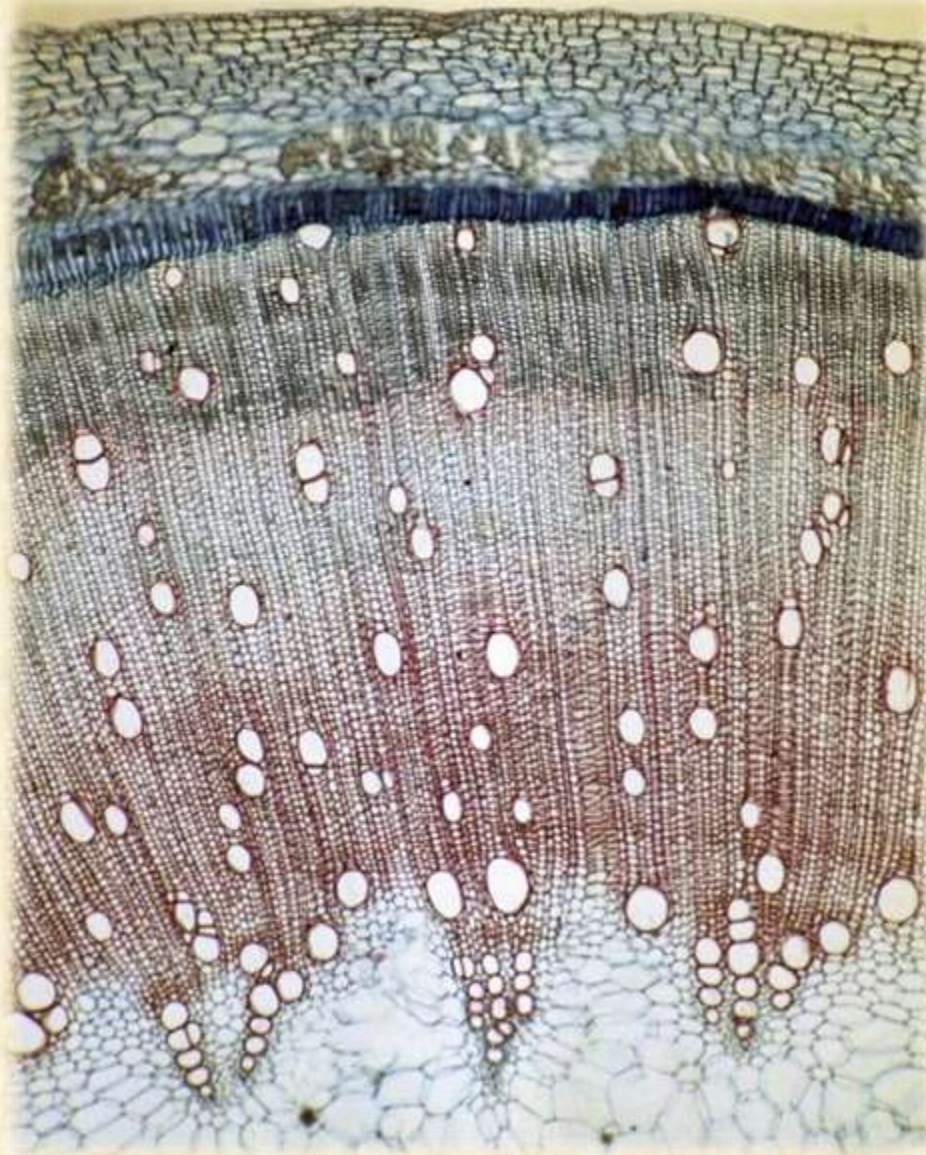
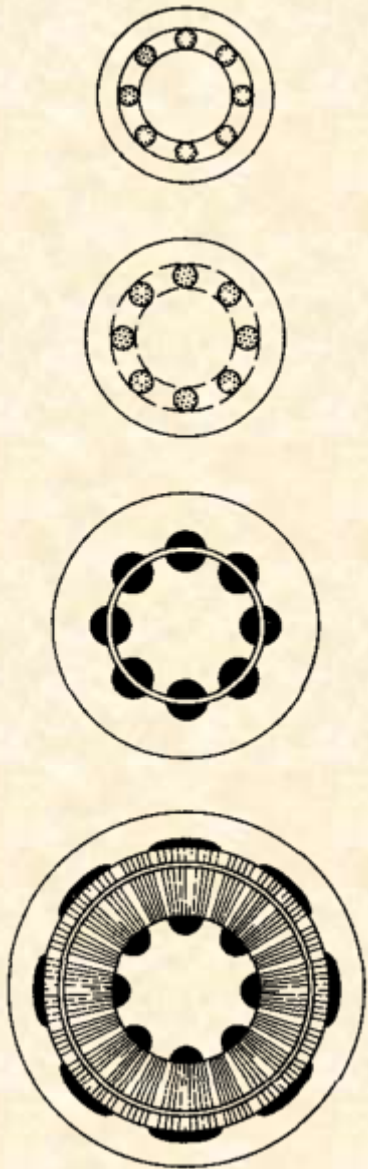
# *Helianthus*-тип



Поперечный срез стебля *Helianthus annuus*



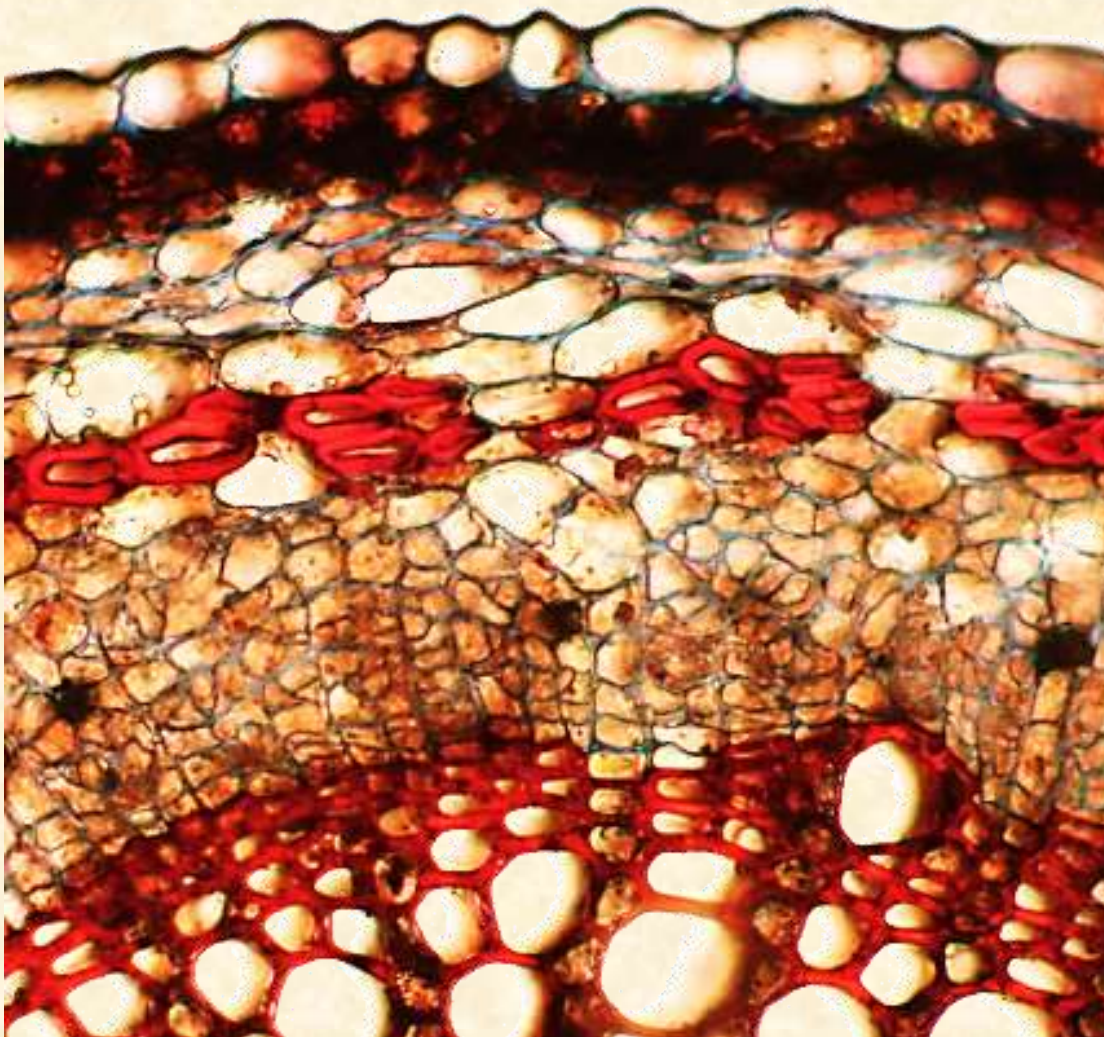
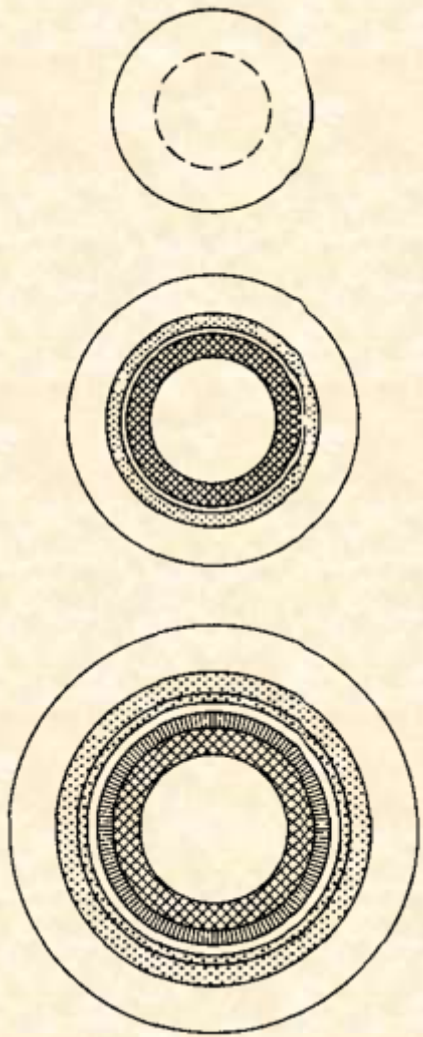
# *Ricinus*-тип



Поперечный срез стебля *Ricinus communis*



# *Saponaria*-тип



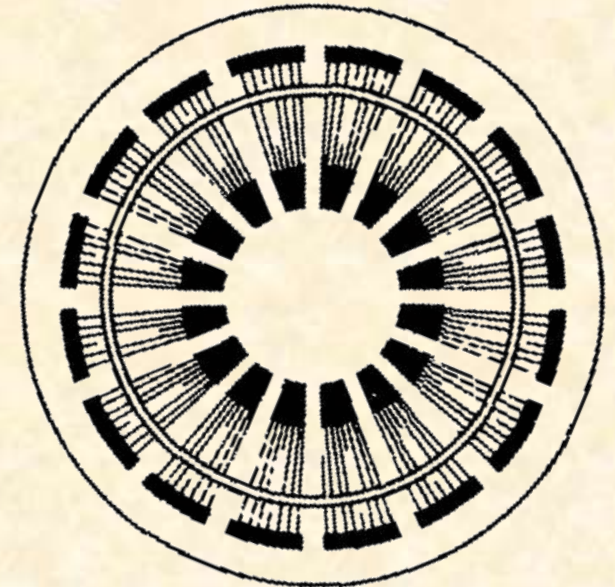
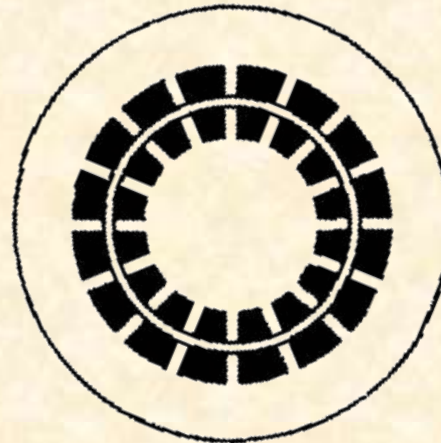
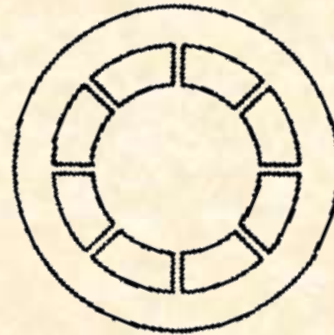
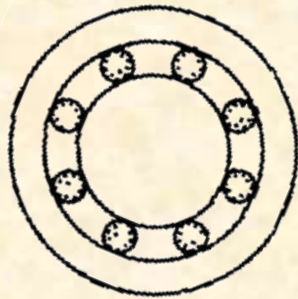
*Saponaria officinalis*



# *Tilia*-тип



*Tilia cordata*



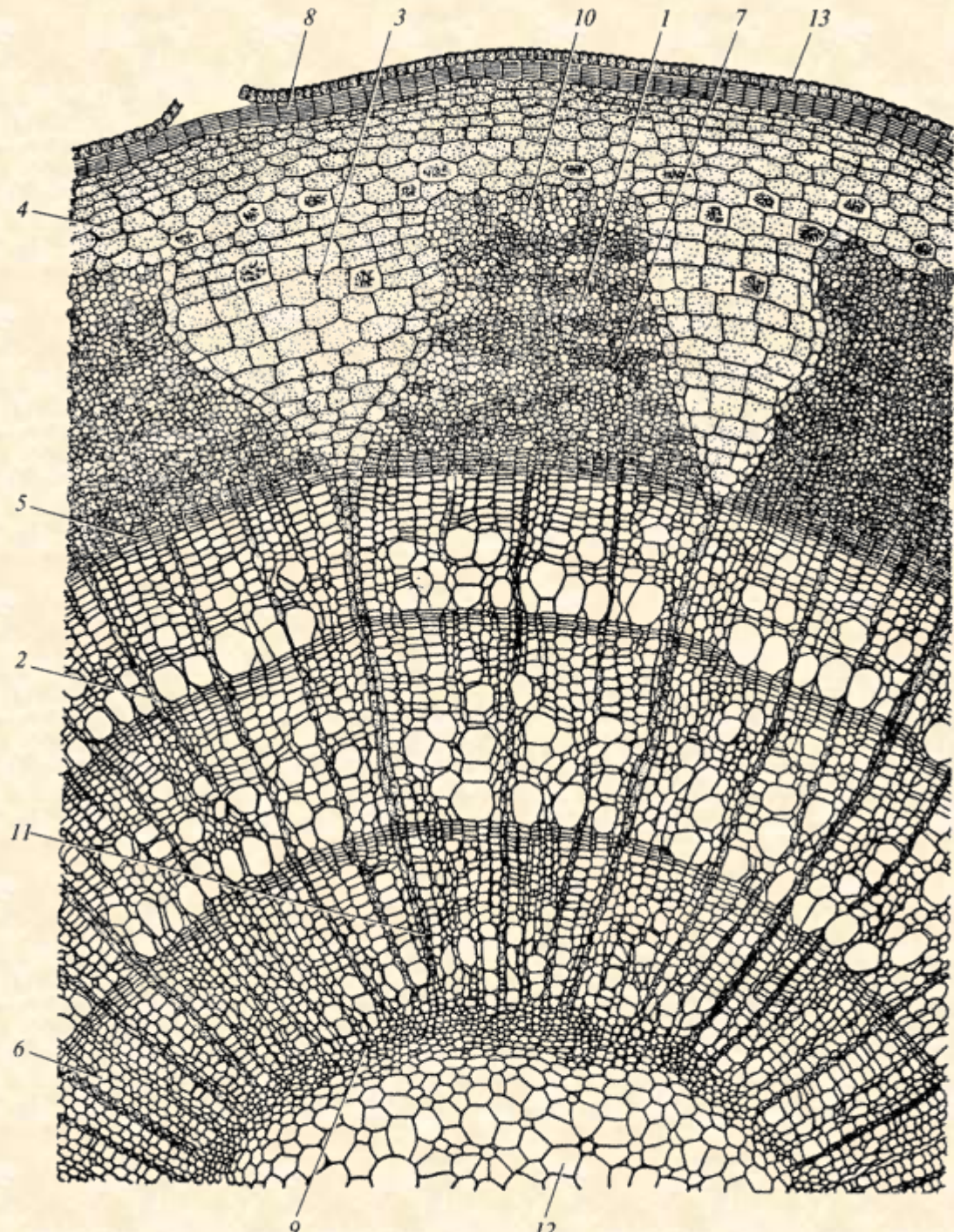




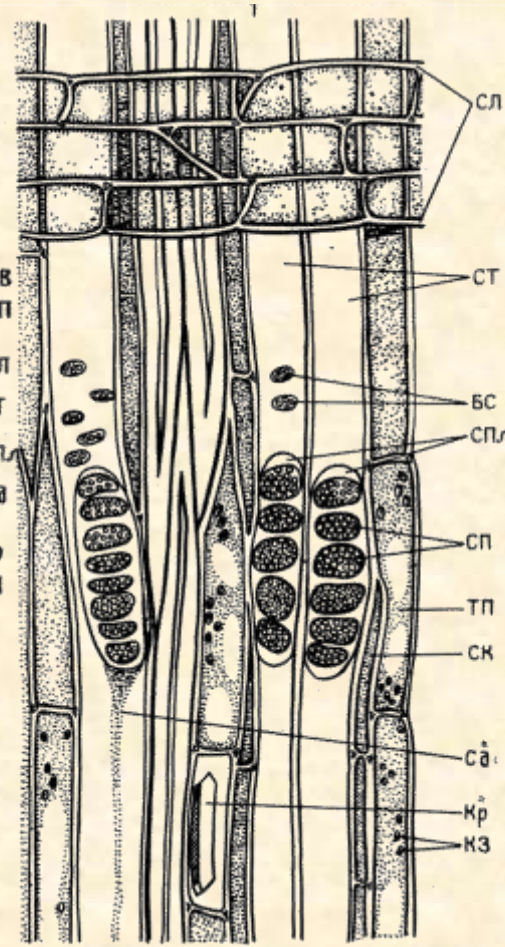
Клеточное строение  
однолетнего стебля *Tilia* sp.



# Луб *Tilia sp.*



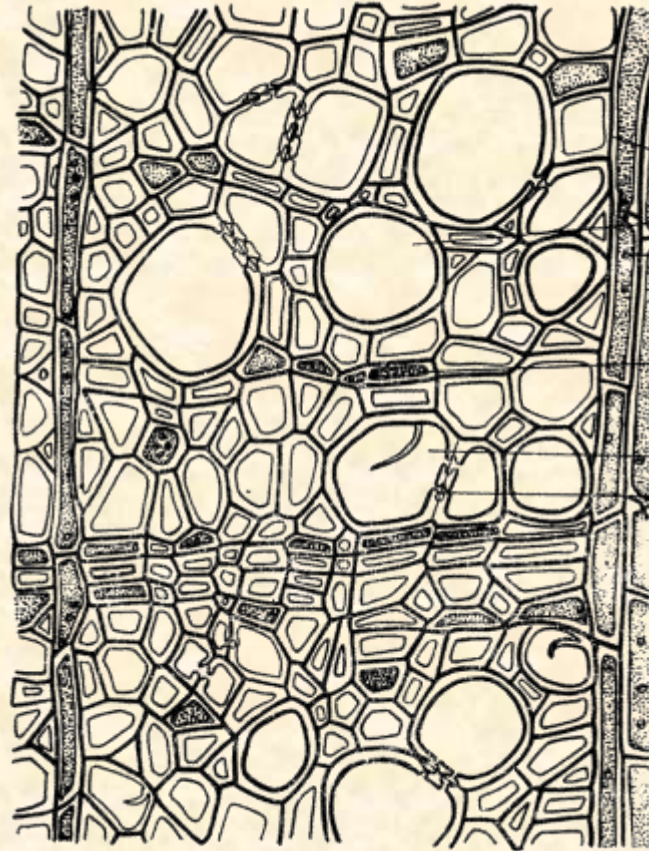
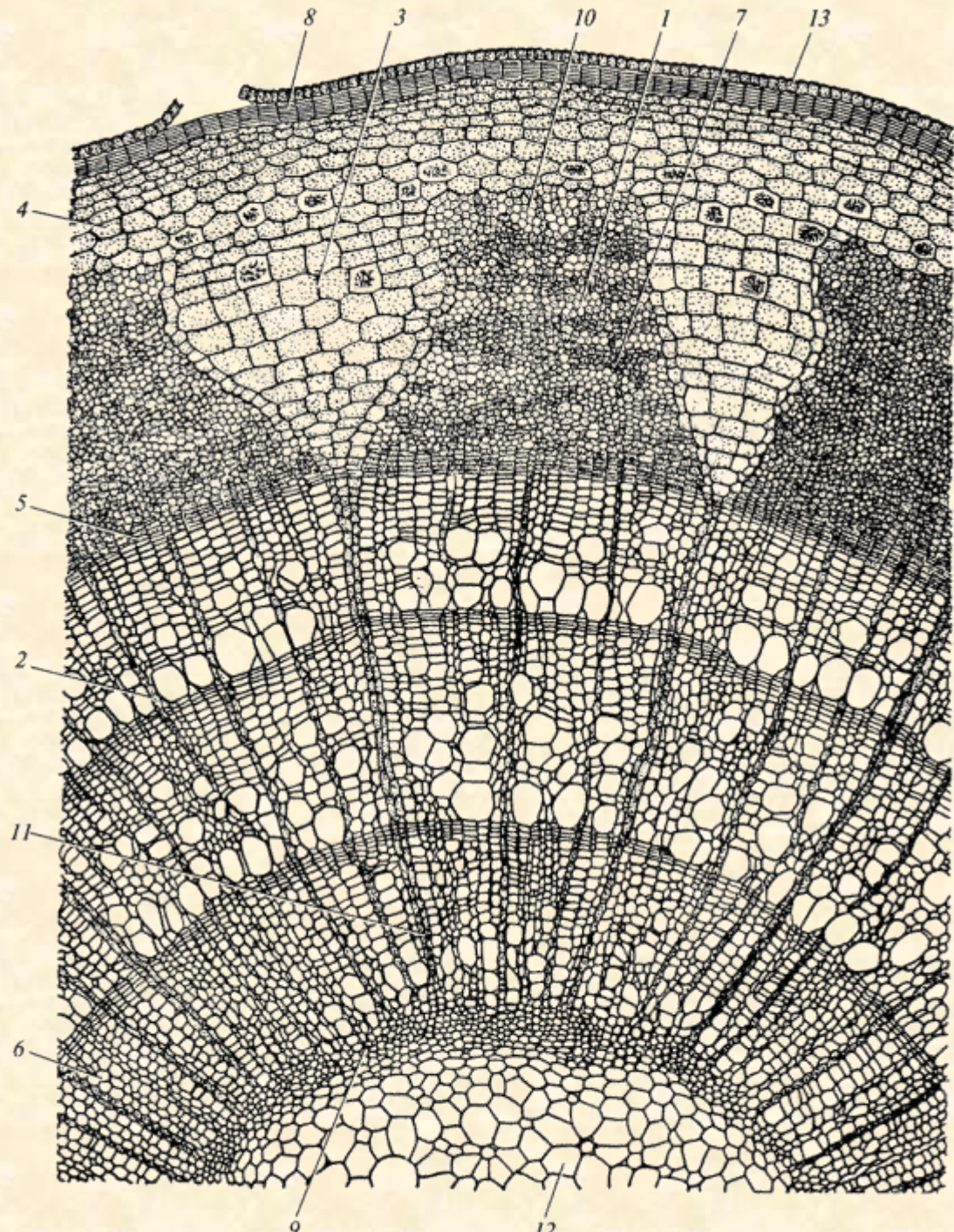
поперечный срез



