

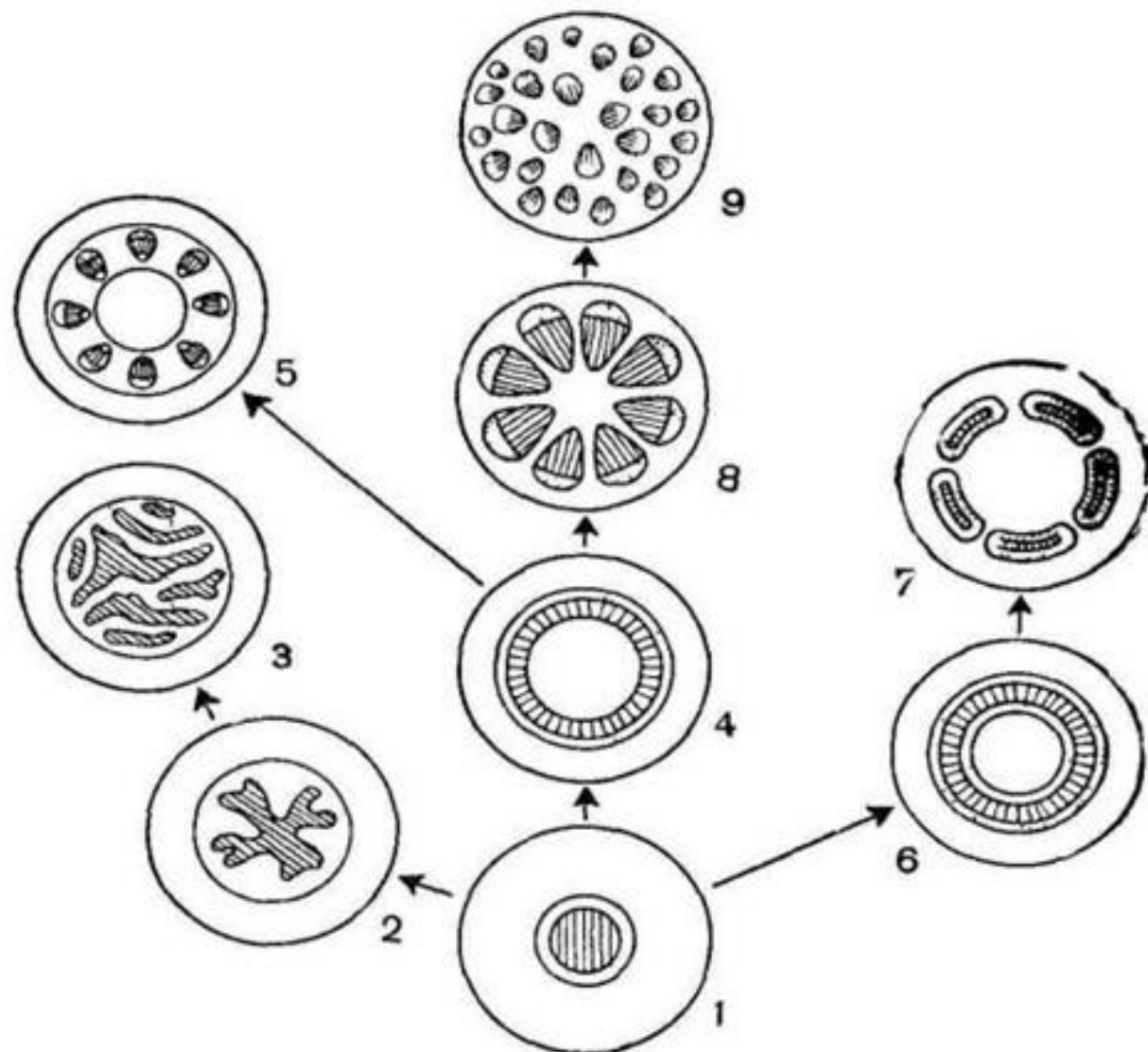
Строение и функции стебля.

Стебель

- В типичных случаях это — осевой орган побега с радиальной симметрией, обладающий неограниченным ростом, несущий листья и почки; увеличение в дли-ну происходит путем верхушечного и вставочного роста.
- Стебель обеспечивает связь между листьями и корнями, обуславливает образование мощной ассимиляционной поверхности листьев и наилучшее размещение их по отношению к свету, служит хранилищем запасных продуктов.

СТЕЛЯРНАЯ ТЕОРИЯ, учение о типах строения и закономерностях эволюции стелы высших растений.

Учение о стеле создано французскими ботаниками Ф. Ван Тигемом и А. Дулио (1886), которым принадлежит и первая классификация типов стелы. Дальнейшее развитие стелярная теория получила в работах английского ботаника Г. Бребнера (1902), американского — Э. Джеффри (1903, 1917), значительно усовершенствовавших классификацию типов стелы, а затем в трудах немецкого учёного В. Циммерманна и советских — К. И. Мейера, А. Л. Тахтаджяна, отметивших изменения стелы в онтогенезе и филогенезе растений.



1 — протостела; 2 — актиностела; 3 — плектостела; 4 — эктофлойная сифоностела; 5 — артростела; 6 — амфифлойная сифоностела; 7 — диктиостела; 8 — эвстела; 9 — атактостела.

Протостелы



гаплостела



актиностела

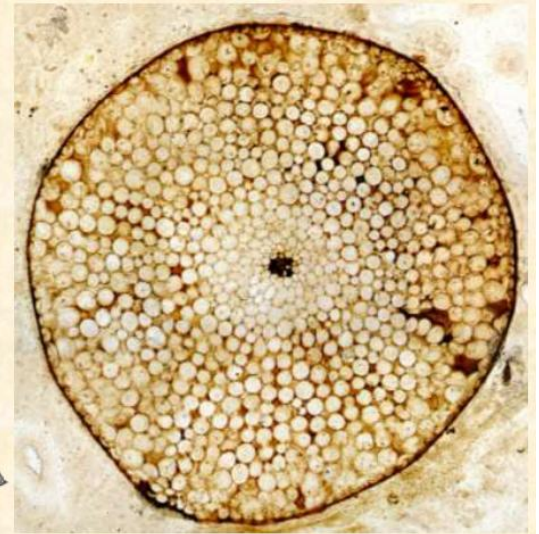
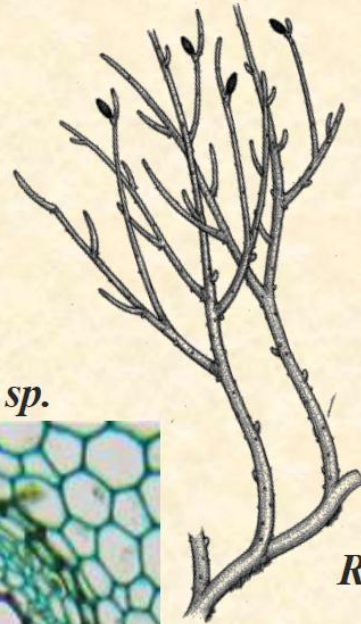


плектостела

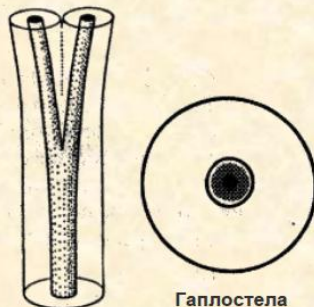
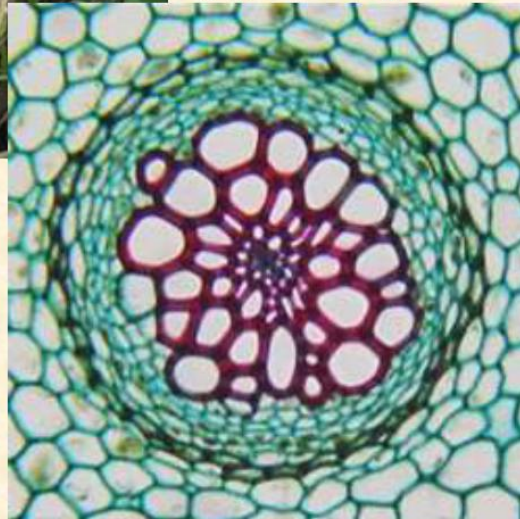
Исходным типом стелы, характерным для древнейших высших растений — псилофитов (риния), считают протостелу, имеющую вид центр, тяжа, во внутренней части которого расположена ксилема, окруженная нерезко отграниченной от первичной коры флоэмой. В процессе исторического развития наземных растений происходило, как правило, увеличение размеров стелы.



Lygodium sp.



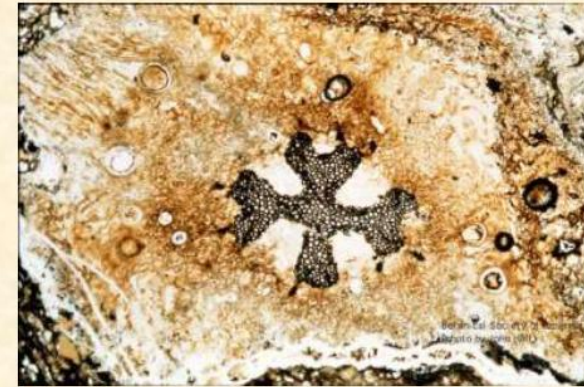
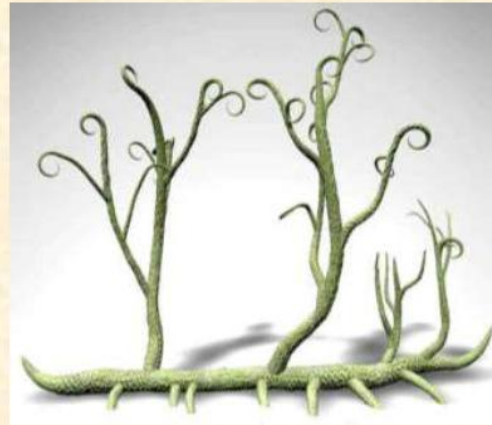
Rhynia gwynne-vaughanii



Гаплостела

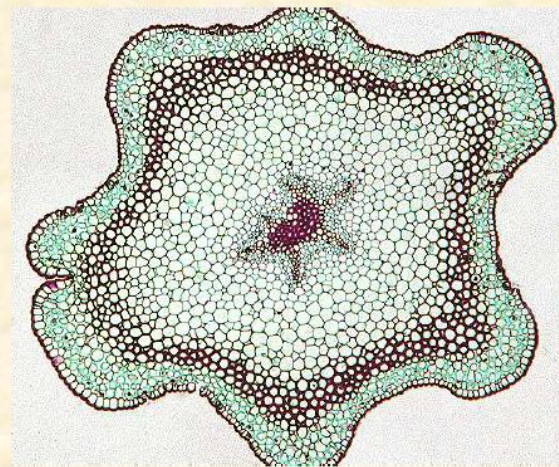
Совершенствование структуры стелы в эволюции растений, по мнению английского ботаника Ф. Боуэра, шло по пути создания наиболее рационального соотношения между объёмом и поверхностью проводящих тканей, что достигалось изменениями контуров стелы и привело к расчленению её на отдельные тяжи. Большую роль в эволюции стелы сыграли процессы медулляции, т. е. формирования сердцевины, и витализации проводящих тканей — появления в них живых паренхимных клеток.

Витализация



Asteroxylon sp.

Скульптурирование



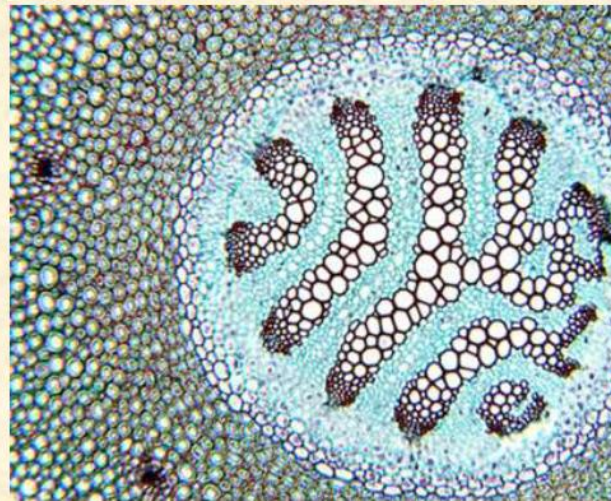
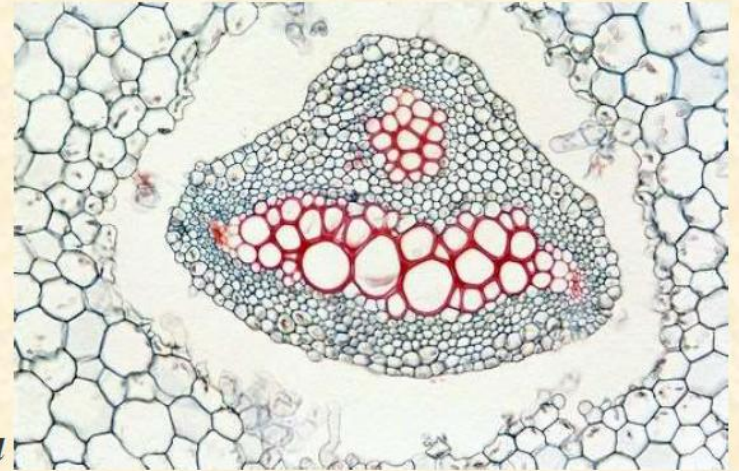
Psilotum nudum



Витализация



Selaginella lepidophylla



Lycopodium clavatum

Дезинтеграция

Гилектостела

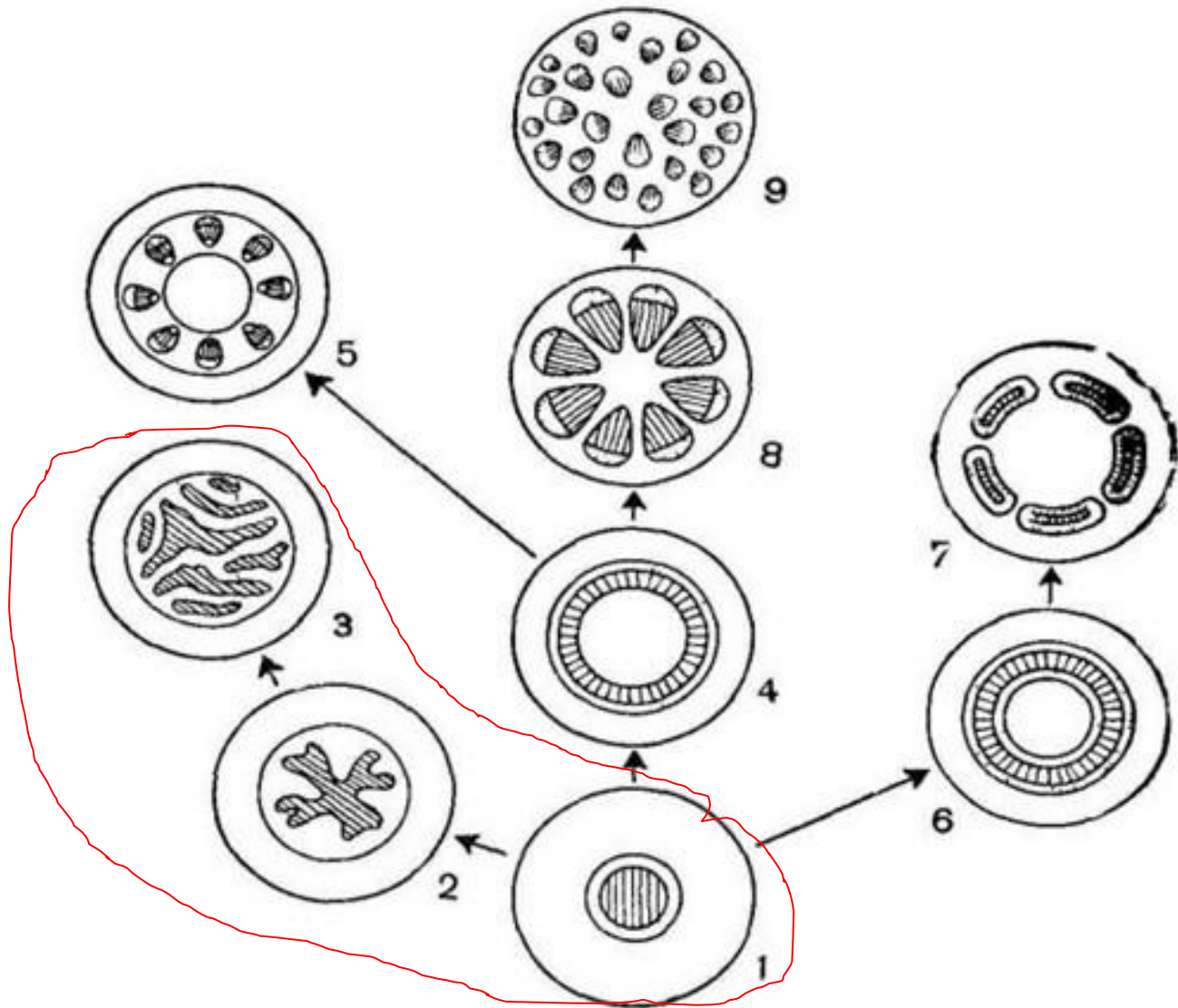


Актиностела



Гаплостела





1 — протостела; 2 — актиностела; 3 — плектостела; 4 — эктофлойная сифоностела; 5 — артростела; 6 — амфифлойная сифоностела; 7 — диктиостела; 8 — эвстела; 9 — атактостела.

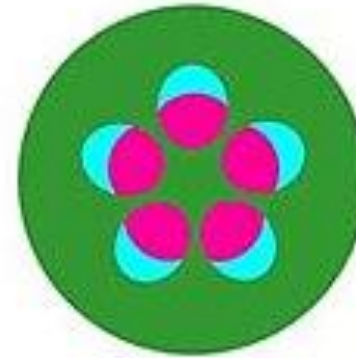
Типы сифоностелы



Соленостела



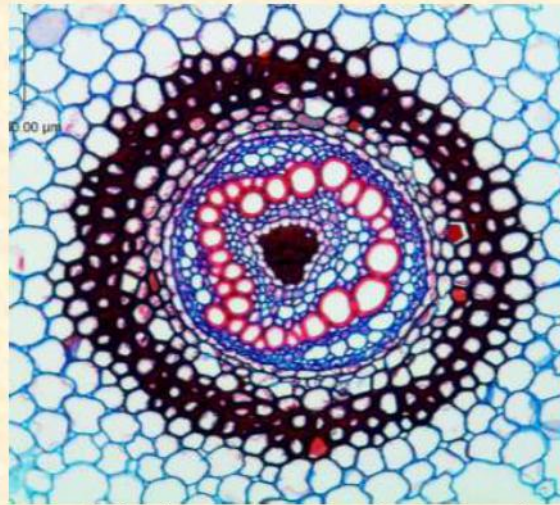
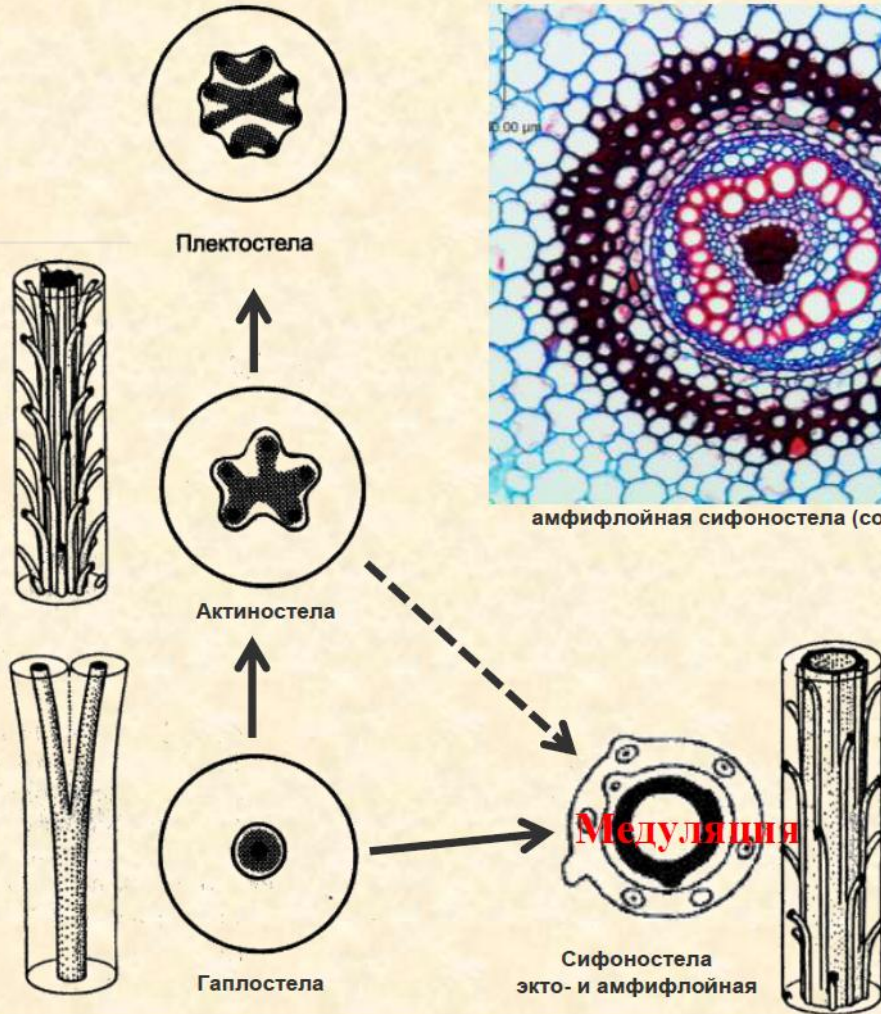
Диктиостела



Эвстела

Сифоностела - это тип стелы, центрального цилиндра стебля у высших растений, в котором проводящие ткани (ксилема и флоэма) окружают паренхимную сердцевину, образуя трубчатую структуру. В отличие от более простых протостел, где сердцевина отсутствует, сифоностела имеет центральную область, состоящую из основной ткани.

