

Цитология — наука о клетке

Клетка – перевод английского слова **cell**

Цито – от греческого слова **kytos** - полость

Клетка — первый уровень организации жизни

Уровни организации жизни:

Клетка

Организм

Популяция

Сообщества

Биосфера

Каждый из этих уровней имеет все свойства, присущие живому, в первую очередь, самовоспроизведение и самоподдержание.

В клетках происходят биохимические процессы, которые обеспечивают существование всех уровней жизни.

Термин «клетка» (перевод с английского, **cell** – тюремная камера) первым придумал английский ученый Роберт Гук. Он создал микроскоп и с его помощью увидел ячейки с толстыми стенками в тонком срезе пробки.

До этого никто не видел клеток и не знал о их существовании.

Роберт Гук в 1665 г. издал книгу «Микрография или некоторые физиологические описания мельчайших тел, осуществленные посредством увеличительных стекол». В ней под №1 было описание кончика иглы, а под №17 - первое описание клеток в коре растений. По сути, Р. Гук видел клеточные стенки в мертвой ткани растения.

Можно считать, что, цитология родилась в 1665 г. благодаря изобретению микроскопа.

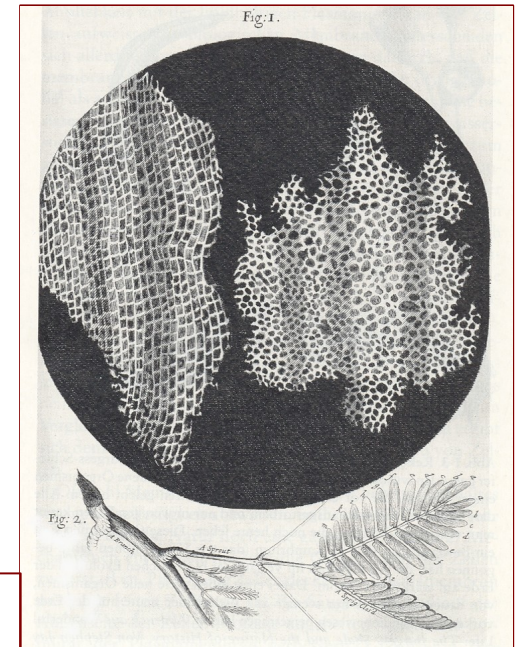
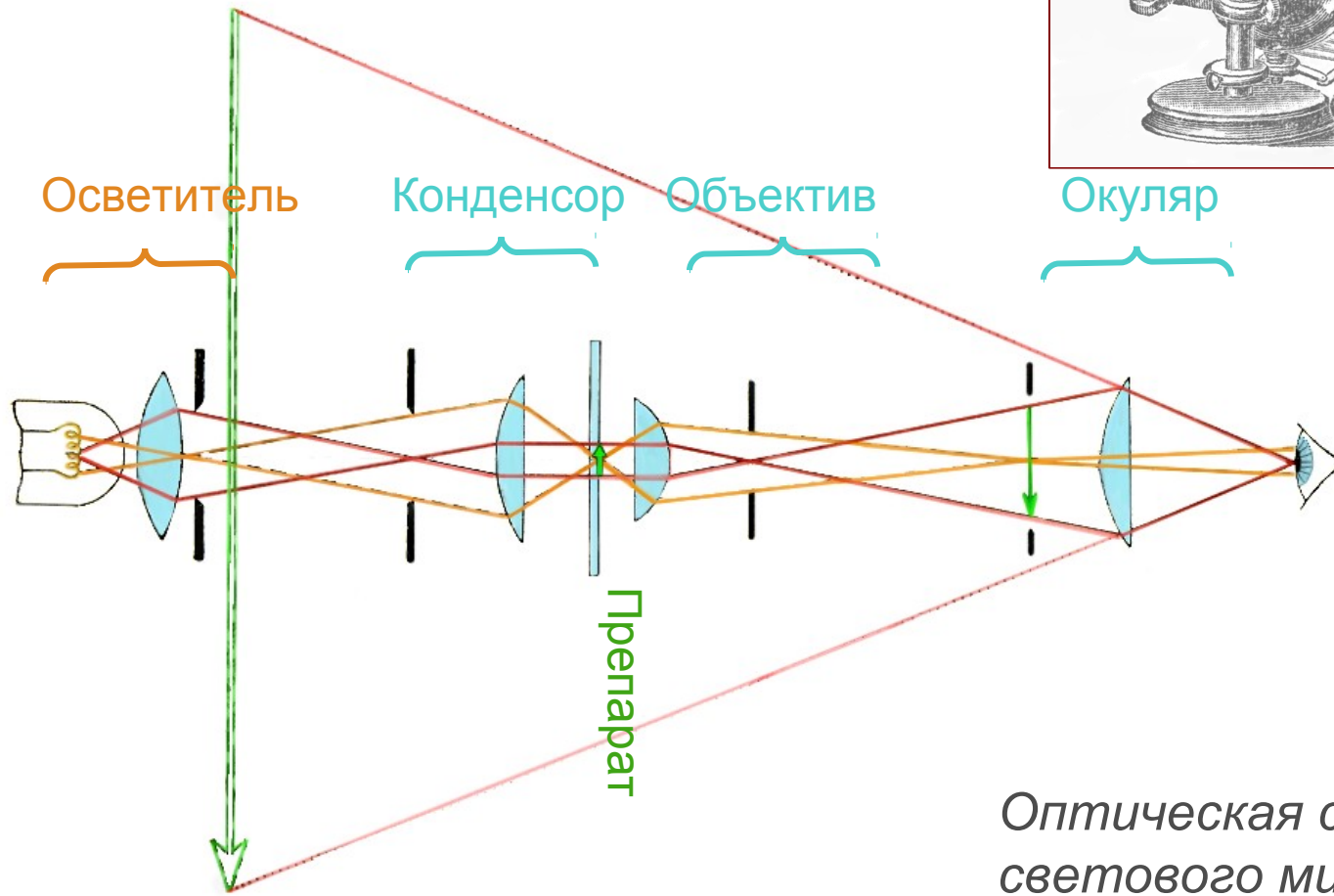
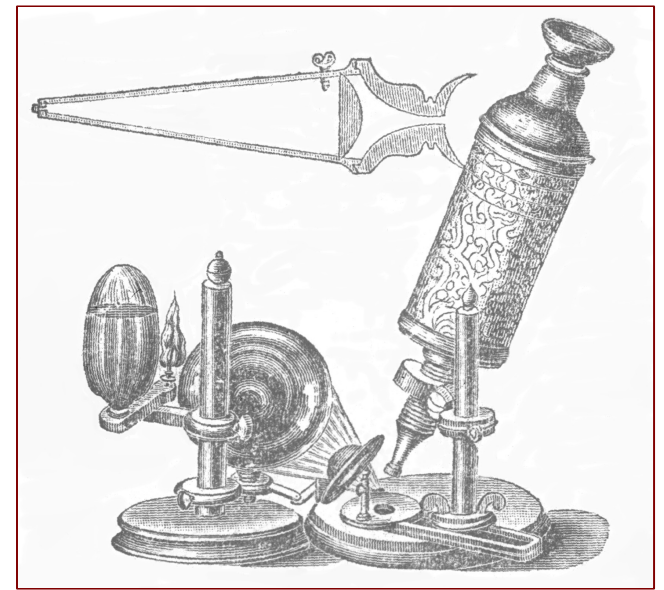