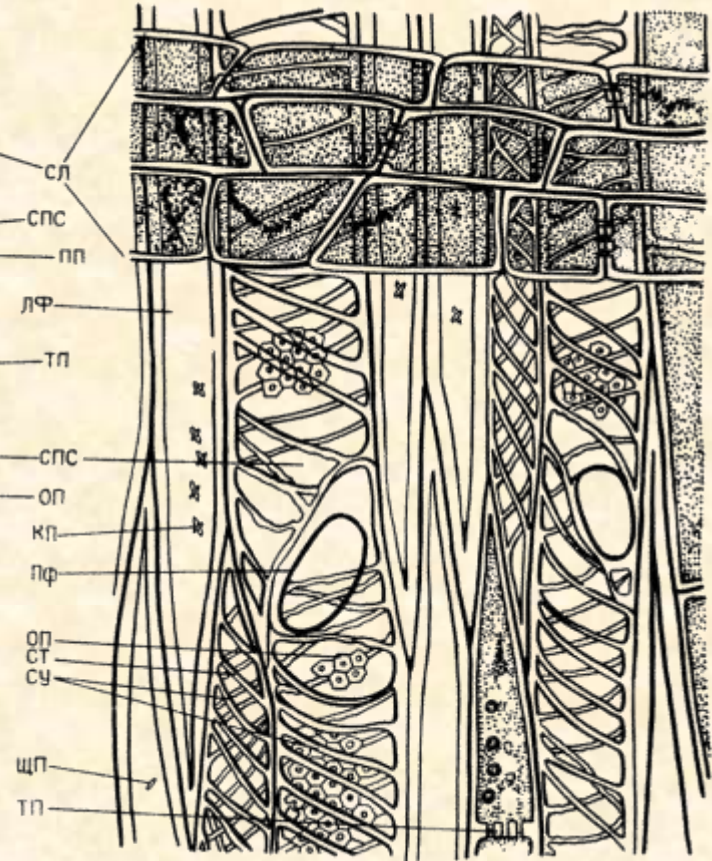
радиальный срез



# Древесина *Tilia* sp.

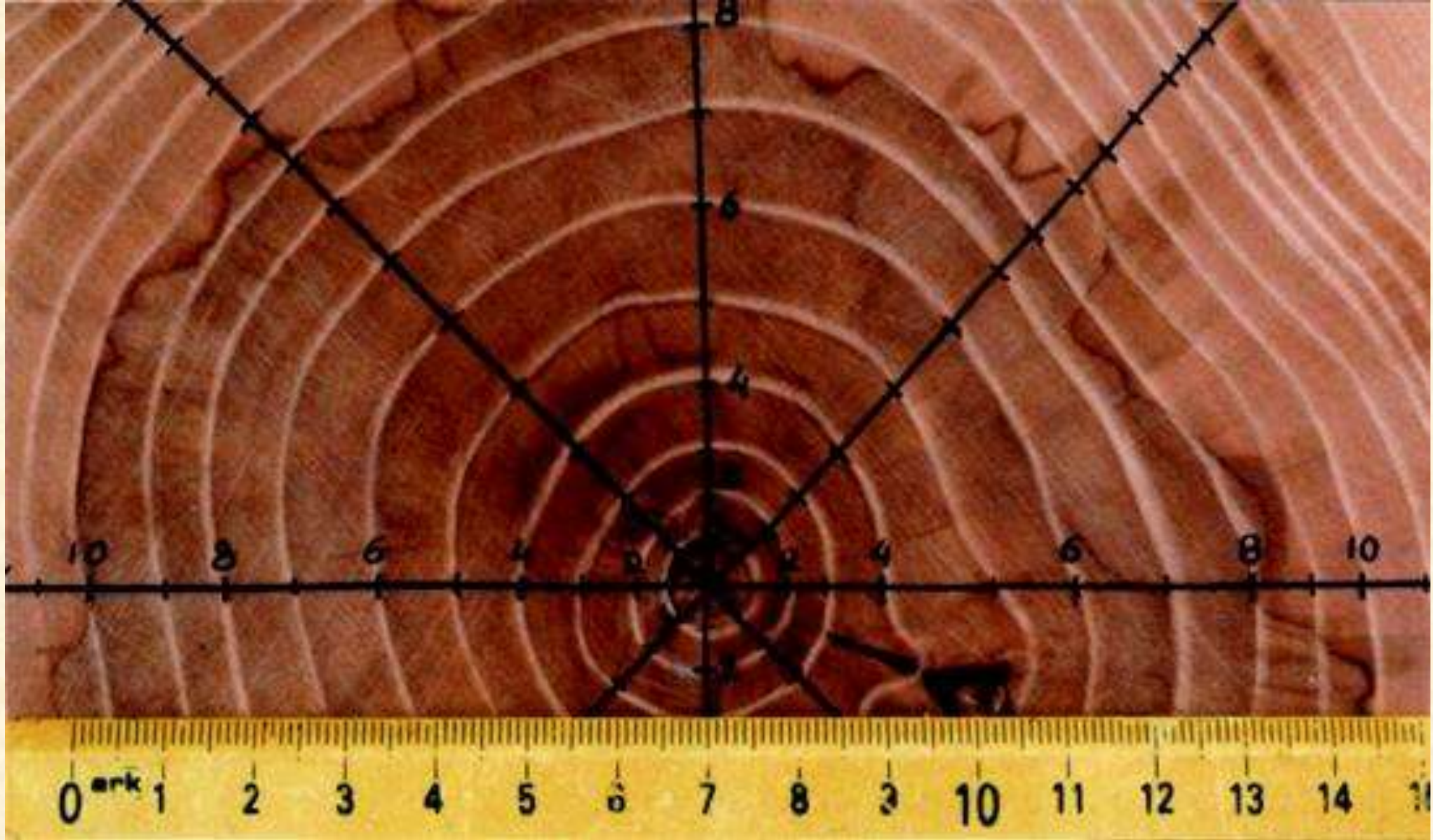


поперечный срез



радиальный срез





Годичные кольца *Malus sp.*

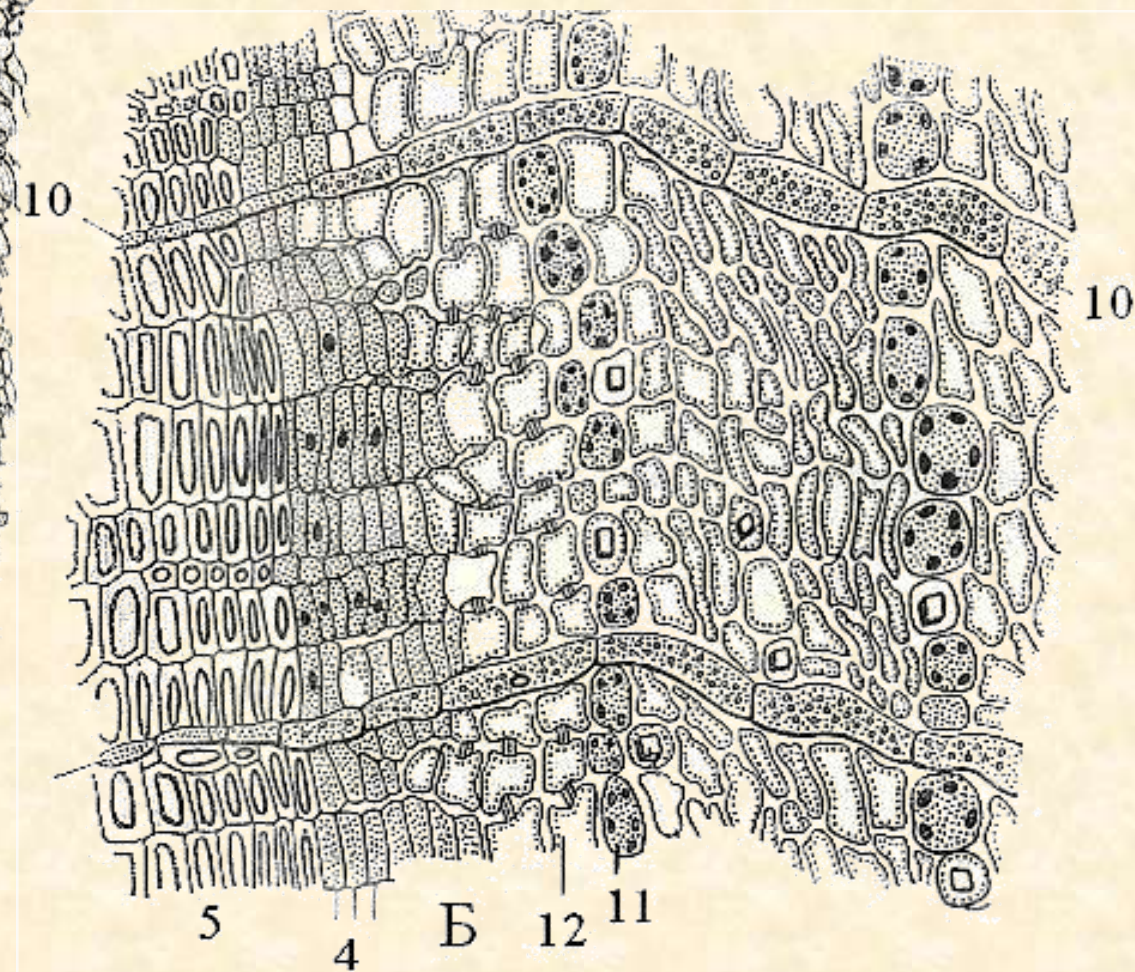
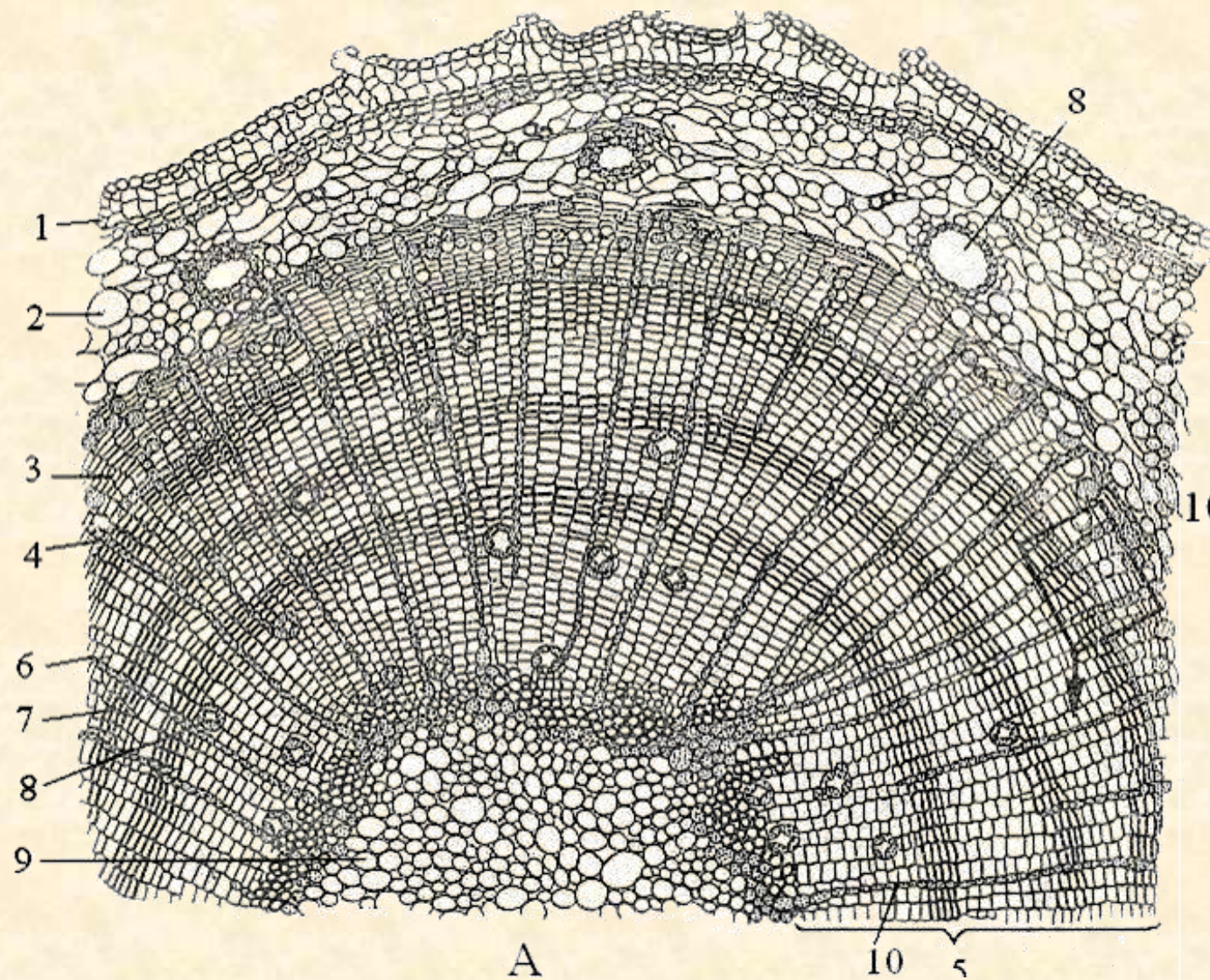




Годичные кольца  
*Sequoiadendron  
giganteum*



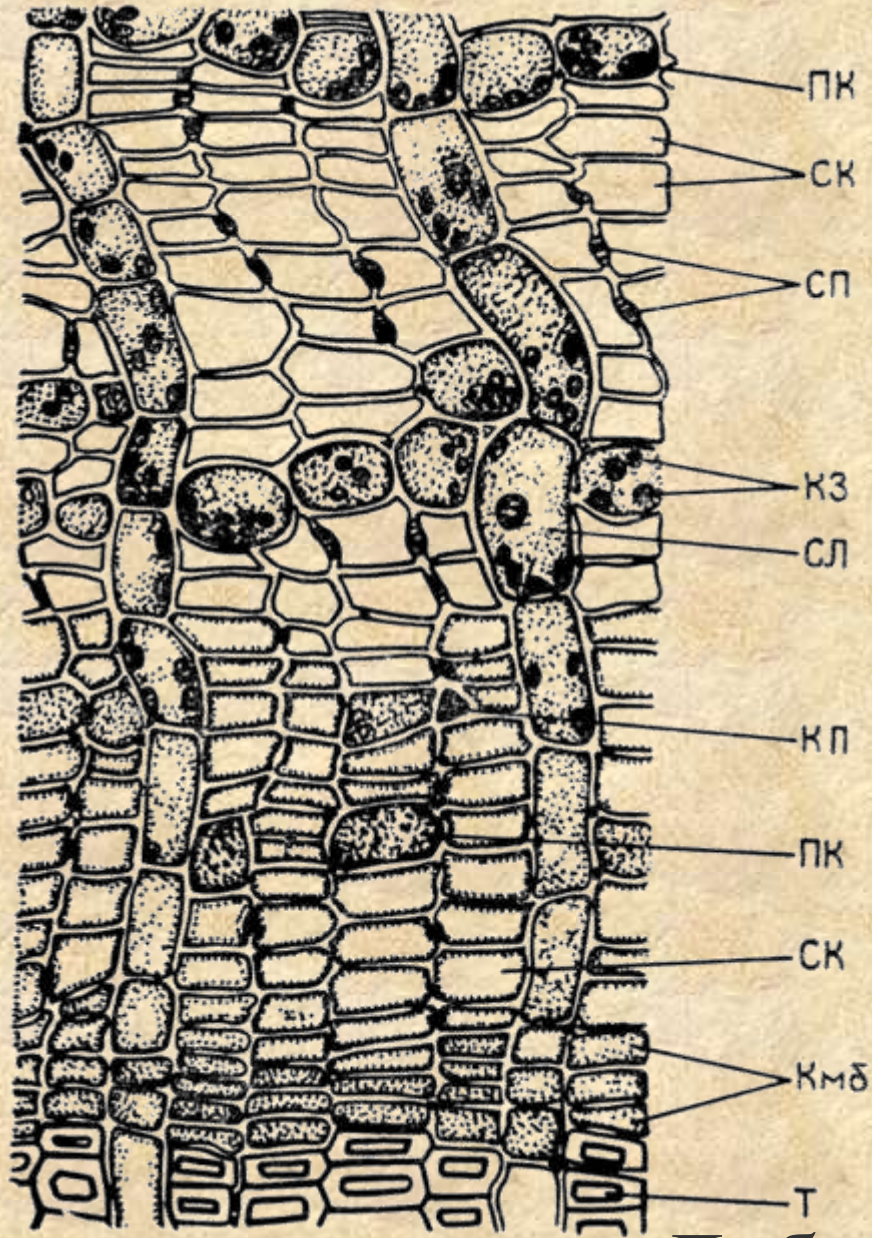




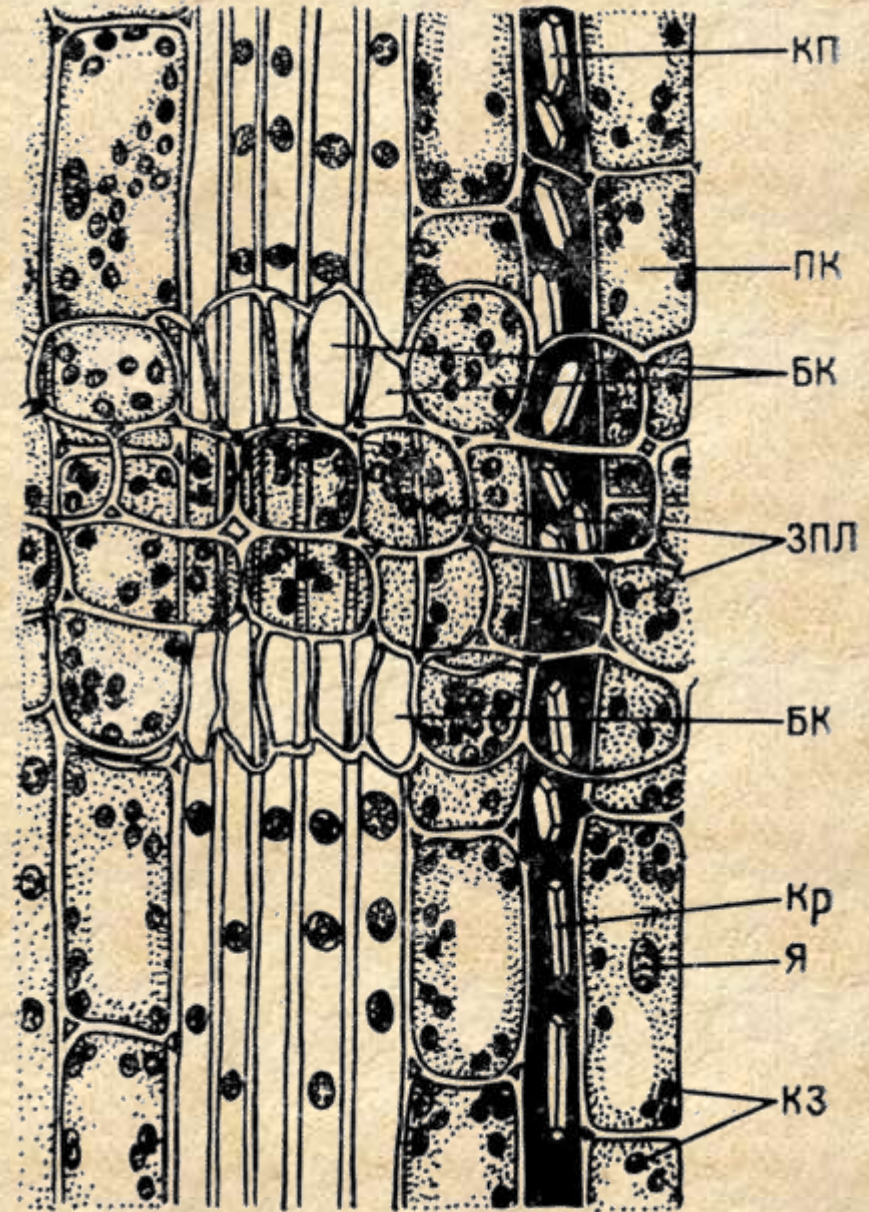
Поперечный срез стебля  
*Pinus sylvestris*