Витализация



амфифлойная сифоностела (соленостела)



Marsilea quadrifolia



эктофлойная сифоностела



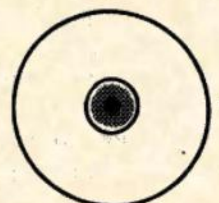
Osmunda regalis



Плектостела



Актиностела



Гаплостела



«Дезинтеграция»
Димитриостела

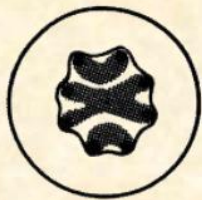


Сифностела
экто- и амфифлоидная



Cyathea sp.

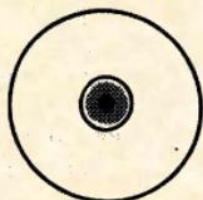




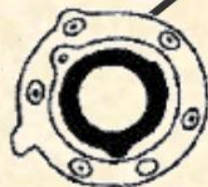
Плектостела



Актиностела



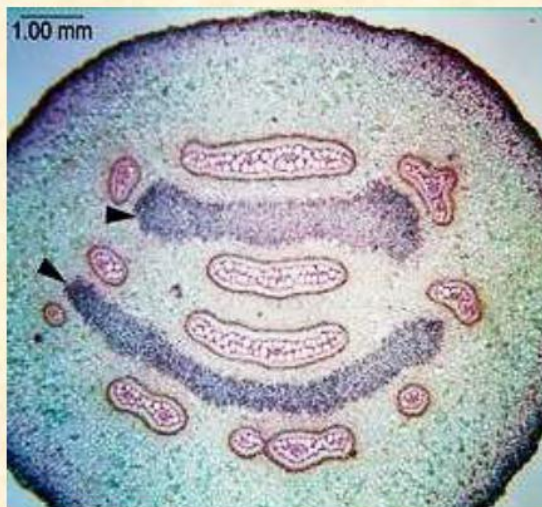
Гаплостела



Сифностела



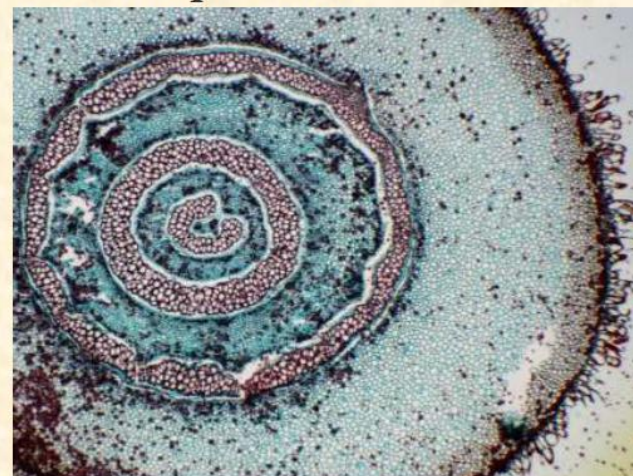
Полициклическая стела



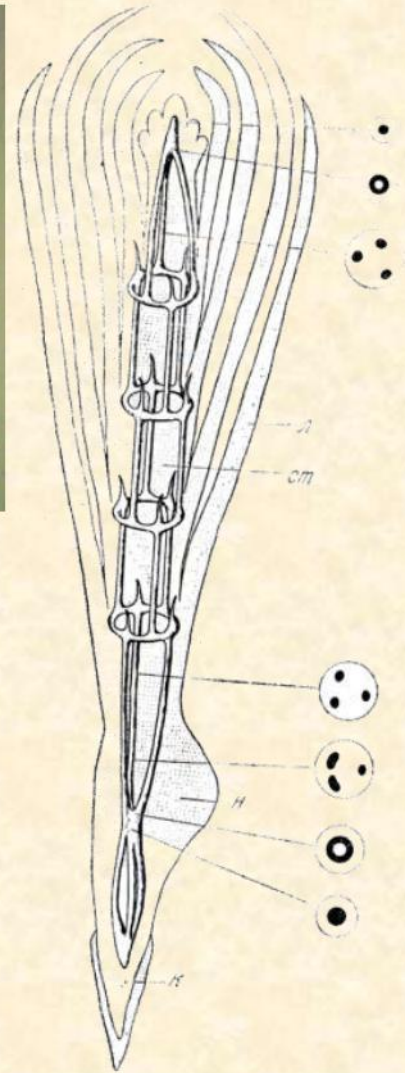
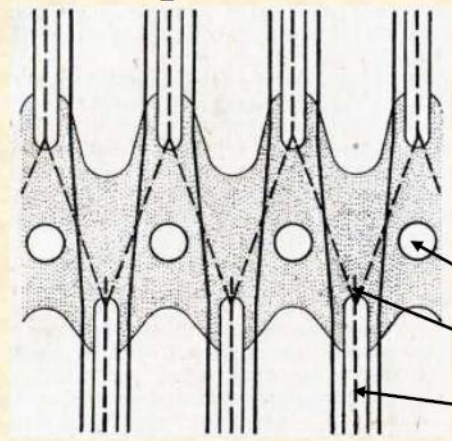
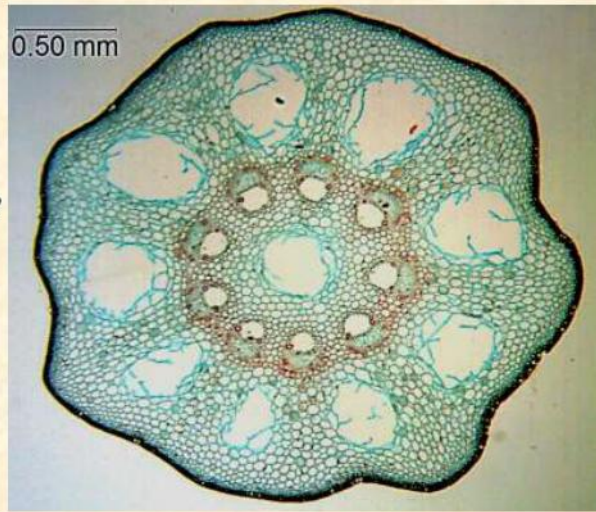
Pteridium aquilinum



Matonia pectinata



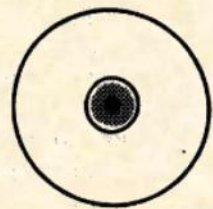
Equisetum arvense



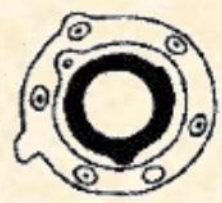
Плектостела



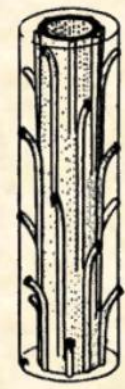
Актиностела



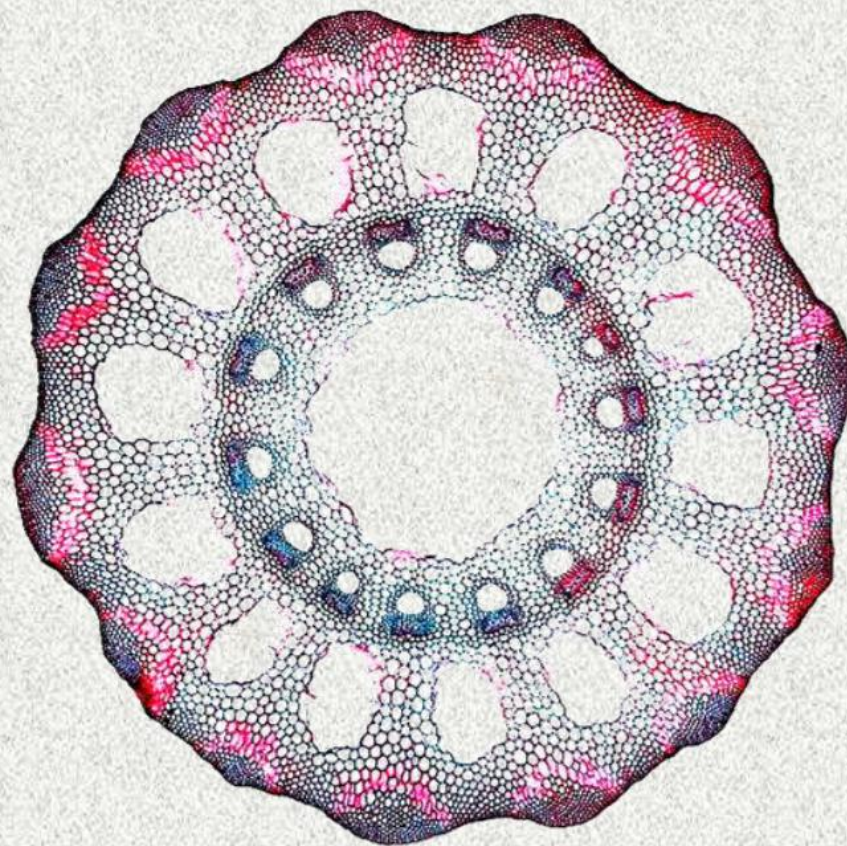
Гапlostела



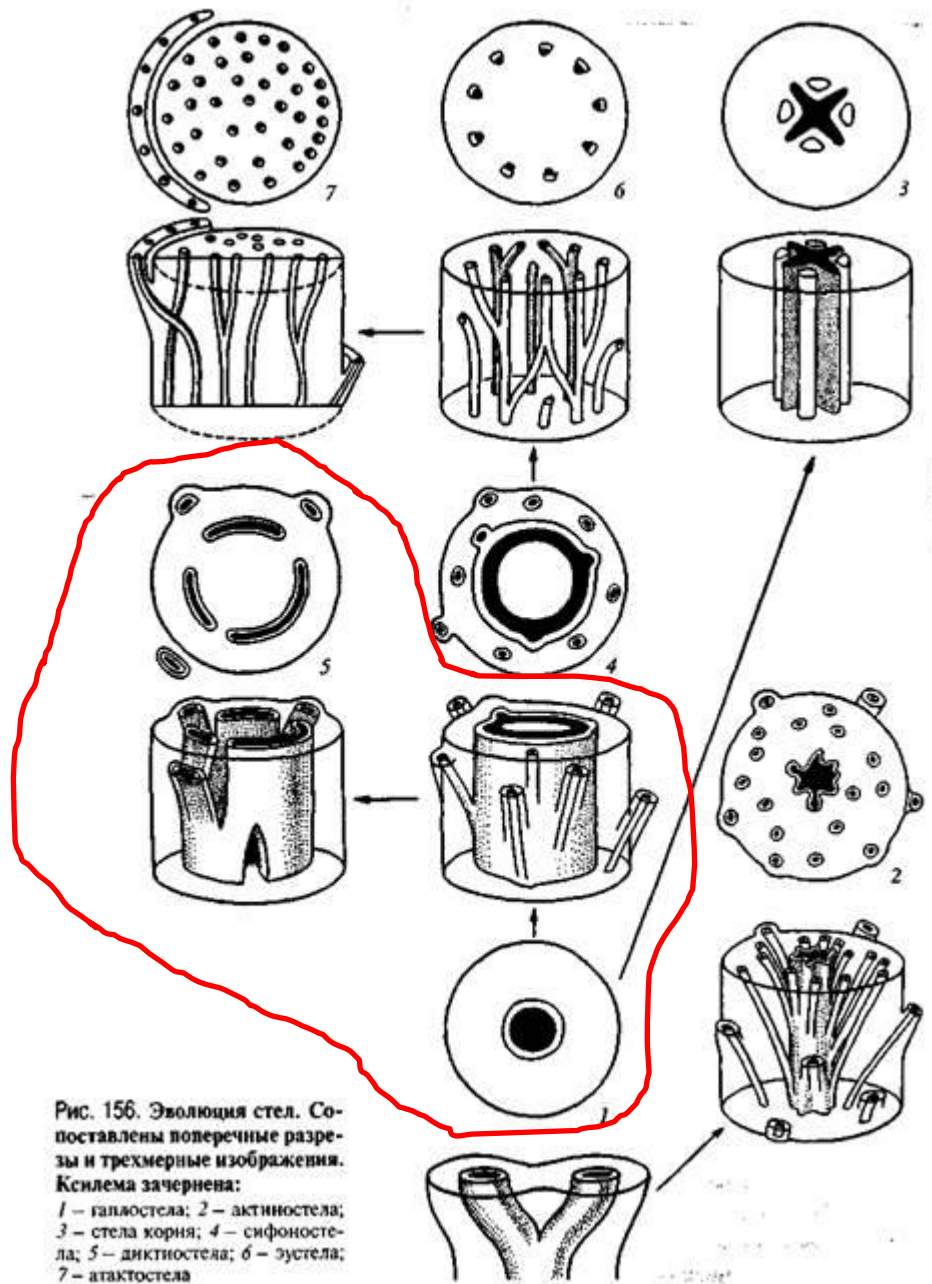
Сифоностела



Артростела



Рёбра жёсткости в стебле *Equisetum* spp.



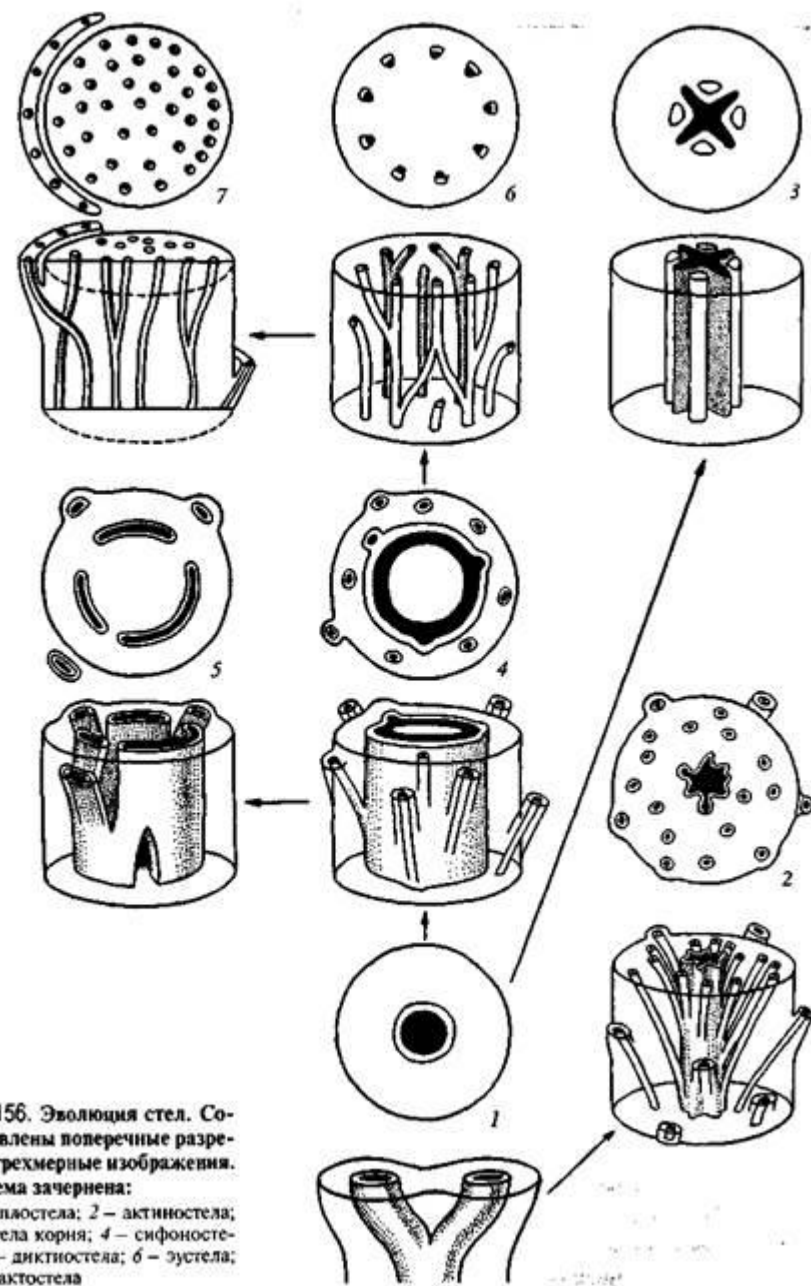
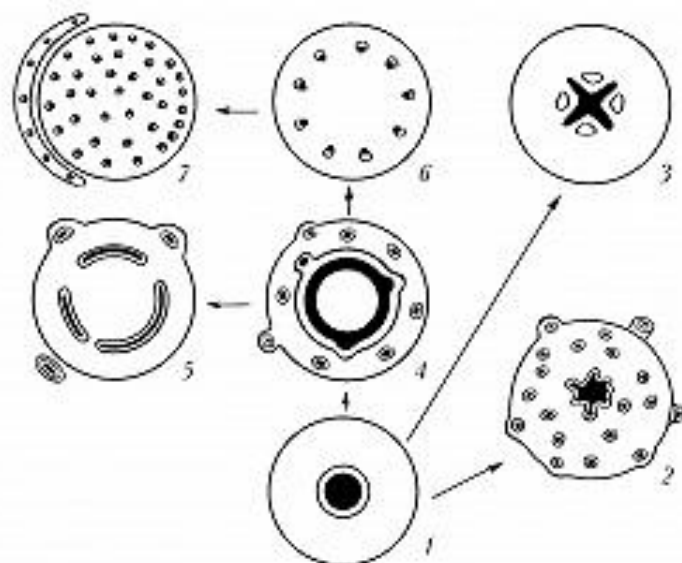


Рис. 156. Эволюция стел. Сопоставлены поперечные разрезы и трехмерные изображения. Ксилема зачернена:
 1 – галяостела; 2 – актиностела;
 3 – стела корня; 4 – сифоностела;
 5 – диктиостела; 6 – эустела;
 7 – атактостела

Развитие стелярной структуры растений сопровождалось также дифференциацией прокамбия на протоксилему и метаксилему, протофлоэму и метафлоэму, изменениями характера заложения ксилемы от мезархного к экзархному и эндархному.

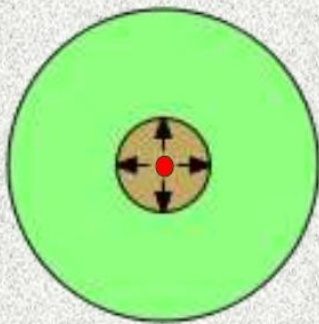
При мезархном заложении первые элементы ксилемы дифференцируются в центре прокамбиального тяжа, все последующие — в радиальных направлениях.

Для экзархной ксилемы характерно периферическое заложение первых элементов и центростремительное развитие последующих.