Рисунок из книги Р.Гука

Микроскоп
Р. Гука



Оптическая схема
светового микроскопа

Микроскоп стали использовать при изучении растений.

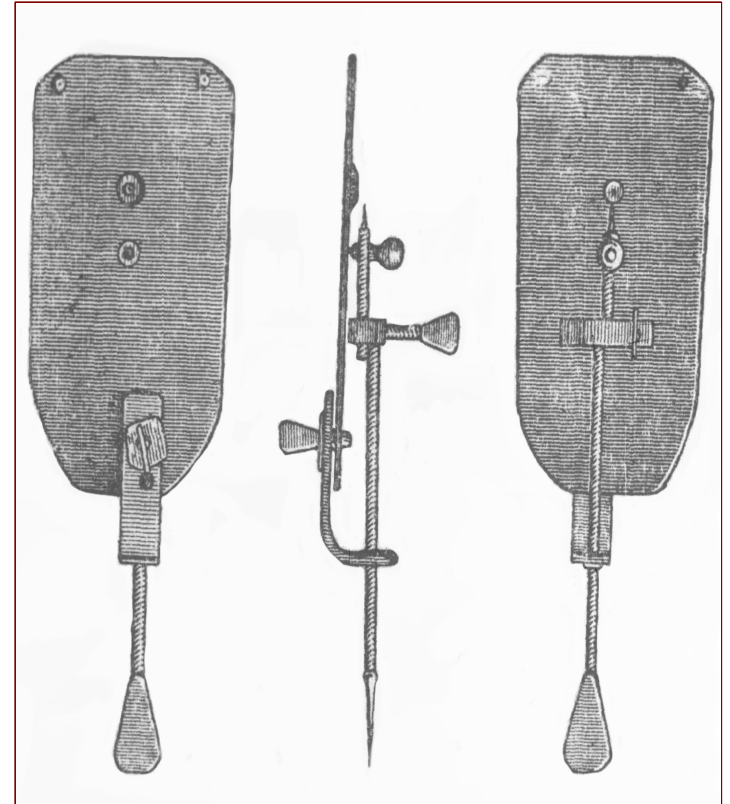
В 1671 г. появились две книги с одинаковым названием:

Неемия Грю. «Анатомия растений»

Марчело Мальпиги. «Анатомия растений».