поперечный срез



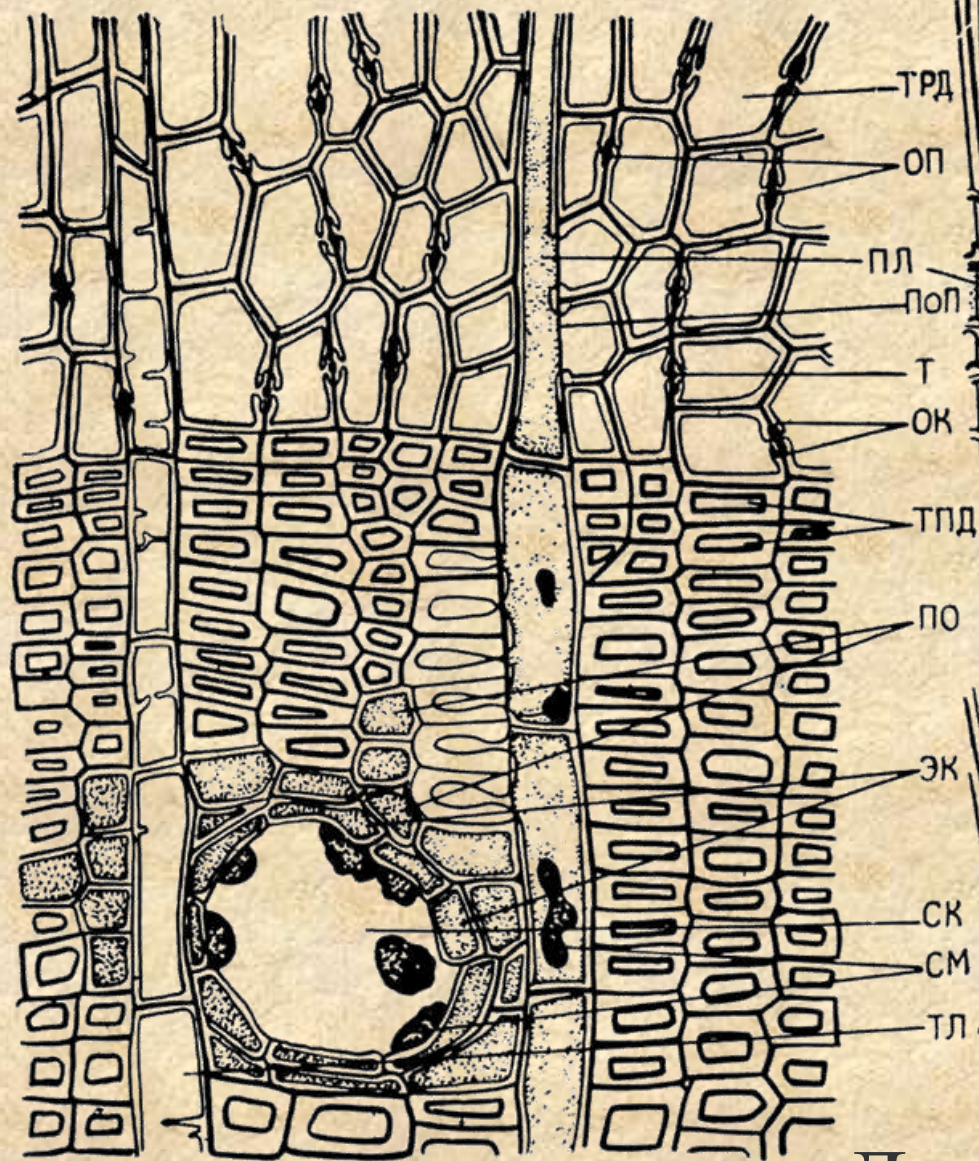
радиальный срез



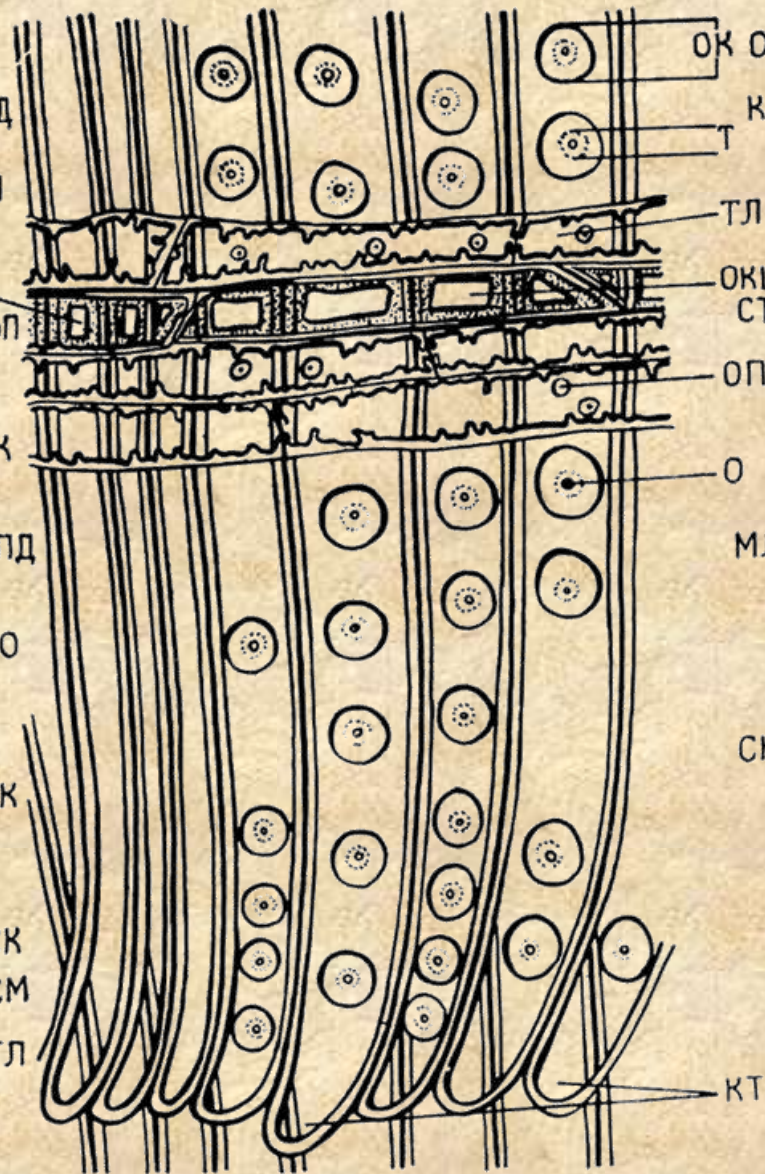
Луб сосны



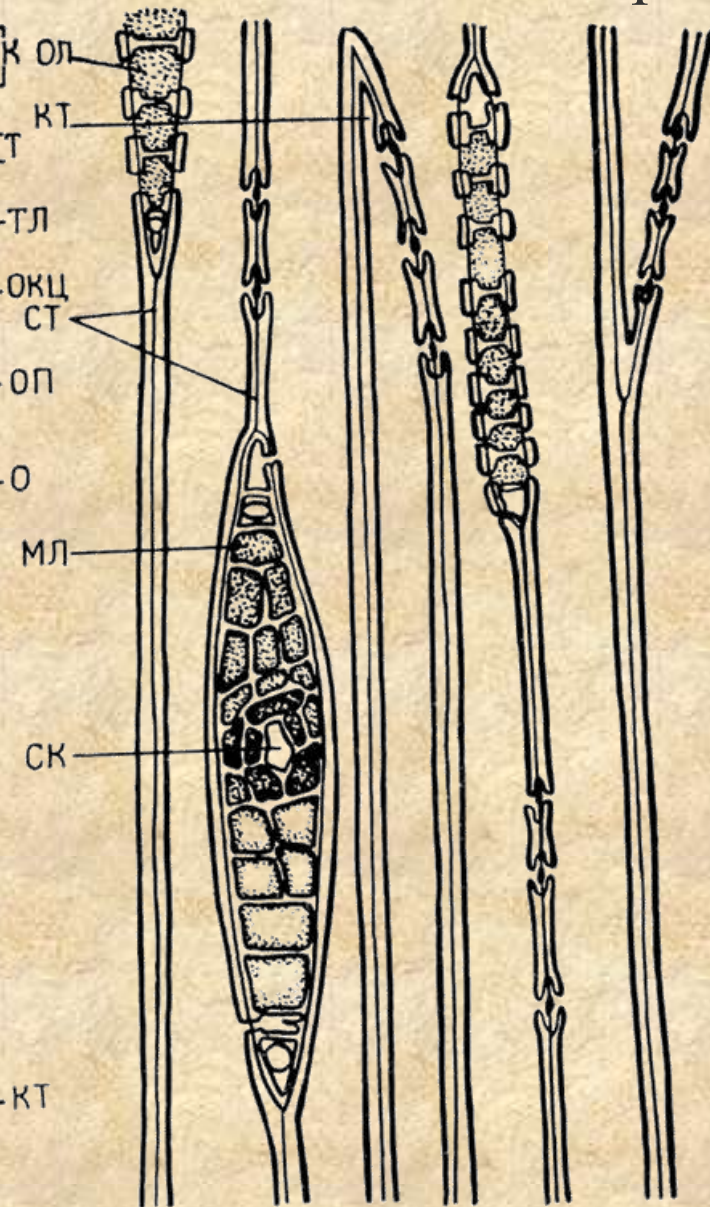
поперечный срез



радиальный срез



тангентальный срез



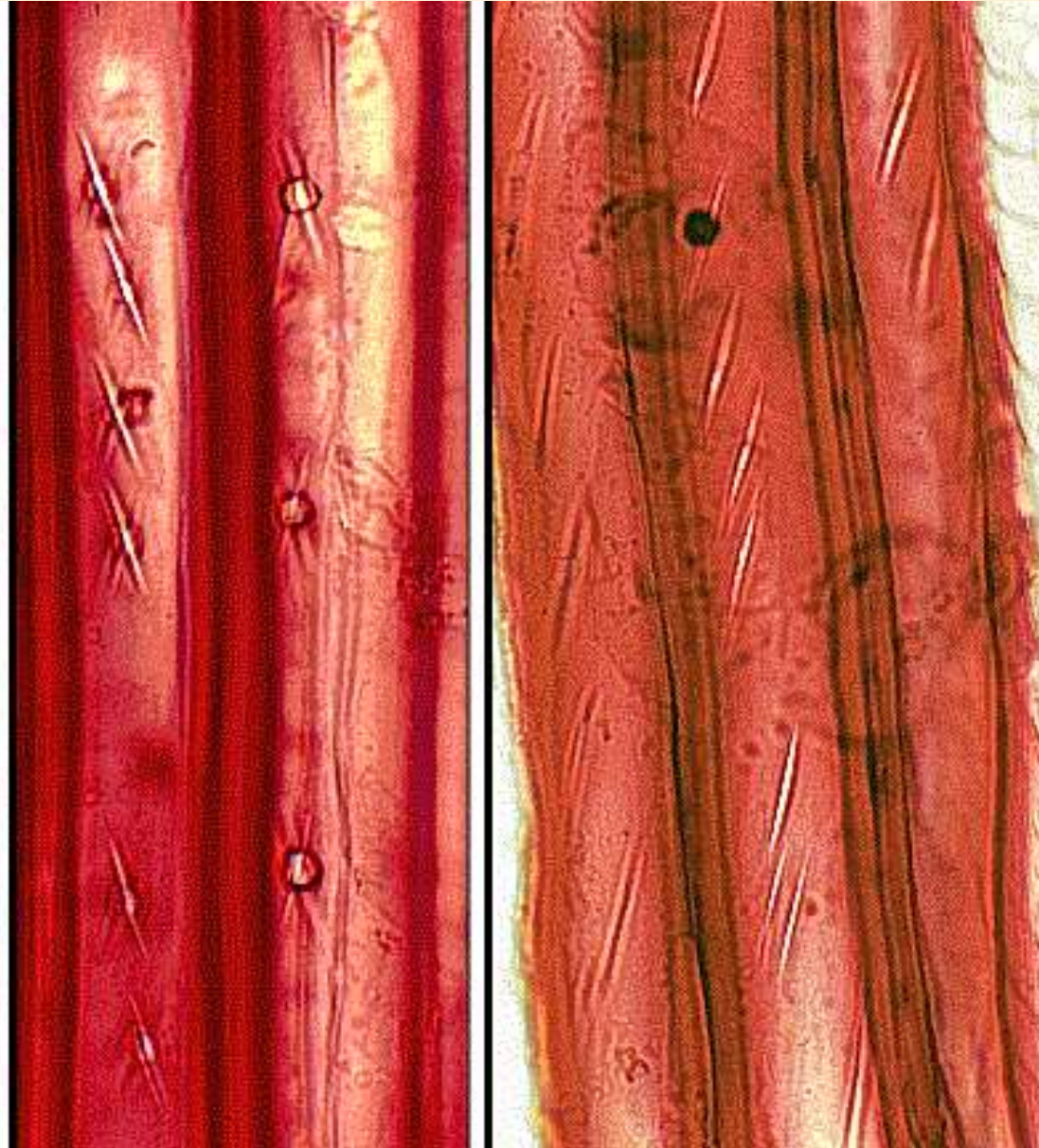
Древесина сосны



трахеиды

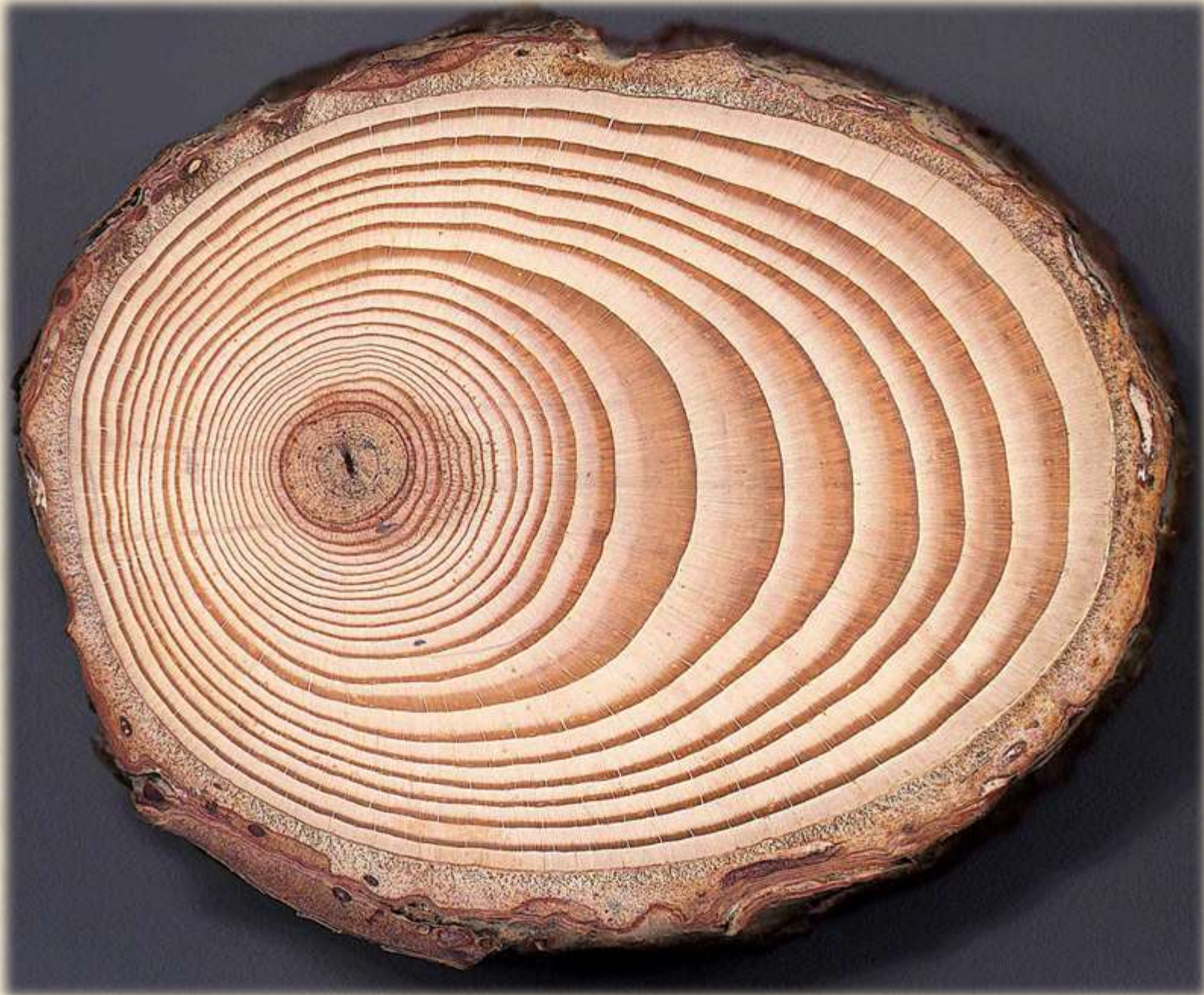


волокнистые трахеиды



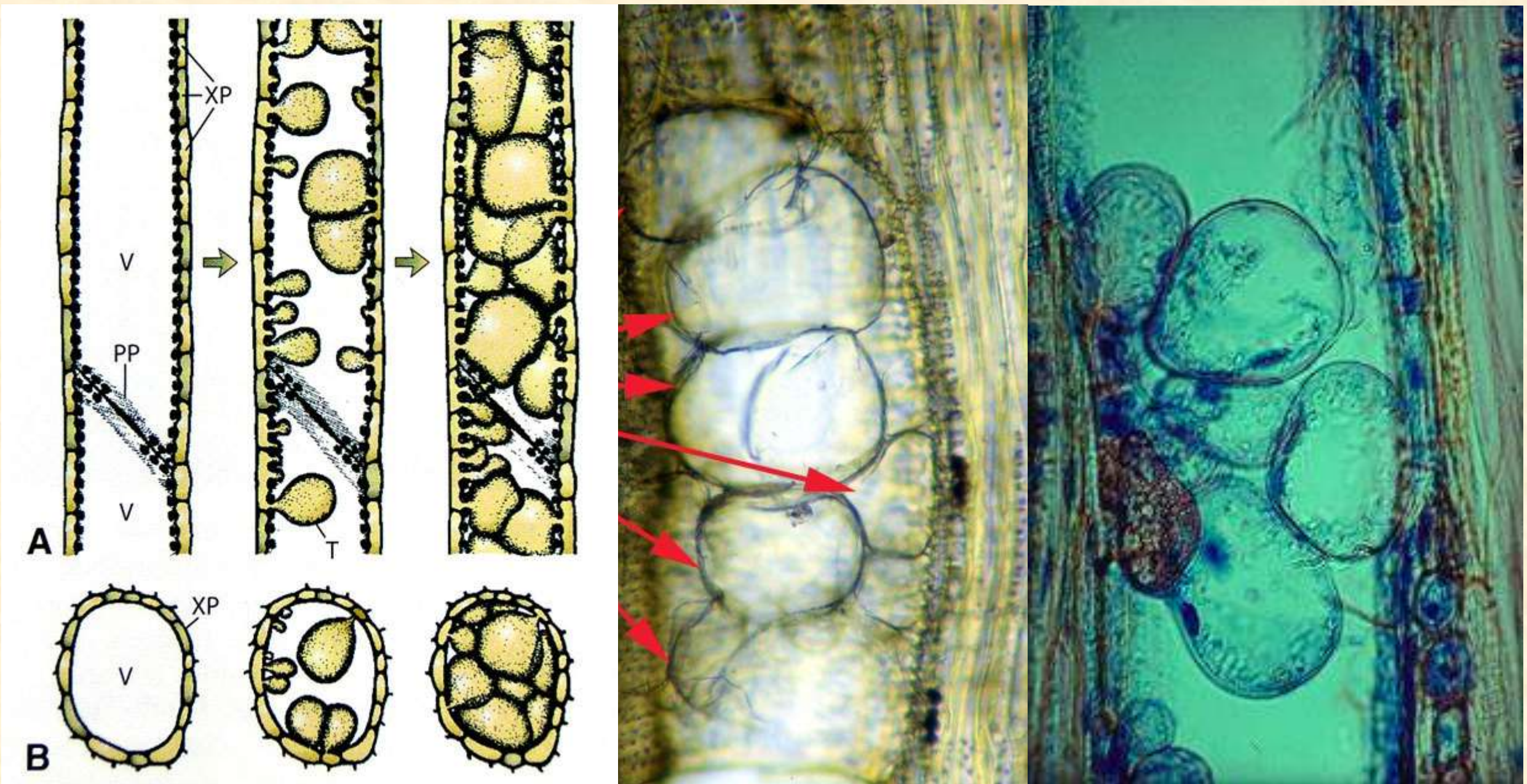
Древесина *Pinus sylvestris*





*Larix decidua* (спелодревесный стебель)





Затилывание сосуда





*Taxus baccata*  
(ядрово-древесный  
стебель)



*Diospyros perrieri* (Ebenaceae) –  
мадагаскарское черное дерево







*Diospyros crassifolia* (Ebenaceae) –  
африканское черное дерево (камерунский эбен)





*Jacaranda brasiliana* (*Leguminosae*) –  
Бразильский палисандр (жакаранда)







*Dalbergia melanoxylon*  
(*Leguminosae*) –  
Гренадил







*Dalbergia sissoo* (*Leguminosae*) –  
Индийский палисандр  
(красное дерево шишам)





*Cardwellia sublimis* (Leguminosae) – Лайсвуд





*Millettia laurentii*  
(*Leguminosae*) –

Венге (африканский палисандр)







*Microberlinia brazzavillensis*  
(*Leguminosae*) – ЗебраНО







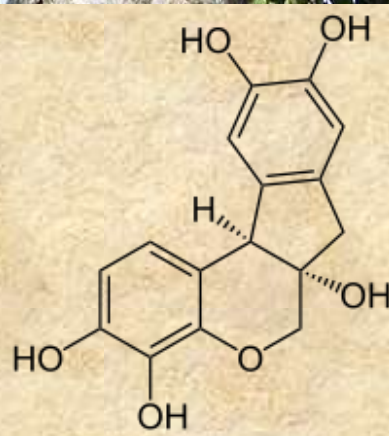
*Peltogyne* spp. (Leguminosae) —  
«Бразильский амарант»