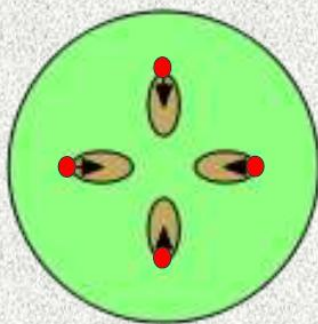
В эндархной ксилеме первые элементы формируются из внутренней части прокамбия, а следующие развиваются центробежно.

Большое значение имели расчленение стелы на стеблевые и листовые пучки, входящие в стебель из листа, усиление связи между ними, формирование эндодермы как барьера, предотвращающего потерю влаги и задерживающего в стеле продукты ассимиляции.

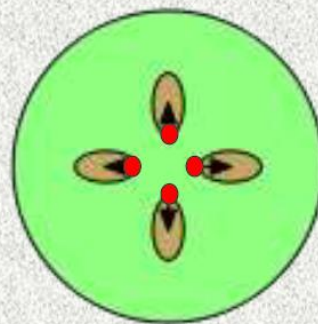
Развитие первичной ксилемы в стебле



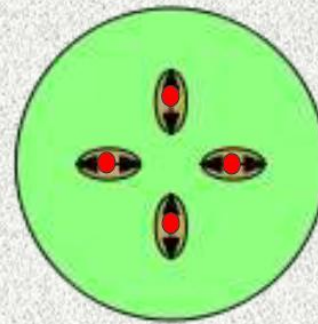
центрархное



экзархное



эндархное



мезархное

● протоксилема

→ направление дифференциации

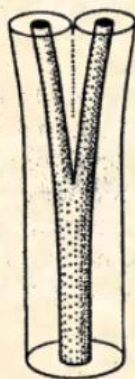
*У папоротниковидных прокамбий
закладывается в виде цилиндра,
у семенных – отдельными тяжами.
Первичная ксилема стебля у
папоротниковидных закладывается
мезархно или эндархно, у семенных –
эндархно.*



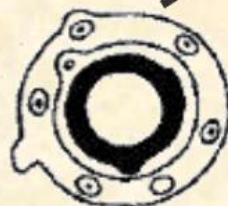
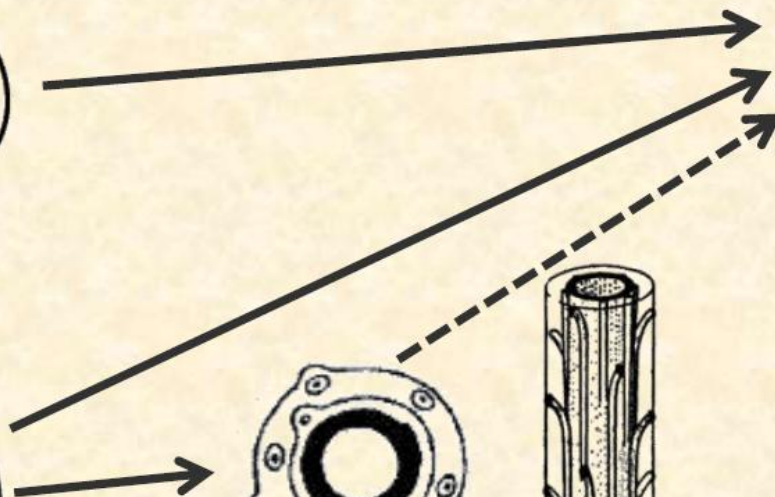
Плектостела



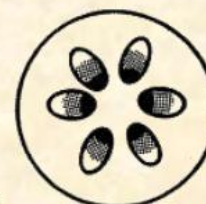
Актиностела



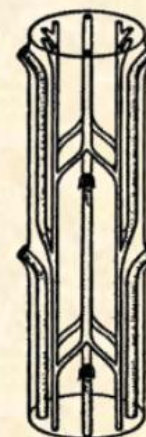
Гаплостела

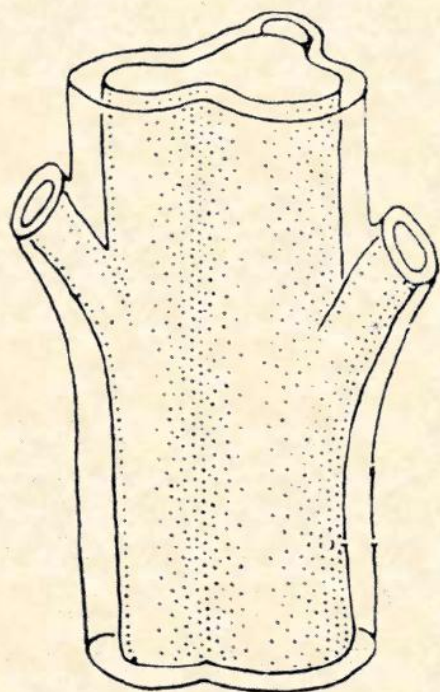


Сифоностела

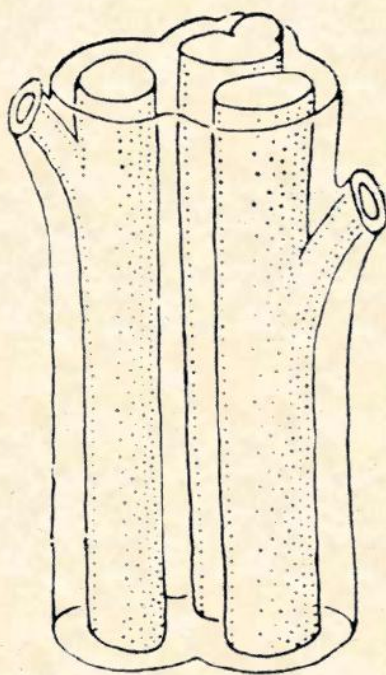


Эвстела

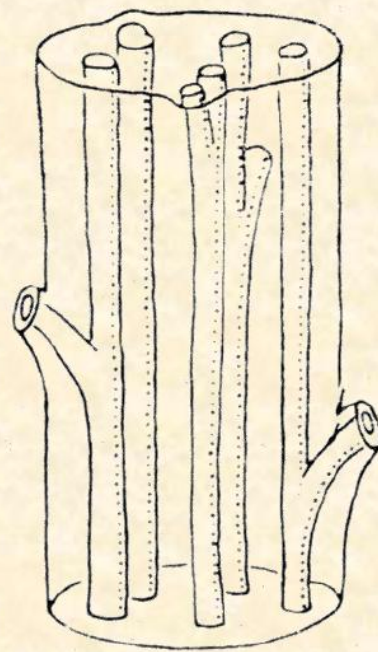




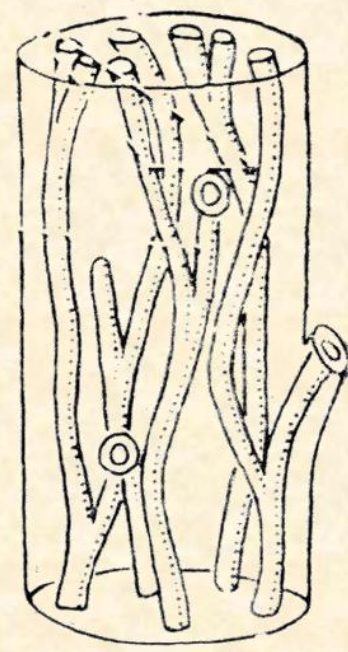
Aneurophuton



Stenomyelon



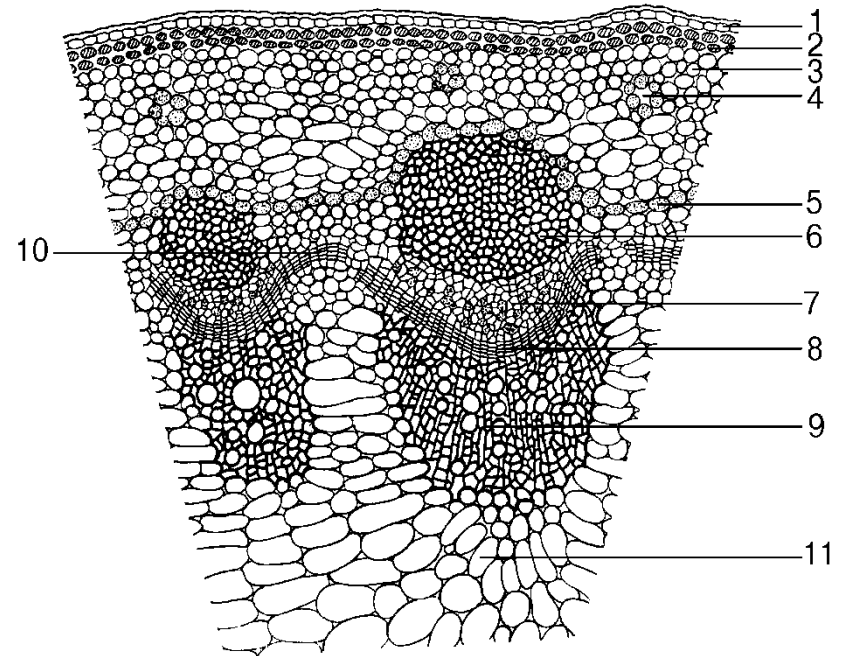
Archeopteris



Pinus

Предполагаемое возникновение эвстели у голосеменных
(на основании палеонтологических реконструкций)

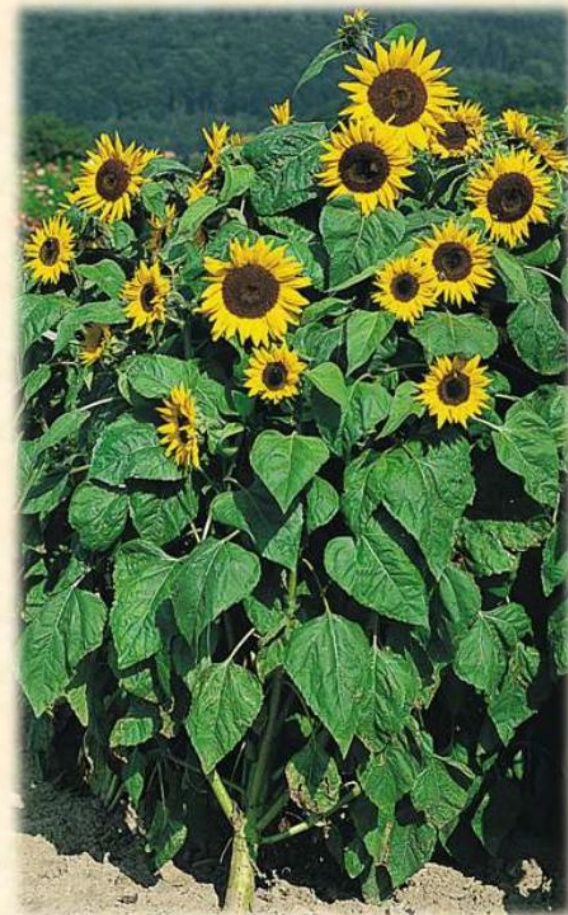
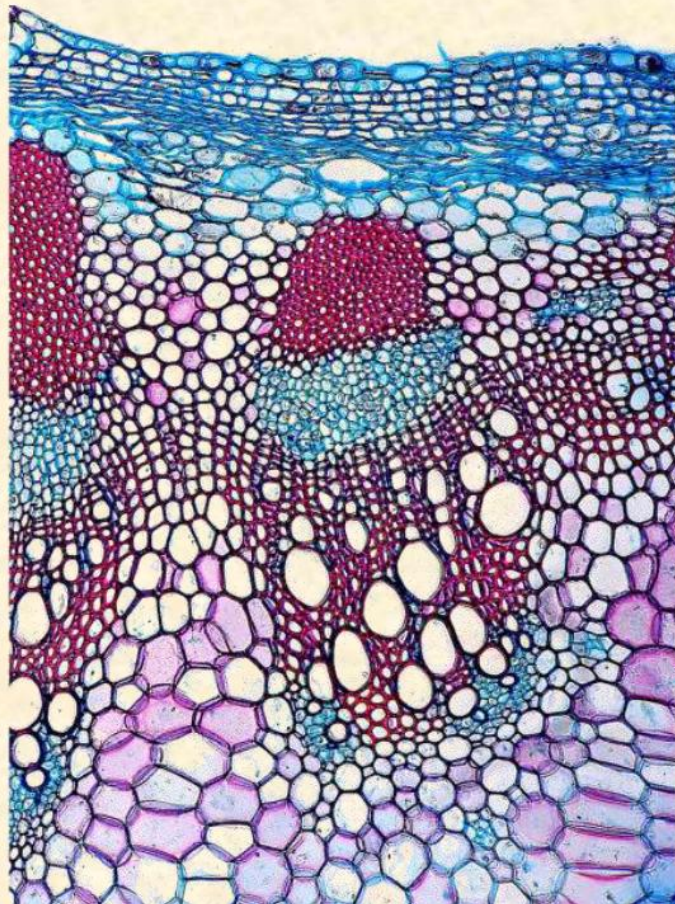
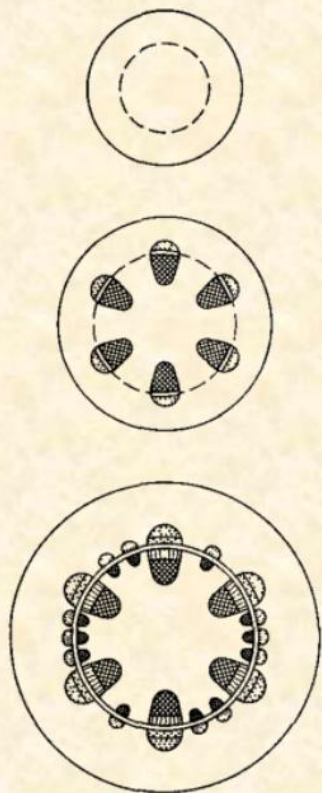
Первичное строение стебля двудольных



Строение стебля подсолнечника на поперечном разрезе.

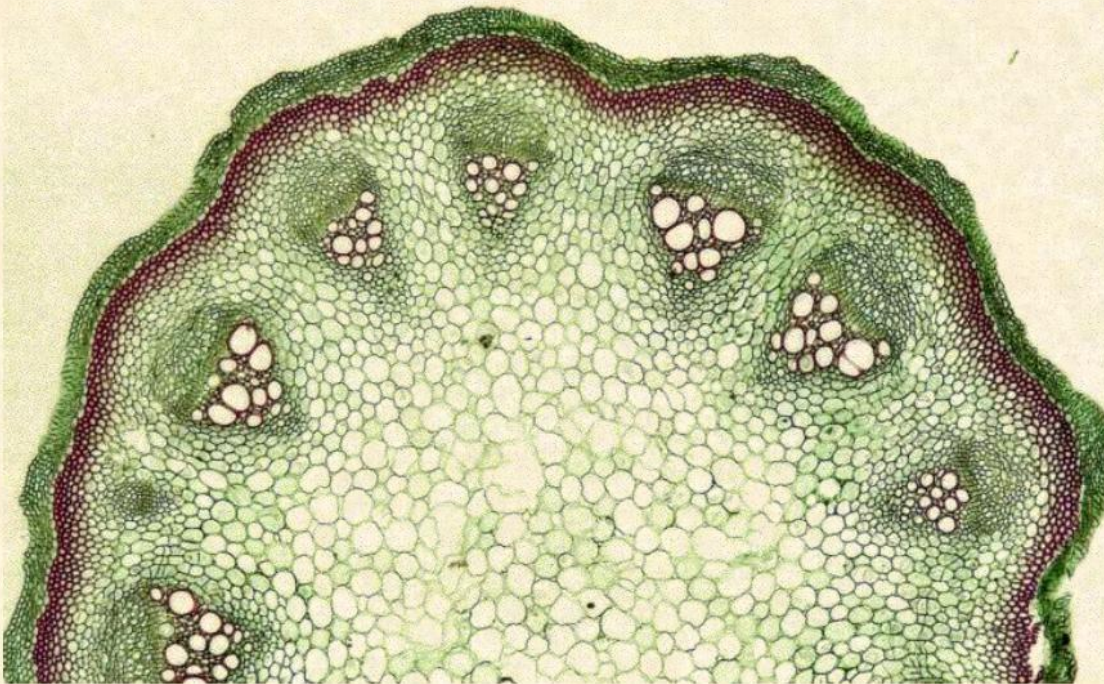
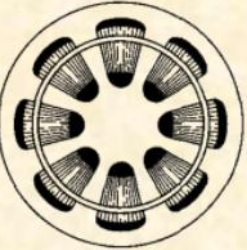
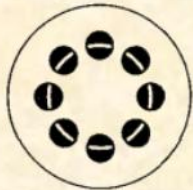
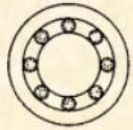
1 - эпидерма, 2 - пластинчатая колленхима, 3 - ассимилирующая паренхима, 4 - смоляные ходы, 5 - эндодерма, 6 - 9 - открытый коллатеральный проводящий пучок: 6 - перициклическая склеренхима, 7 - флоэма, 8 - пучковый камбий, 9 - ксилема, 10 - межпучковый камбий, 11 - основная паренхима центрального осевого цилиндра.

Helianthus-тип



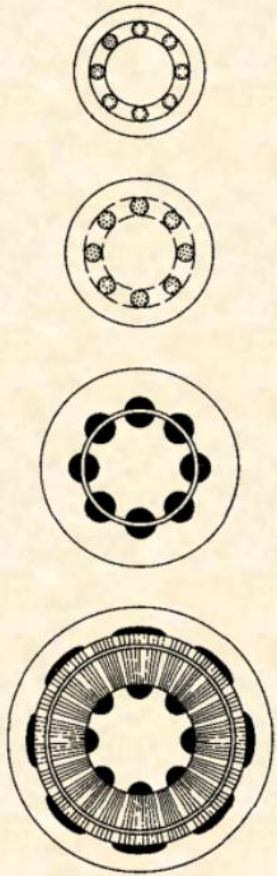
Поперечный срез стебля *Helianthus annuus*

Aristolochia-тип



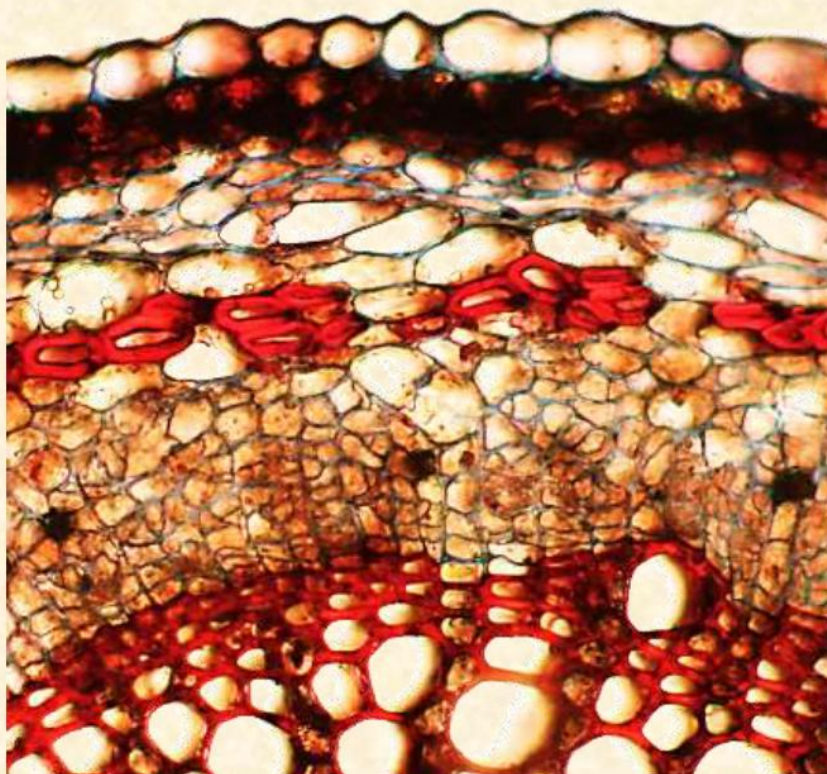
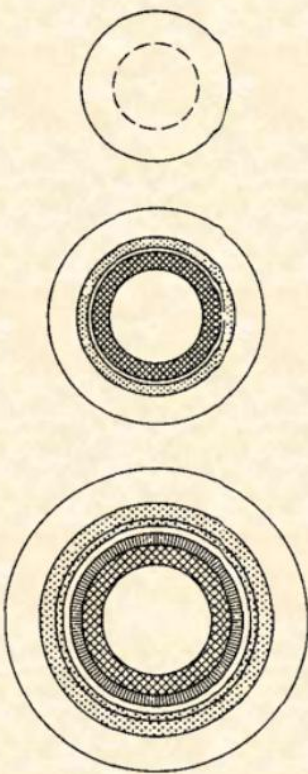
Поперечный срез стебля *Aristolochia clematitis*

