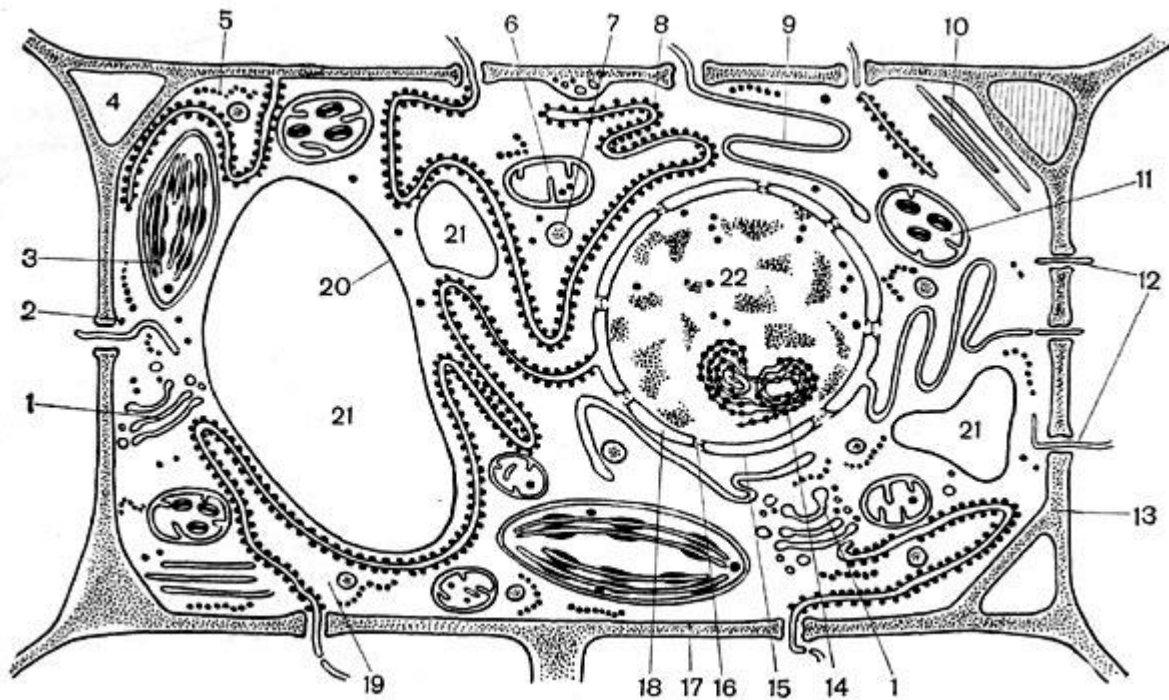


Строение растительной клетки

Клеточная стенка



Занятие 1.

ТЕМА: СТРОЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ. КЛЕТОЧНАЯ СТЕНКА.

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕМЫ:

1. Общий план строения растительной клетки.
2. Химический состав и строение клеточной стенки (оболочки) растительной клетки. (Первичное строение).
3. Вторичное утолщение оболочки. Отличия в химическом составе и свойствах вторичной оболочки.
4. Строение пор. Простые и окаймленные поры.
5. Химические изменения оболочки (одревеснение, пробковение, кутинизация, ослизнение, минерализация). Реакция на химические вещества клеточной стенки.

Литература:

- Яковлев Г.П., Челомбитько В.А., Ботаника, 2008г.
- Лекция.

Растительная клетка

Протопласт (живое содержимое)

Производные протопласта
и др. продукты
жизнедеятельности

мембрана

Ядро

- Ядерная оболочка
- Кариоплазма
- Хроматин
- ядрышко

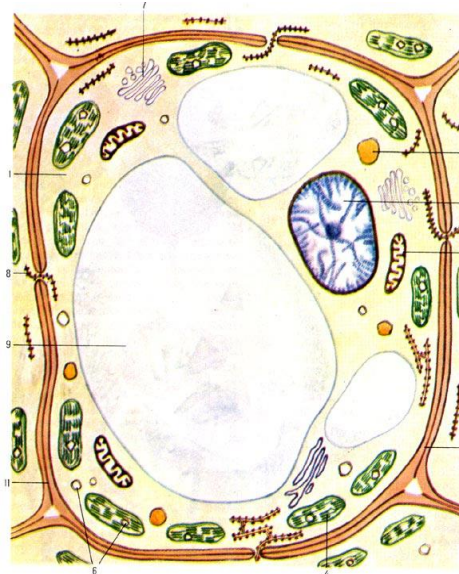
Цитоплазма

- Гиалоплазма
- органоиды

включения

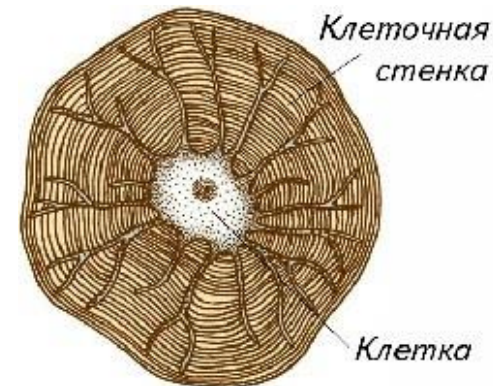
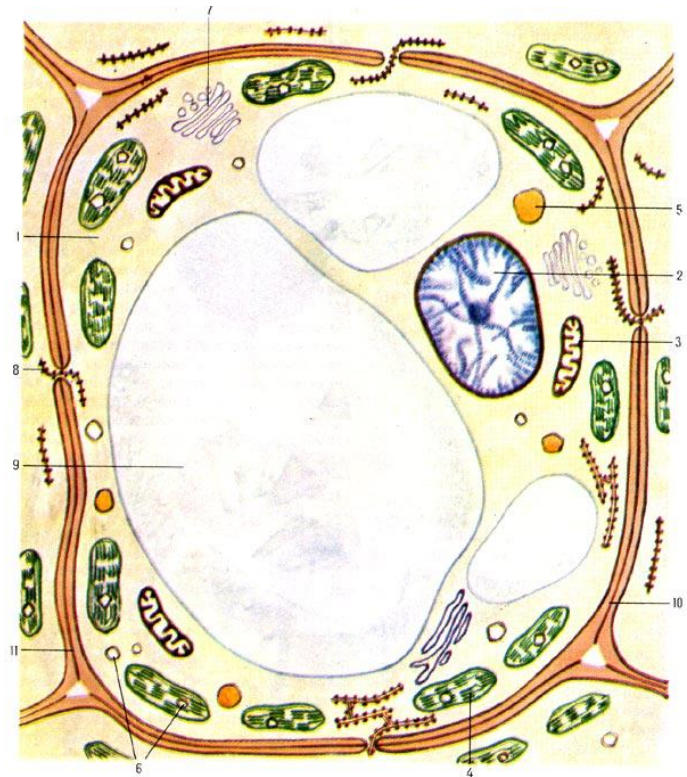
Клеточный сок
(в вакуоли)

Клеточная
стенка



Клеточная стенка

- Клеточная стенка – это структурное образование, располагающееся по периферии клетки, за пределами цитоплазматической мембраны.
- Клеточные стенки имеют все растительные клетки, кроме *половых клеток, зооспор водорослей и некоторых примитивных одноклеточных водорослей*.
- Толщина клеточной стенки от 0,1 мкм до 10 мкм в зависимости от вида ткани и вида растения. Наиболее толстые клеточные стенки имеют клетки механических тканей.