*Haematoxylon  
campechianum*  
(*Leguminosae*) –  
Кампешевое дерево





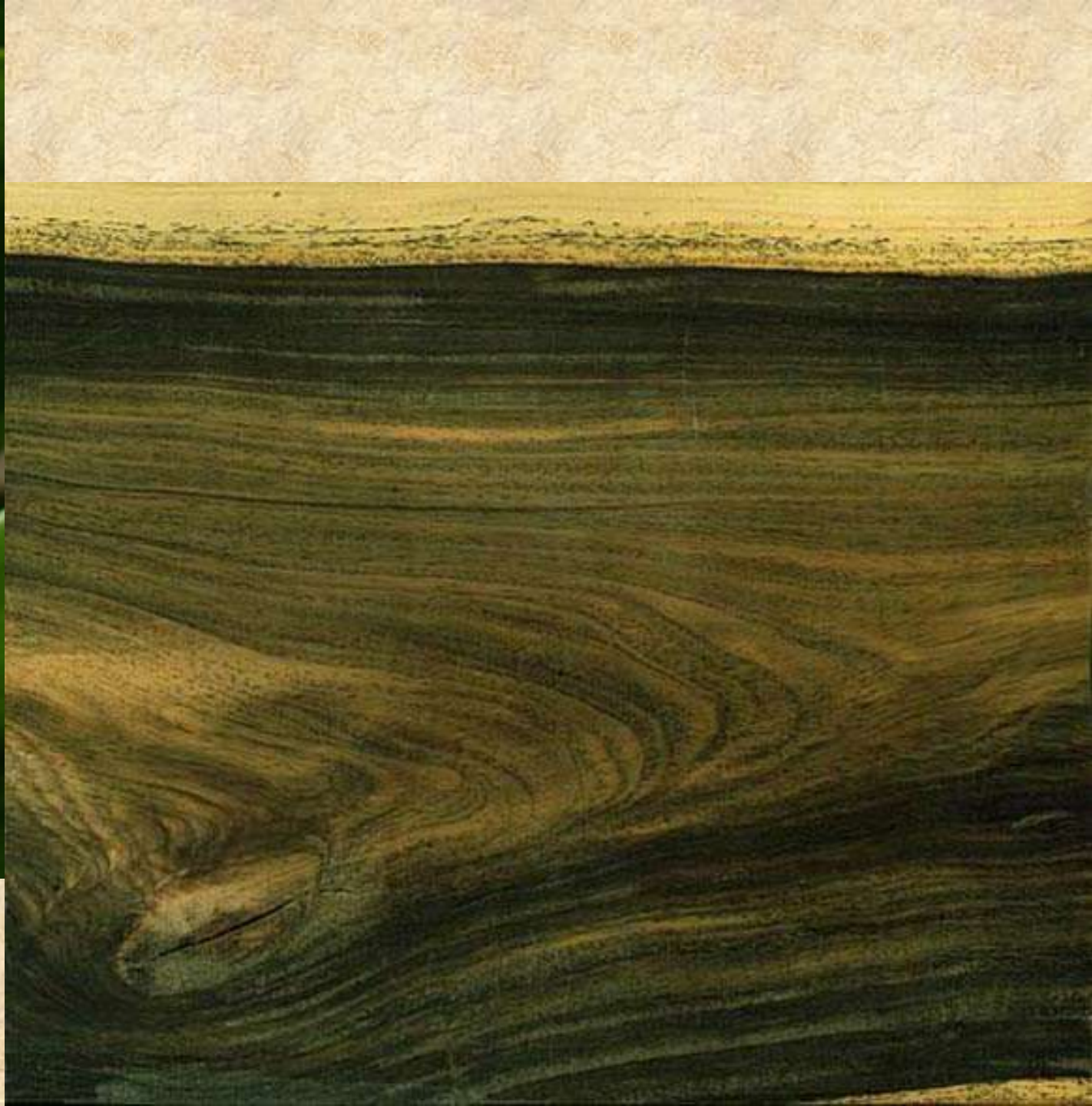


*Combretum imberbe*  
(*Combretaceae*) –  
Свинцовое дерево, Монзо

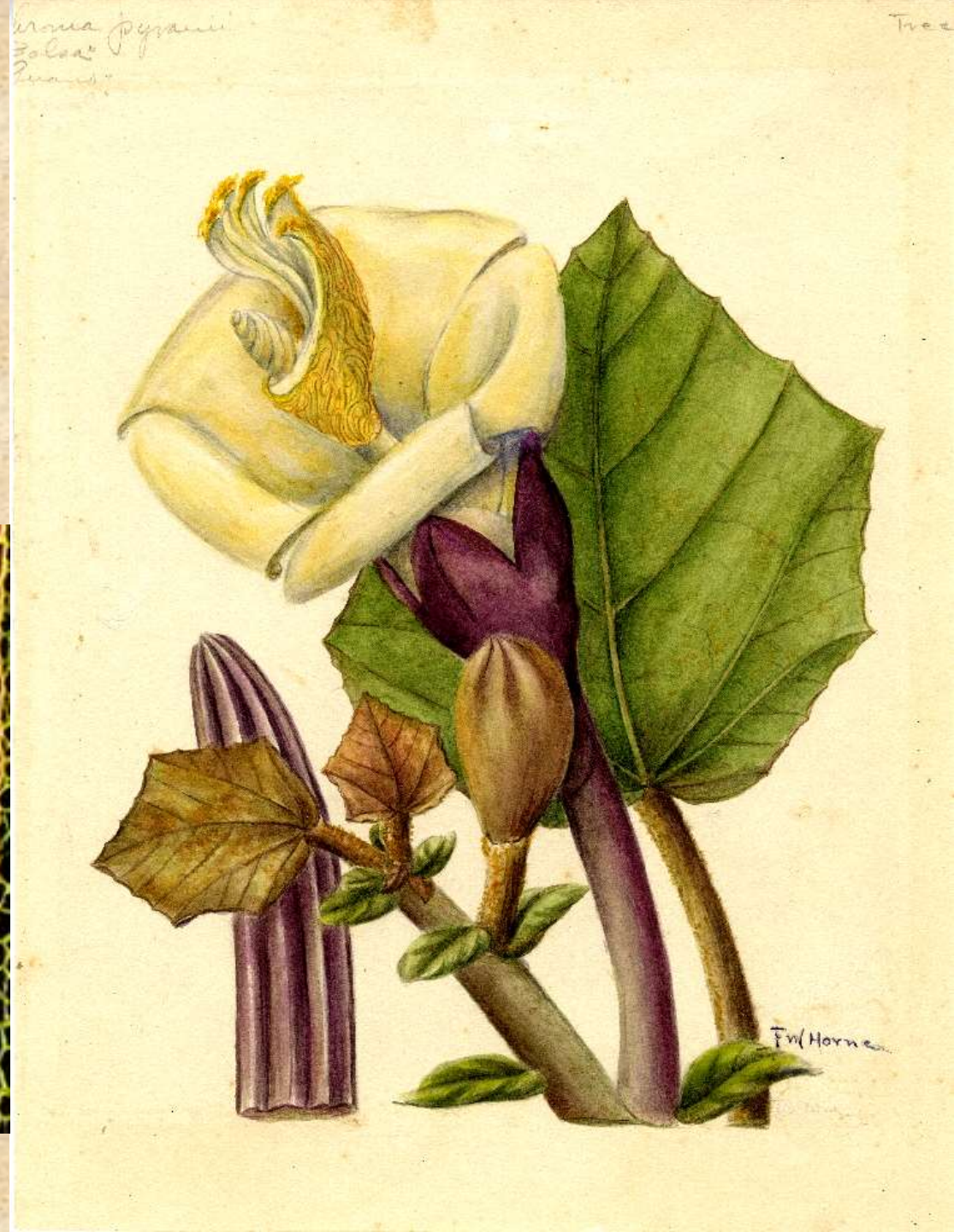
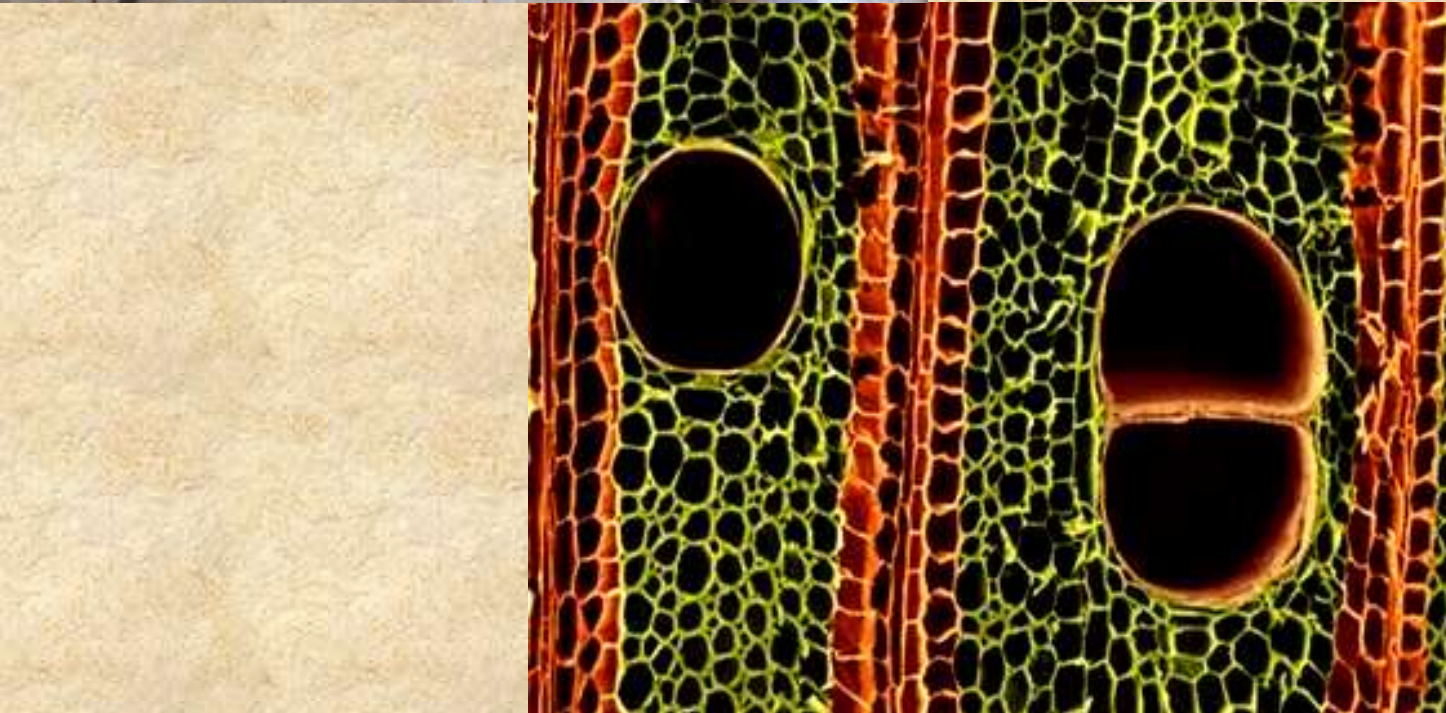




*Guajacum officinale*  
(Zygophyllaceae) – Бакаут







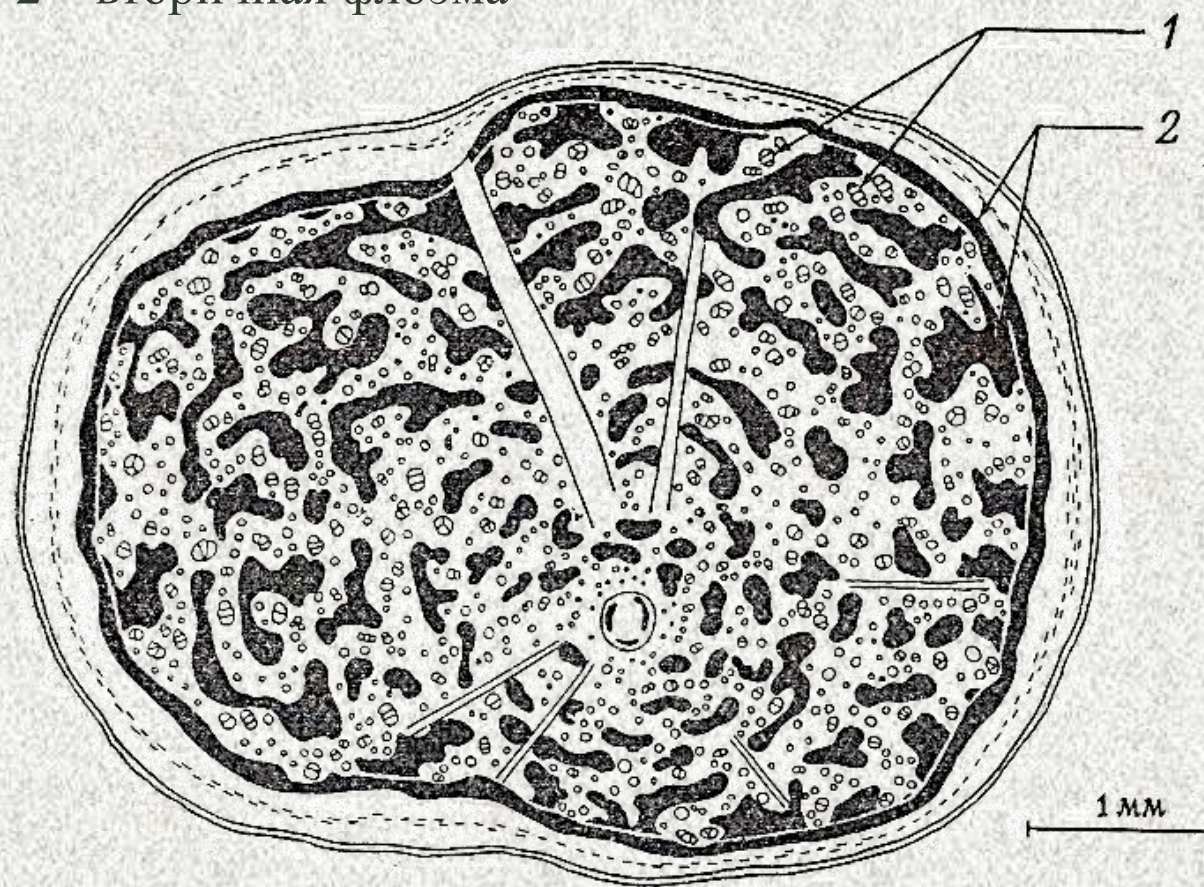
*Ochroma pyramidale* – Бальса



***Аномальное  
вторичное утолщение стебля***



1 – вторичная ксилема  
2 – вторичная флоэма

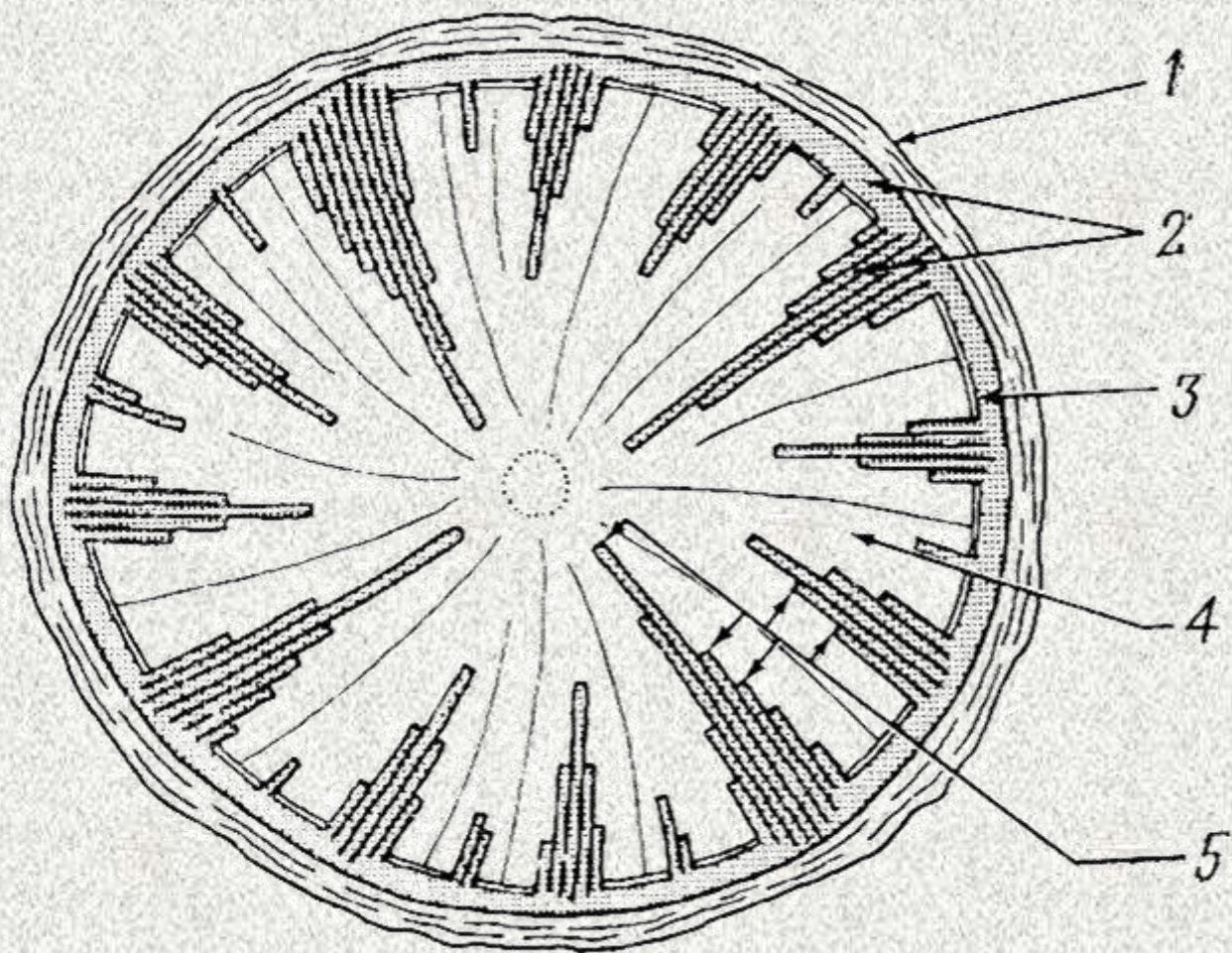


Камбий откладывает флоэму не только наружу, но эпизодически и внутрь



*Leptadenia spartium*





- 1 — ритидом
- 2 — вторичная флоэма
- 3 — камбий, откладывающий флоэму и ксилему
- 4 — вторичная ксилема
- 5 — камбий, откладывающий только флоэму



*Spathodea nilotica*





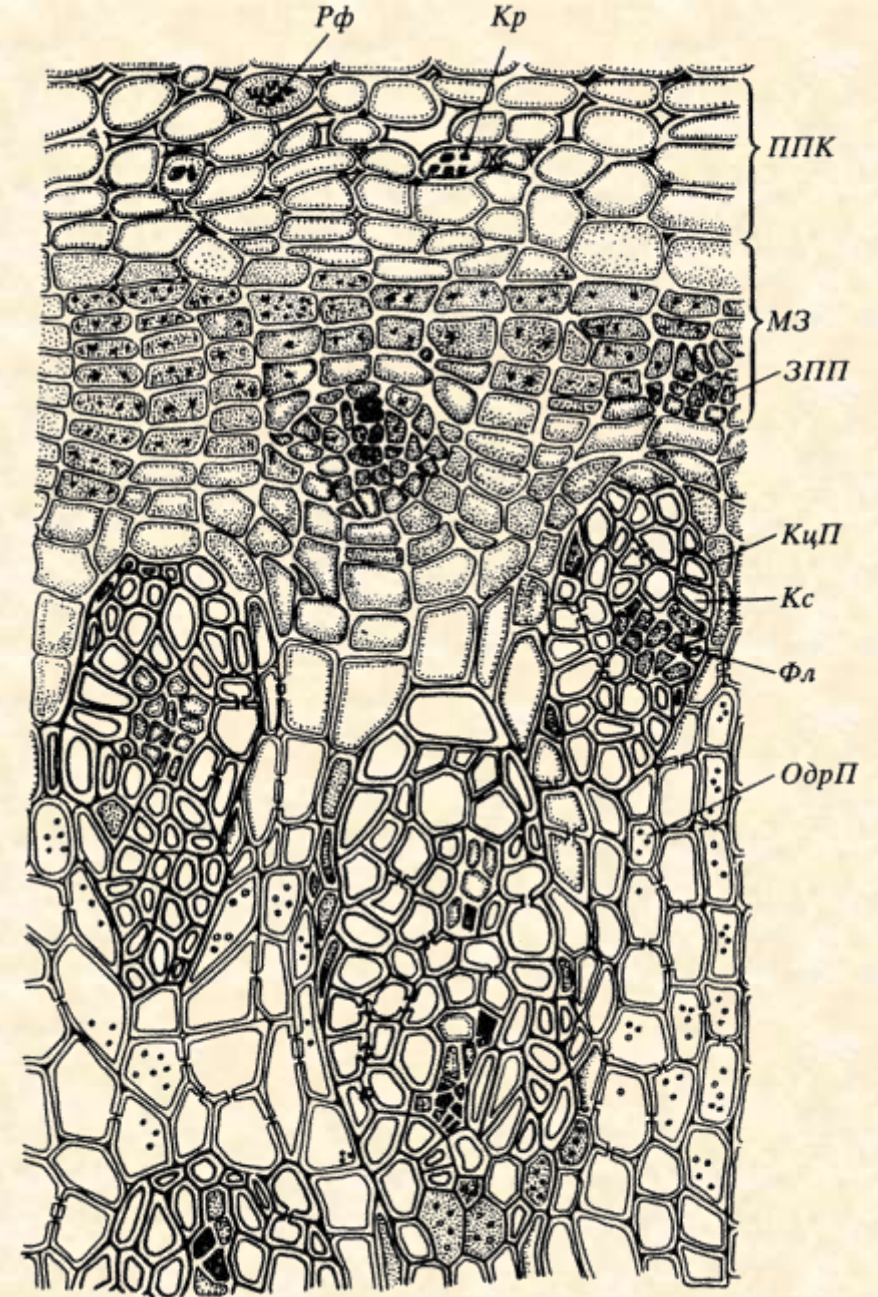
*Betula pendula var. carelica*  
(*Betulaceae*) –  
Карельская береза





***Утолщение стебля  
однодольных***

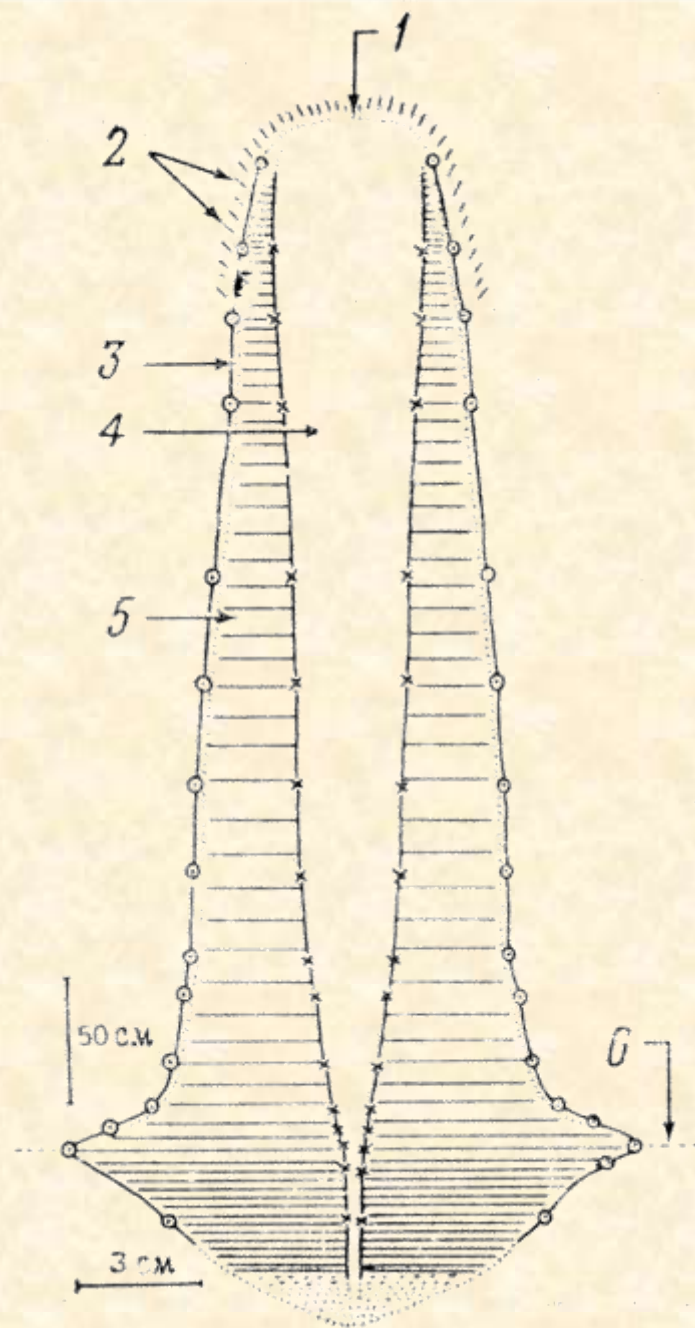




*Dracaena draco*



- 1 – апекс побега
- 2 – листья
- 3 – первичная кора
- 4 – первичные ткани
- 5 – вторичные ткани
- 6 – уровень почвы



Особенности роста *Cordyline australis*

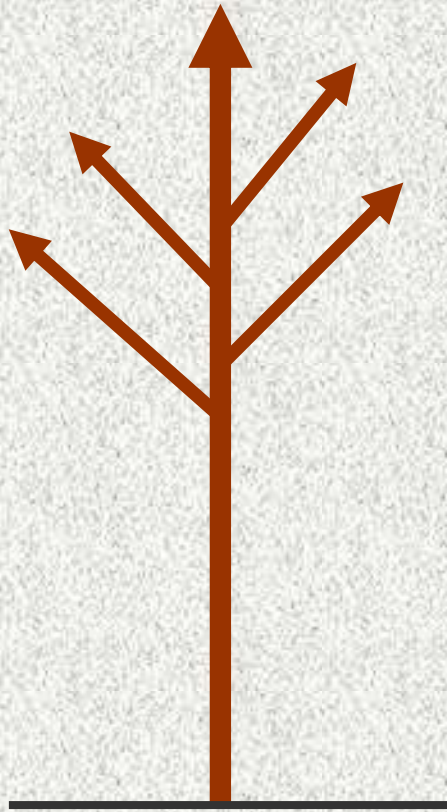




**Владимир Федорович Раздорский**  
(1883 – 1955)



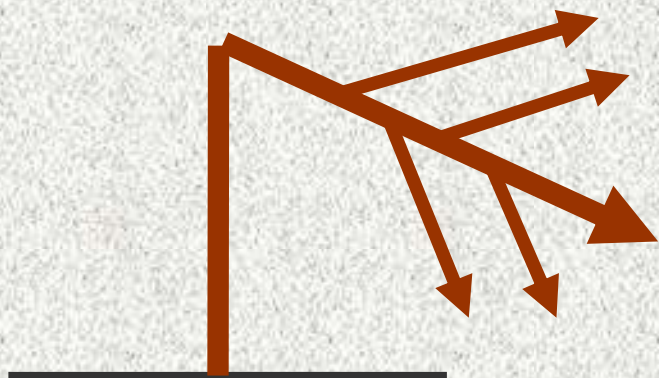




Линейное сжатие  
(статическая нагрузка)

Устойчивость к изгибу  
пропорциональна диаметру  
стебля и прочности его тканей.