Ricinus-тип



Поперечный срез стебля *Ricinus communis*

Saponaria-тип

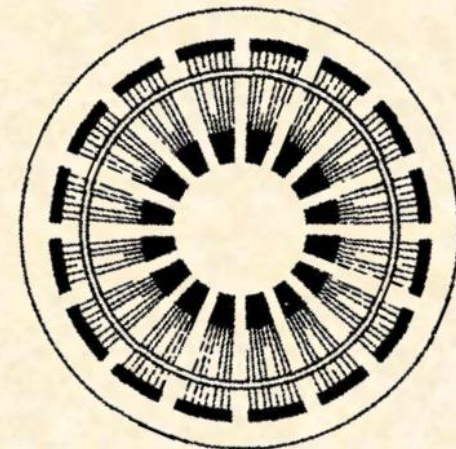
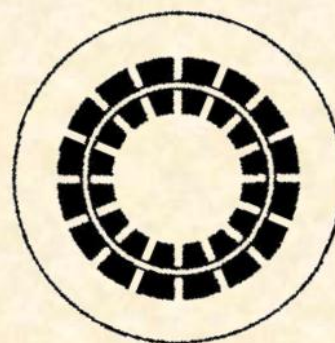
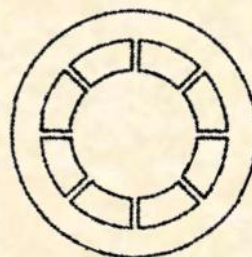
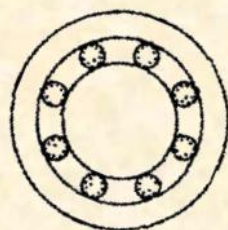


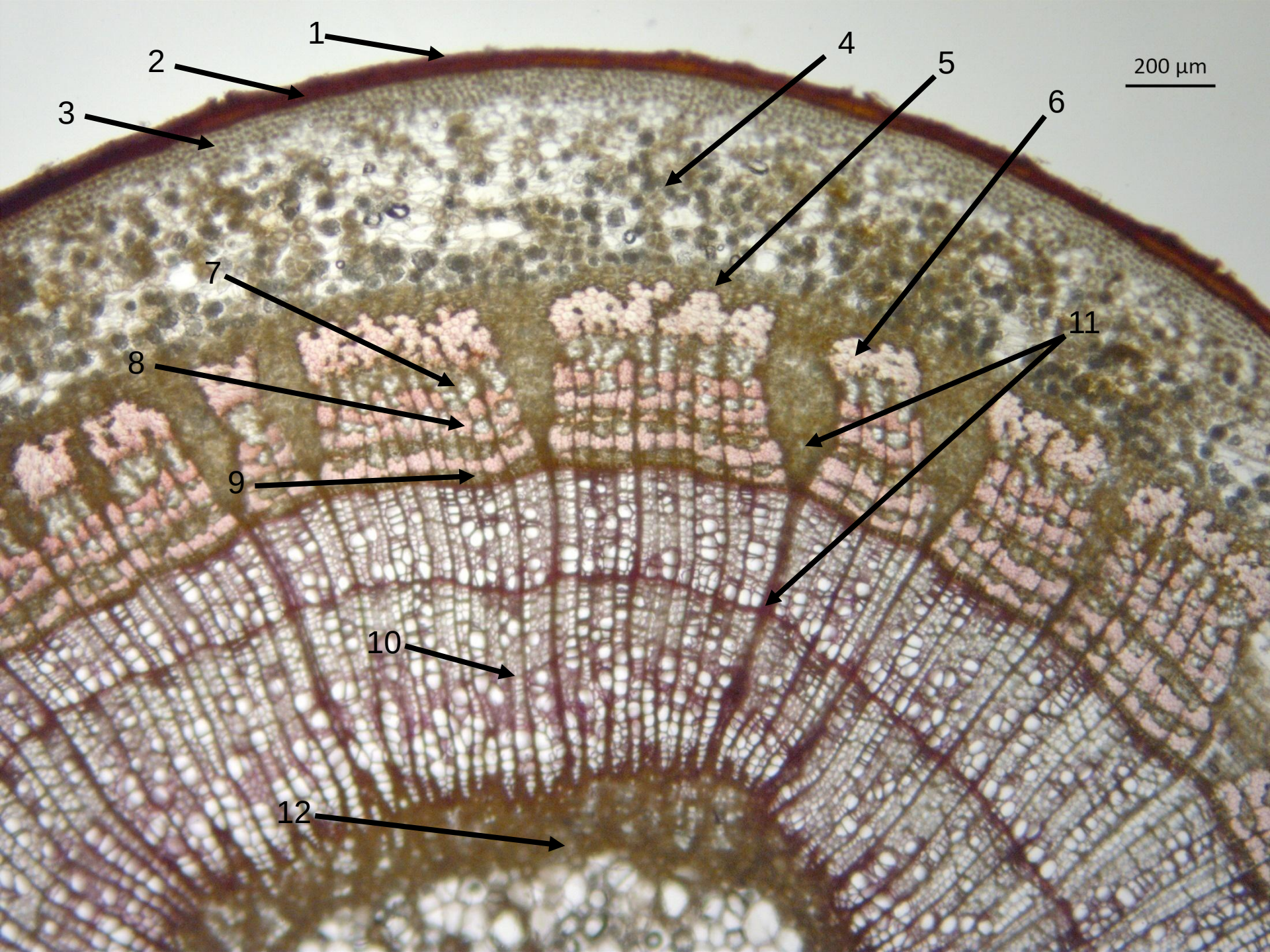
Saponaria officinalis

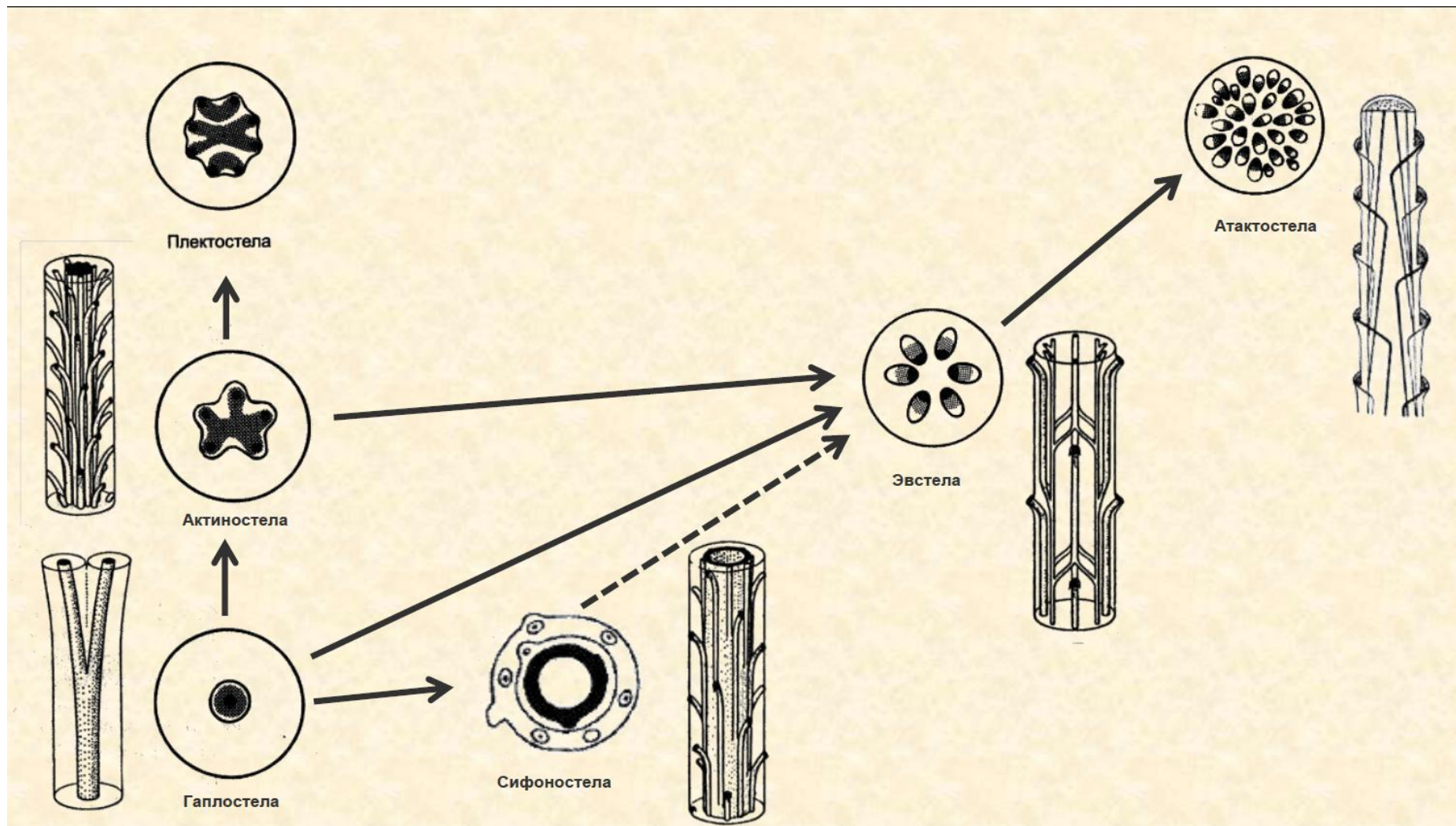
Tilia-тип

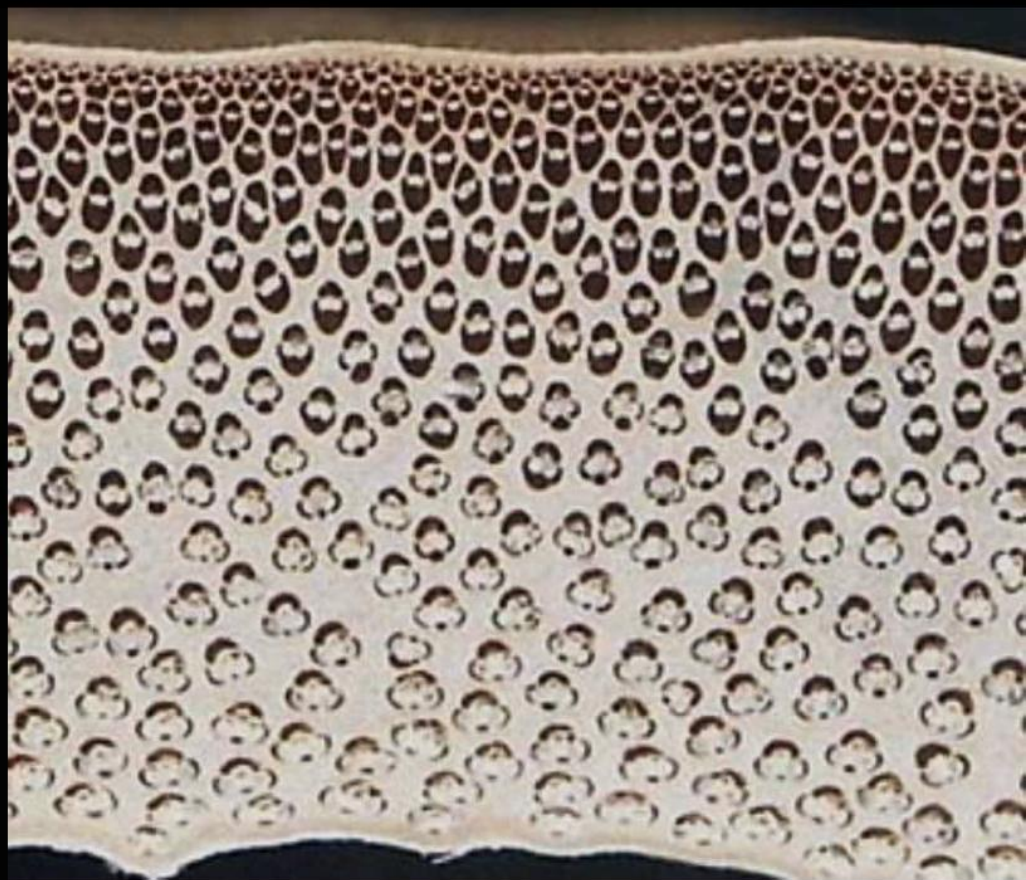
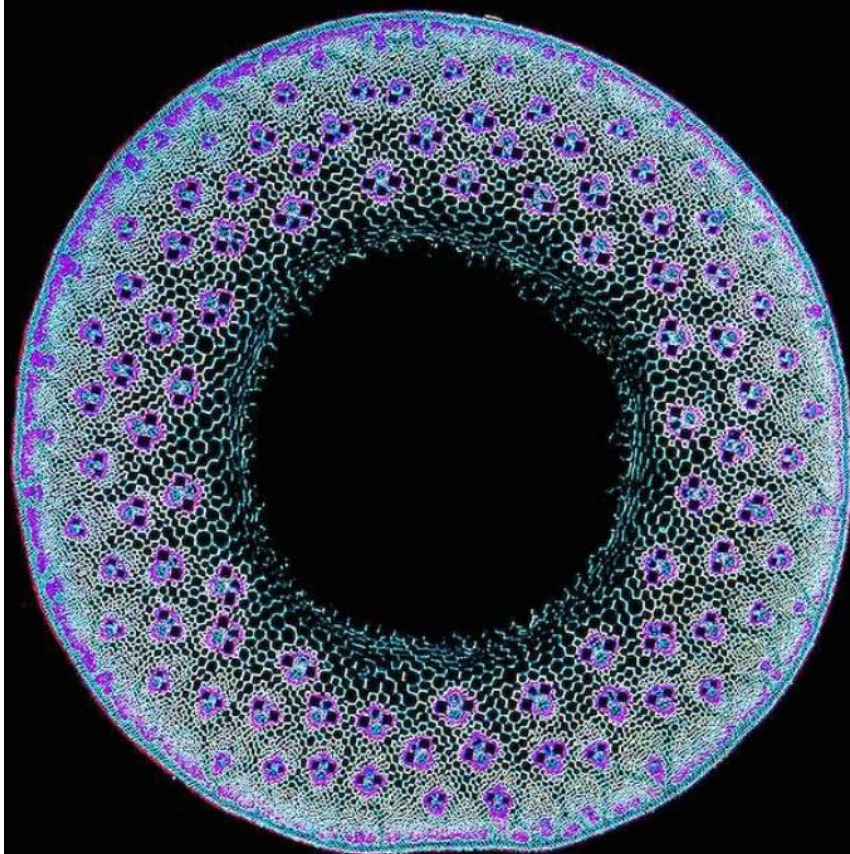