Химический состав

- Состоит из различных полисахаридов:
целлюлоза, гемицеллюлозы, пектины, гликопротеиды
- Может включать другие вещества:
лигнин, суберин

Свойства клеточной стенки

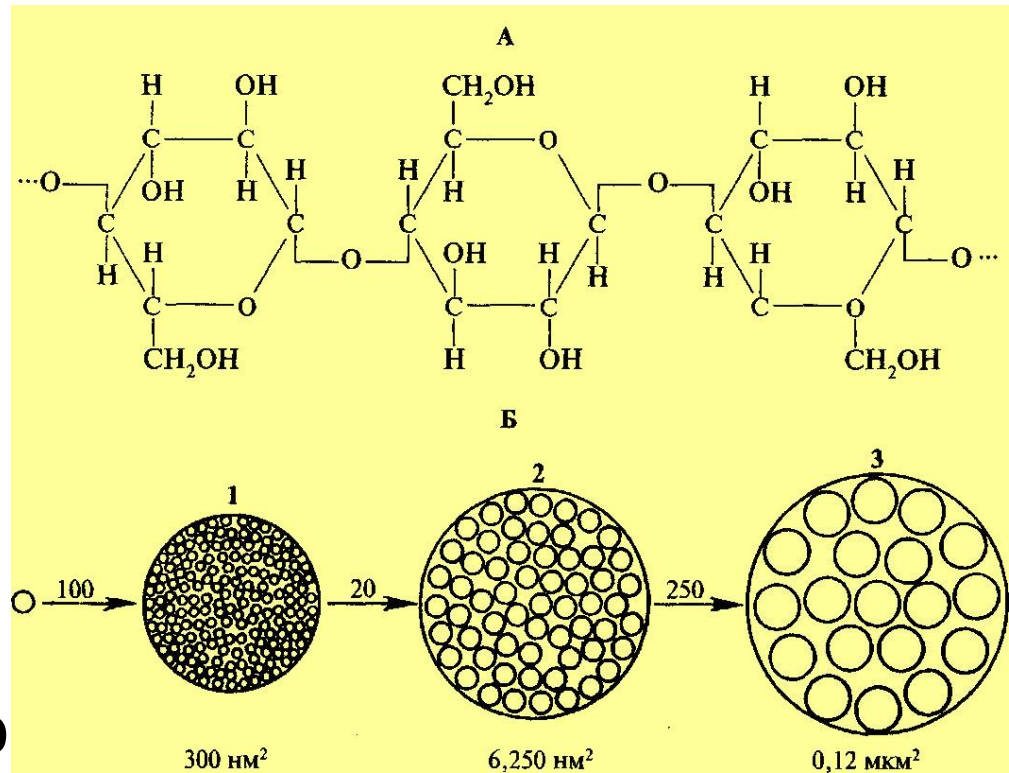
- механически прочная
- эластичная, т.е. способна растягиваться
- химически стойкая
- прозрачная
- проницаемая для воды и низкомолекулярных веществ

ФУНКЦИИ:

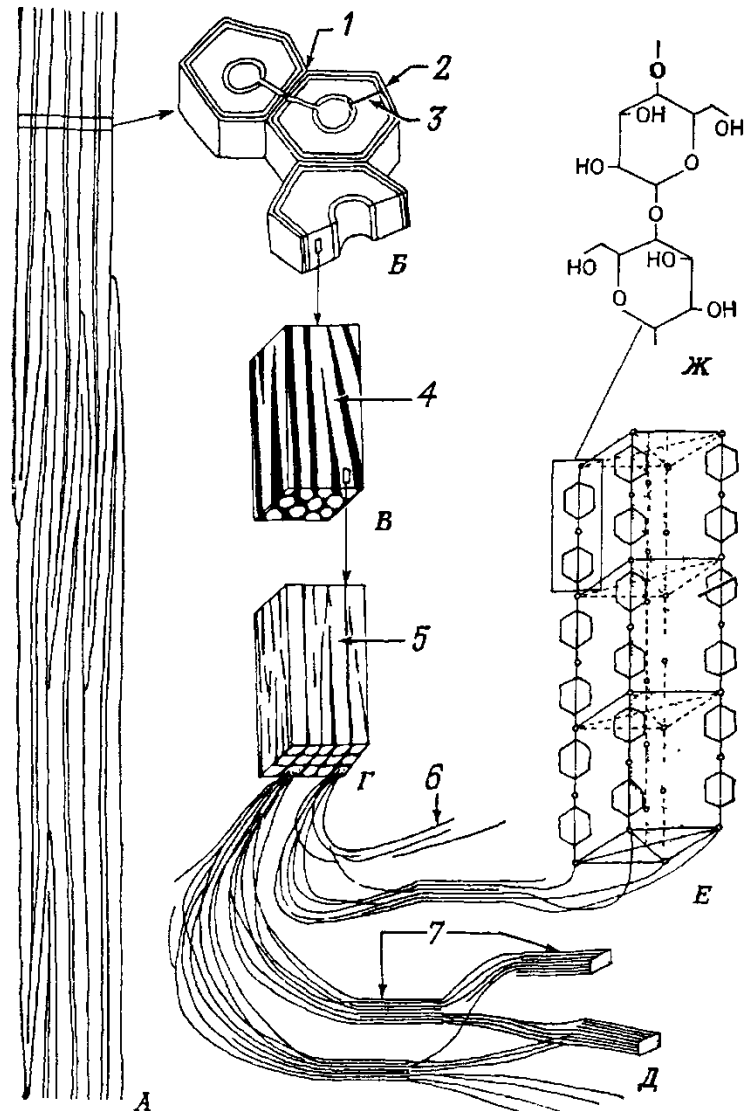
1. Является наружным скелетом, придает растительной клетке форму и механическую прочность
2. защищает протопласт от высыхания и механических повреждений
3. регулирует поступление воды в клетку. По мере поступления воды в клетке возникает внутреннее давление – **тургор**, которое препятствует дальнейшему поступлению воды.
4. является ионообменником
5. по клеточным стенкам осуществляется транспорт веществ внеклеточным путем. Такой транспорт называется **апопластическим**.
6. Полисахариды клеточной стенки могут использоваться как запасные питательные вещества

Строение клеточной стенки

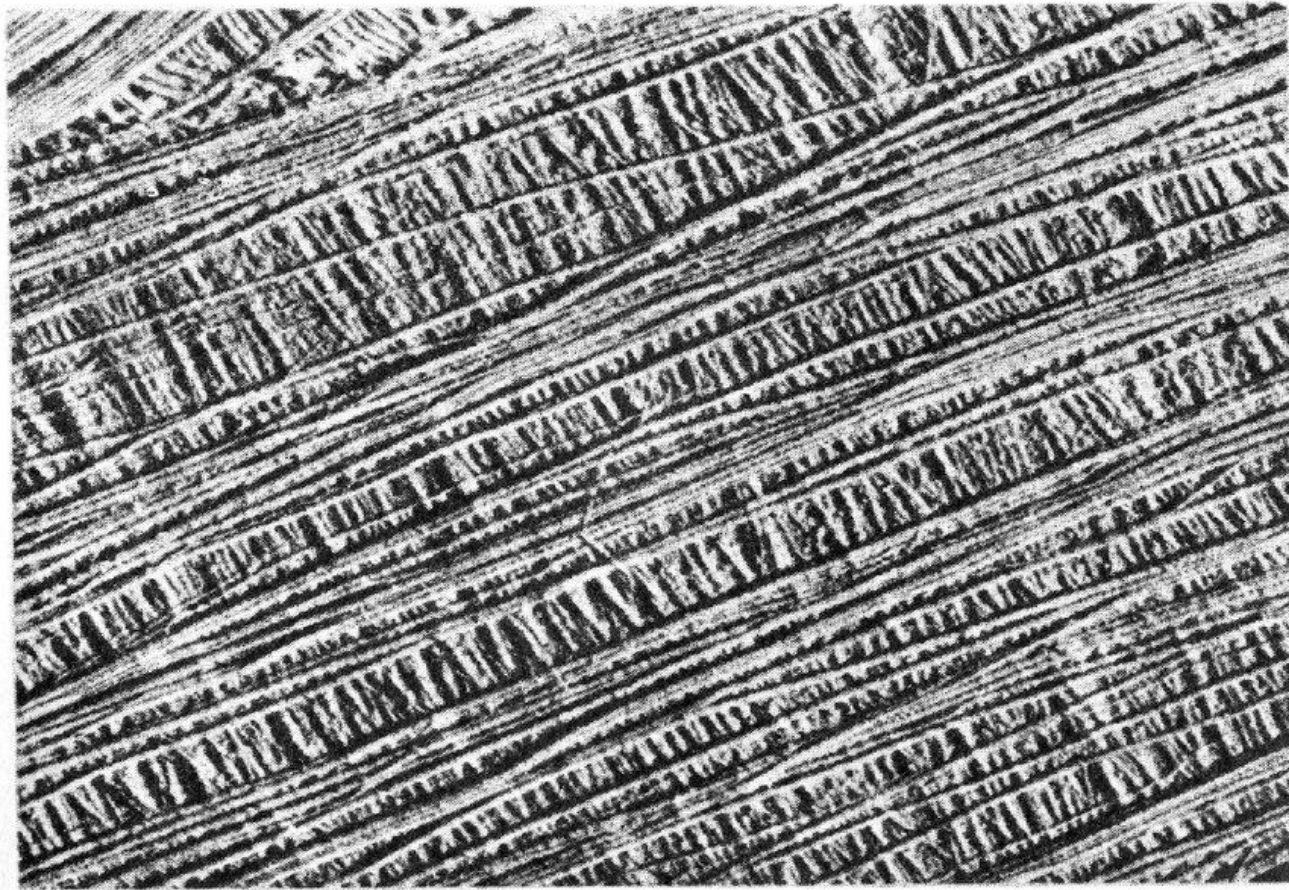
- Основу клеточной стенки составляет полисахарид целлюлоза $(C_6H_{10}O_5)_n$
- **Целлюлоза** – одно из самых химически стойких веществ
- Растворяется только в конц. соляной и серной кислотах



- Молекулы целлюлозы собраны в пучки-**микрофибриллы**, диаметром 25-30нм. Микрофибриллы погружены в **матрикс**, состоящий из гемицеллюлоз, пектинов и гликопротеидов.