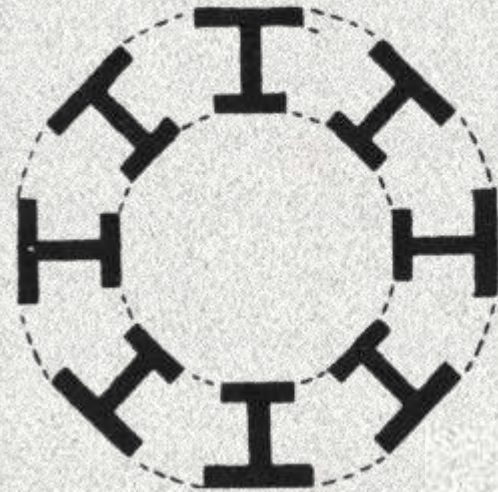
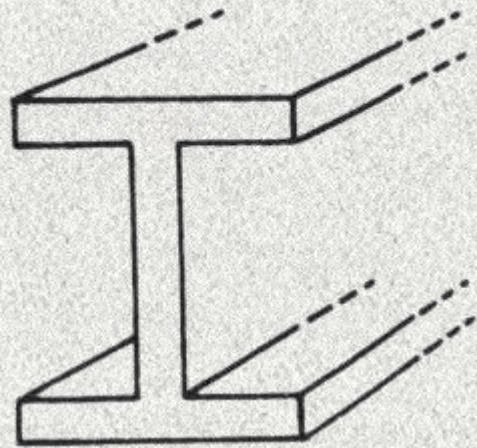


Линейное сжатие  
(статическая нагрузка)

Если напряжение превышает  
предел прочности, то происходит  
**тотальная потеря прочности.**

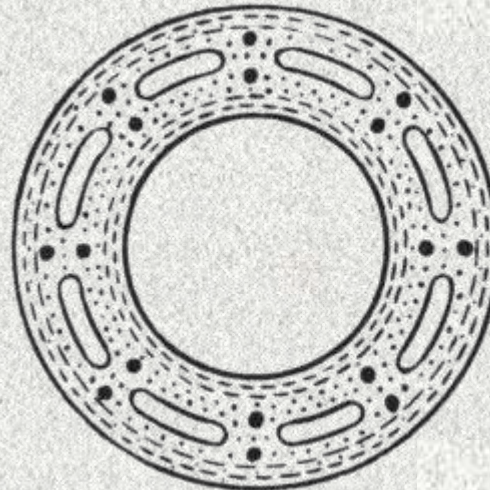
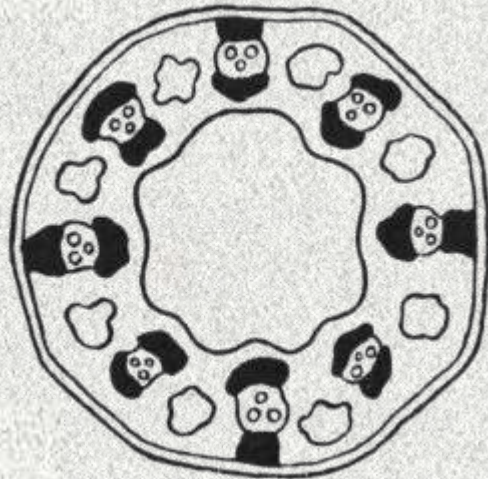


двутавровая  
балка



цилиндр, как система  
двутавровых балок

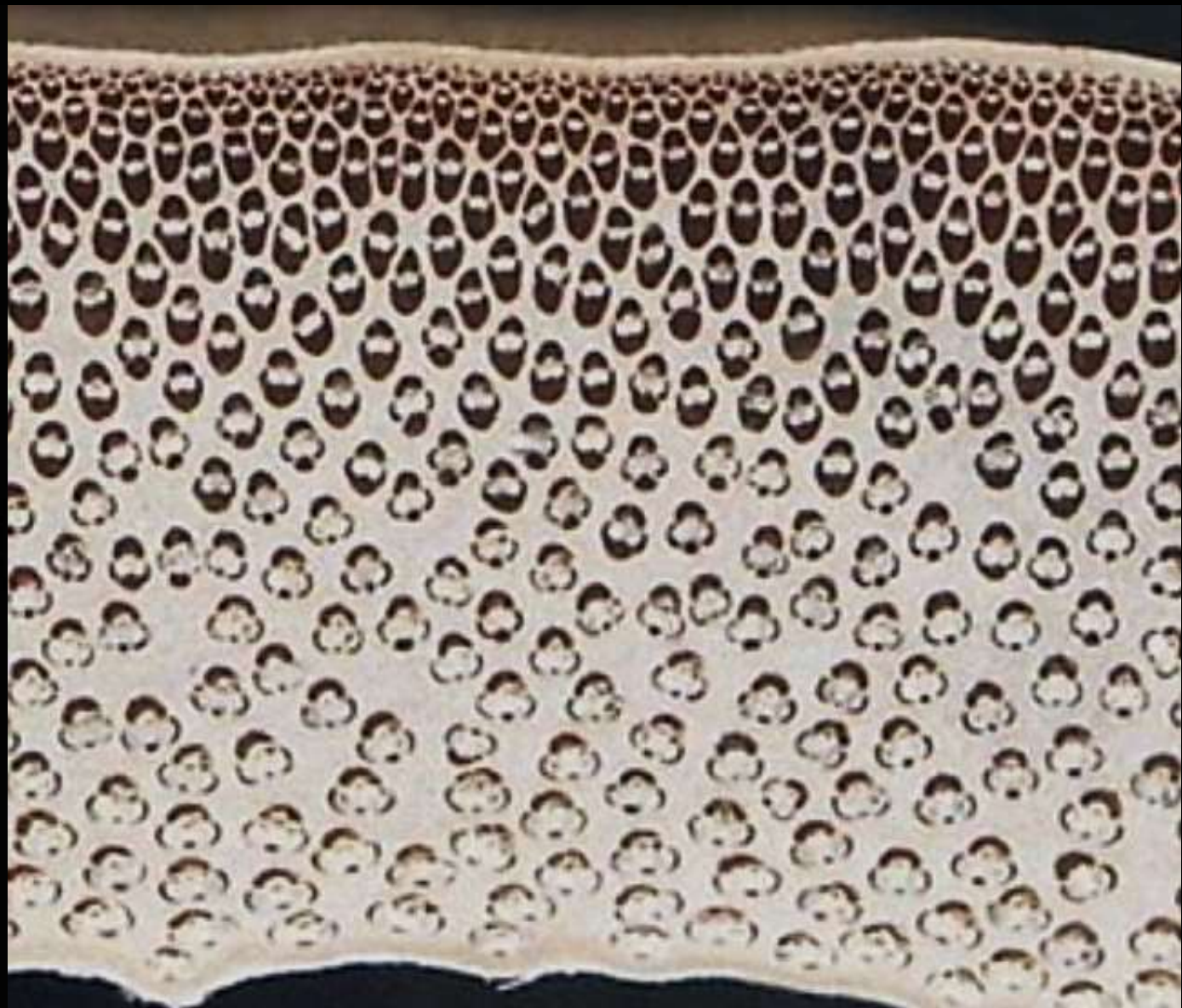
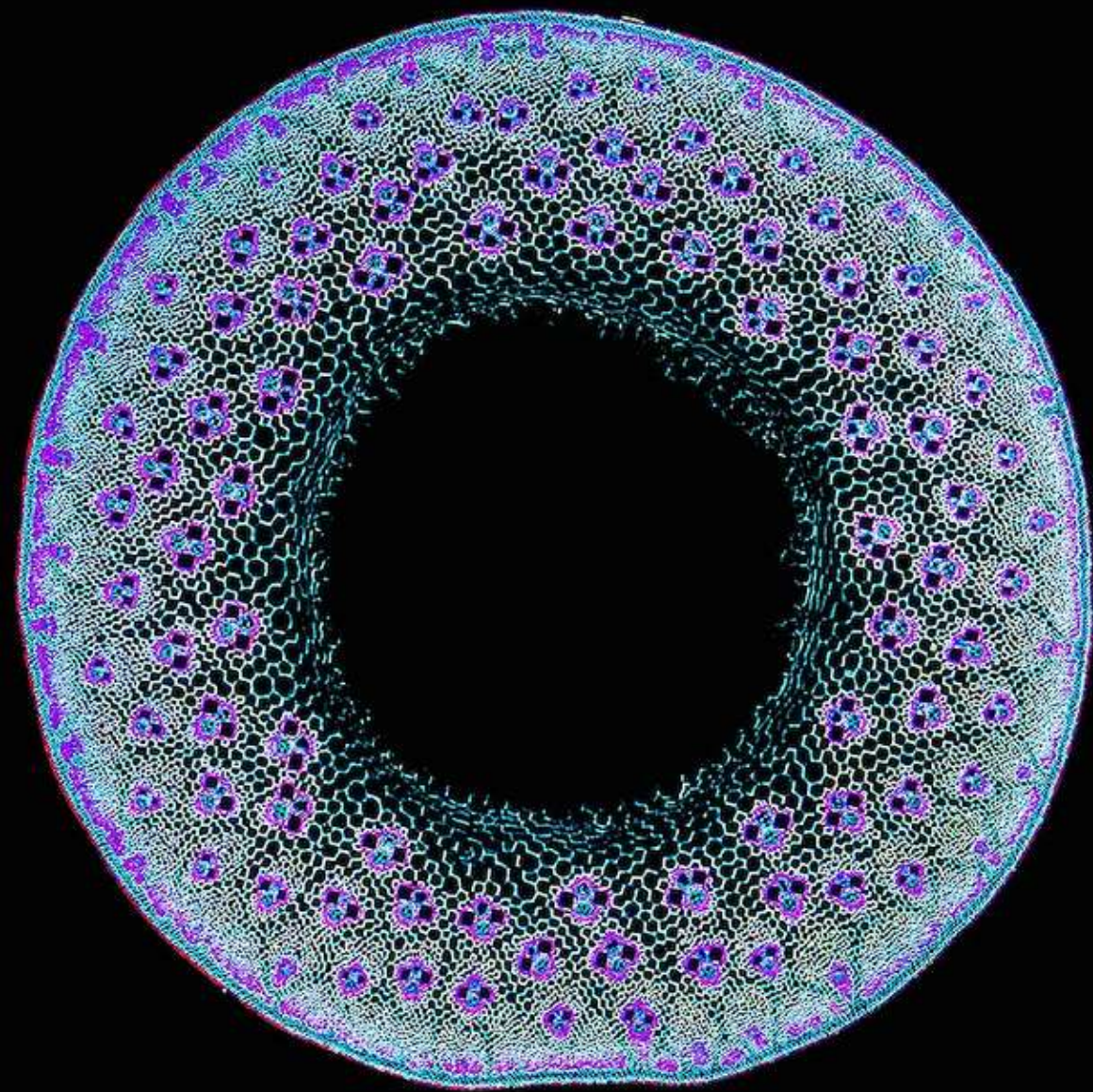
стебель  
*Eriophorum sp.*



фабричная  
труба

Механические конструкции





Стебель *Bambusa sp.*

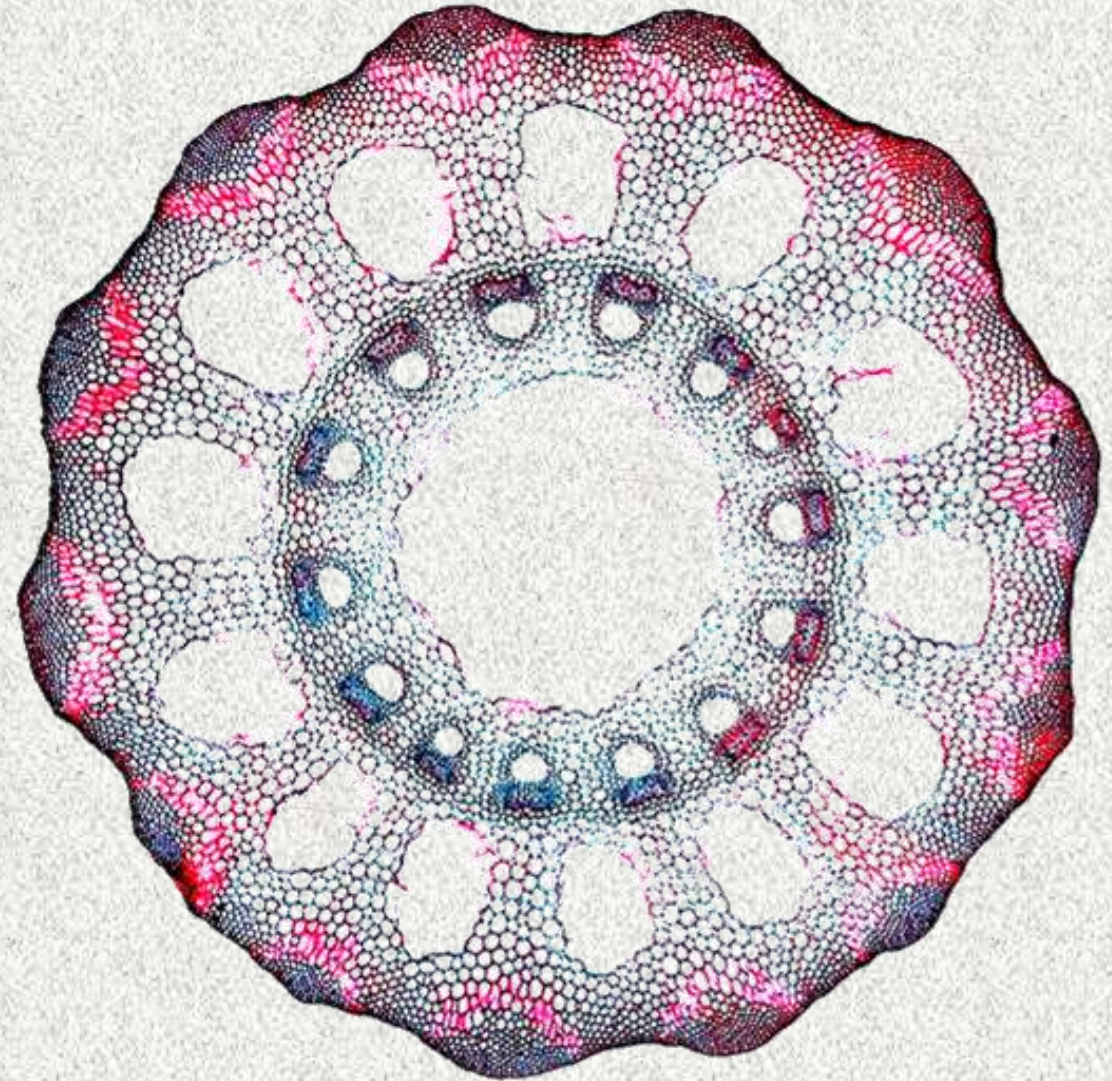


При неоднородном напряжении происходит **локальная** потеря устойчивости (сплющивание).  
Для противодействия этому в стебле образуются рёбра жесткости (продольные тяжи и септы-распорки)



*Juncus articulatus*

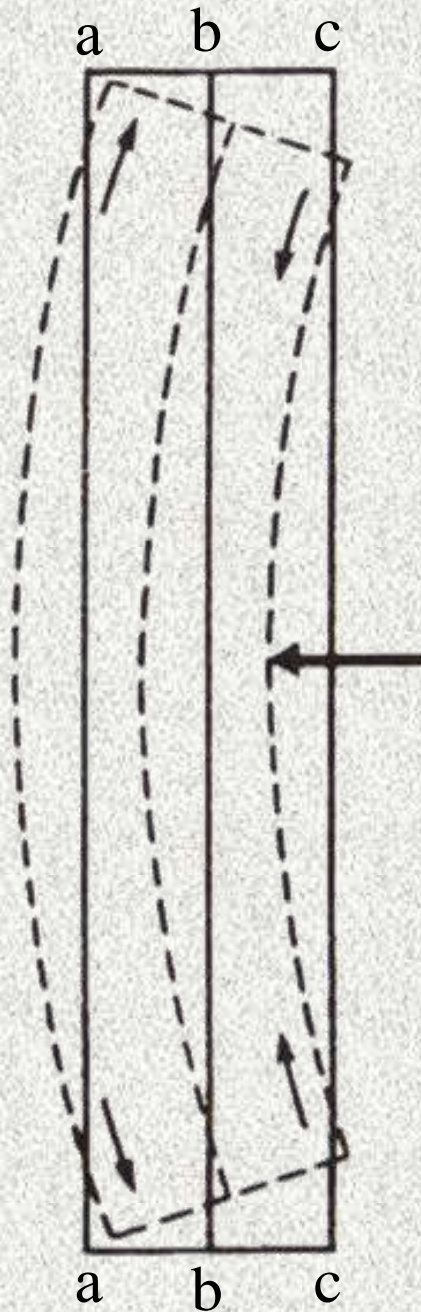
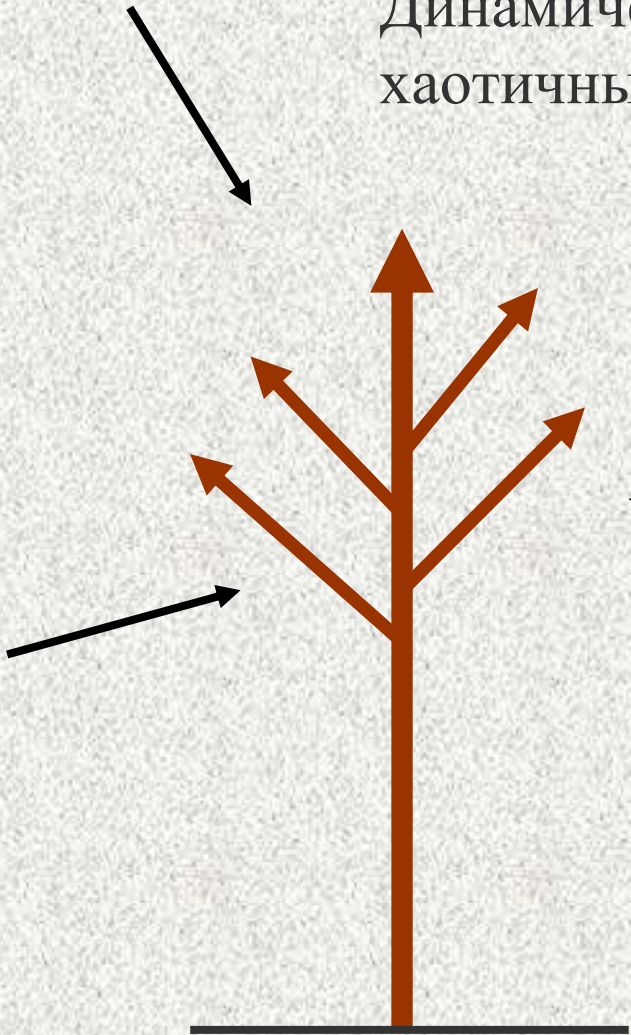




Рёбра жёсткости в стебле *Equisetum* spp.



Динамические нагрузки  
хаотичны



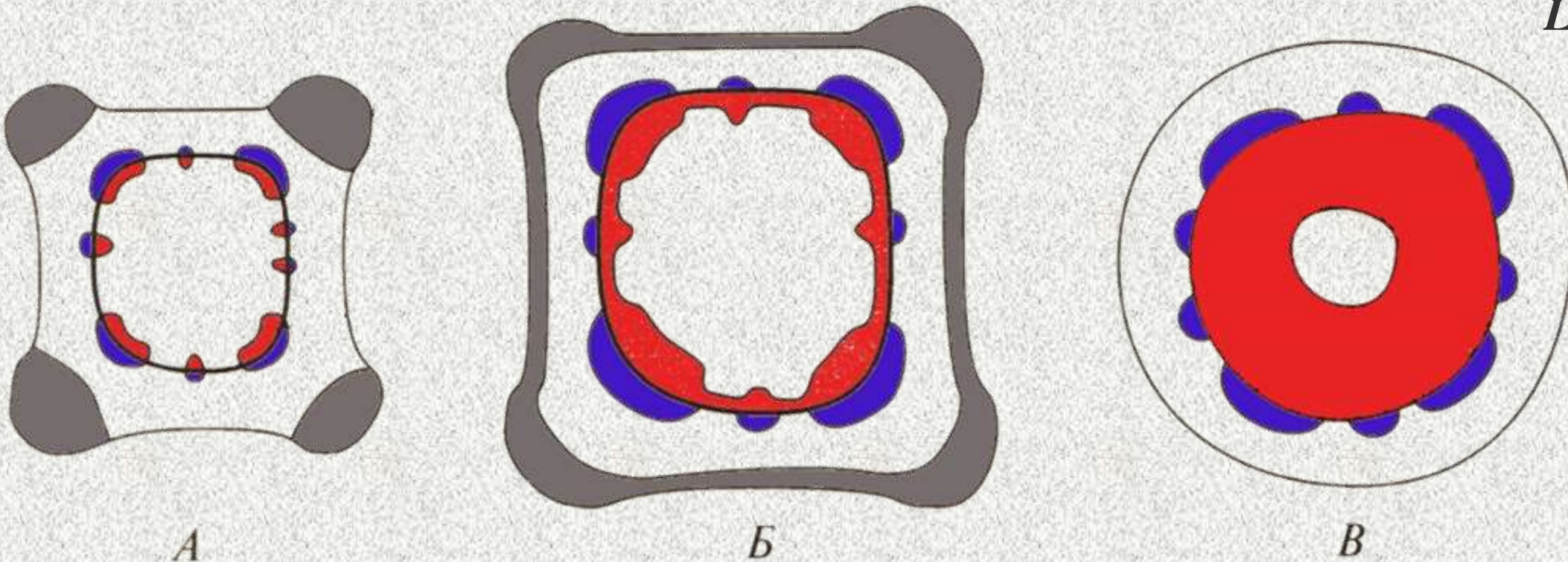
Устойчивость к  
динамической  
нагрузке обеспечивает  
упругое изгибание.



Стебель — адаптивная компромиссная конструкция (компромисс между толстым стеблем с периферическим стереомом и тонким стеблем со стереомом в виде центрального тяжа).