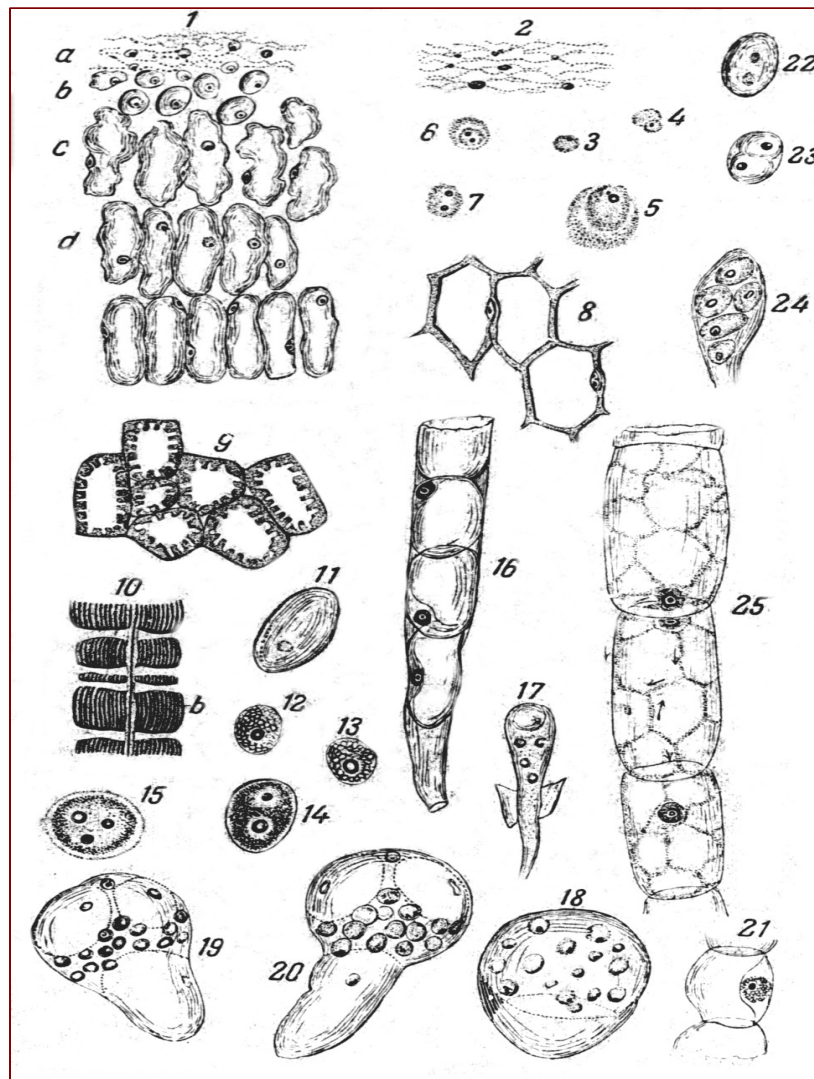
В них также были рисунки клеток растений.

Голландец Антони ван Левенгук тоже создавал «микроскопы» и наблюдал клетки.



Его «микроскопы» имели только одну линзу, т. е. были лупами, но качество линз было таким, что они могли увеличивать объекты в 230 раз.

Это один из рисунков в книге Антони ван Левенгука «Тайны Природы»(1695). Он наблюдал клетки растений и животных (эритроциты). Видел в них ядра. По его рисункам можно определить, каким организмам принадлежат те или иные клетки.



Многие ученые использовали микроскоп для изучения живых организмов, например, Феличе Фонтана («Трактат о яде гадюки, об американском яде ...», 1781). Но к концу XVIII века о клетке знали немного:



Причиной было низкое качество препаратов для микроскопии

Для того, чтобы увидеть внутреннее строение клетки в световой микроскоп

Препарат должен пропускать свет

Препарат должен быть контрастным

В XIX веке появились:

фиксаторы, которые быстро убивают клетки, и клетки сохраняют прижизненную структуру, уплотняющие среды, позволяющие делать тонкие срезы, приборы для изготовления тонких срезов - микротомы, красители, увеличивающие контрастность органического материала

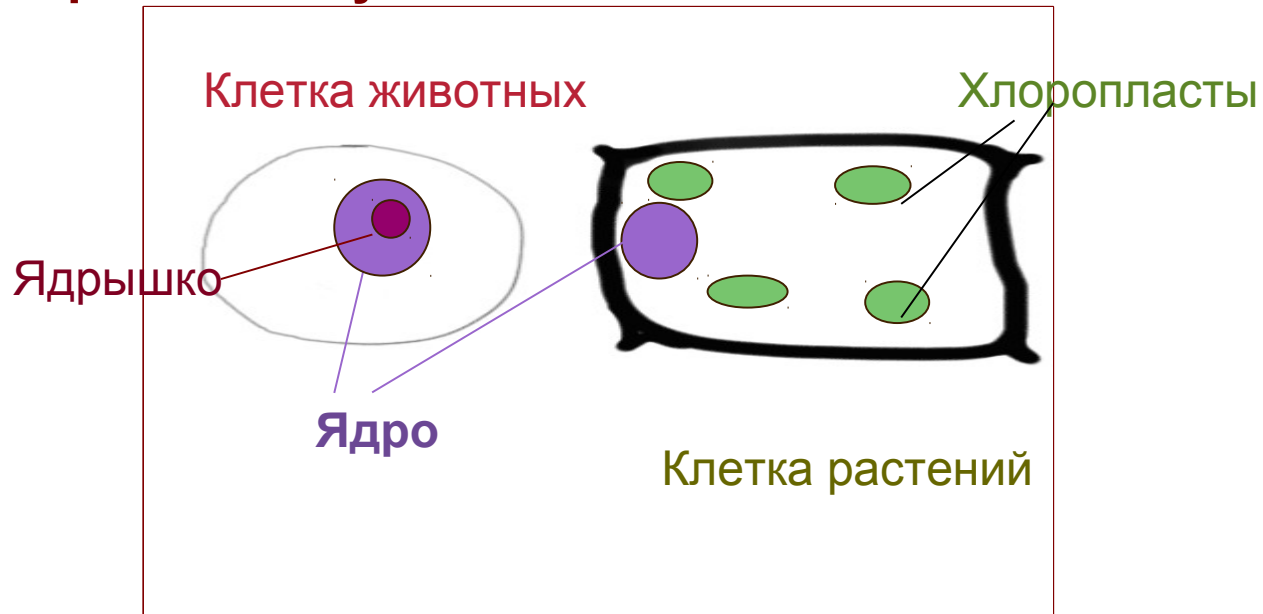
Применение новых методов было особенно продуктивным при изучении животных клеток. В 1825 г. Иоганн Пуркинье сделал важное обобщение: «Все животные состоят из клеток».