Ориентация микрофибрилл целлюлозы
вторичной клеточной оболочки

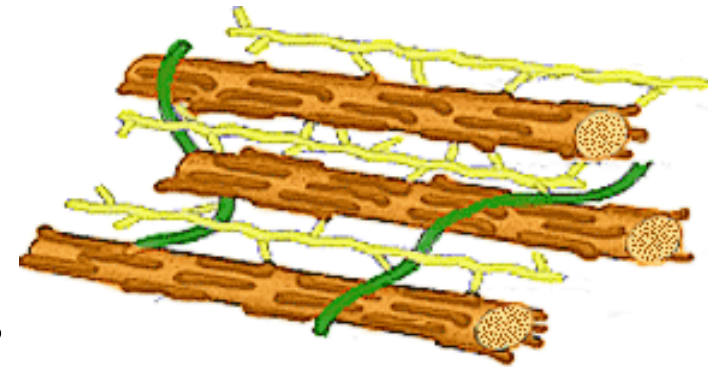
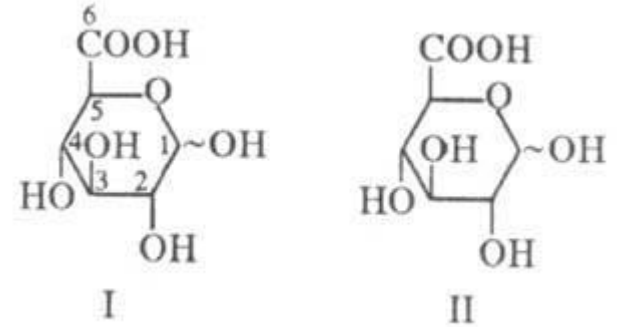


0,5 мкм

- Реактивом для обнаружения целлюлозы в клеточных стенках является хлор-цинк-йод (р-р йода в насыщенном растворе хлорида цинка). Клеточные стенки окрашиваются в сине-фиолетовый цвет.

Матрикс

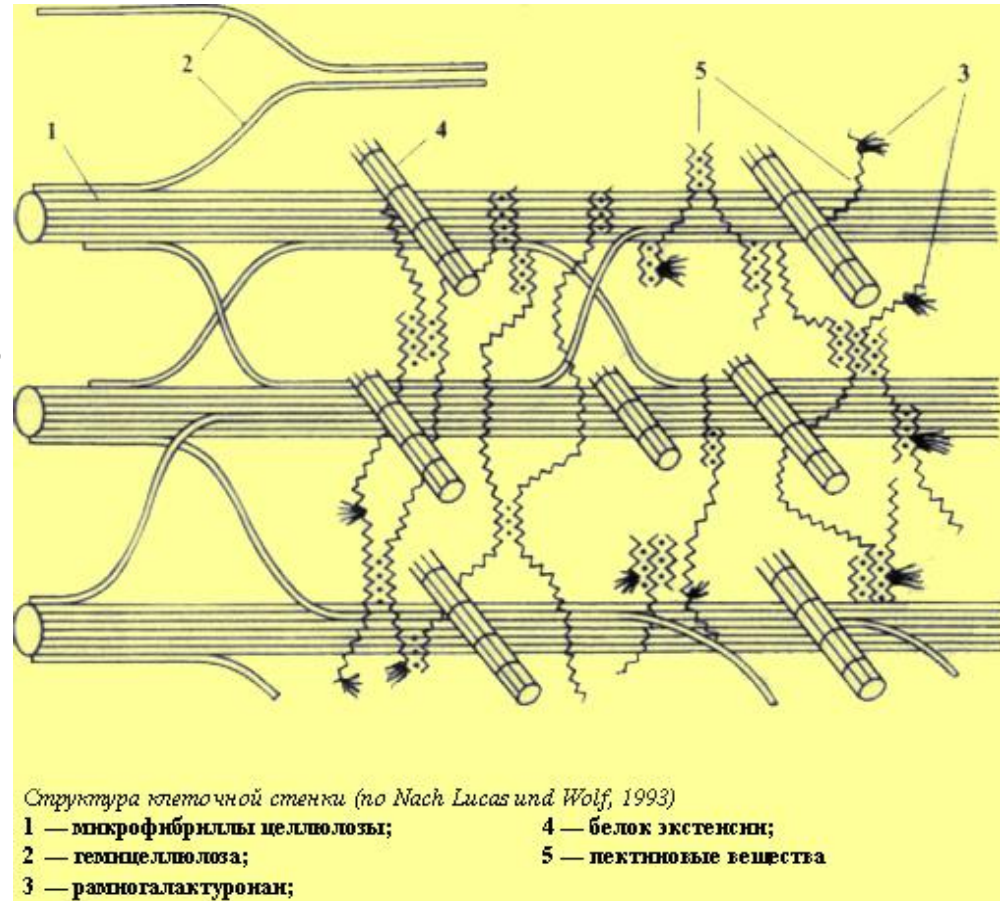
- *состоит из гемицеллюлоз, пектиновых веществ и гликопротеидов*
- **Гемицеллюлозы** (полуклетчатки) – полисахариды, мономерами которых являются различные гексозы (глюкоза, манноза, галактоза), пентозы (ксилоза, арабиноза), а также уроновые кислоты (глюкуроновая, галактуроновая)
- Цепи гемицеллюлоз сильно ветвятся и не образуют микрофибрилл.
- Гемицеллюлозы сильно гидратированы, благодаря присутствию полярных групп уроновых кислот.
- Гемицеллюлозы придают клеточной стенке дополнительную прочность и эластичность, также являются запасными питательными веществами, т.к. легко подвергаются гидролизу.
- Гемицеллюлозы способны связываться с целлюлозой, поэтому они формируют вокруг микрофибрилл целлюлозы оболочку, скрепляя их в сложную сеть



- На схеме:
длинные оранжевые волокна – целлюлоза,
более темные «червячки» на волокнах – гемицеллюлоза,
желтые волокна – лигнин.

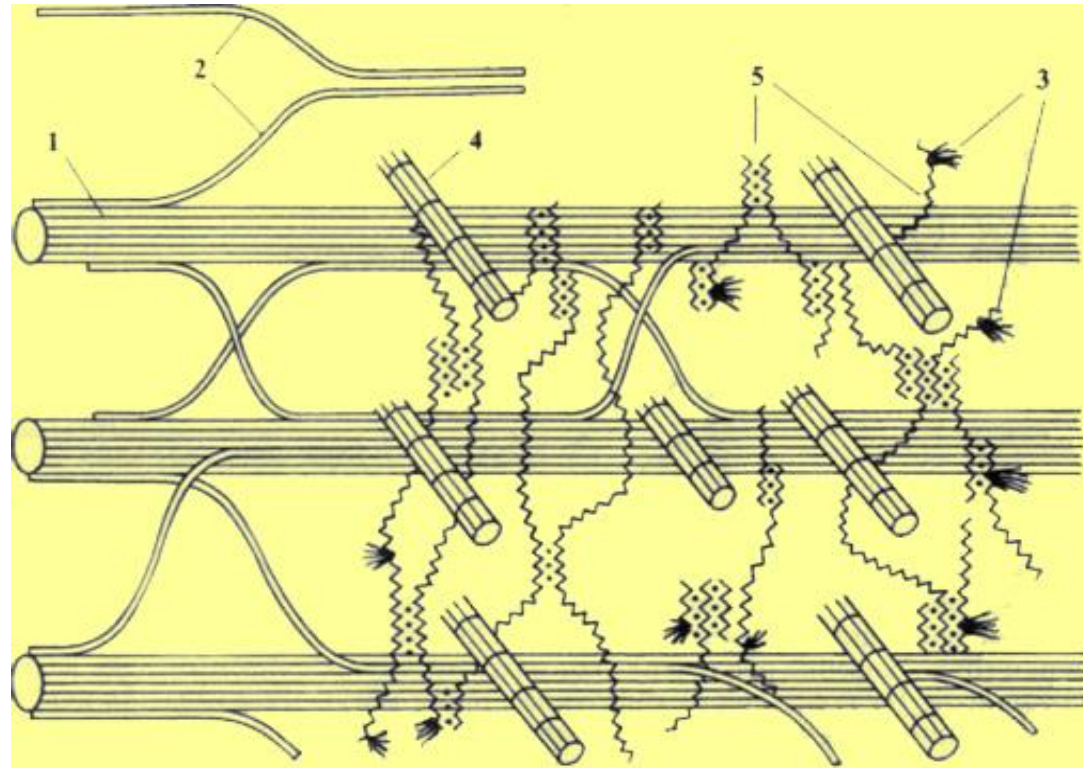
Матрикс

- Пектины – полисахариды, мономерами которых являются уроновые кислоты. Поглощают и удерживают воду.
- Пектиновые вещества содержат большое количество карбоксильных групп и могут эффективно связывать ионы двухвалентных металлов, например, Ca^{+2} , что играет роль в объединении компонентов клеточной стенки. Ионы Ca^{+2} , могут обмениваться на такие ионы как K^+ и H^+ , что обеспечивает катионообменную способность.