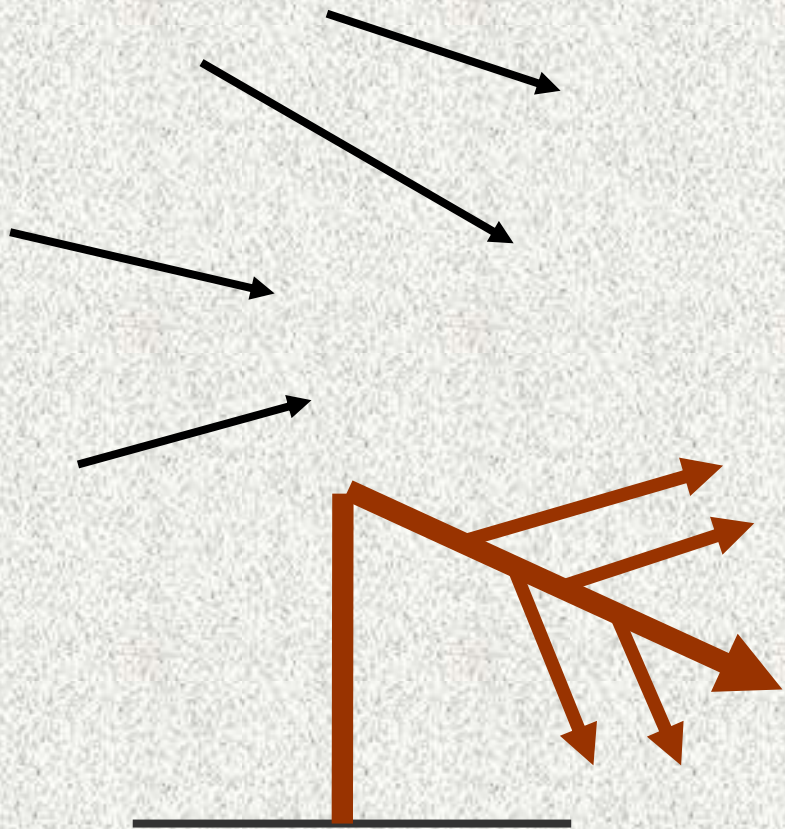


*Lamium album*





## Динамические нагрузки



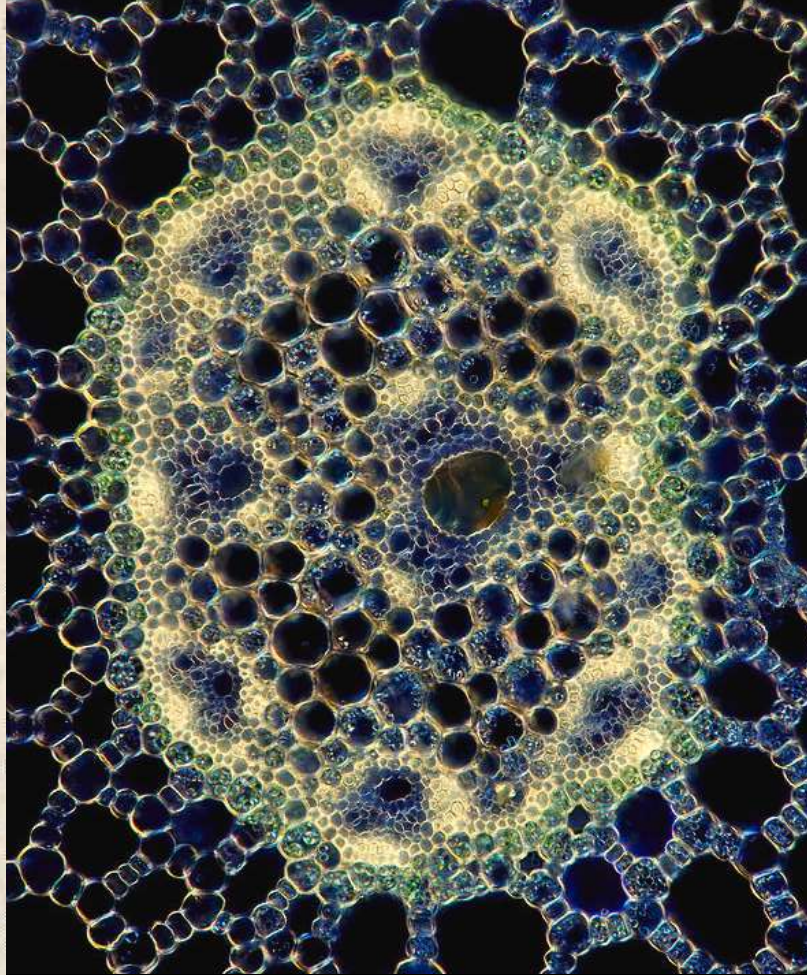
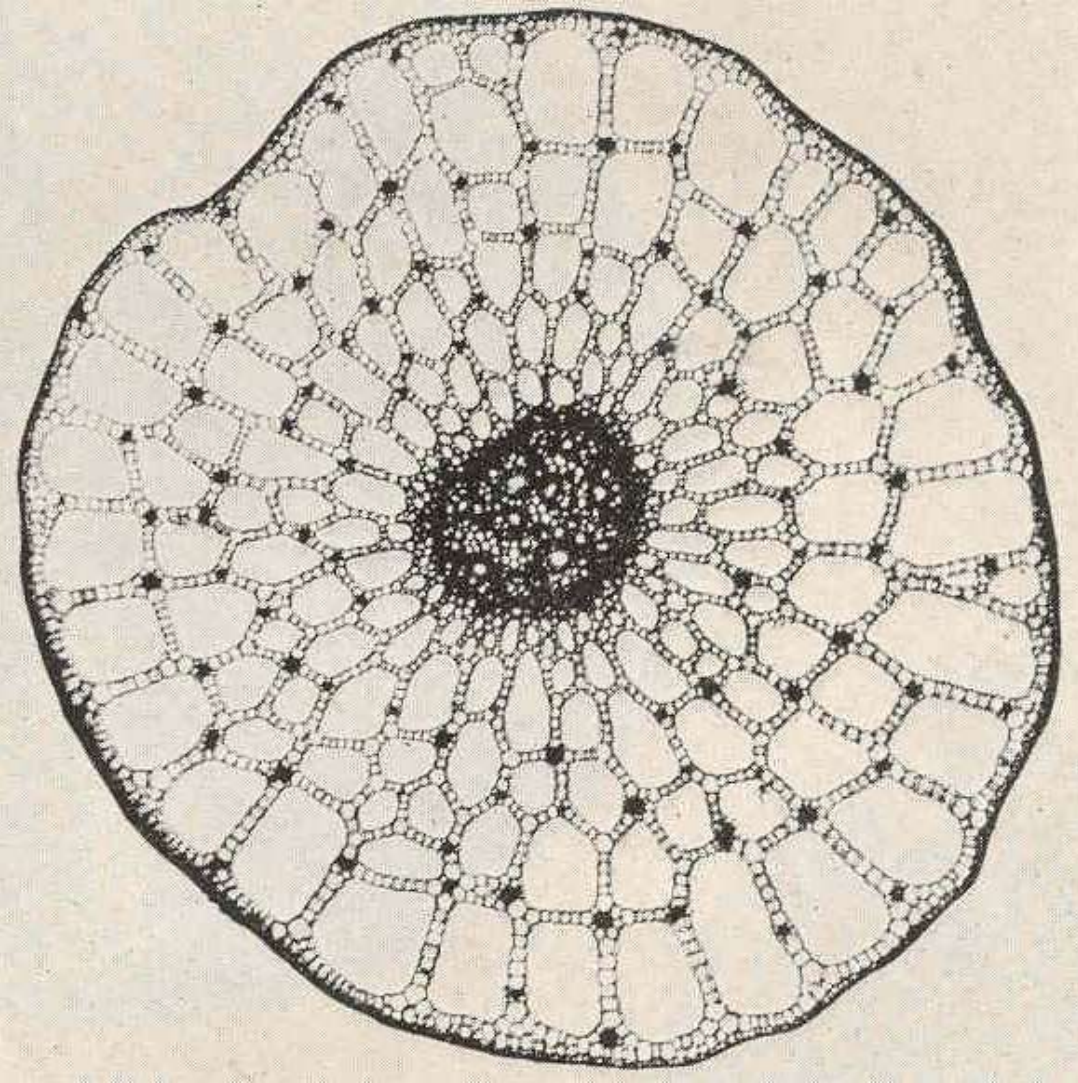
Если напряжение превышает предел прочности, то происходит тотальная потеря прочности.





Консольная система бокового побега *Juglans cinerea*



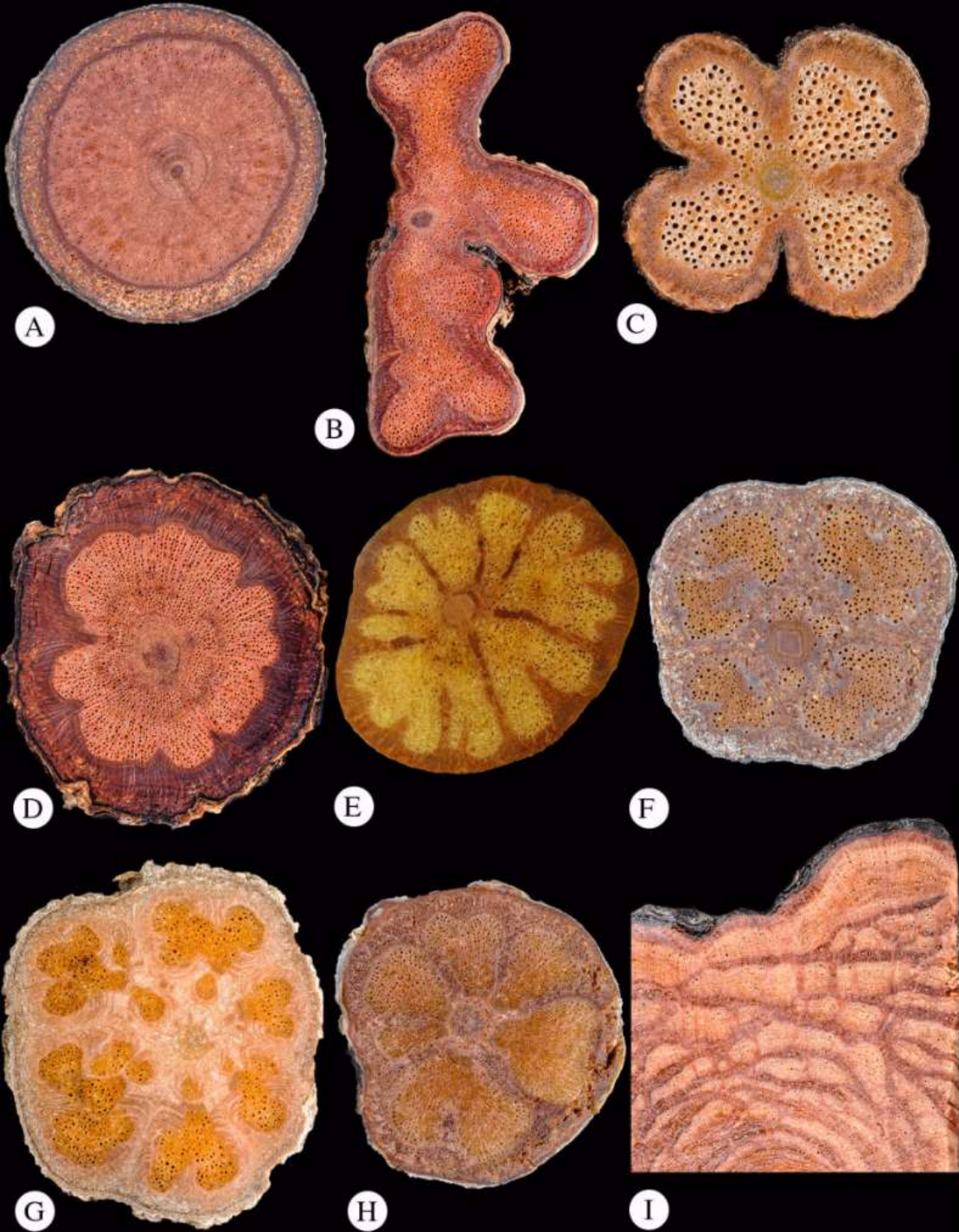


*Potamogeton lucens*



У водных растений стебель функционирует как натянутый канат и имеет высокую прочность на разрыв.





*Bauhinia spp.*

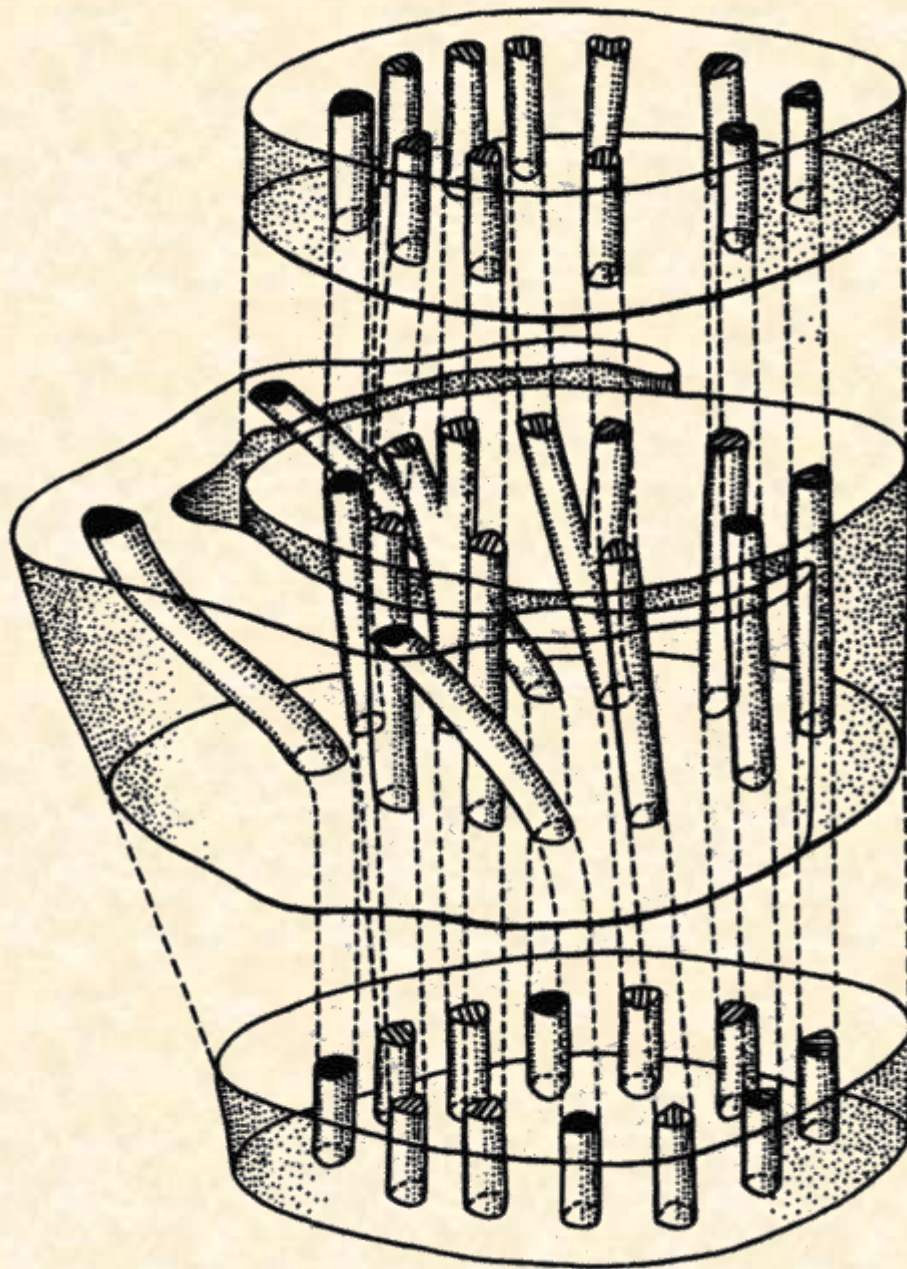


У лиан стебель так же функционирует как гибкий канат.



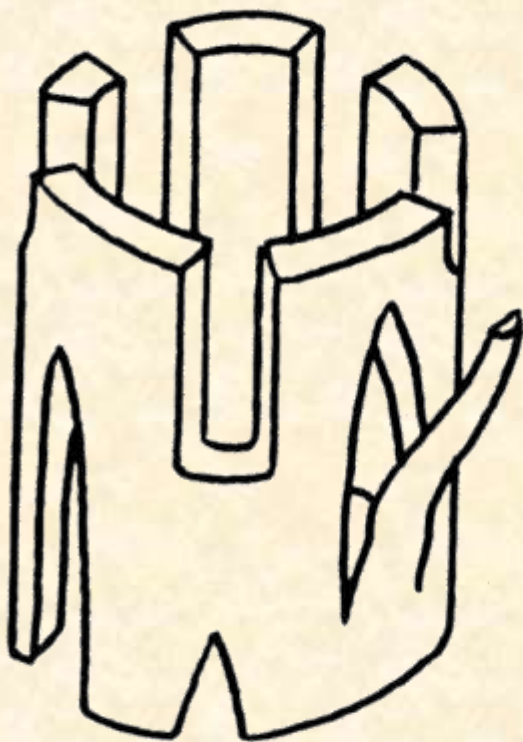
# ***Нодальная анатомия***





Ход пучков в стебле *Geum urbanum*

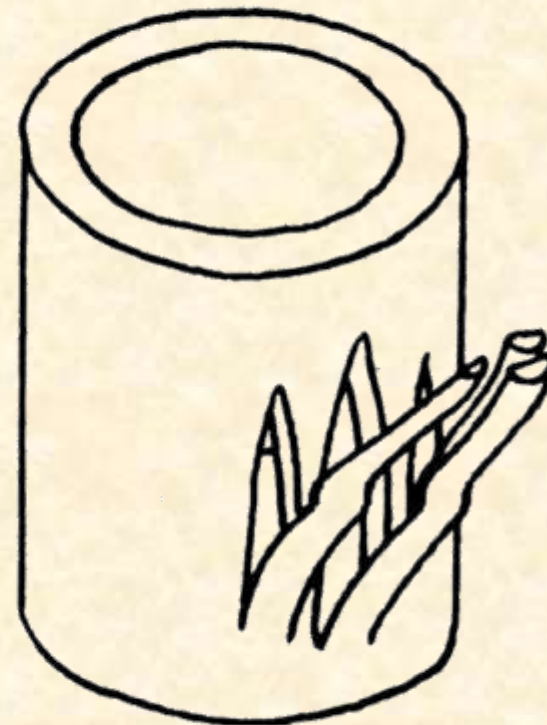




однопучковый  
однолакунный



трёхпучковый  
однолакунный



трёхпучковый  
трёхлакунный

## Типы узлов двудольных



- 1— пучок средних размеров
- 2— лиственный след
- 3— мелкий пучок
- 4— крупный пучок
- 5— крупный лиственный след
- 6— мелкий лиственный след
- 7— основание листа
- 8— почка
- 9— вертикальные пучки
- 10— точки расхождения
- 11— анастомозы пучков

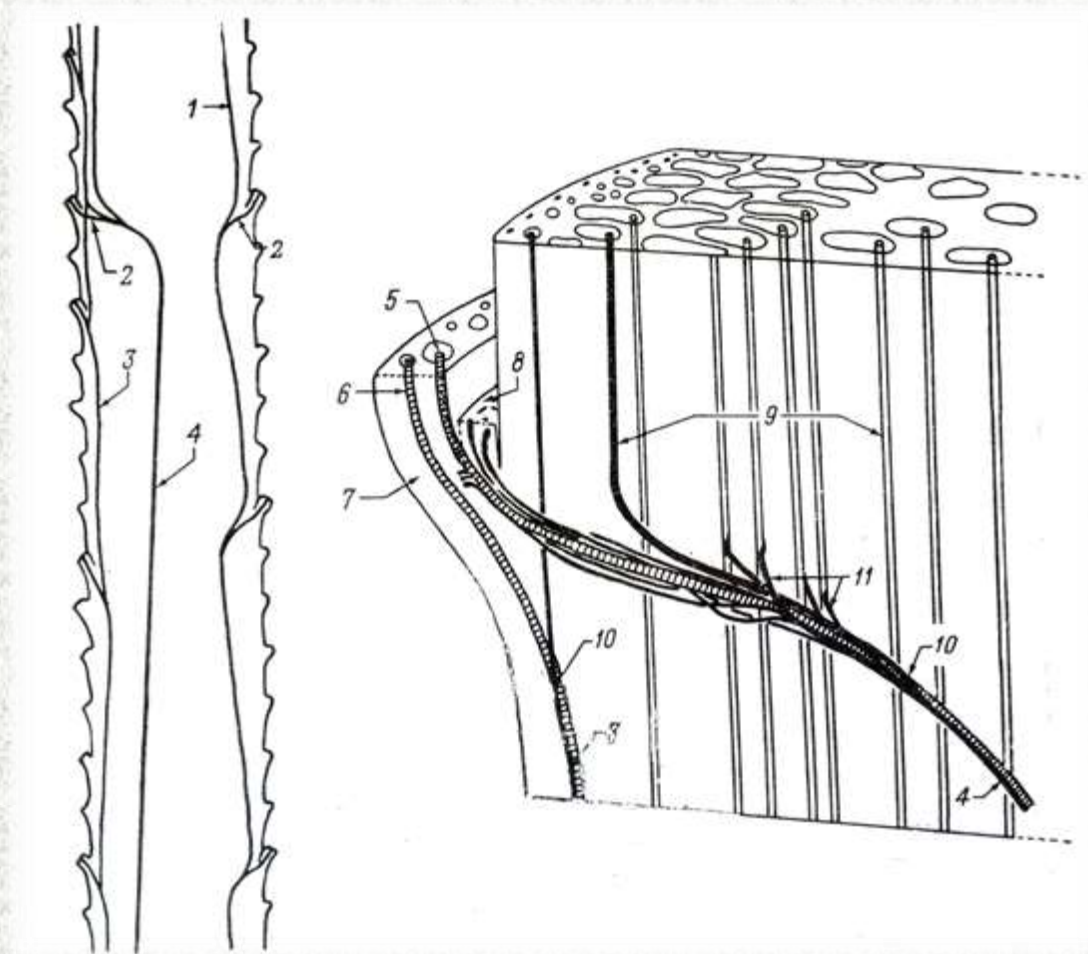
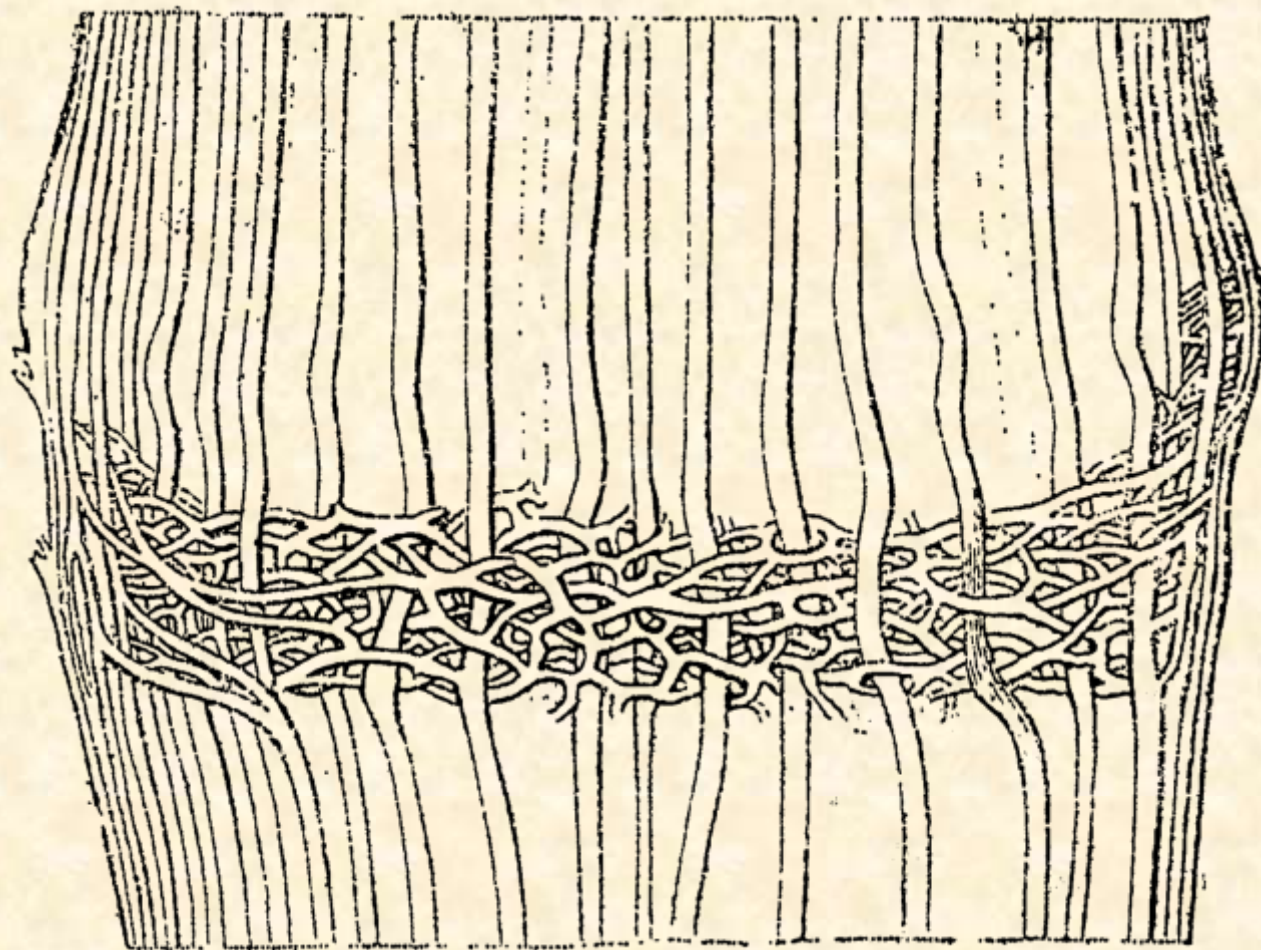