Применение новых методов позволило обнаружить новые структуры в клетках:

В 1833 г. Роберт Броун увидел **ядро в клетках растений**.

В 1836 г. Габриэль Валентин обнаружил **ядрышко** в ядрах клеток животных

В 1839 г. Иоганн Пуркинье установил, что клетка внутри содержит живое вещество — **протоплазму**



К середине XIX в. было создано **Клеточное учение**

1. Все ткани и животных, и растений состоят из клеток.
2. Клетки возникают только из клеток («*Omnis cellula e cellula*»)
3. Каждая клетка сама обеспечивает свою жизнедеятельность.
4. Организм представляет собой клеточное государство

У истоков клеточного учения стояли

Матиас Шлейден
Теодор Шванн
Рудольф Вирхов

1838-1859 г.г.



Долгое время световой микроскоп был единственным инструментом для изучения клеток. И сегодня без него не обходится исследование клеток.

Характеристики микроскопа:

Увеличение

$$V = V_{\text{Ок}} \times V_{\text{Об}}$$

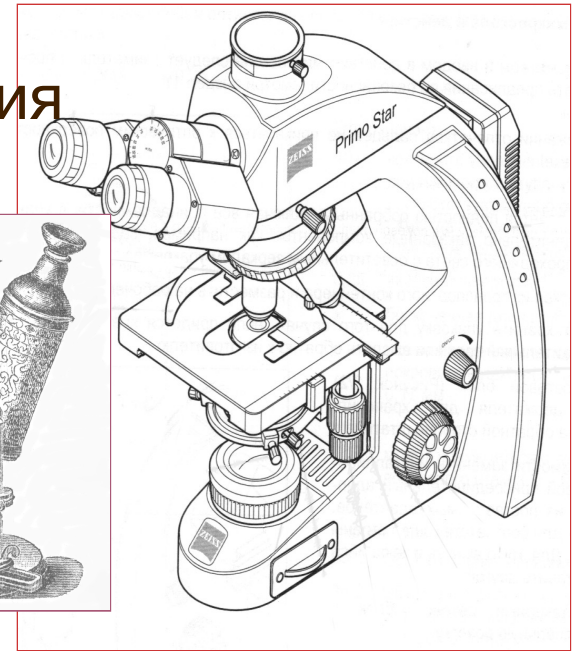
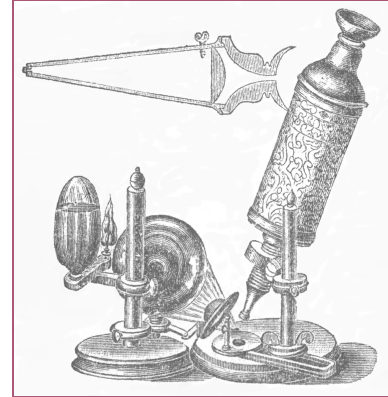
Окуляры: x7, x10, x15

Объективы: x10, x40, x90, x100

Разрешающая способность -
расстояние между двумя точками, которые мы видим как два объекта.

$$d = \frac{0,61 \lambda}{\sin U \times n}$$

Разрешающая способность 100-кратного объектива = 100-200 нм;
разрешающая способность человеческого глаза = 100-200 мкм



Во второй половине XIX века происходит дальнейшее совершенствование методов световой микроскопии. Результатом стало открытие новых внутриклеточных структур:

1876 г. Э. ван Бенеден	<u>Центросома</u>
1894 г. Р. Альтман	<u>Митохондрии</u>
1898 г. К. Гольджи	<u>Аппарат Гольджи</u>