Белки матрикса

- **экстенсин** (до 10%). Это гликопротеид, у которого около 30% всех аминокислот белковой части представлено **оксипролином**. Выполняет структурную функцию
- Ферменты (гидролазы)
- Рецепторы (узнавание клеток и взаимодействие клеток)



Структура клеточной стенки (по Nach Lucas und Wolf, 1993)

1 — микрофибриллы целлюлозы;

2 — гемицеллюлоза;

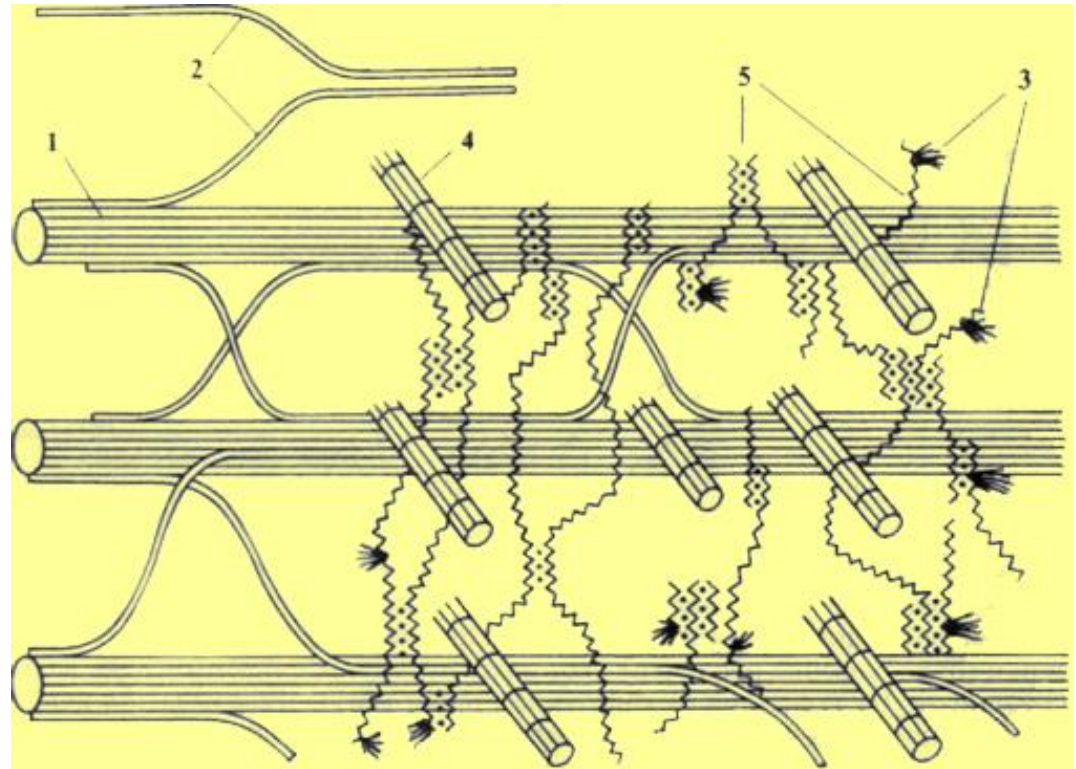
3 — рамногалактуронан;

4 — белок экстенсин;

5 — пектиновые вещества

Строение клеточной стенки

- Микрофибриллы целлюлозы и вещества матрикса оболочки связаны между собой.
- При этом последовательность веществ следующая:
целлюлоза —
гемицеллюлозы —
пектиновые вещества — **белок** —
пектиновые вещества —
гемицеллюлозы —
целлюлоза.



Структура клеточной стенки (по Nach Lucas und Wolf, 1993)

1 — микрофибриллы целлюлозы;

4 — белок экстенсин;

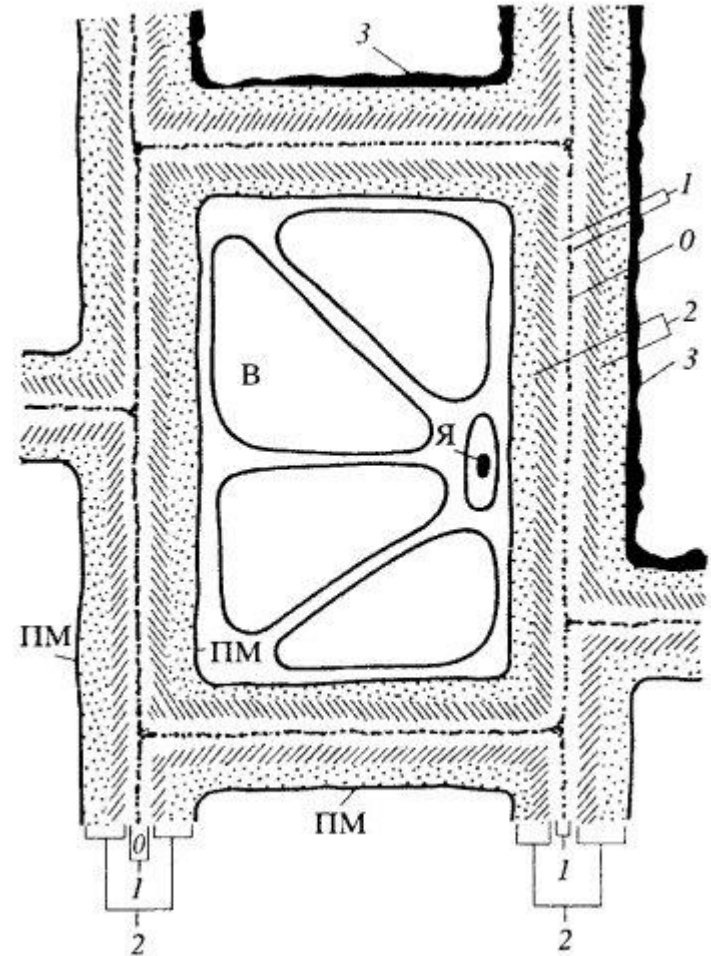
2 — гемицеллюлоза;

5 — пектиновые вещества

3 — рамногалактуронан;

Срединная пластинка

- Клеточные стенки соседних клеток у многоклеточных организмов склеены между собой пектиновыми веществами, образующими **срединную пластинку**. Разрушение срединных пластинок приводит к разъединению клеток. Этот процесс называется **мацерацией**. Естественная мацерация наблюдается, например, при созревании плодов.
- Срединная пластинка – первый слой, образующийся при делении растительной клетки

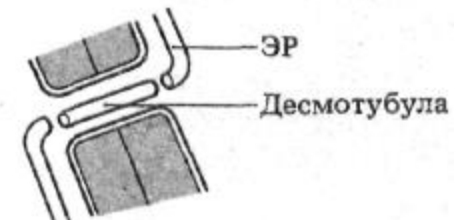


Плазмодесмы

- Клеточная стенка растительной клетки пронизана **плазмодесмами**.
- **Плазмодесма** представляет собой канал (пору) шириной до 1 мкм, выстланный цитоплазматической мембраной (плазмалеммой).
- В центре поры имеется **десмотрубка**, которая образована мембранами ЭПС соседних клеток. Десмотрубка окружена спирально расположенными субъединицами белка и слоем цитоплазмы.