Tilia cordata



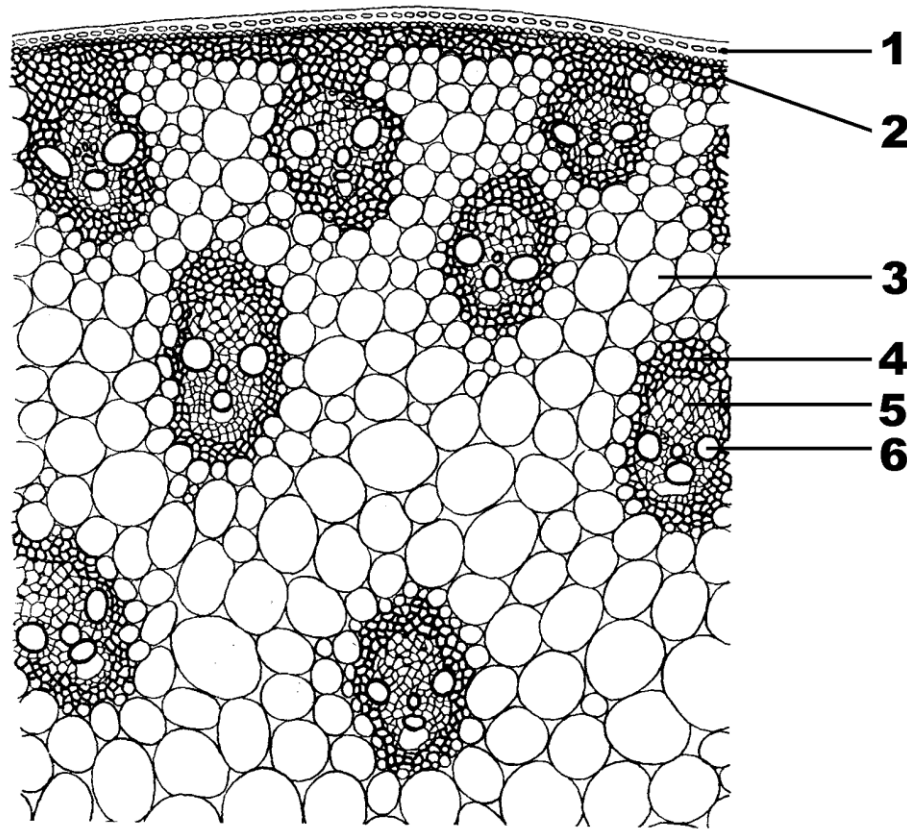






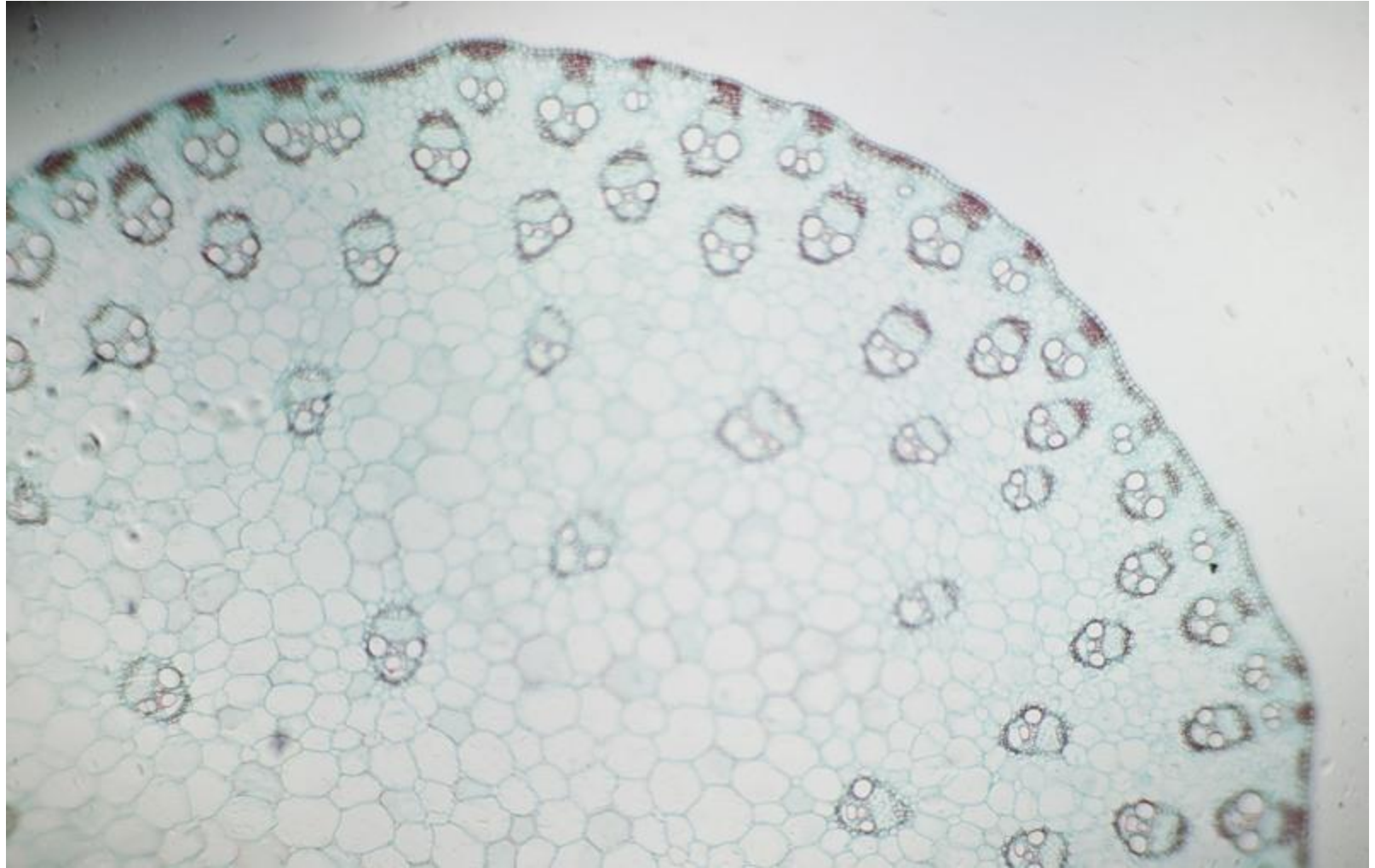
Стебель *Bambusa sp.*

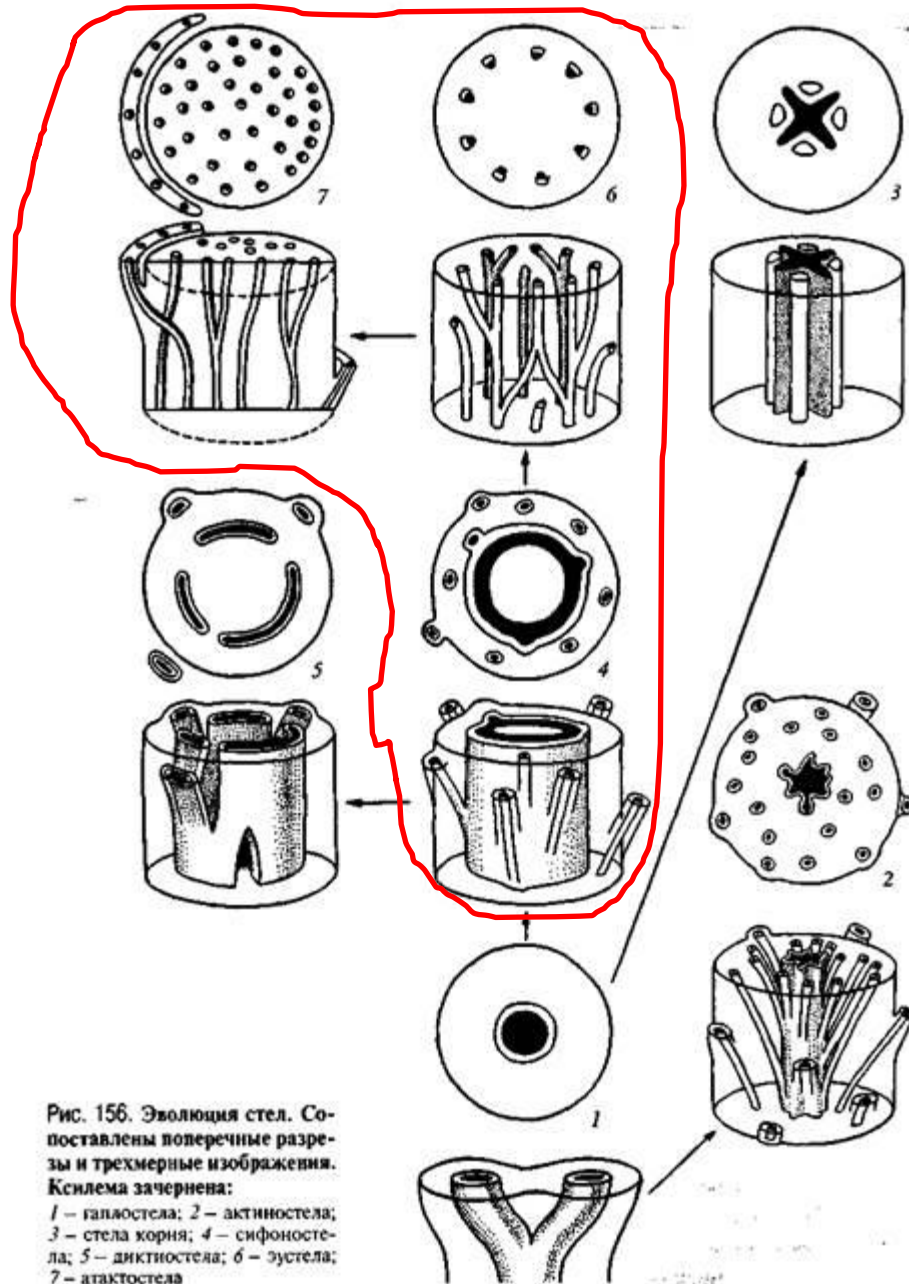
Первичное строение стебля однодольных

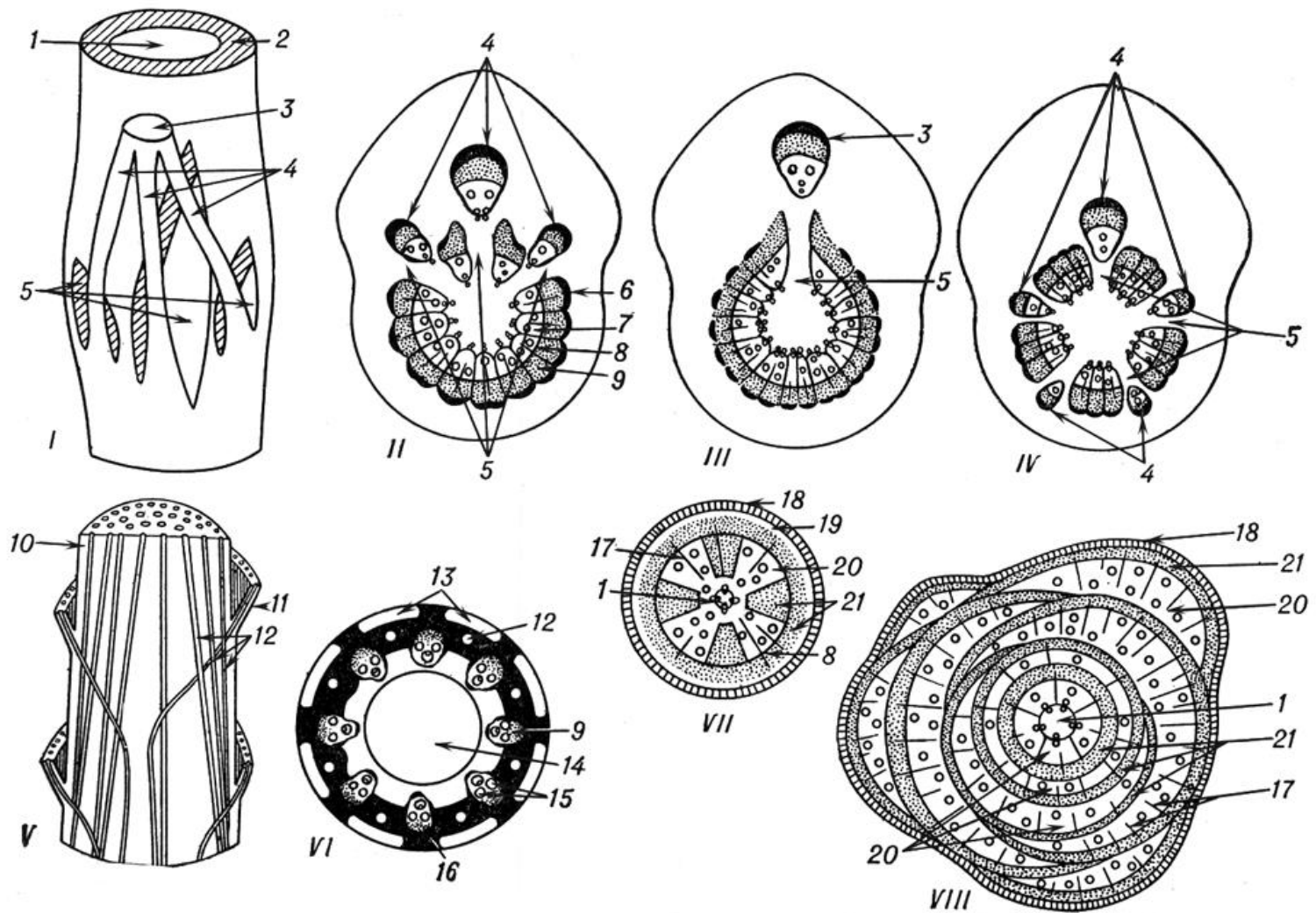


Строение стебля кукурузы на поперечном разрезе

1 - эпидерма, 2 - перициклическая склеренхима, 3 - основная паренхима центрального осевого цилиндра, 4 - 5 закрытый коллатеральный проводящий пучок: 4 - склеренхимная обкладка пучка, 5 - флоэма, 6 - ксилема







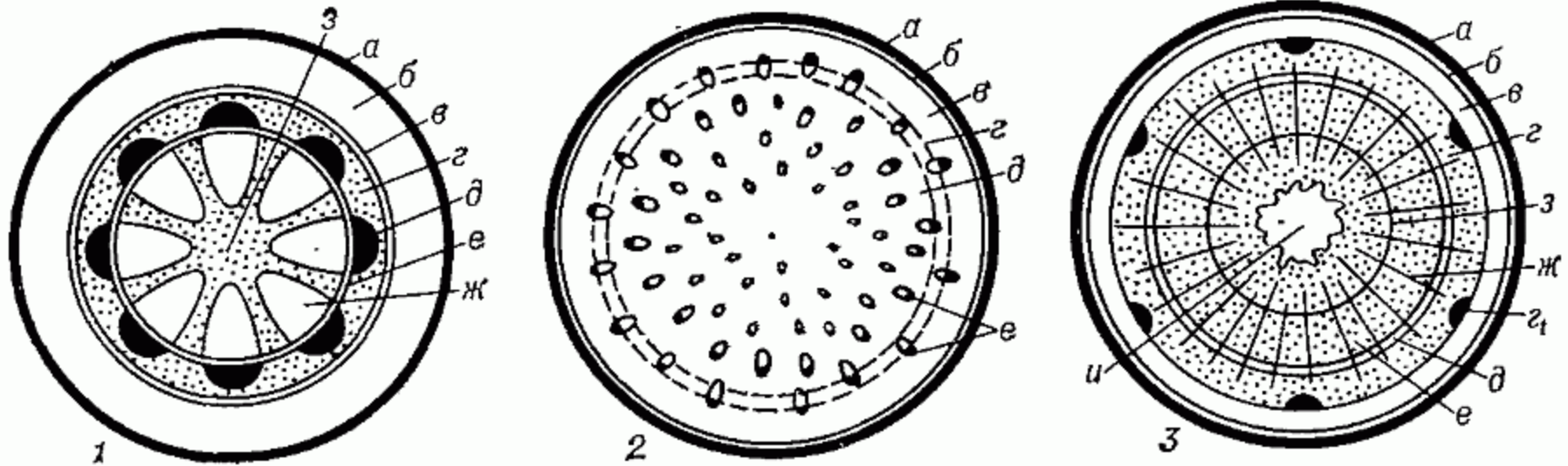
Анатомическое строение стебля цветковых растений: I — общий вид проводящей системы стебля с причленившимся трехпучковым листовым следом; II — строение стебля в области трехлакунного узла, III — однолакунного, IV — многолакунного; V — пальмовый тип прохождения пучков в стебле однодольных растений; VI — строение соломины злаков; VII — строение стебля бигнонии с вдающимися в древесину участками луба; VIII — строение стебля вистарии, утолщение которого обусловлено несколькими камбиями; 1 — сердцевина; 2 — стела; 3 — листовый след; 4 — пучки листового следа; 5 — листовые прорывы; 6 — флоэмные волокна; 7 — ксилема; 8 — камбий пучковый; 9 — флоэма; 10 — стебель; 11 — влагалище листа; 12 — закрытые коллатеральные пучки; 13 — ассимиляционная паренхима; 14 — воздушная полость; 15 — сосуды ксилемы; 16 — механическая ткань; 17 — сердцевинные лучи; 18 — перидерма; 19 — первичная кора; 20 — древесина; 21 — луб.

Первичное строение стебля

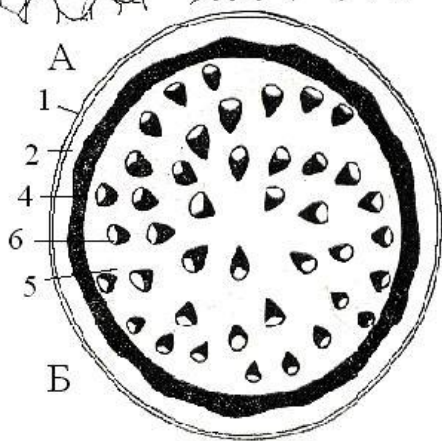
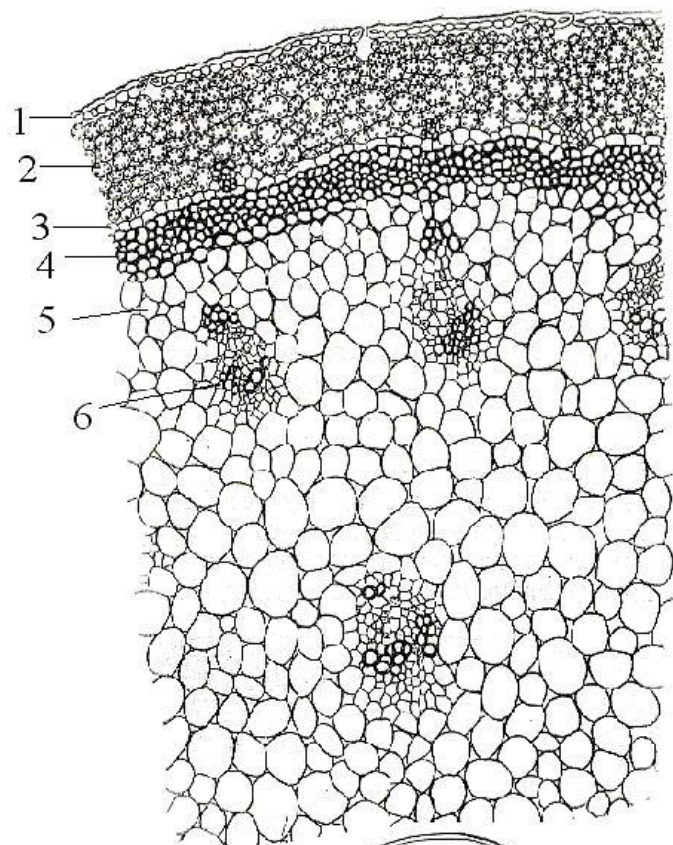
В анатомической структуре стебля травянистых растений выделяют три основные части:

- 1. Покровная ткань.**
- 2. Первичная кора.**
- 3. Центральный осевой цилиндр.**

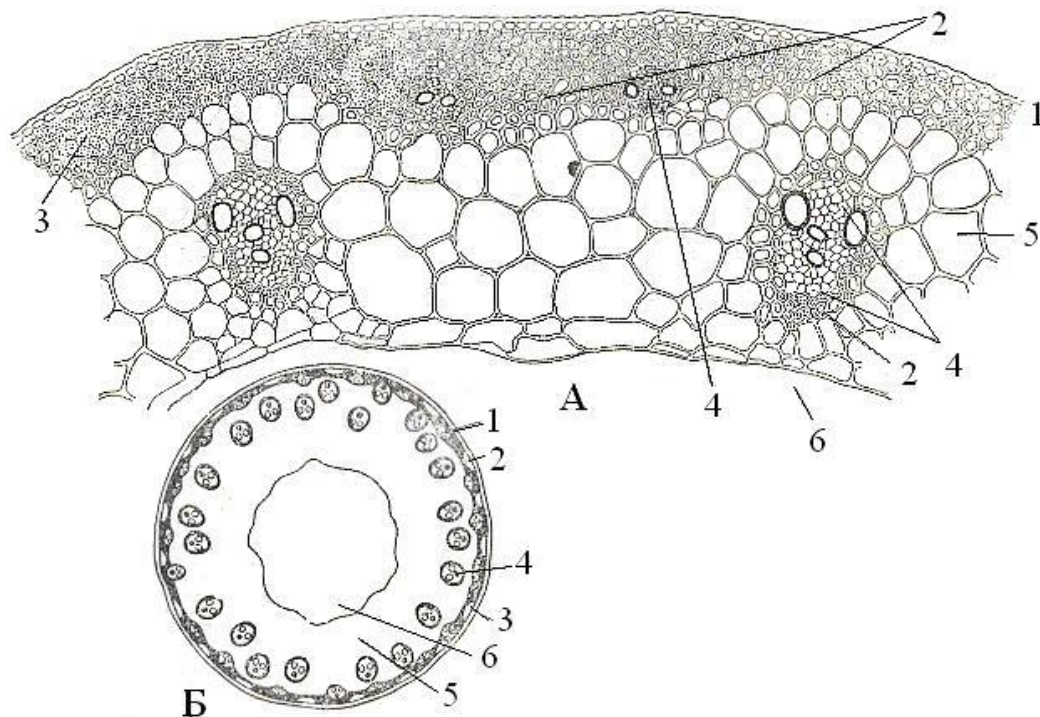
Строение стебля у разных растений



Анатомическое строение стебля. 1 — у травянистых двудольных растений: а — эпидерма; б — первичная кора; в — эндодерма, или крахмалоносное влагалище; г — перецикл; д — флоэма; е — камбий; ж — ксилема; з — сердцевина; 2 — у однодольного растения: а — пробка; б — феллоген; в — кора; г — поле образовательной ткани; д — древесная паренхима; е — сосудисто-волокнистые пучки; 3 — у древесного двудольного растения: а — пробка; б — феллоген; в — феллодерма; г — вторичная флоэма; гх — первичная флоэма; д — камбий; е — ксилема; ж — сердцевинные лучи; з — границы между годичными кольцами; и — сердцевина.

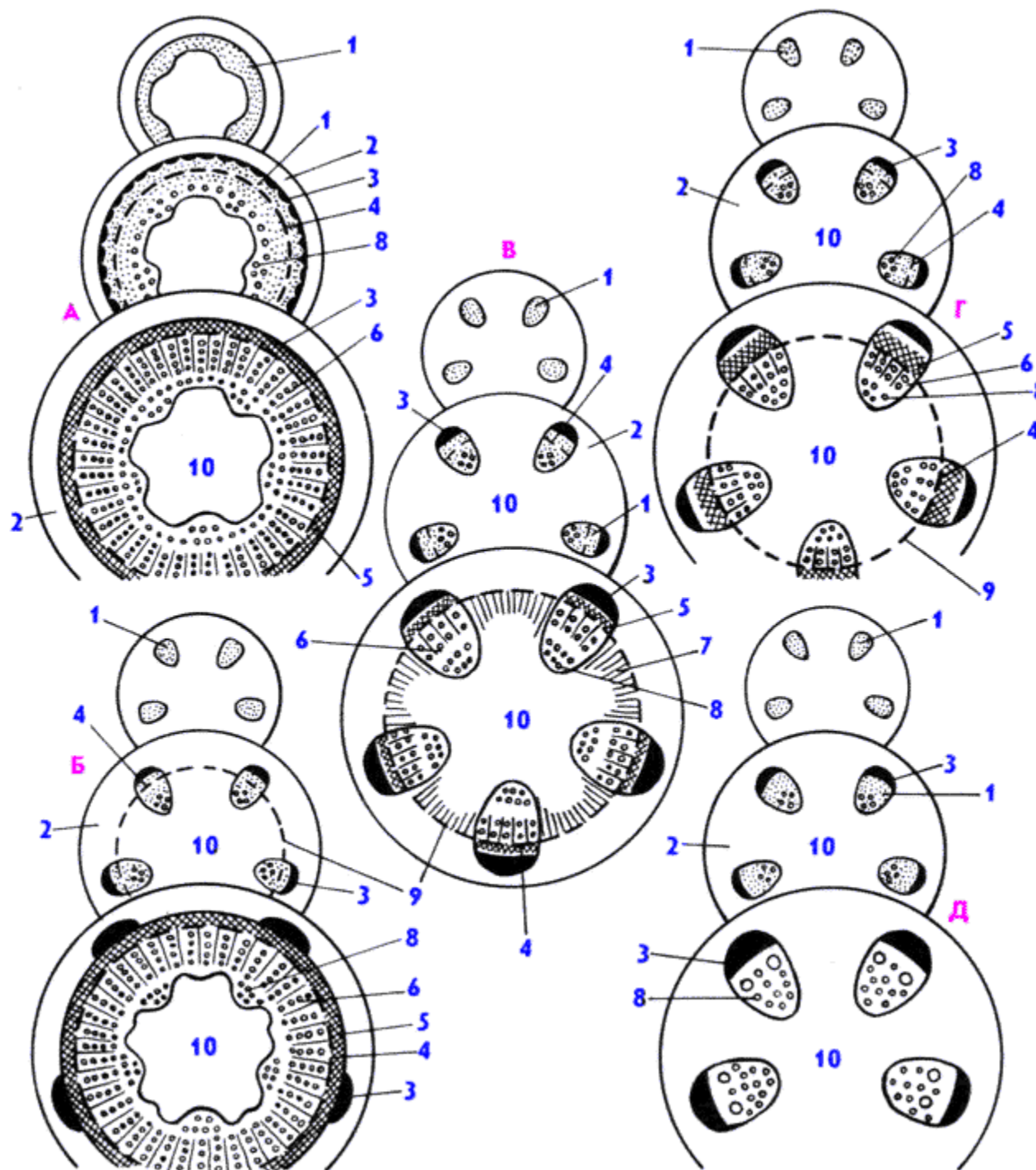


Поперечный срез стебля ириса (*Iris germanica*) с хорошо выраженной корой (А) и его схема (Б):
 1 - эпидерма, 2 - хлоренхима, 3 - эндодерма, (2-3 - первичная кора), 4 - склеренхима перицикла, 5 - основная паренхима, 6 - закрытый коллатеральный пучок (4-6 - центральный цилиндр).