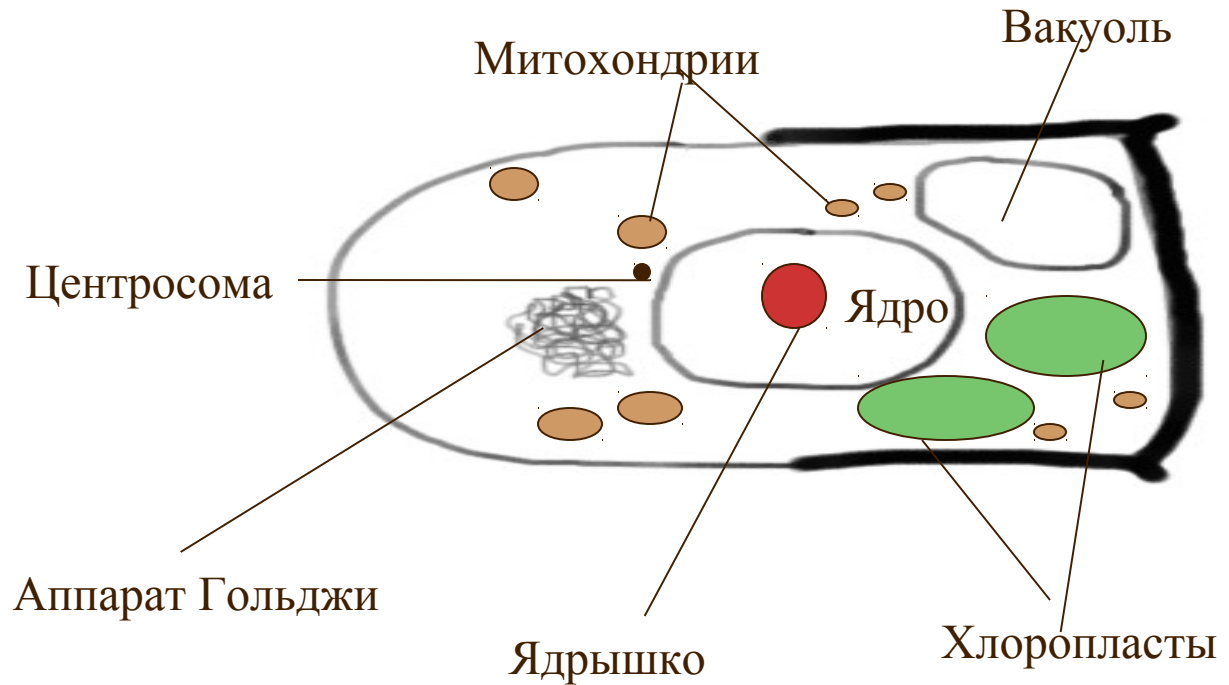
и клеточных процессов:

1873 г. А.Шнейдер; 1874 г. О.Бючли, И.Д.Чистяков	<u>Описание картин митоза</u>
1875 г. Э.Страсбургер	Установление <u>последовательности стадий митоза</u>
1875 г. О.Гертвиг	<u>Открытие процесса оплодотворения</u>
1882 г. В.Флемминг	<u>Открытие мейоза у животных</u>
1888 г. Э. Страсбургер	<u>Открытие мейоза у растений</u>

1884 г. О.Гертвиг, Э.Страсбургер установили, что

Ядро - носитель наследственных свойств

**Таким образом, к началу XX века о
клетке знали следующее:**



**Клетка
ЖИВОТНЫХ**

**Клетка
растений**

В XX в. появляются новые методы изучения клеток, которые оказались значительно расширили возможности световой микроскопии:

- 1901 г. Микроманипулятор
- 1904 г. А. Кёлер Флуоресцентный микроскоп
- 1907 г. Наблюдение живых клеток
- 1908 г. Красители-флуорохромы
- 1911 г. А. Каррель - Клеточные культуры
- 1924 г. Реакция Р. Фельгена
- 1940 г. Реакция Ж. Браше
- с 1930 г. Метод дифференциального центрифугирования
- с 1930 г. Электронная микроскопия
- с 1950 г. Авторадиография
- с 1980 г. Иммунохимические и молекулярно-генетические методы

За новыми методами последовали новые открытия: 1903-1904 гг. У. Сэттон, Т. Бовери, 20-е гг. - Т. Морган создали

Хромосомную теорию наследственности

1953 г. открыты Лизосомы (Де Дюв)

1954-68 гг. открыты Пероксисомы

1955 г. открыты Рибосомы (Клод, Палад)

1958 г. открыта Эндоплазматическая сеть

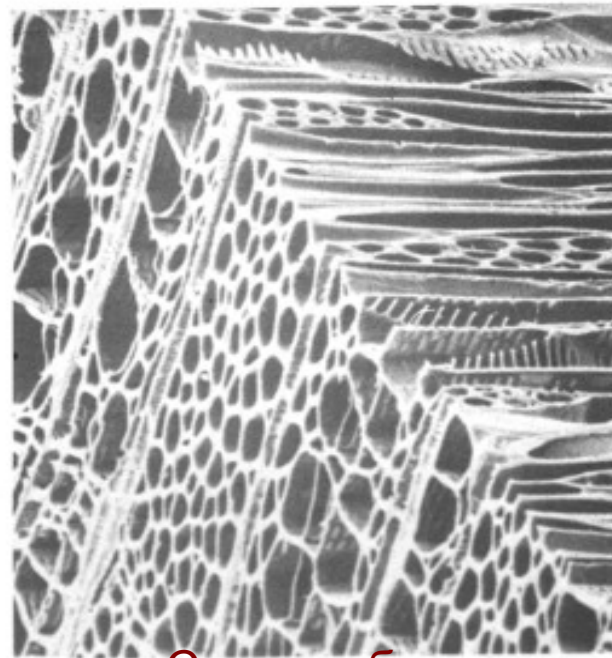
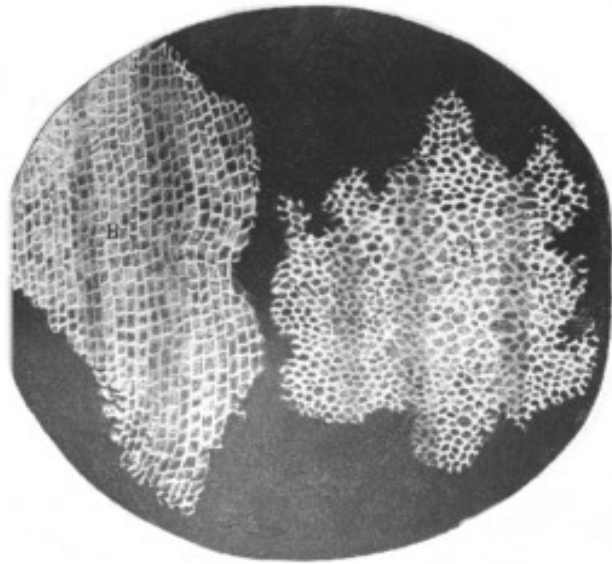
1963 г. открыты Микротрубочки