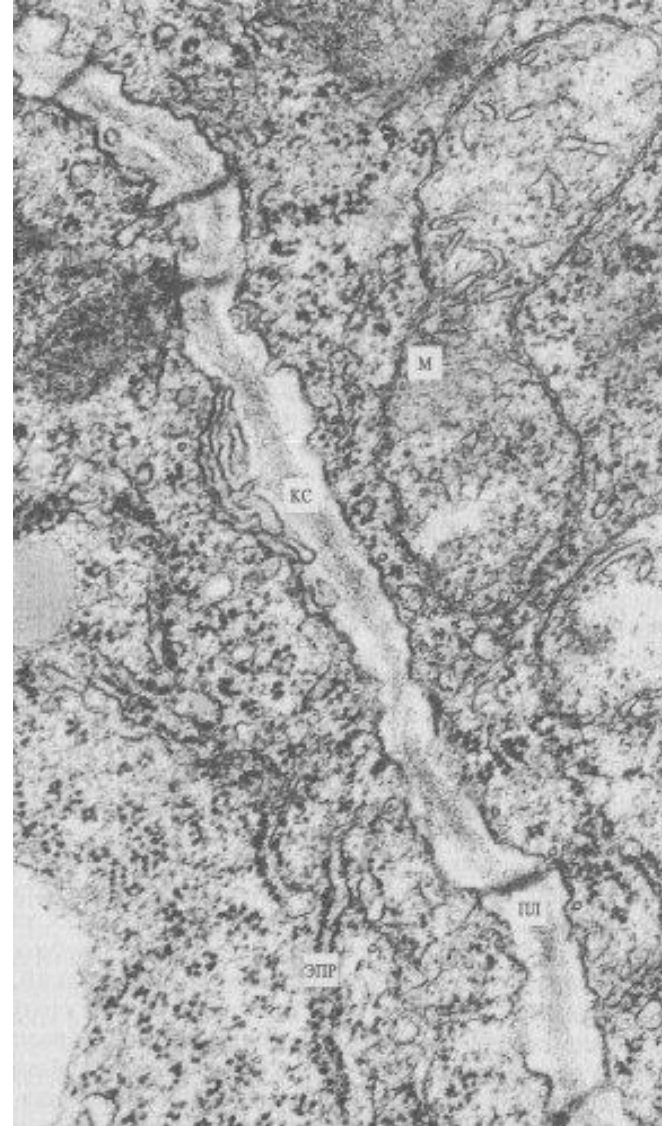


Строение плазмодесмы



Плазмодесмы в меристеме лука

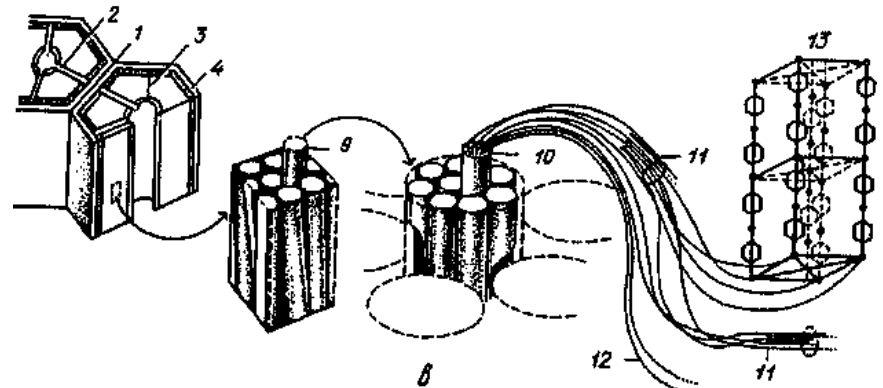
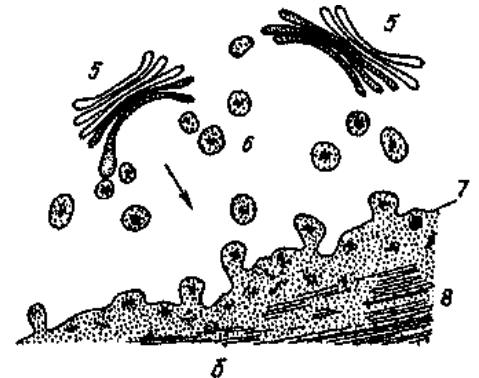
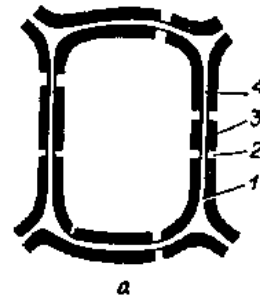
- Благодаря плазмодесмам протопласты соседних клеток соединены между собой, между ними может происходить обмен веществ.



- **Единая система цитоплазмы клеток тканей и органов растения называется *симпластом*.**
- **Транспорт веществ в теле растения, который осуществляется через плазмодесмы называется *симпластическим*.**

механизм образования и роста клеточной стенки

- Считается, что целлюлозные микрофибриллы образуются на поверхности клетки **ферментами**, встроенными в цитоплазматическую мембрану.
- Ориентация микрофибрилл контролируется **микротрубочками**, связанными с внутренней поверхностью плазмалеммы.
- Гемицеллюлозы, пектины и гликопротеиды синтезируются в **комплексе Гольджи** и выносятся на поверхность путем экзоцитоза.



Вторичное утолщение клеточной СТЕНКИ

- С возрастом клеточные стенки становятся толще за счет отложения новых слоев целлюлозы и матрикса. Объем протопласта при этом уменьшается. Этот процесс называется вторичным утолщением. Вторичные клеточные стенки содержат меньше воды и больше целлюлозы (до 80%). Они не способны к росту растяжением, поэтому вторичное утолщение наблюдается после того как клетка закончила рост. Наибольшую толщину имеют вторичные оболочки клеток механических тканей.

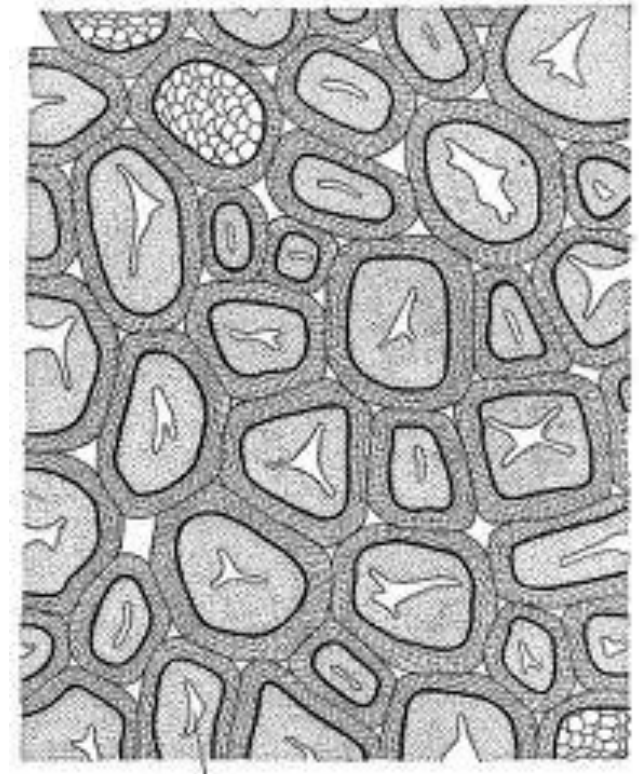
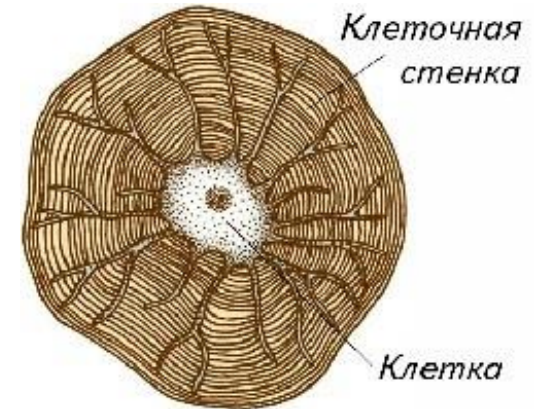


Рис. 26. Гимнозальтомы в коре карсаса

Отличия первичной и вторичной оболочек

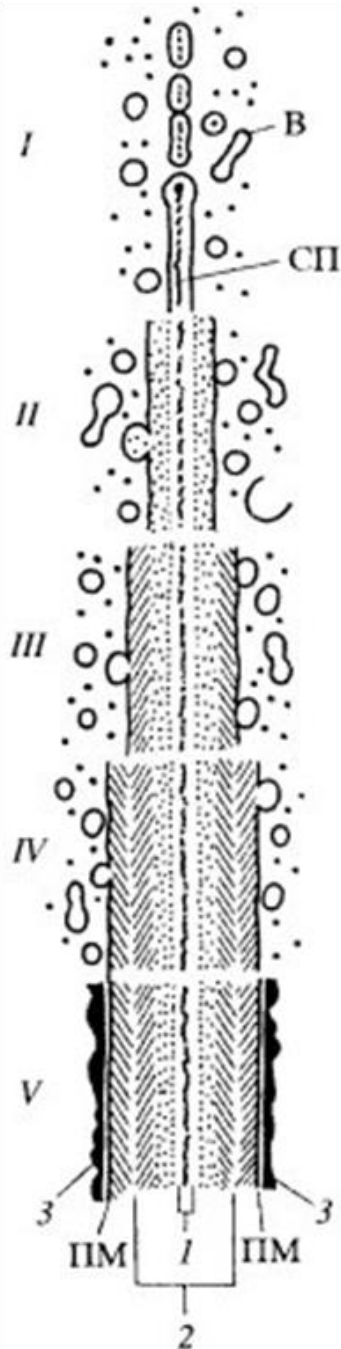
Первичная оболочка:

- Толщина 0,1-0,5 мкм
- Фибриллы лежат беспорядочно
- Воды от 60 до 90%
- Структурного белка 10%
- Преобладают гемицеллюлоза и пектин, целлюлозы 30%
- Слои отсутствуют
- Транспорт веществ идет через всю поверхность клетки и плазмодесмы
- Инкрустирующих веществ нет

Вторичная оболочка:

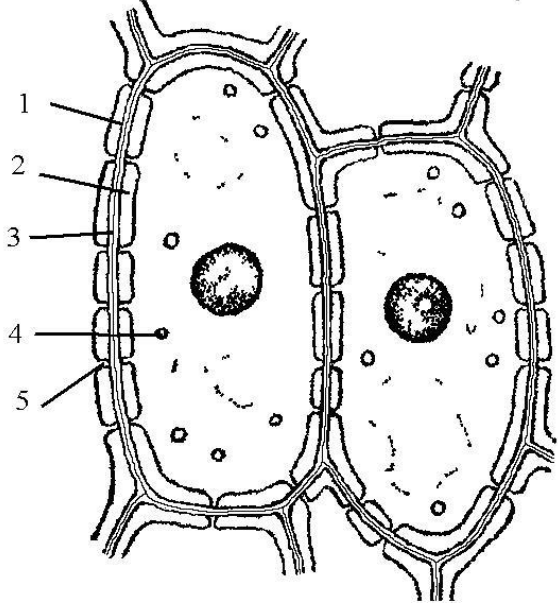
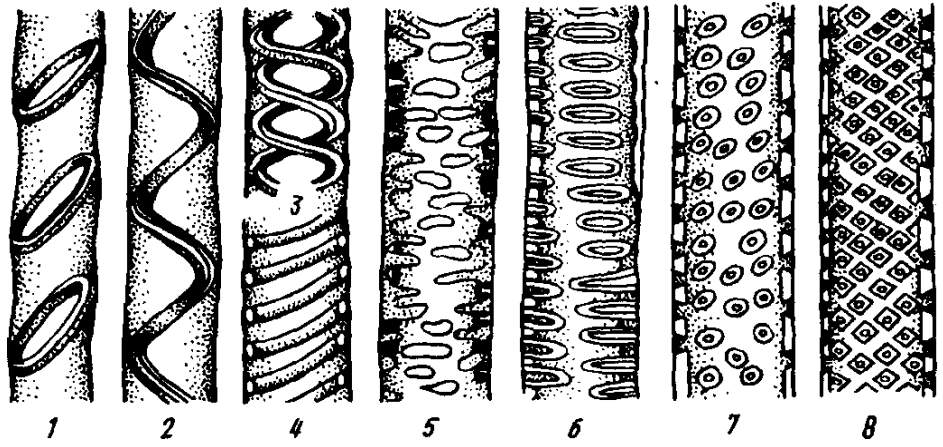
- Толщина 1 – 15 мкм
- Фибриллы упорядочены
- Воды мало
- Белка мало
- Целлюлозы 45-50% (до 95%)
- Наличие слоев (2-3)
- Транспорт веществ через поры и плазмодесмы
- Пропитка инкрустирующими веществами (лигнин и др.)

Схема роста клеточной оболочки от её закладки при делении клетки (I) до полного созревания (V)

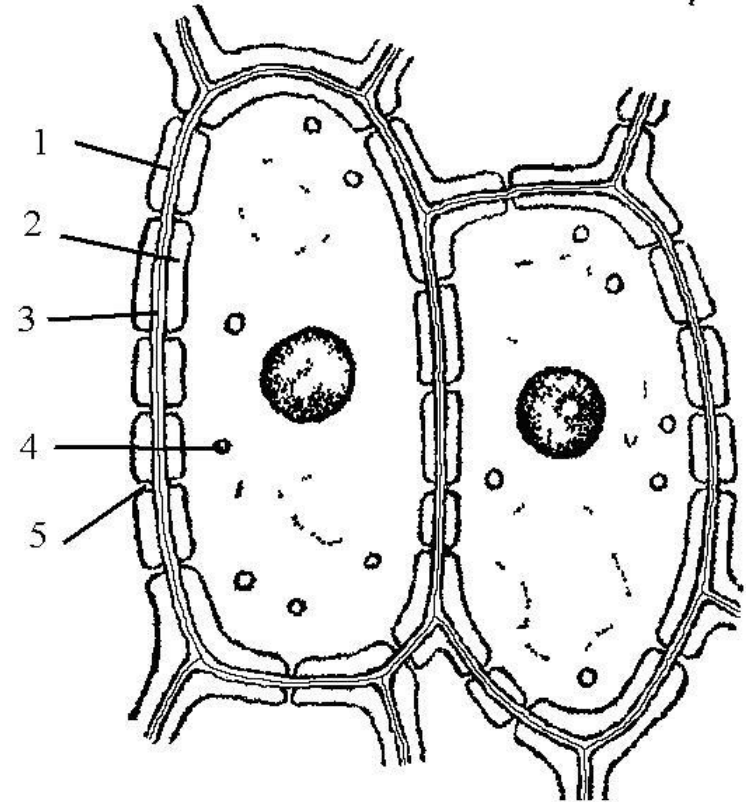


- 1 — первичная оболочка;
- 2 — слои вторичной оболочки;
- 3 — третичная оболочка;
- В — вакуоли;
- СП — срединная пластинка;
- ПМ — плазматические мембраны двух соседних клеток

- Вторичное утолщение происходит обычно неравномерно, в результате в клеточной стенке остаются тонкие участки. Например, в сосудах вторичное утолщение имеет форму колец или спиралей, и большая часть клеточной стенки сохраняет первичное строение. Это позволяет клеткам сохранить способность к растяжению в длину.

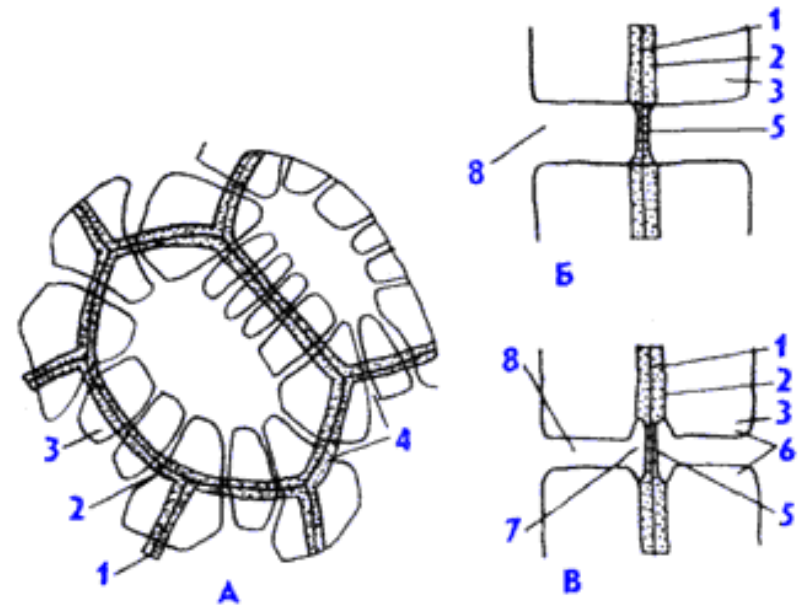


- Если вторичному утолщению подвергается большая часть клеточной стенки, то остающиеся неутолщенными места называют **порами**. В соседних клетках поры обычно образуются друг напротив друга.
- По строению поры бывают **простыми** и **окаймленными**.