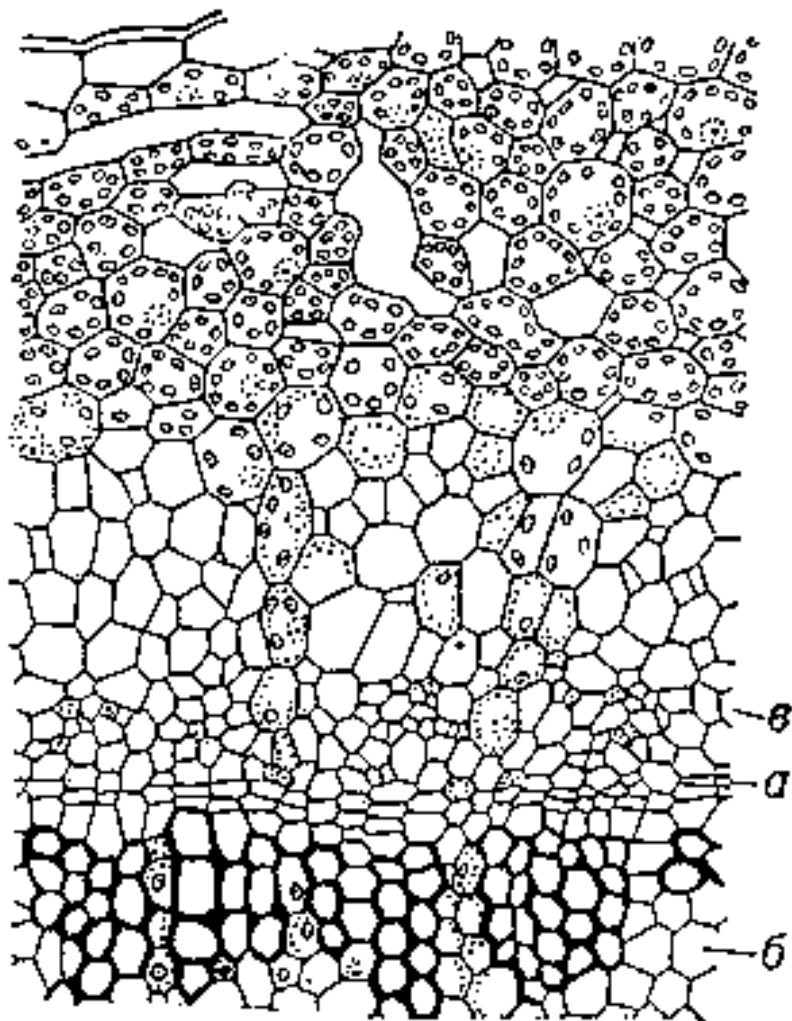


Поперечный срез стебля ржи (*Secale cereale*) с плохо выраженной первичной корой (А) и его схема (Б):
 1 - эпидерма, 2 - склеренхима, 3 - хлоренхима, 4 - закрытый коллатеральный пучок, 5 - основная паренхима, 6 - полость.

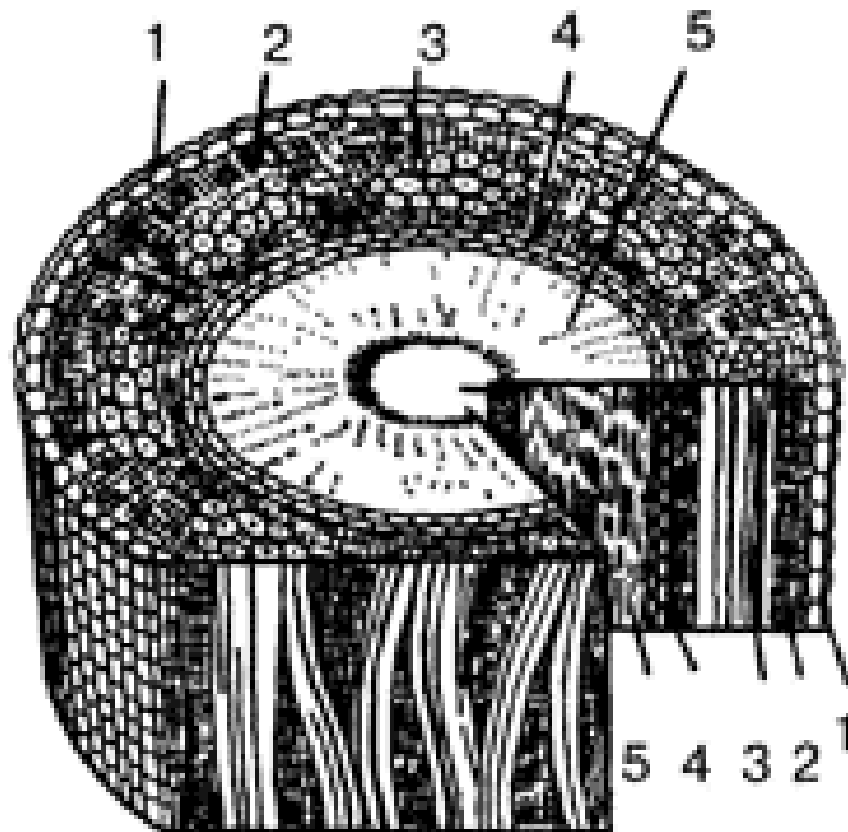
Типы заложения камбия стебле



1 - прокамбий , 2 -
первичная кора ,
3 -
первичная флоэма
, 4 - камбий , 5 -
вторичная
флоэма, 6 -
вторичная ксилем
а , 7 -
склеренхима , 8 -
первичная
ксилема, 9 -
межпучковый
камбий, 10 -
сердцевина.

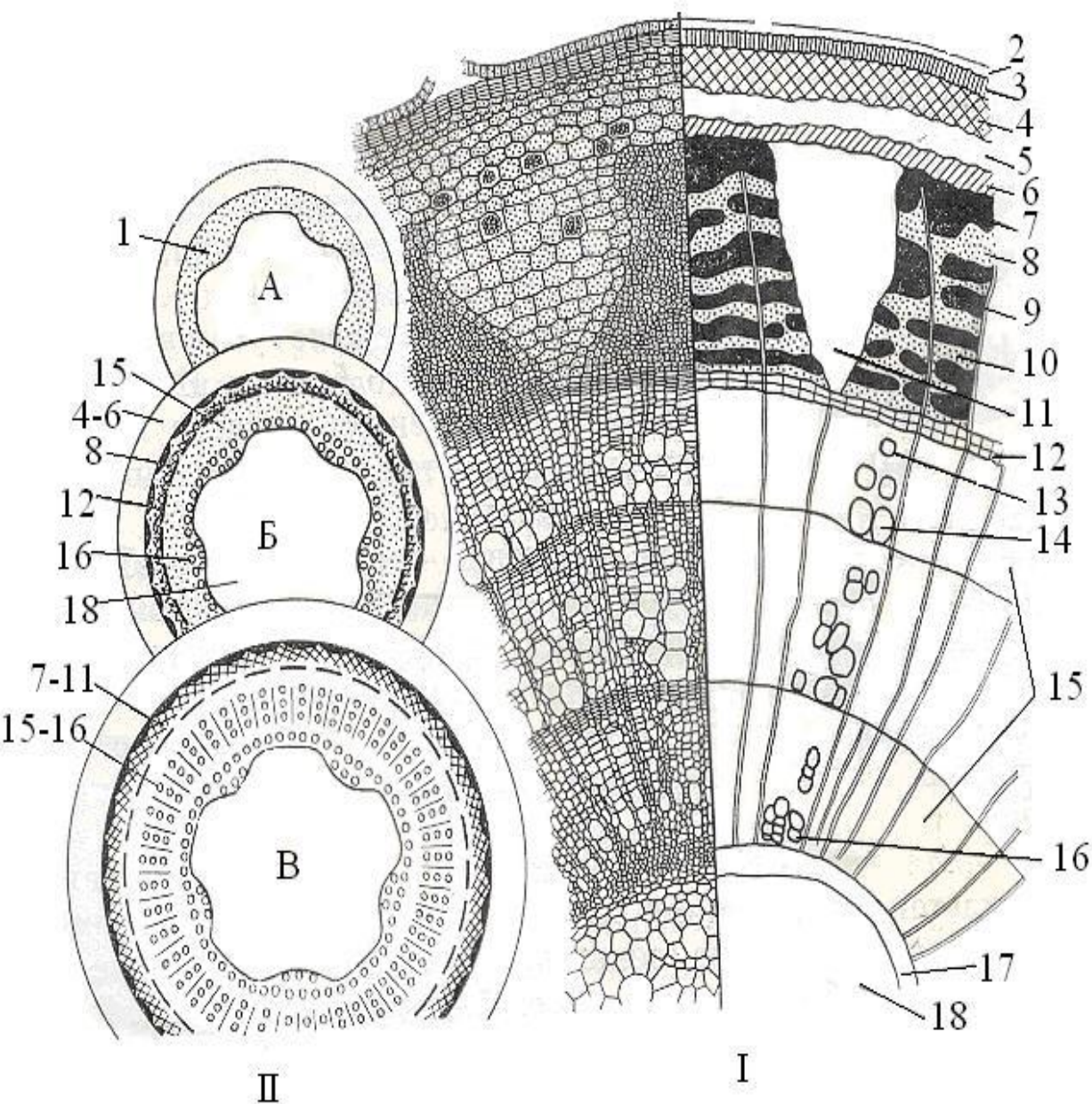


Часть поперечного разреза стебля льна: а — камбий; б — древесина; в — луб.



Поперечный разрез стебля льна:

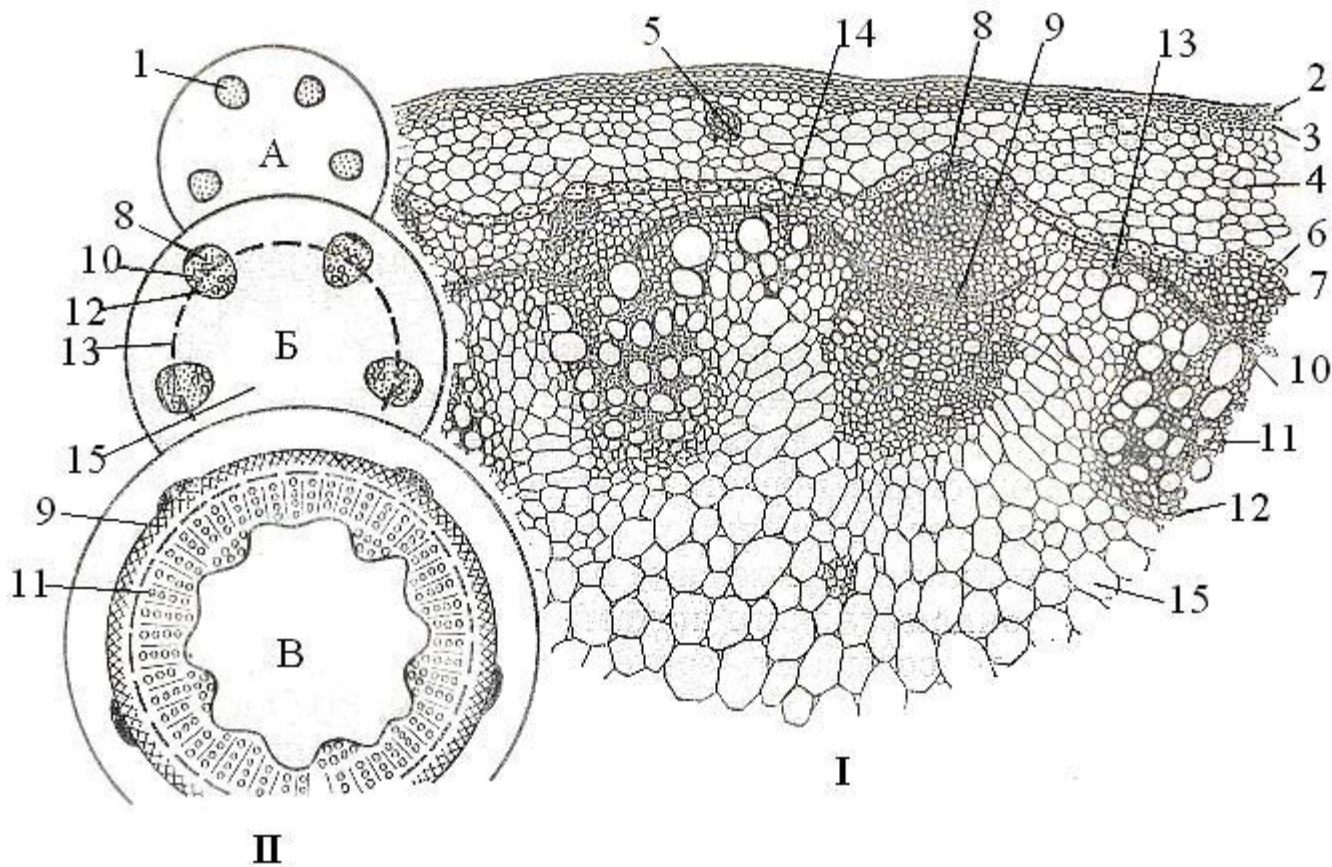
1 — эпидерма, 2 — первичная кора, 3-флоэма, 4 — камбий, 5 — древесина.



Непучковый тип строения стебля липы в поперечном разрезе (I) и схема строения стебля на разных уровнях (II):

А - срез на уровне появления прокамбия; Б - на уровне появления камбия; В - на уровне сформированной структуры.

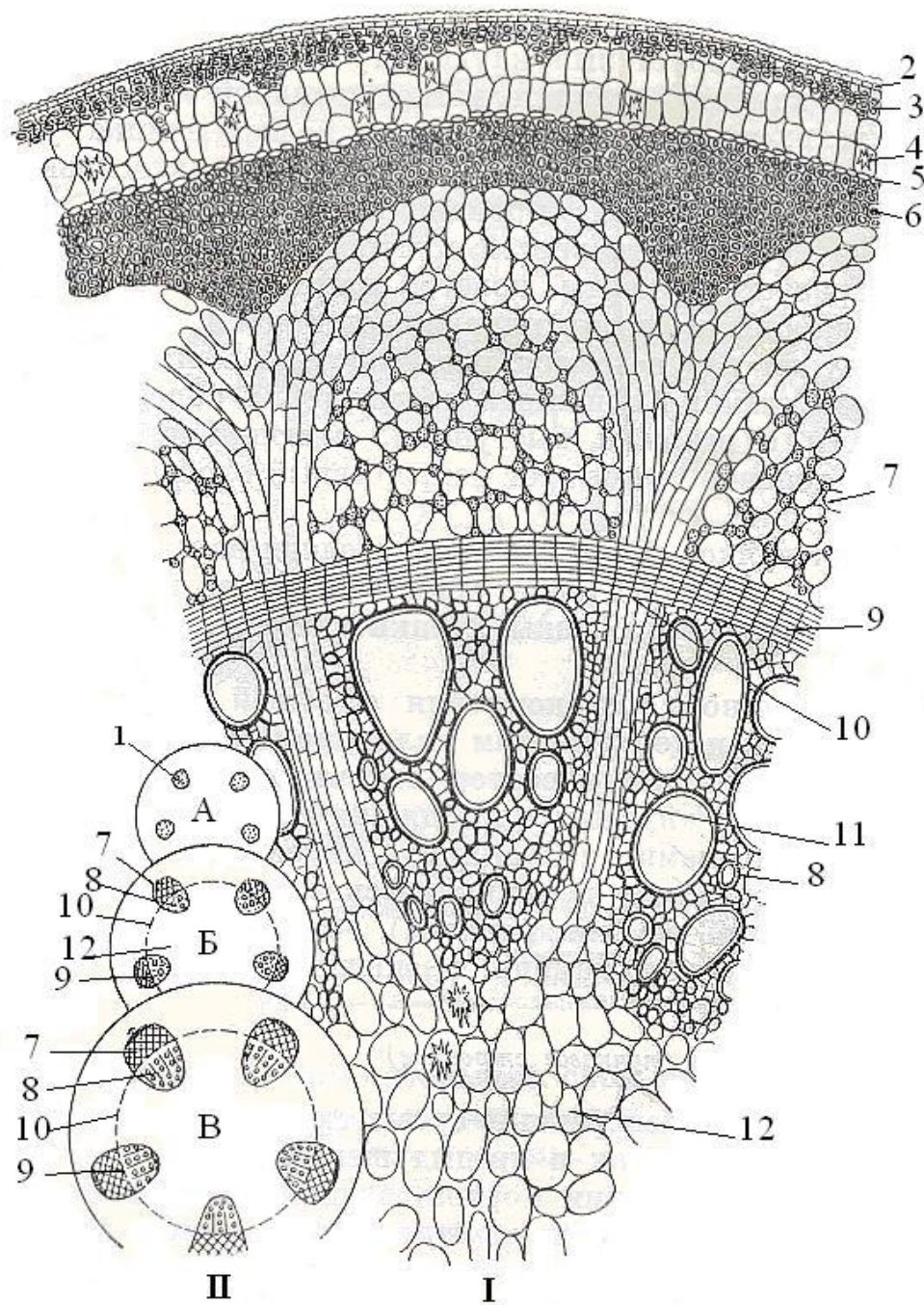
1 - прокамбий, 2 - остатки эпидермы, 3 - пробка, 4 - колленхима, 5 - паренхима коры, 6 - эндодерма (4-6 - первичная кора), 7 - перициклическая зона, 8 - первичная флоэма, 9 - твердый луб, 10 - мягкий луб (вторичная флоэма), 11 - сердцевинный луч (7-11 - вторичная кора), 12 - камбий, 13 - осенняя древесина, 14 - весенняя древесина (13-14 - годовичное кольцо древесины), 15 - вторичная древесина, 16 - первичная древесина (15-16 - древесина), 17 - перимедуллярная зона, 18 - основная паренхима (17-18 - сердцевина, 7-18 - центральный цилиндр).



Переходный тип строения стебля подсолнечника (*Helianthus annuus*) в поперечном разрезе (I) и схема строения стебля на разных уровнях (II):

А - срез на уровне появления прокамбия; Б - на уровне появления камбия; В - на уровне сформированной структуры.