1980-е гг. открыты Микрофиламенты и промежуточные филаменты, транспортные пузырьки

-

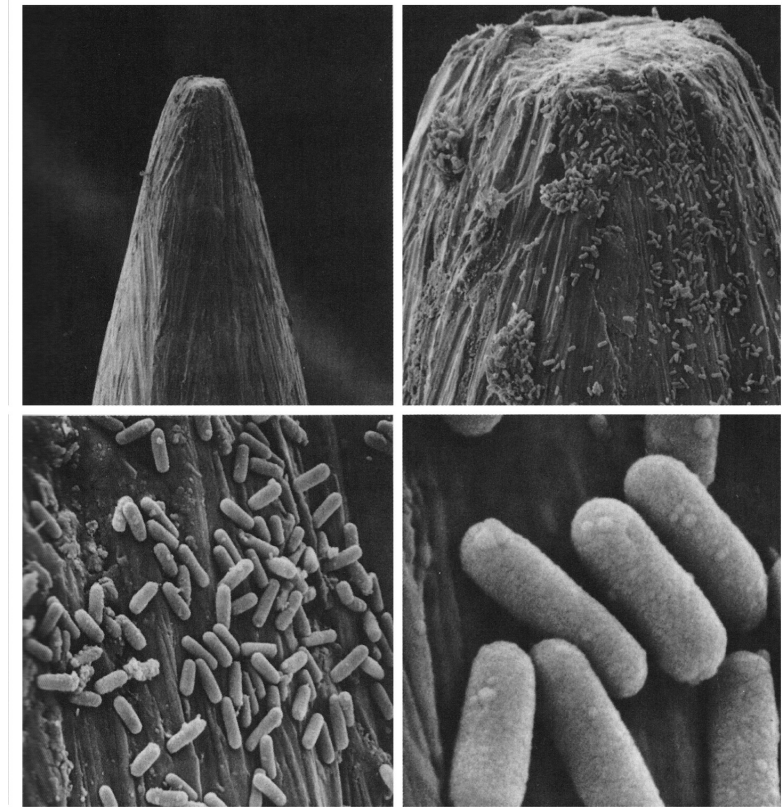
Сканирующий электронный микроскоп позволяет получать объемные изображения.

Кончик иглы при разном увеличении.