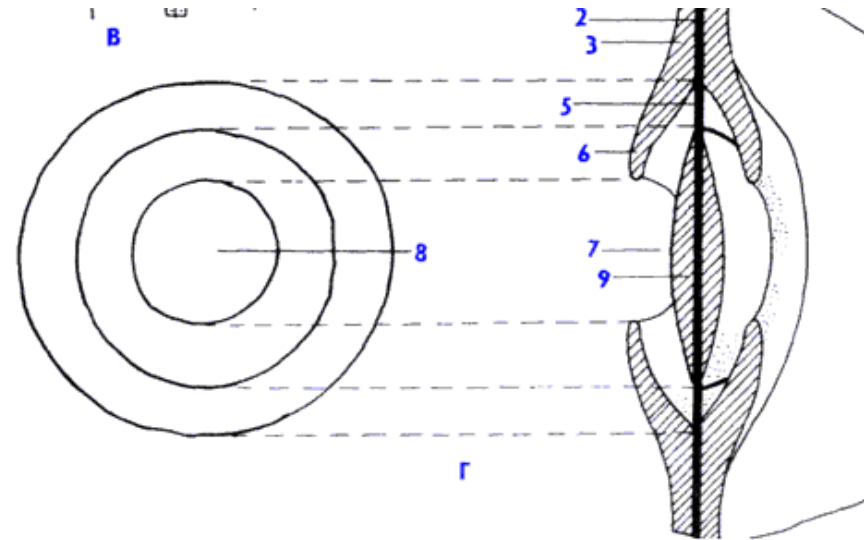
Простые поры

- Пора представляет собой отверстие во вторичной оболочке, На поперечном разрезе простые поры напоминают каналы и называются **поровыми каналами (8)**. С поверхности они имеют вид округлых отверстий. **Но! Сквозного отверстия в поре не образуется!**
- Клетки разделяют их первичные оболочки (2) и срединная пластинка (1), которые вместе называют **поровой мембраной (5)** или **закрывающей пленкой поры**.

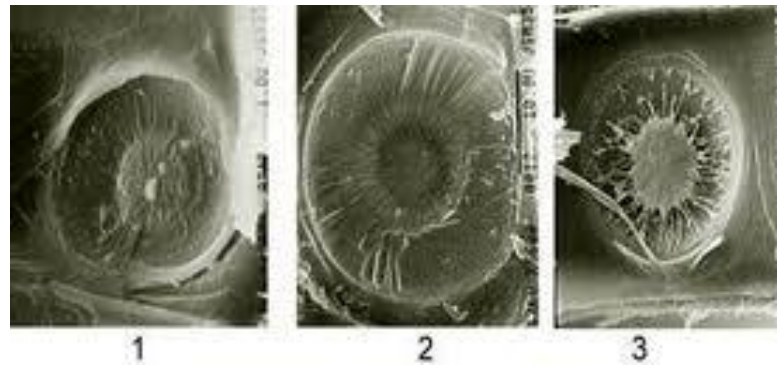
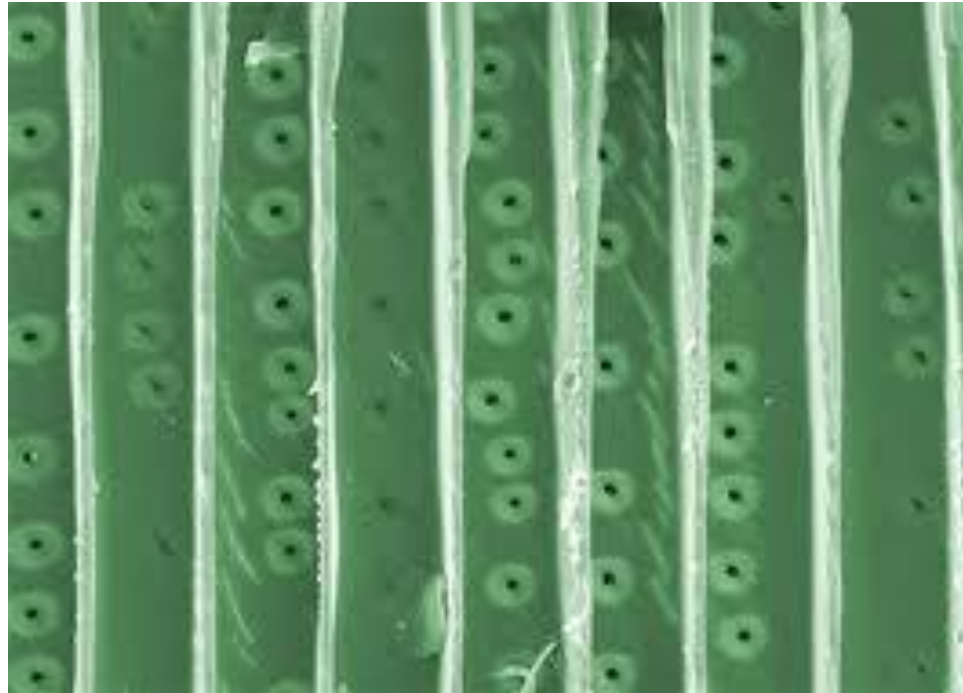


Окаймленные поры

- образуются в водопроводящих элементах ксилемы – сосудах и трахеидах.
- В окаймленных порах вторичная оболочка нависает над отверстием порового канала в виде свода, образуя окаймление. Внутреннюю расширенную часть порового канала называют **поровой камерой**. Отверстие в окаймлении, ведущее в поровую камеру, называют **апертурой** поры. Участок поровой мембраны, расположенный напротив апертуры обычно имеет округлое утолщение, которое называется **торусом**. Торус подвижен и, при необходимости (при наполнении водой одной из клеток), как клапан закрывает отверстие поры.



Окаймленные поры

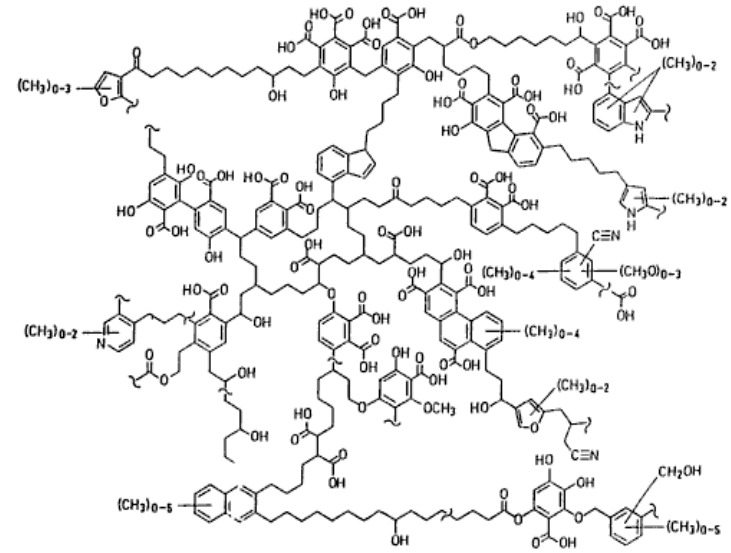


Химические изменения клеточной стенки

- В процессе онтогенеза клеточная стенка подвергается различным физическим и химическим изменениям, что изменяет ее свойства.
- Выделяют следующие видоизменения клеточной стенки: **одревеснение, опробковение, кутинизацию, ослизнение и минерализацию.**

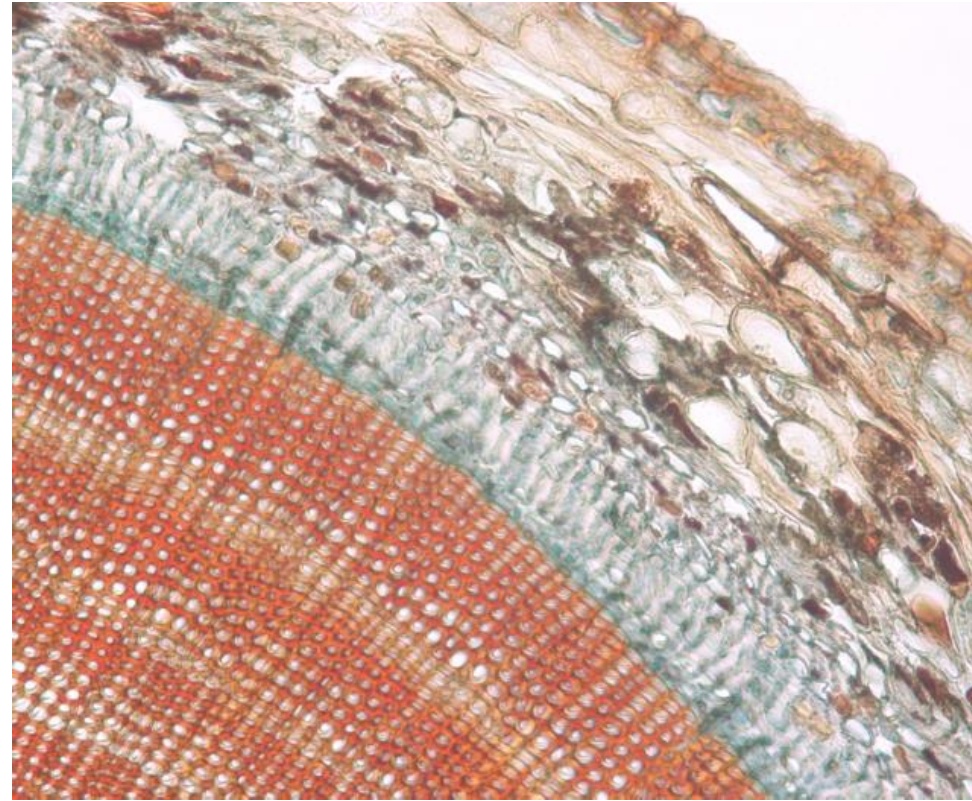
Одревеснение

- Это пропитывание кл. стенки **лигнином**
- Лигнин - аморфное вещество желтоватого цвета полифенольной природы. Содержит до 65% углерода,
- При одревеснении кл. стенка остается бесцветной и прозрачной, но становится более **твердой и хрупкой**, и менее эластичной. Обычно одревеснение приводит к отмиранию протопласта.
- Лигнин оказывает антисептическое, консервирующее действие на оболочки, защищая их от бактерий, грибов, действия ферментов. Одревесневшие оболочки не перевариваются в пищеварительном тракте животных.