Схема проводящей системы *Rhaps excelsa*



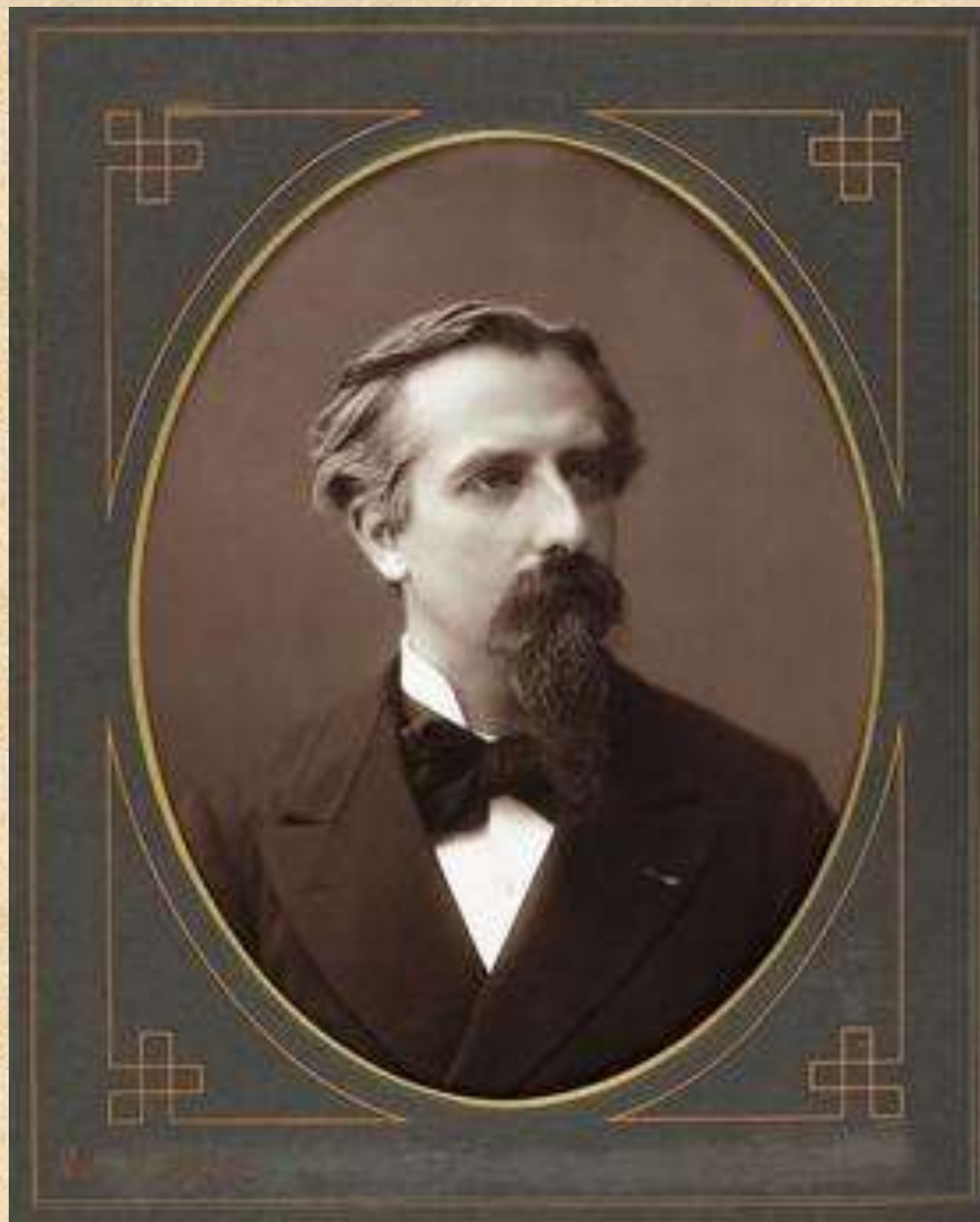


Анастомозы пучков в узле *Zea mays*



# *Стелярная теория*





**Phillippe Édouard Léon van Tieghem**  
**19 IV 1839 – 28 IV 1914**

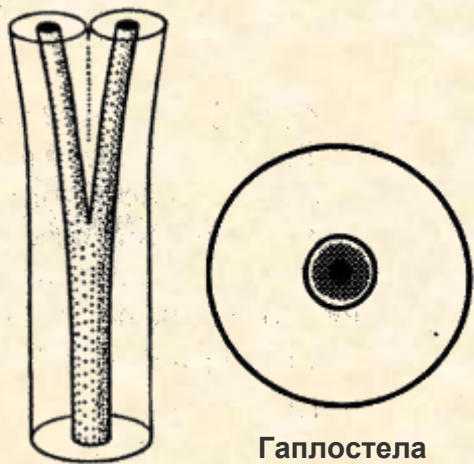
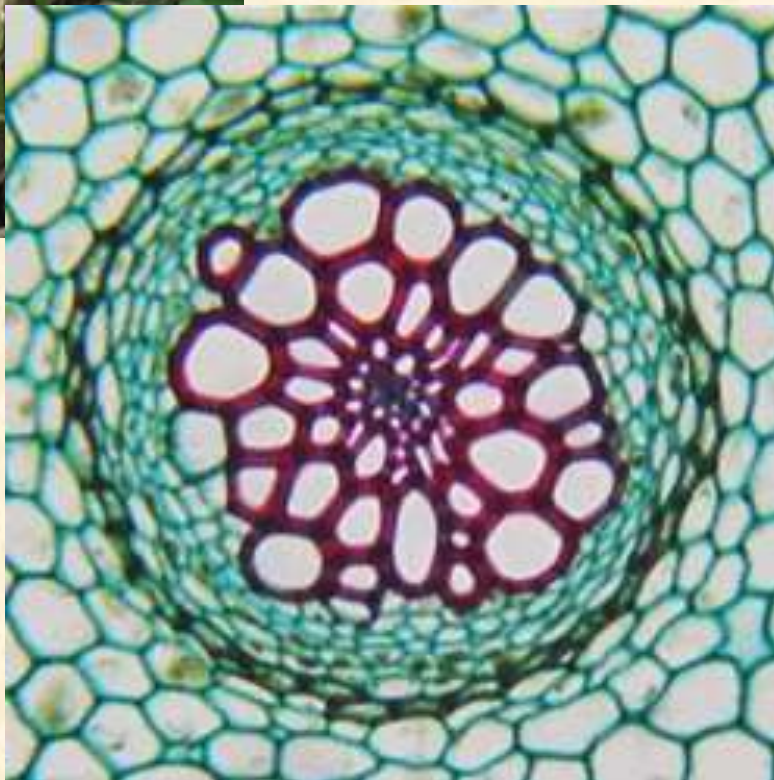
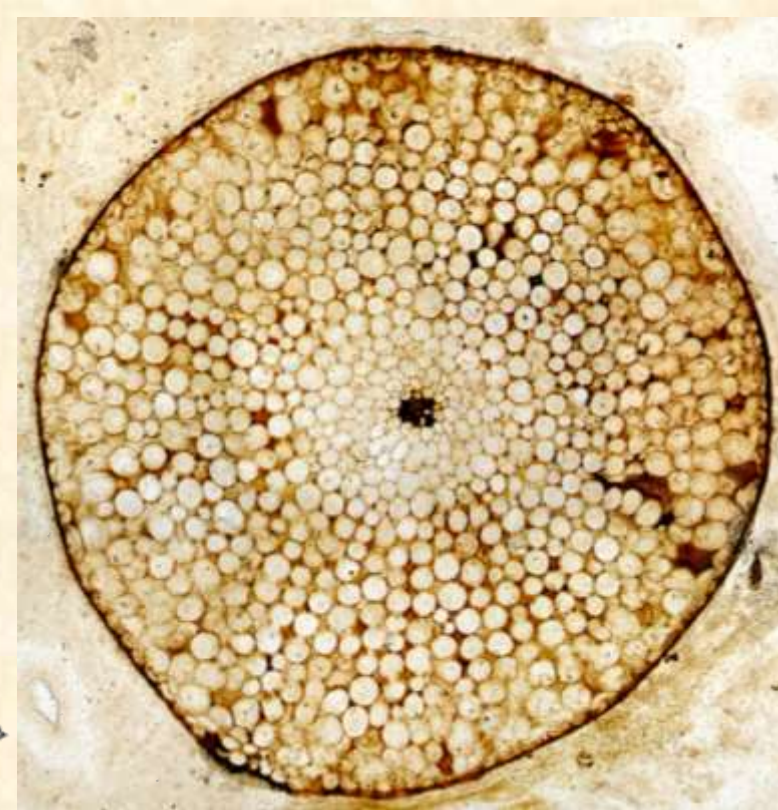




*Lygodium sp.*



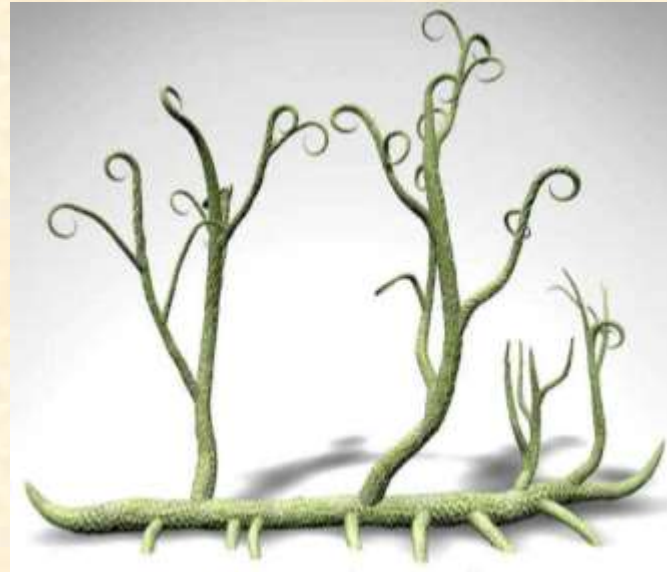
*Rhynia gwynne-vauchanii*



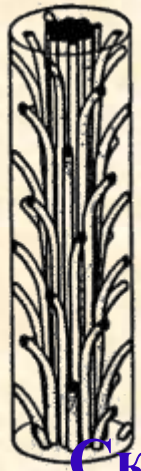
Гапlostела



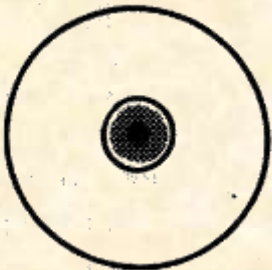
# Витализация



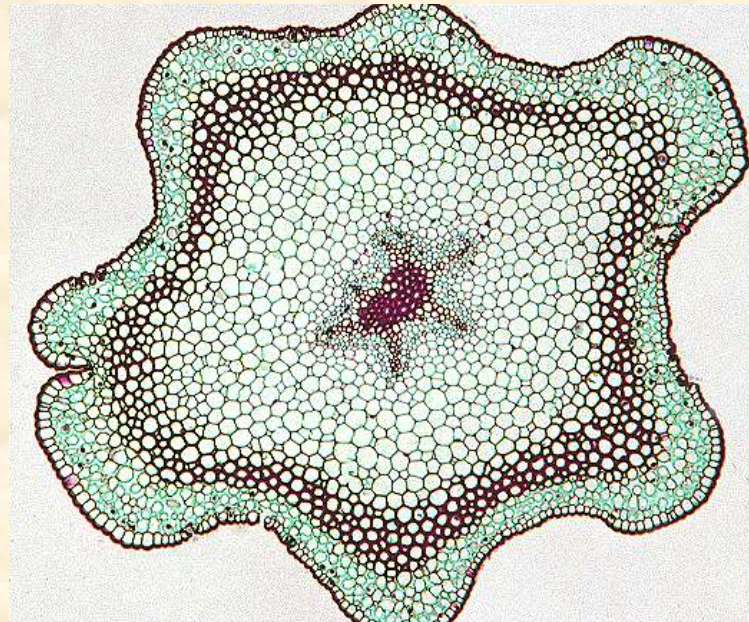
*Asteroxylon sp.*



Скульптурирование



Гаплостела



*Psilotum nudum*

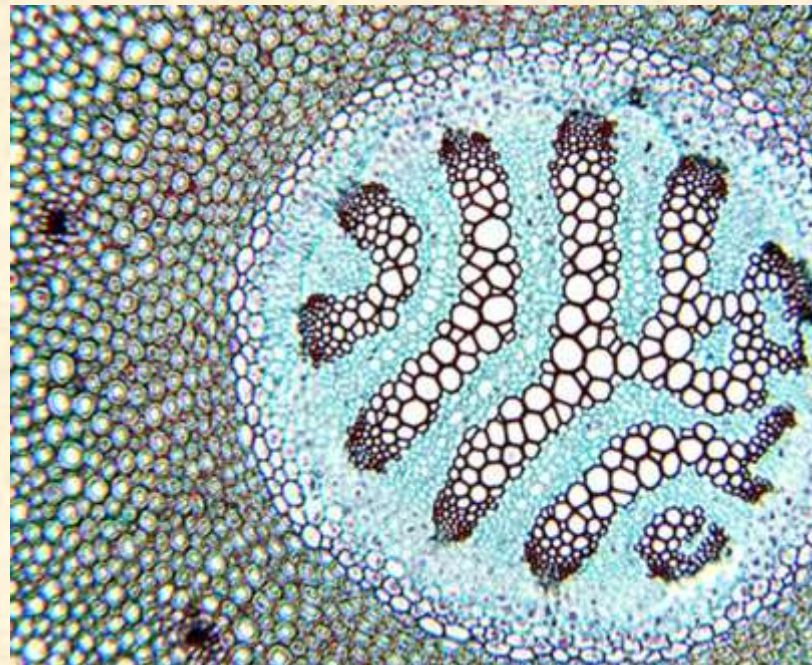
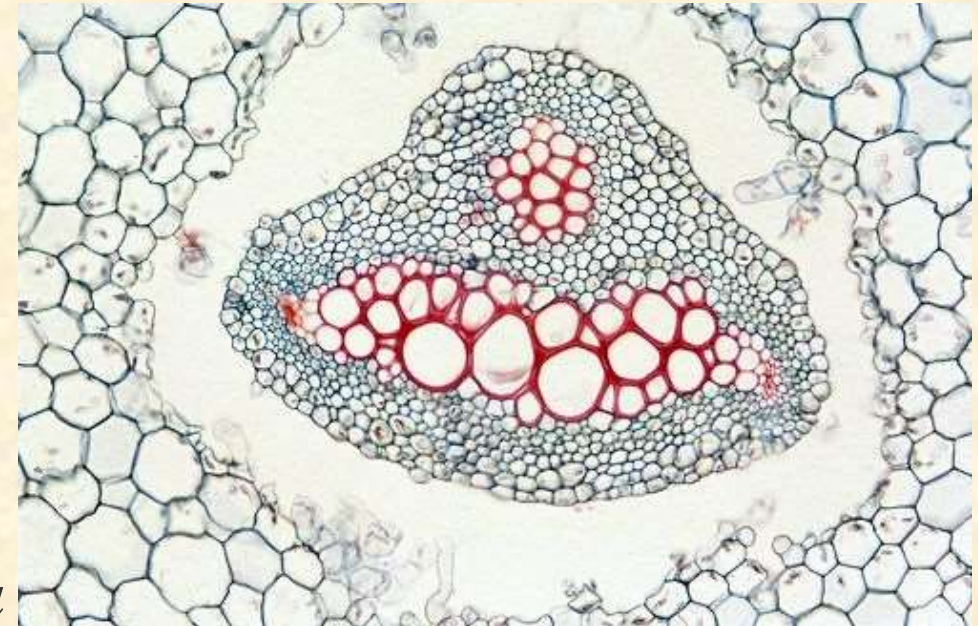




# Витализация



*Selaginella lepidophylla*

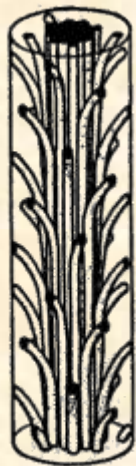


*Lycopodium clavatum*

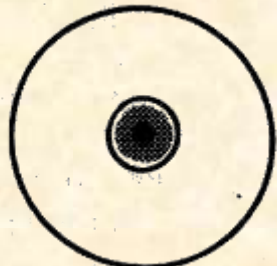
## Дезинтеграция



Гилектостела



Актиностела



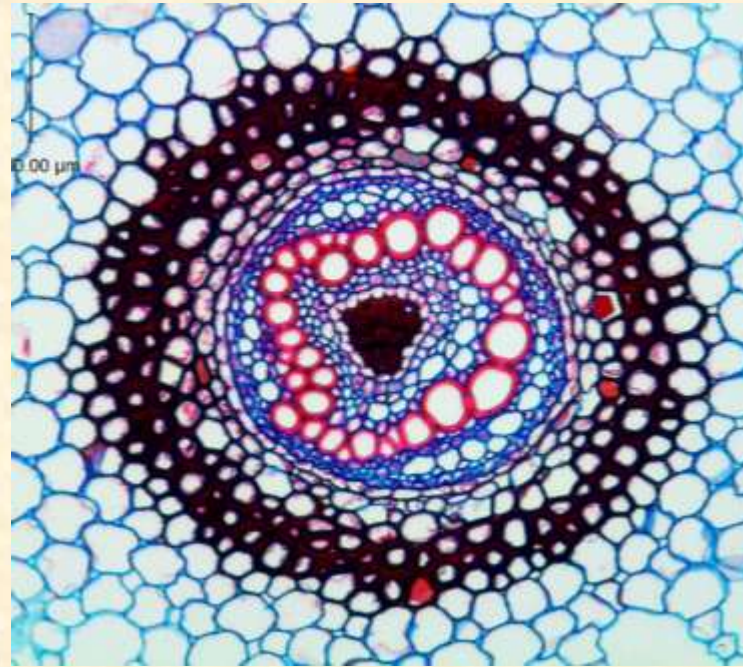
Гаплостела



# Витализация



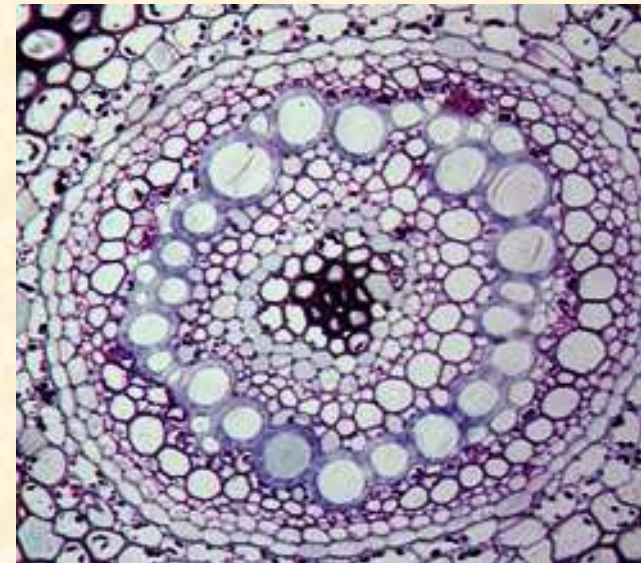
*Marsilea quadrifolia*



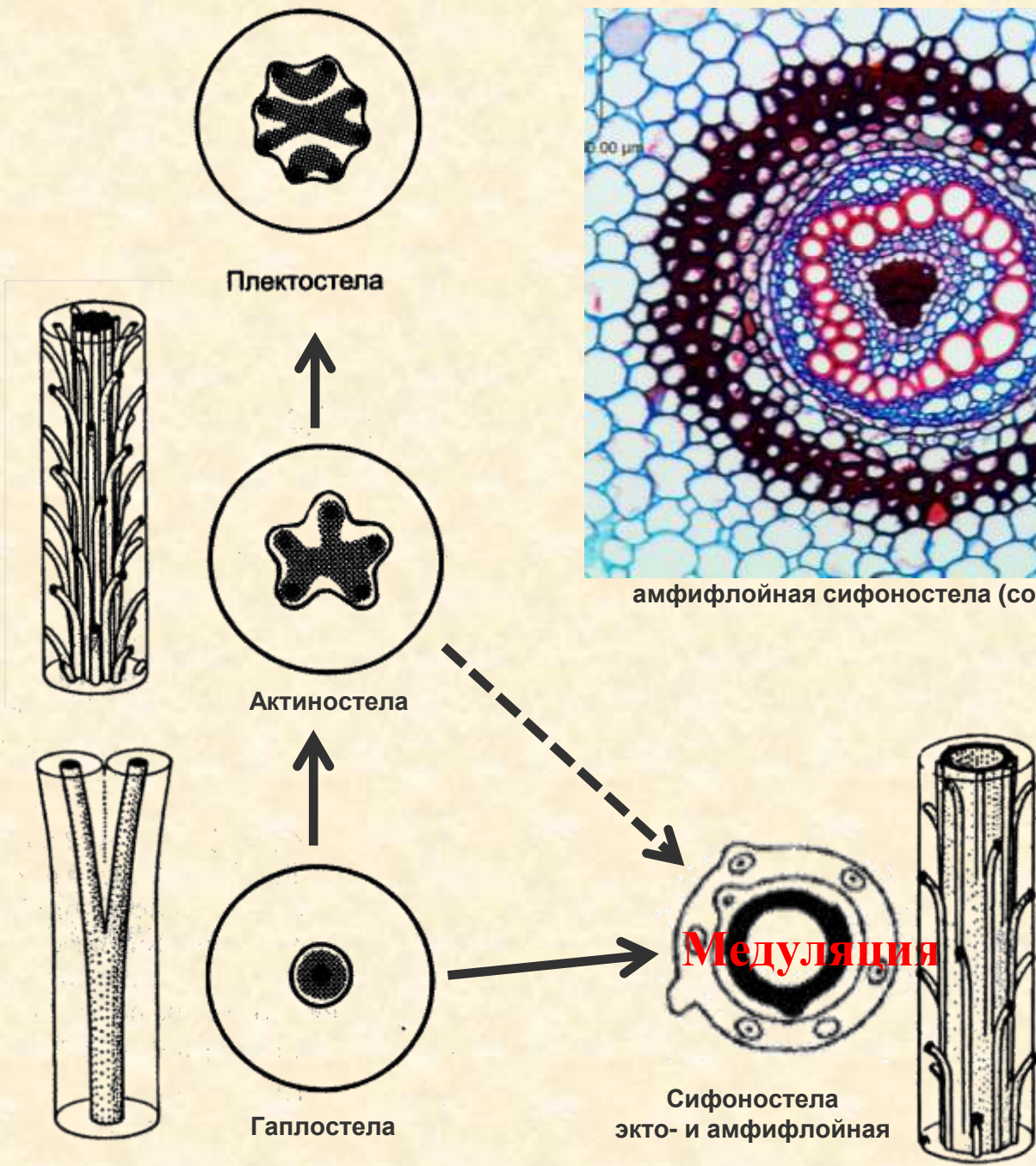
амфифлойная сифоностела (соленостела)