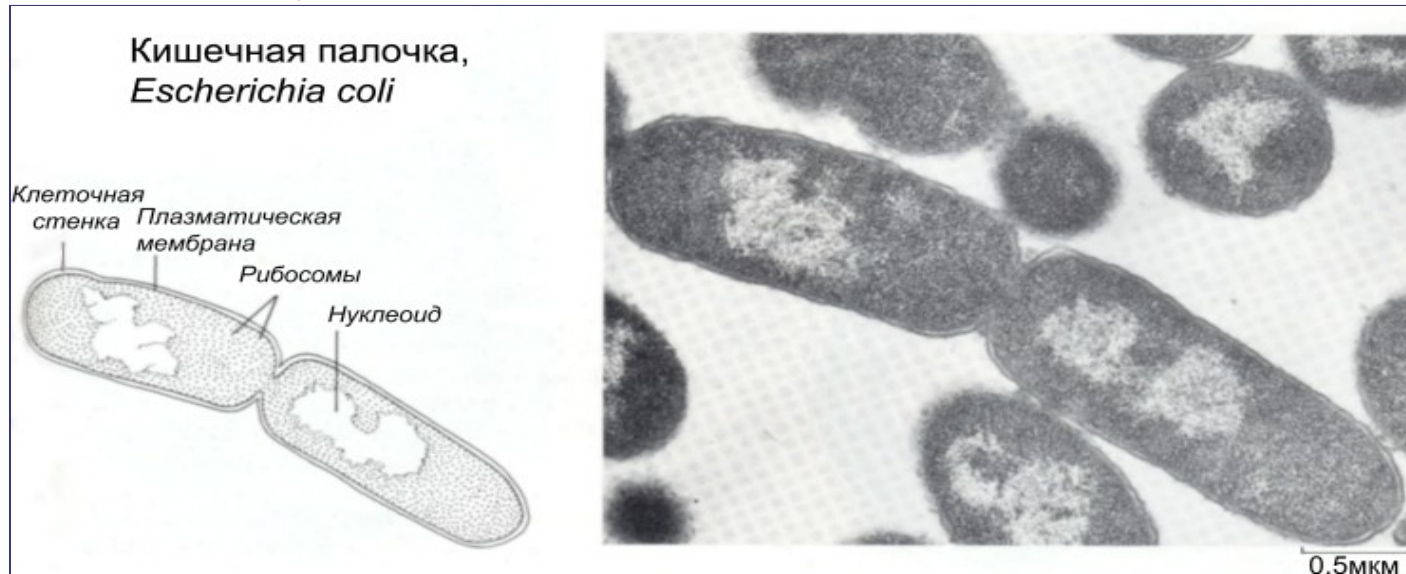


Срез пробки

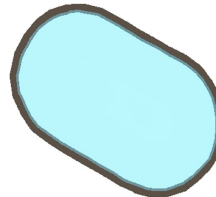
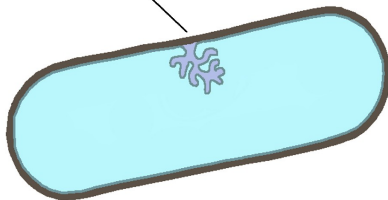
50µm



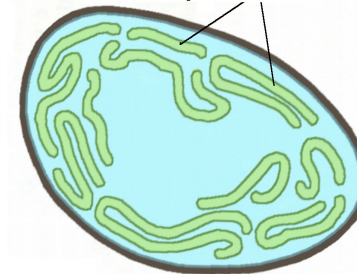
Самые простые клетки у прокариот — у всех них есть плазматическая мембрана и нет ядра; только некоторые из прокариот имеют в цитозоле мембранные пузырьки — это фотосинтезирующие мембраны.



Впячивание
плазматической
мембраны



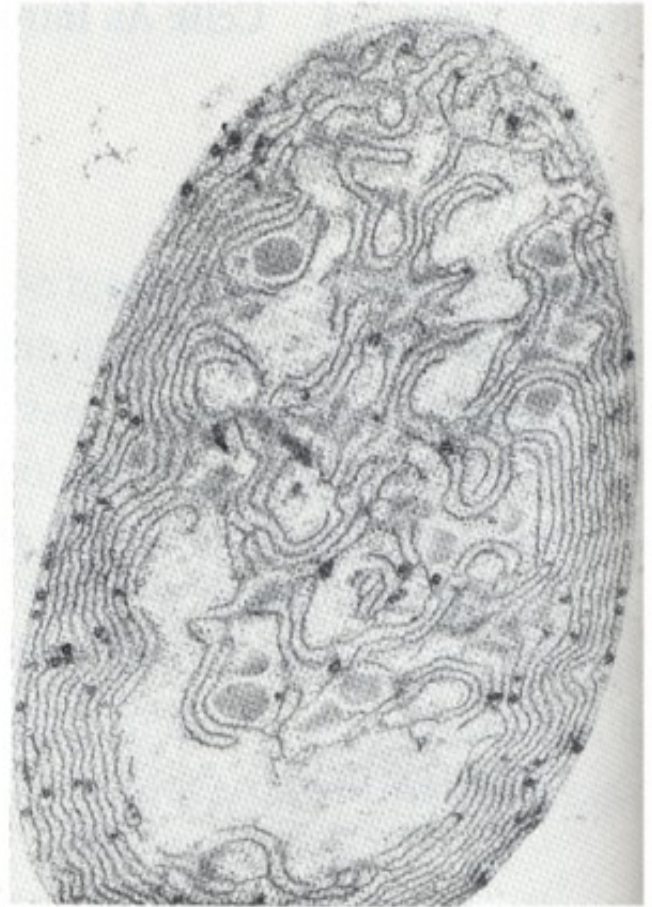
Пузырьки
с фотосинтезирующими
мембранами



Цианобактерия



1 мкм





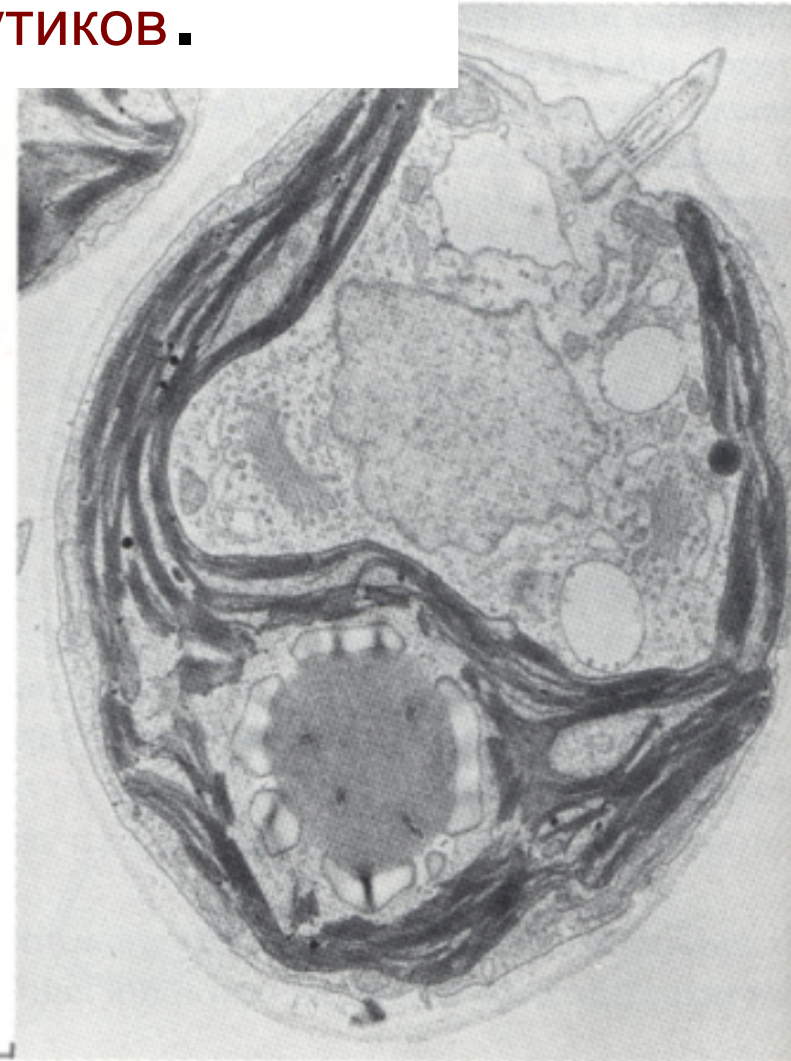
Клетка пекарских дрожжей
Saccharomyces cerevisiae