Одревеснение

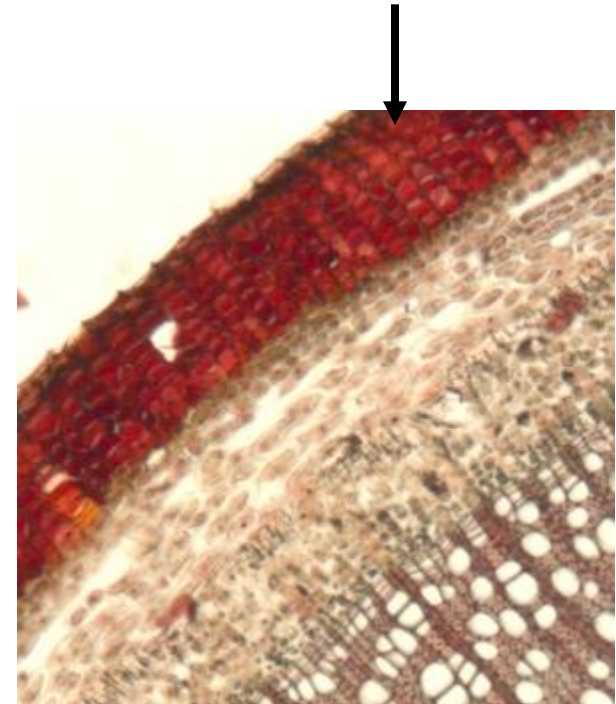
- Одревеснению подвергаются клетки механических (склеренхима) и проводящих (ксилема) тканей
- Реактивами для выявления одревесневших оболочек являются:
- **флороглюцин с соляной кислотой** – окрашивает одревесневшие кл. стенки в **красный** цвет
- **сульфат анилина** – **желтый** цвет.



Опробковение

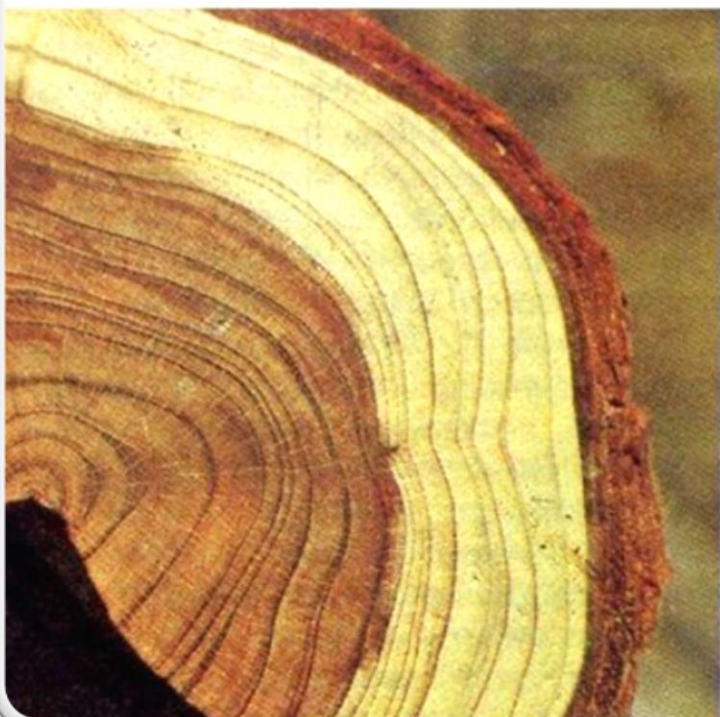
- пропитывание кл. стенки **суберином**.
- Суберин по химической природе относится к липидам.
- При опробковении кл. стенка становится непроницаемой для воды и газов, более стойкой к кислотам. Протопласт отмирает. Опробковению чаще всего подвергаются клетки покровных тканей (перидерма), что имеет защитное значение. Клетки пробки предохраняют растение от высыхания, колебаний температуры, проникновения бактерий.
- Реактивы на суберин:
 - **судан III** – красный цвет
 - **концентрированная щелочь КОН** – желтый цвет

- Клетки пробки



Химические изменения клеточной стенки

Одревеснение
(лигнин)

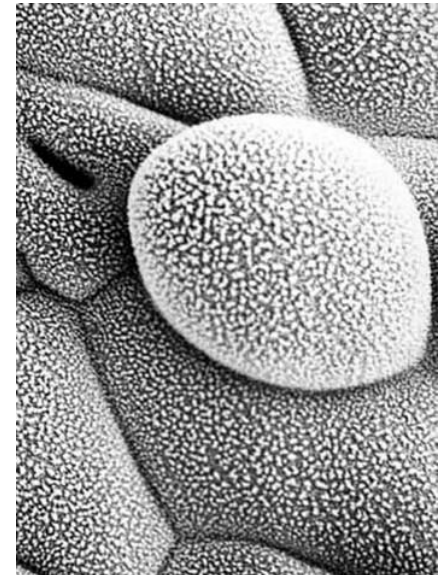
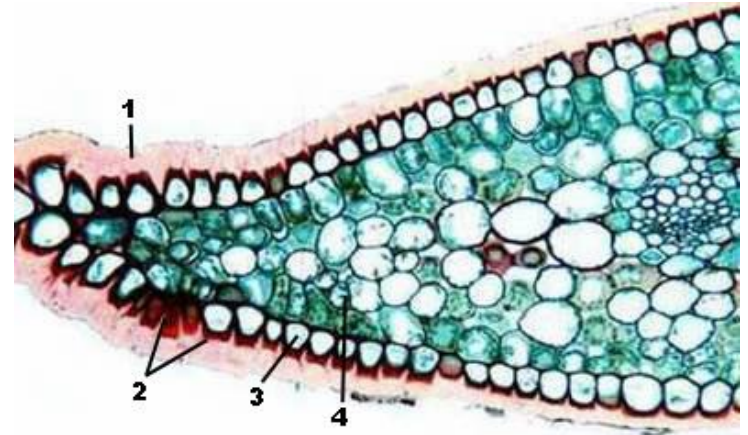


Опробковение
(суберин)



Кутинизация

- Отложение жироподобного вещества **кутина**,
- В отличие от одревеснения и опробковения кутинизации подвергаются только наружные стенки клеток эпидермы.
- Вся толща кутиновых отложений поверх эпидермы называется **кутикулой**. Кутикула почти непроницаема для воды и газов, отражает солнечные лучи и имеет защитное значение.
- Поверх кутикулы может откладываться воск (плоды сливы, винограда и др.).
- **Реактивом** для кутикулы является **йод с серной кислотой или хлорид цинка (желтое окрашивание)**.



Ослизнение

- видоизменение оболочки, при котором целлюлоза претерпевает изомерные превращения. При этом оболочка приобретает способность набухать в воде. Как нормальное явление ослизнение наблюдается у многих водорослей, при этом наружные слои оболочек образуют как бы футляр из слизи. Ослизнение наблюдается в клетках наружных покровов семян льна, айвы, горчицы, подорожника и имеет важное значение при прорастании.



- **Выявляется с помощью окраски метиленовым синим**

Минерализация

- отложением минеральных солей: кремнезема, карбоната кальция и др. Особенно сильно минерализация выражена у злаков, хвощей, осок, диатомовых водорослей. Стебли хвощей могут содержать до 97% кремния от сухого веса. Минерализация сильнее выражена в стареющих клетках. Имеет защитное значение.
- ***Выявляется путем прокалывания образца ткани с последующим изучением с помощью микроскопа***



Цистолиты

- Иногда клеточная стенка образует выросты внутрь клетки, пропитанные карбонатом кальция или кремнеземом. Их называют **цистолитами** (фикус, крапива).