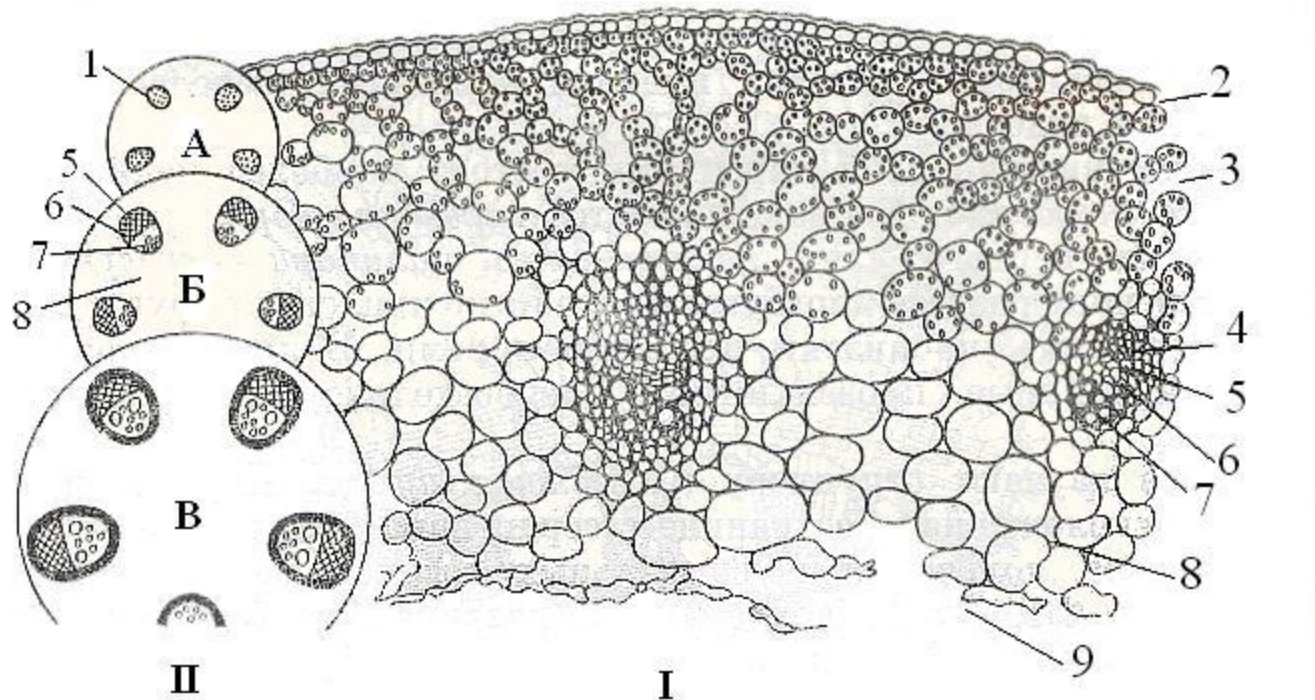
1 - прокамбий, 2 - эпидерма, 3 - колленхима, 4 - паренхима коры, 5 - смоляной ход, 6 - эндодерма (3-6 - первичная кора), 7 - склеренхима, 8 - первичная флоэма, 9 - вторичная флоэма, 10 - пучковый камбий, 11 - вторичная ксилема, 12 - первичная ксилема, 13 - межпучковый камбий, 14 - пучок из межпучкового камбия, 15 - паренхима сердцевины (7-15 - центральный цилиндр).



Пучковый тип с межпучковым камбием в стебле кирказона (*Aristolochia clematitis*) в поперечном срезе (I) и схема строения стебля на разных уровнях (II):

А - срез на уровне появления прокамбия; Б - на уровне появления камбия; В - на уровне сформированной структуры.

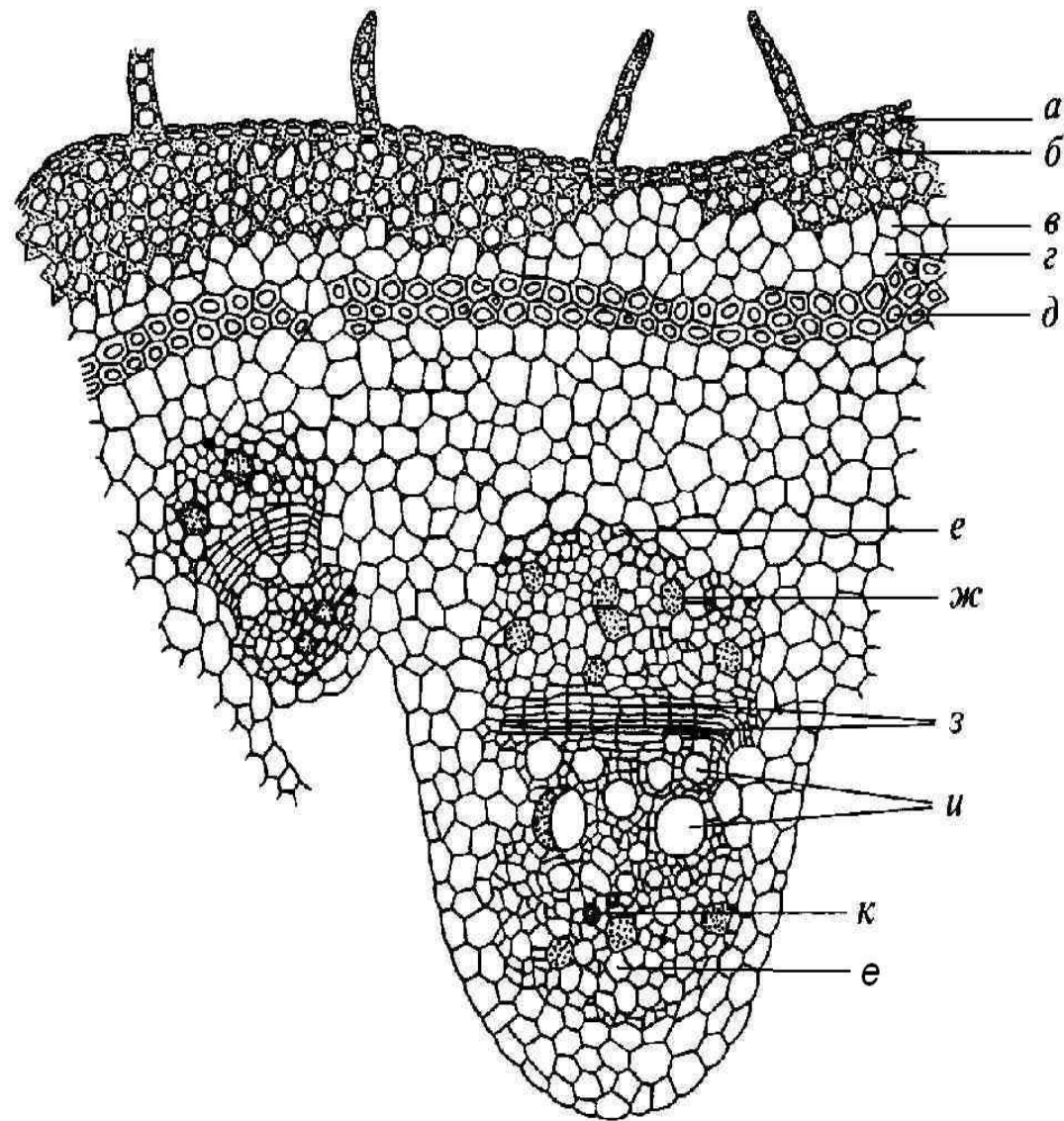
1 - прокамбий, 2 - эпидерма, 3 - колленхима, 4 - паренхима коры, 5 - эндодерма (3-5 - первичная кора), 6 - склеренхима перицикла, 7 - флоэма, 8 - ксилема, 9 - пучковый камбий (7-9 - открытый коллатеральный пучок), 10 - межпучковый камбий, 11 - сердцевинный луч, 12 - паренхима сердцевины (6-12 - центральный цилиндр).



Пучковый тип без заложения межпучкового камбия в стебле лютика ползучего (*Ranunculus repens*) в поперечном срезе (I) и схема строения стебля на разных уровнях (II):

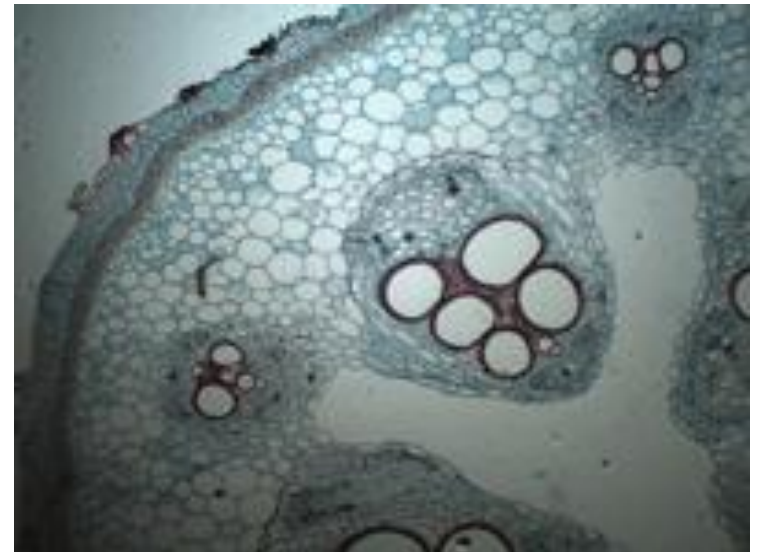
А - срез на уровне появления прокамбия; Б - на уровне появления камбия; В - на уровне сформированной структуры.

1 - прокамбий, 2 - эпидерма, 3 - паренхима коры (хлоренхима и аэренхима), 4 - склеренхима, 5 - флоэма, 6 - пучковый камбий, 7 - ксилема (5-7 - коллатеральный пучок), 8 - паренхима сердцевины, 9 - полость.



Анатомическое строение стебля тыквы:

а- эпидерма, б- колленхима, в-
ассимилирующая паренхима, г
– эндодерма, д – склеренхима
перезиклического
происхождения, е-к –
сосудисто-волокнистый
биколлатеральный
проводящий пучок (е- флоэма,
ж-ситовидные элементы
флоэмы, з – камбий, и- сосуды
ксилемы, к – склеренхимные
волокна ксилемы)

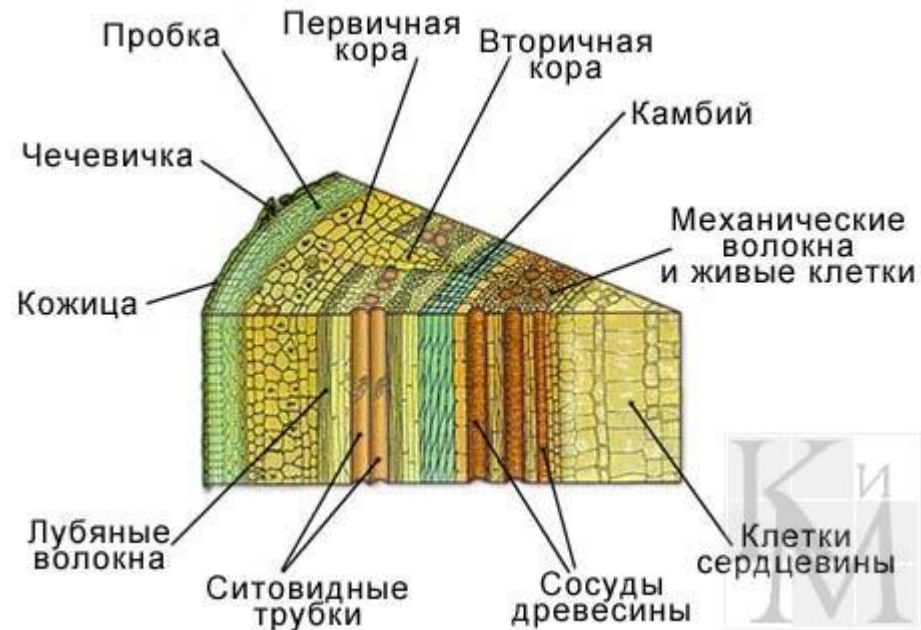
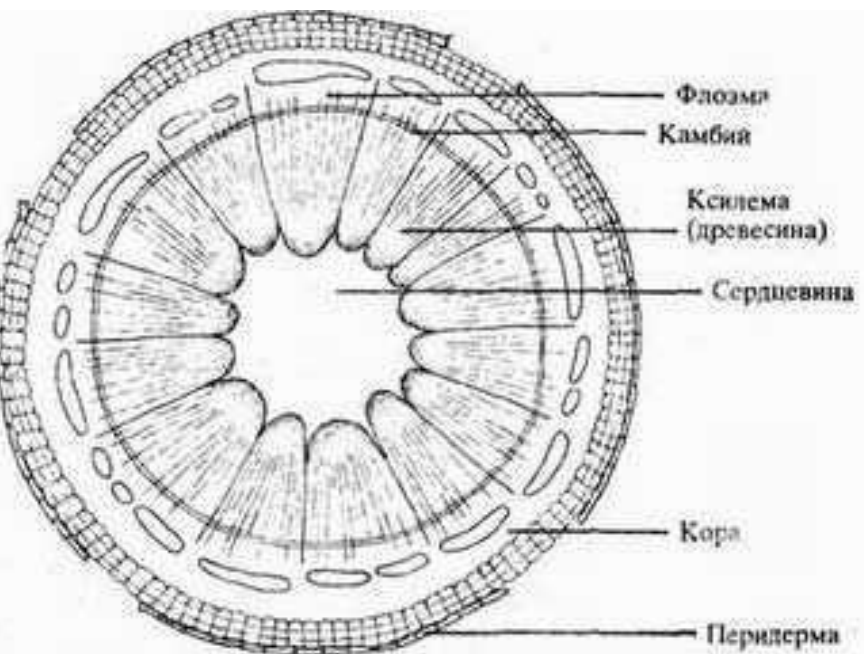


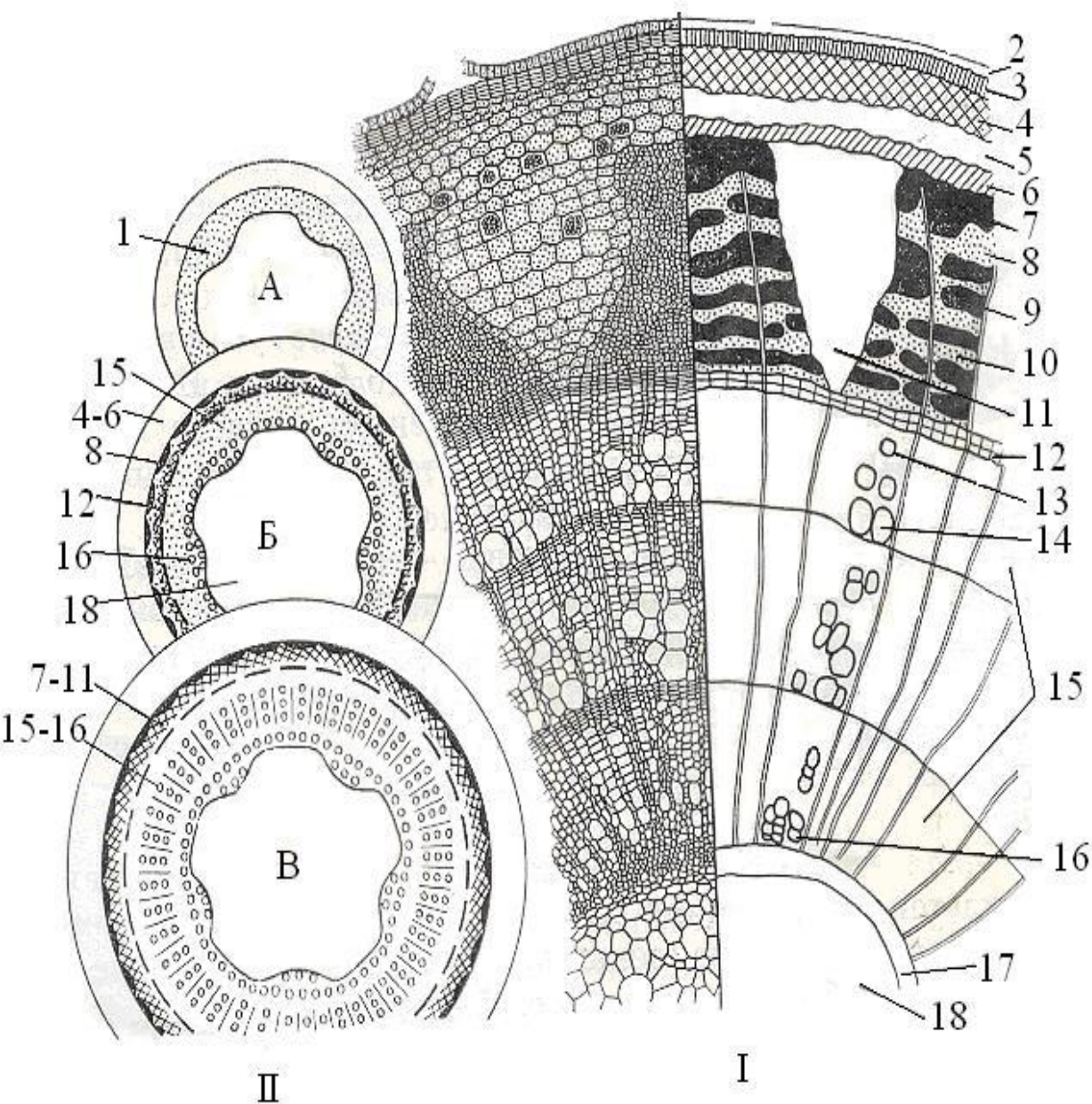
Строение стебля древесных растений.

В стеблях древесных двудольных растений различают:

- 1. Покровную ткань,**
- 2. Вторичную кору,**
- 3. Камбий,**
- 4. Древесину,**
- 5. Сердцевину.**