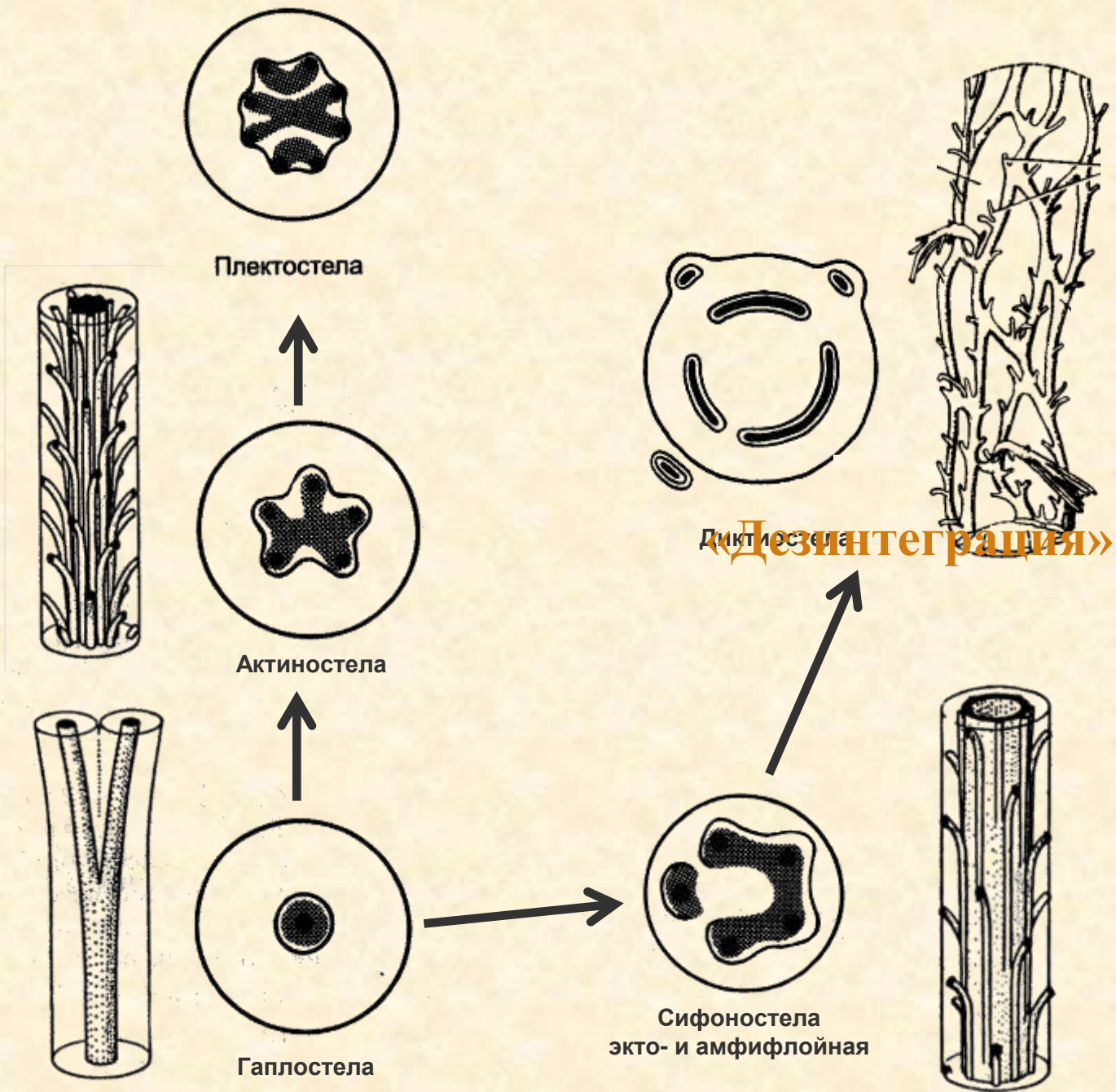
*Osmunda regalis*



эктофлойная сифоностела







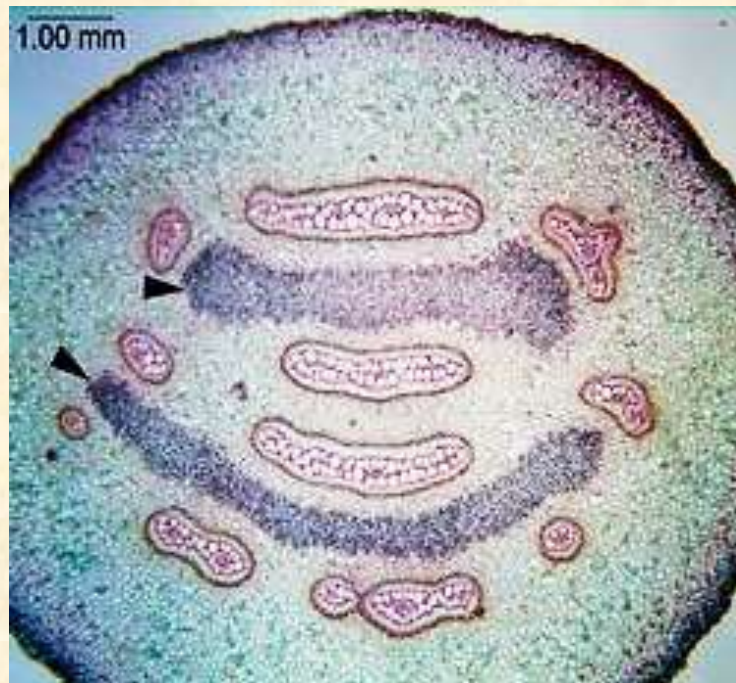
*Cyathea sp.*



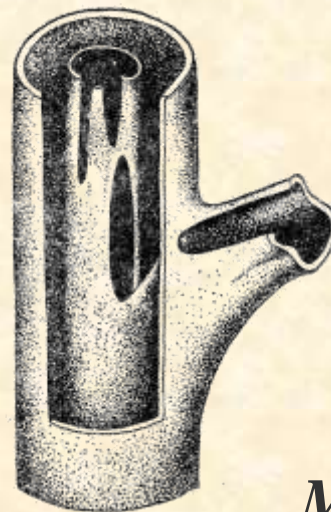




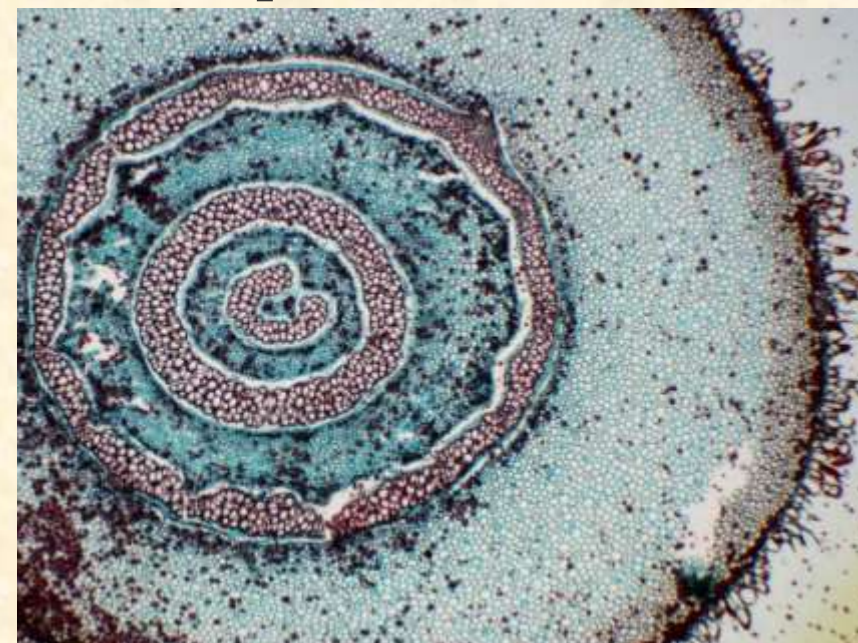
Плектостела



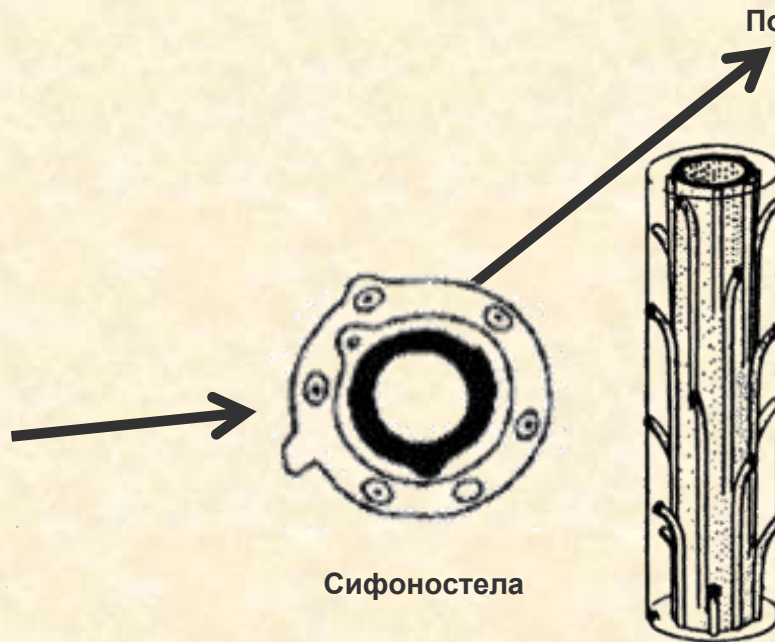
*Pteridium aquilinum*



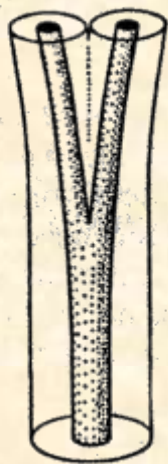
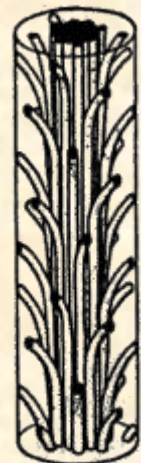
*Matonia pectinata*



Актиностела



Сифоностела

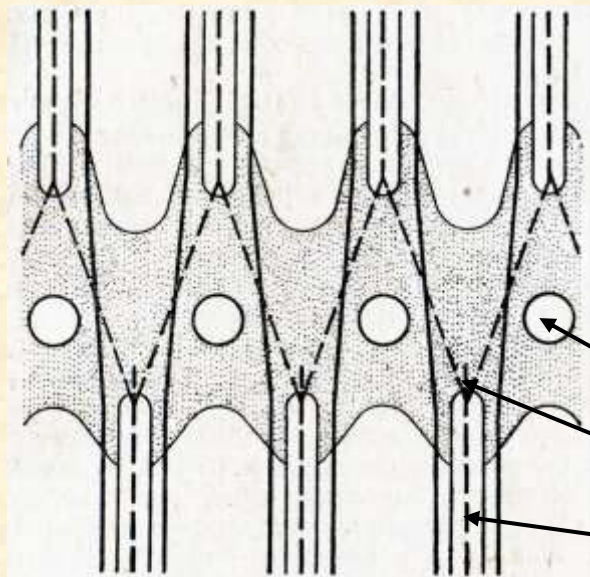
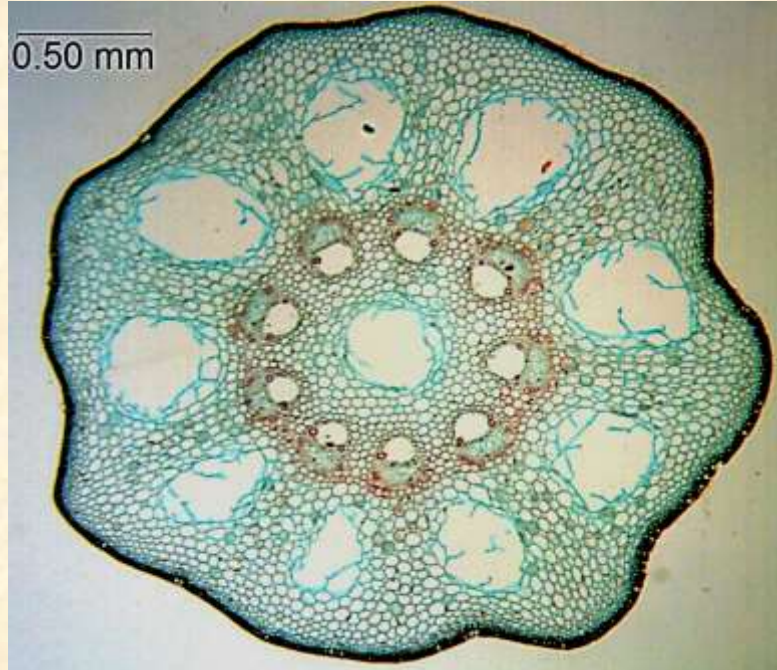


Гаплостела

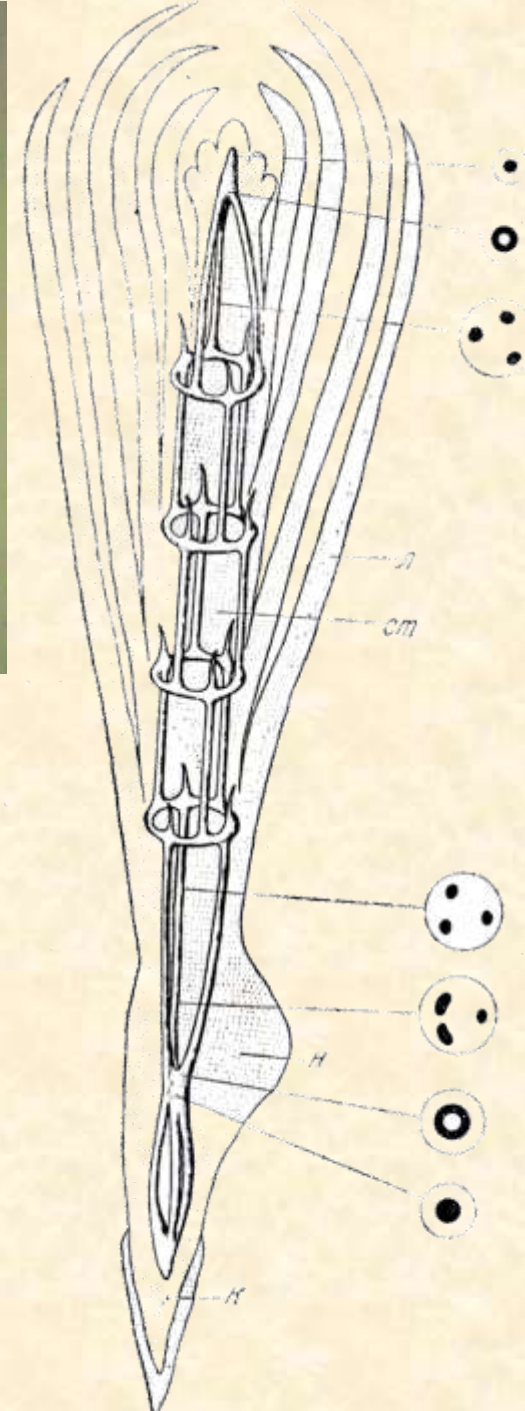


# *Equisetum arvense*

0.50 mm



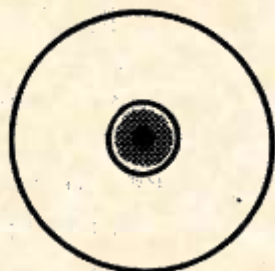
веточный след  
листовой след  
протоксилома



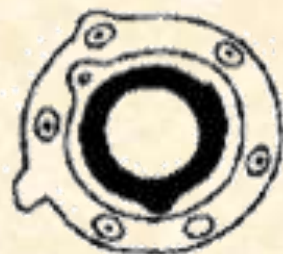
Плектостела



Актиностела



Гаплостела



Сифоностела

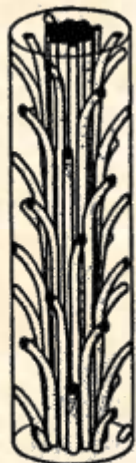


Артростела

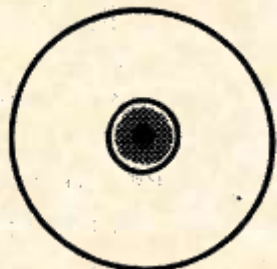
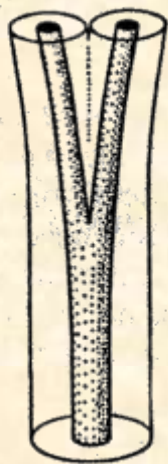




Плектостела



Актиностела



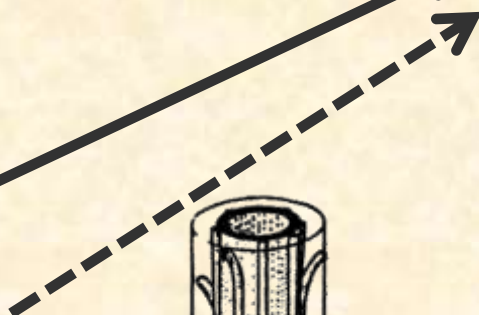
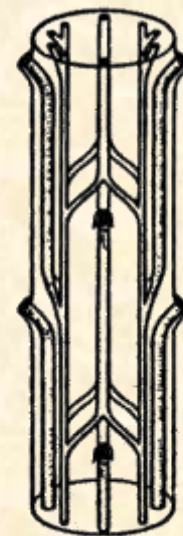
Гаплостела



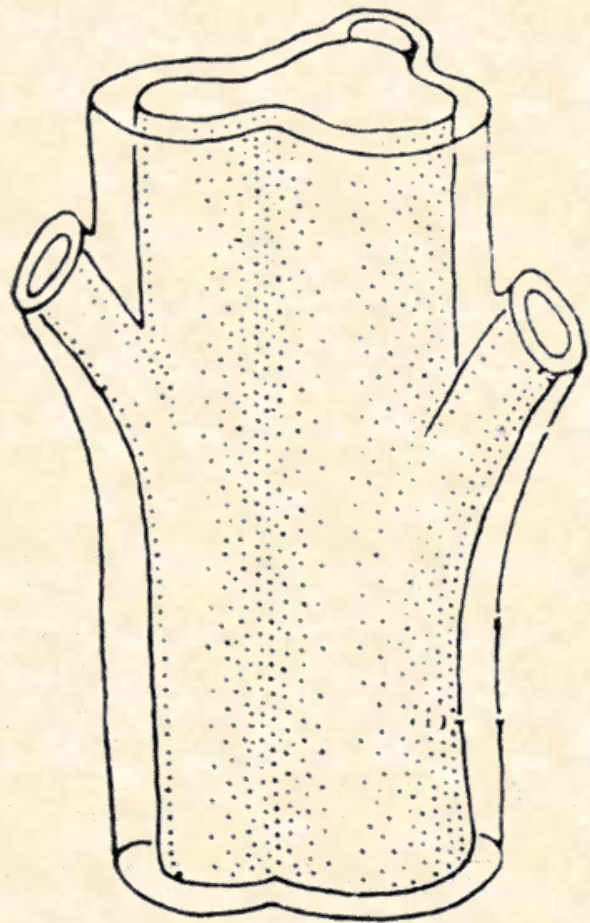
Сифоностела



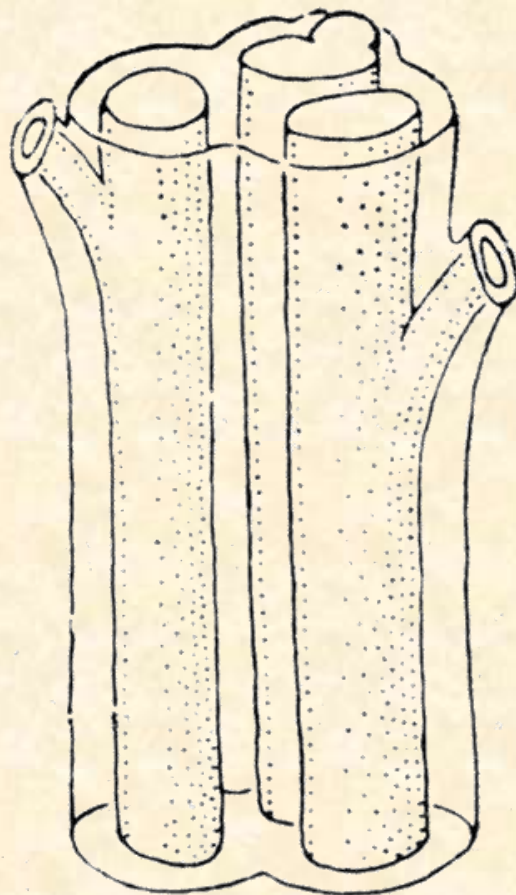
Эвстела



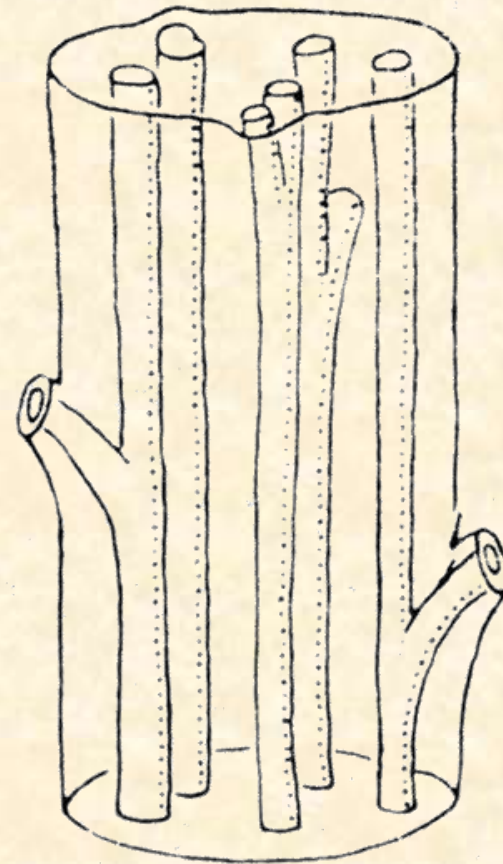




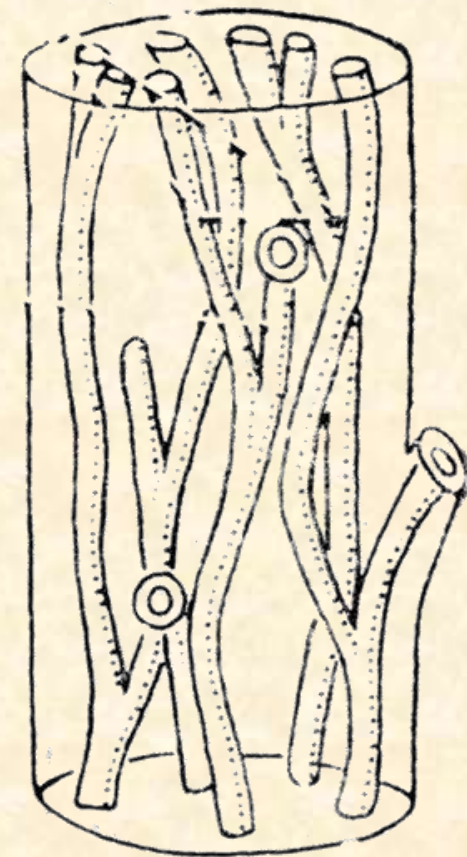
*Aneurophuton*



*Stenomyelon*



*Archeopteris*



*Pinus*

Предполагаемое возникновение эвстели у голосеменных  
(на основании палеонтологических реконструкций)