Строение стебля древесных растений



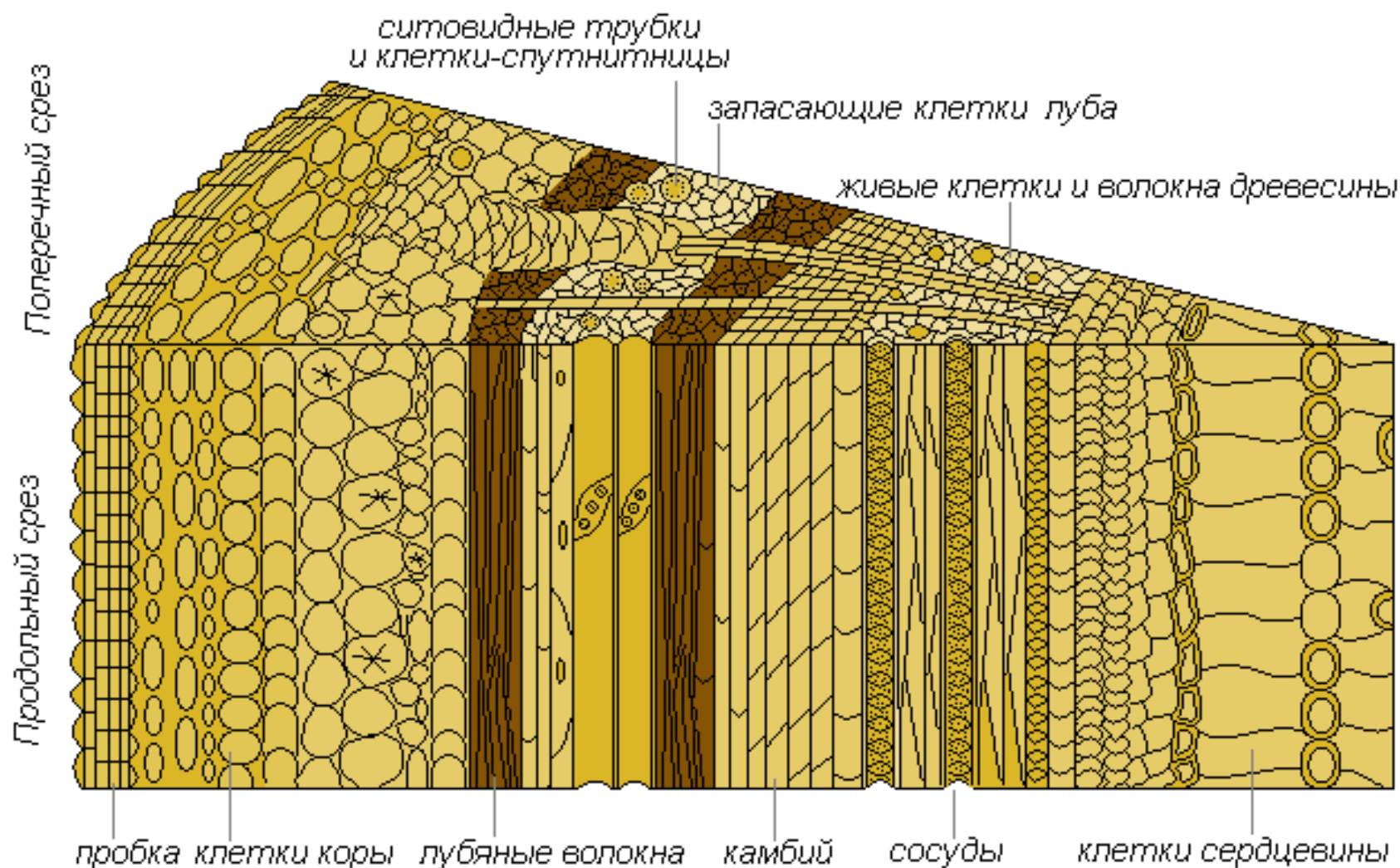


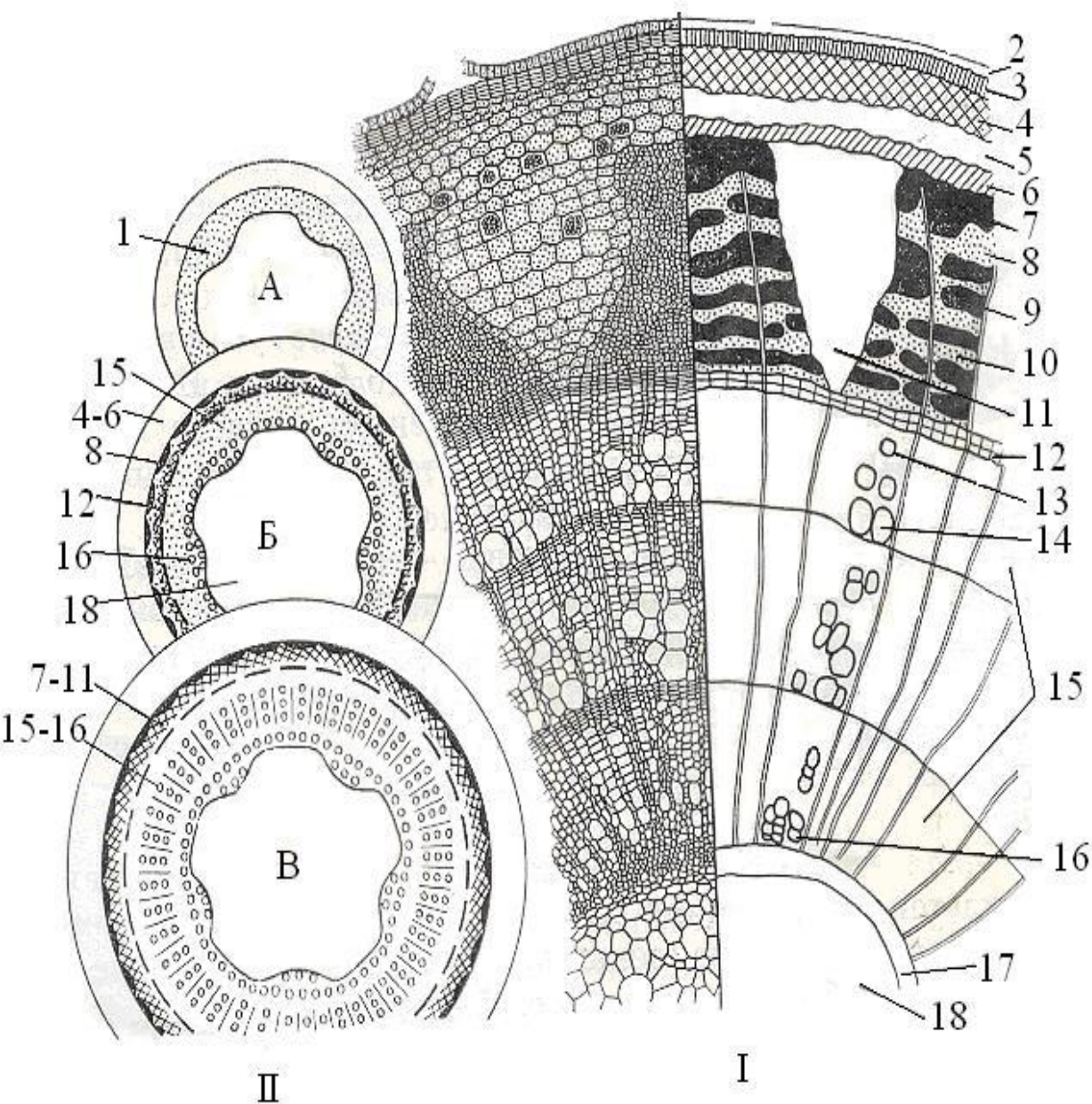
Непучковый тип строения стебля липы в поперечном разрезе (I) и схема строения стебля на разных уровнях (II):

А - срез на уровне появления прокамбия; Б - на уровне появления камбия; В - на уровне сформированной структуры.

1 - прокамбий, 2 - остатки эпидермы, 3 - пробка, 4 - колленхима, 5 - паренхима коры, 6 - эндодерма (4-6 - первичная кора), 7 - перициклическая зона, 8 - первичная флоэма, 9 - твердый луб, 10 - мягкий луб (вторичная флоэма), 11 - сердцевинный луч (7-11 - вторичная кора), 12 - камбий, 13 - осенняя древесина, 14 - весенняя древесина (13-14 - годовичное кольцо древесины), 15 - вторичная древесина, 16 - первичная древесина (15-16 - древесина), 17 - перимедуллярная зона, 18 - основная паренхима (17-18 - сердцевина, 7-18 - центральный цилиндр).

Продольный и поперечный разрез стебля (схема)



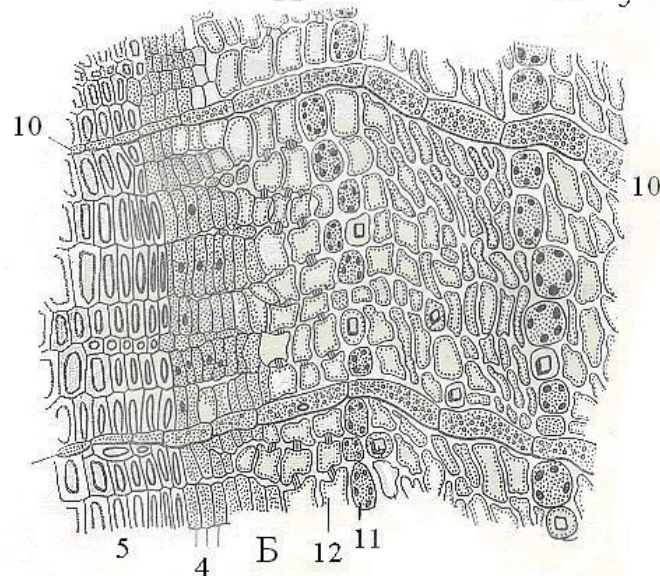
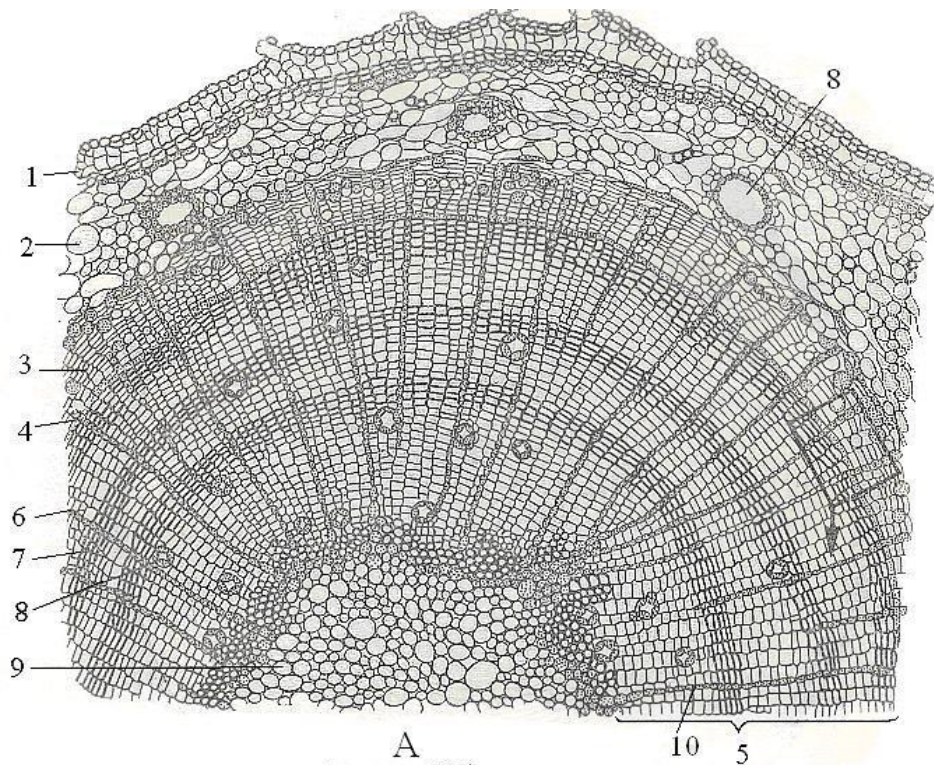


Непучковый тип строения стебля липы в поперечном разрезе (I) и схема строения стебля на разных уровнях (II):

А - срез на уровне появления прокамбия; Б - на уровне появления камбия; В - на уровне сформированной структуры.

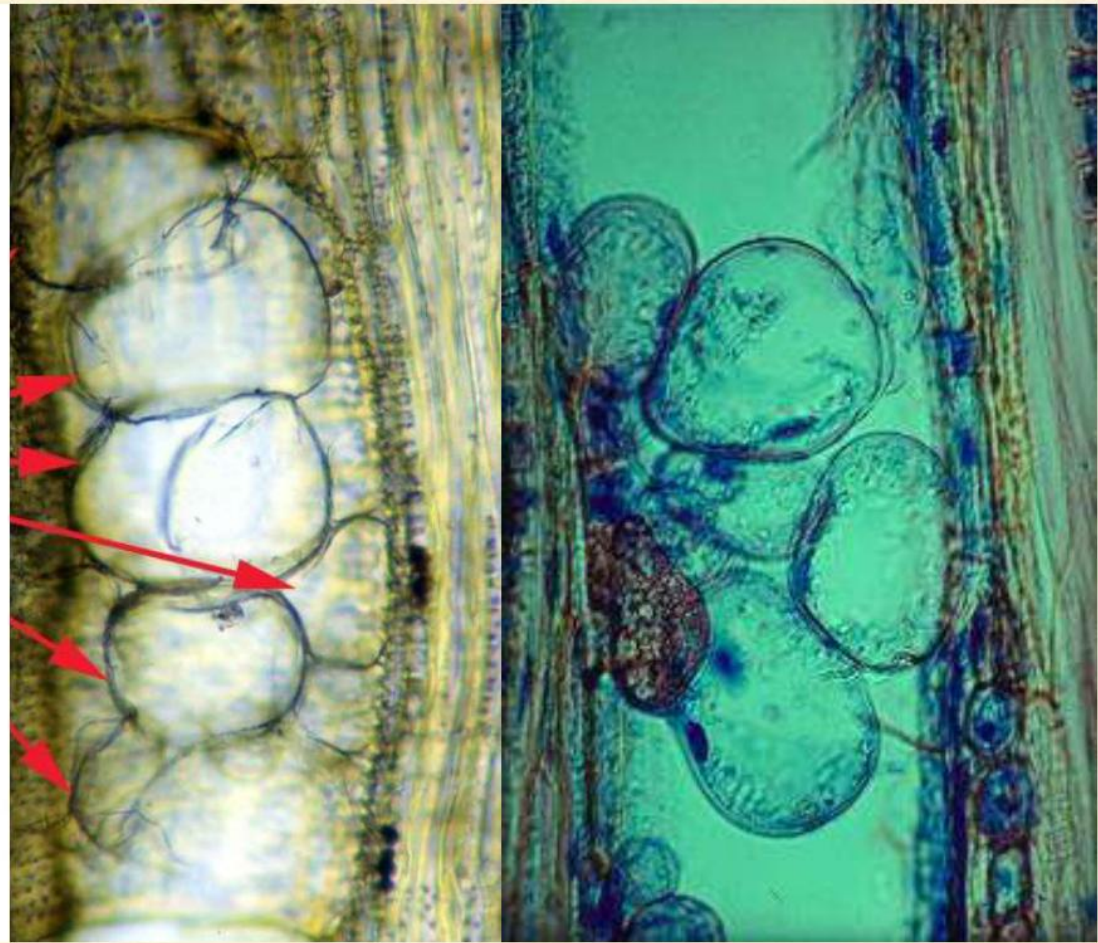
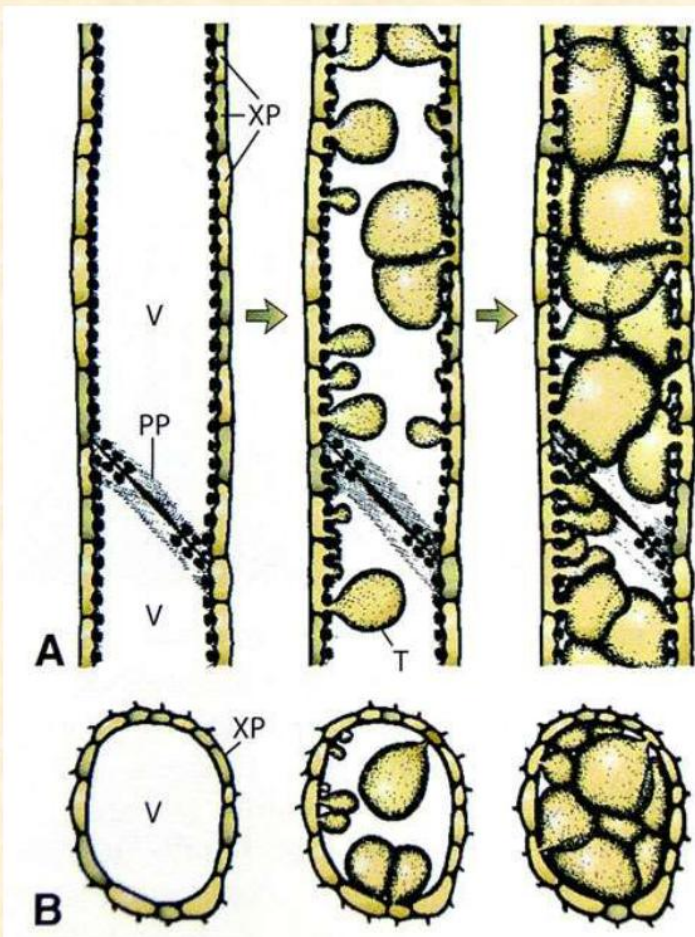
1 - прокамбий, 2 - остатки эпидермы, 3 - пробка, 4 - колленхима, 5 - паренхима коры, 6 - эндодерма (4-6 - первичная кора), 7 - перициклическая зона, 8 - первичная флоэма, 9 - твердый луб, 10 - мягкий луб (вторичная флоэма), 11 - сердцевинный луч (7-11 - вторичная кора), 12 - камбий, 13 - осенняя древесина, 14 - весенняя древесина (13-14 - годовое кольцо древесины), 15 - вторичная древесина, 16 - первичная древесина (15-16 - древесина), 17 - перимедуллярная зона, 18 - основная паренхима (17-18 - сердцевина, 7-18 - центральный цилиндр).

Многолетний стебель сосны

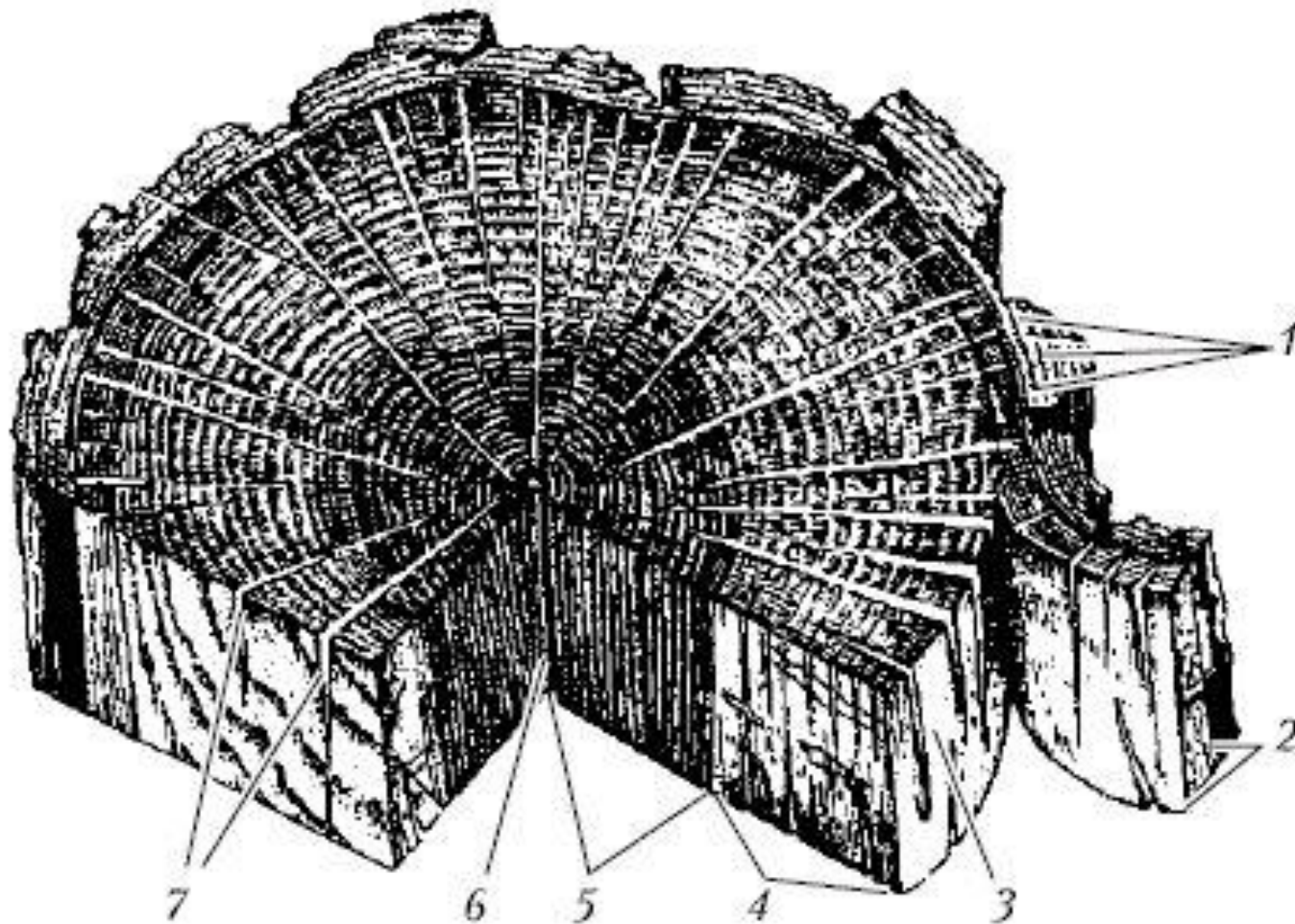


А - часть поперечного среза; Б - флоэма и камбий, с прилегающими трахеидами ксилемы.

1 - пробка, 2 - паренхима первичной коры, 3 - флоэма, 4 - камбий, 5 - ксилема, 6 - весенние трахеиды, 7 - осенние трахеиды, 8 - смоляной ход, 9 - сердцевина, 10 - сердцевинный луч, 11 - лубяная паренхима, 12 - ситовидная трубка.



Затилывание сосуда



Строение ствола дерева : 1 – корка; 2 – луб; 3 – камбий; 4, 5 – древесина (4 – заболонь, 5 – ядровая древесина); 6 – сердцевина; 7 – сердцевинные лучи)

● **Камбиальный слой**
Тонкий слой образовательной ткани, из которого образуются новая древесина и луб

● **Возрастные (годовые) кольца**
Слой древесины, образующийся за один возрастной (годовой) период. Большие клетки ранней древесины и меньшие по размеру клетки поздней древесины формируют годовое кольцо

● **Сердцевинные лучи**
Радиально направленные плоские скопления клеток, проводящие питательные соки горизонтально, называемые также модулярными или сердцевинными клетками

● **Флоэма, или луб**
Ткань внутреннего слоя коры, транспортирующая синтезированные питательные вещества

● **Кора**
Внешний защитный слой омертвевших клеток. Кора может также включать и живую внутреннюю ткань

● **Заболонь**
Новая древесина, клетки которой транспортируют или накапливают питательные вещества

● **Ядро**
Зрелая древесина, образующая остов дерева

● **Сердцевина**
Центральная масса клеток. Часто непрочная и подвержена загниванию