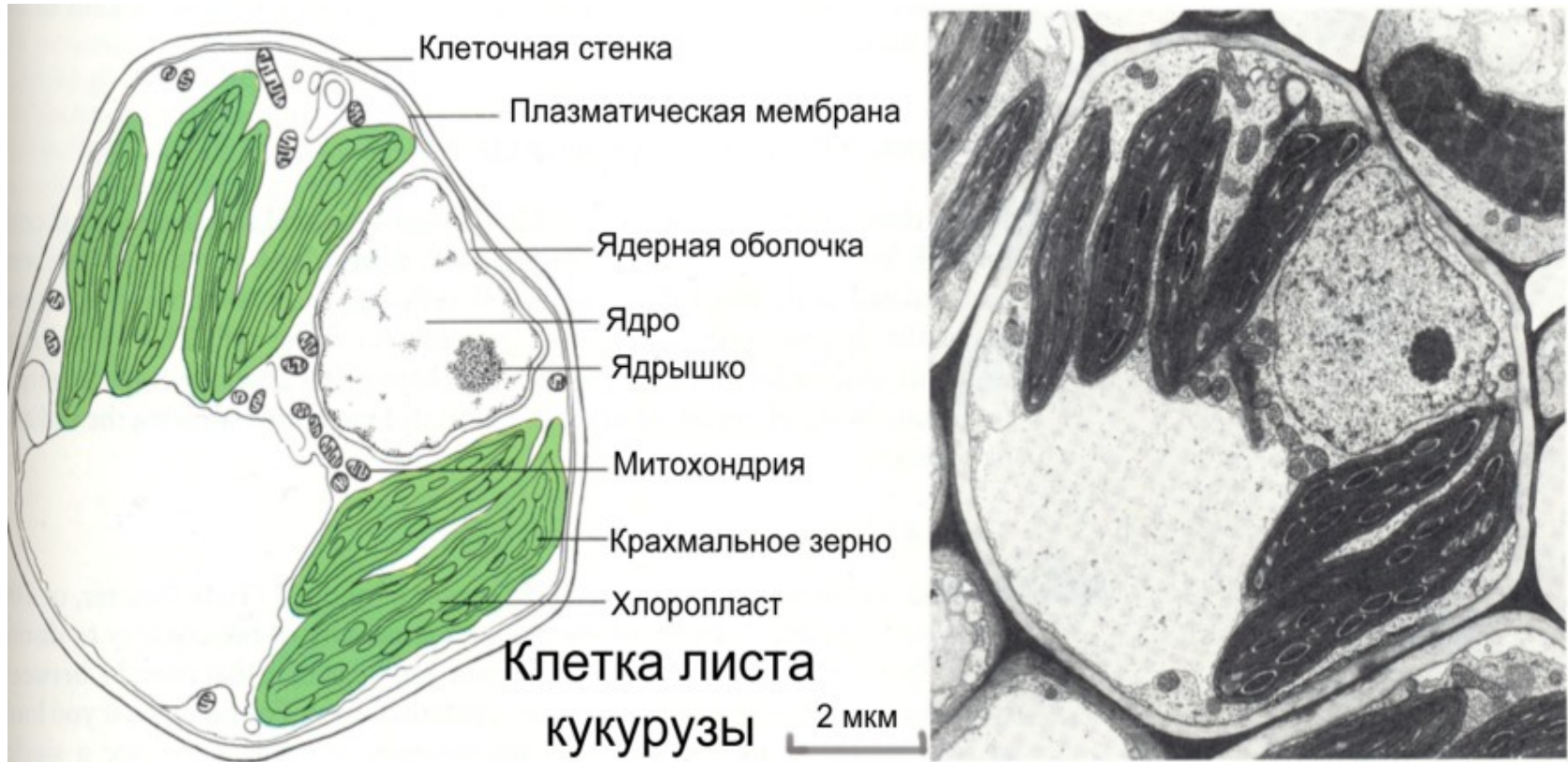
У всех эукариот в клетках есть ядра и многочисленные внутриклеточные структуры, окруженные мембранами. Самые простые эукариотические организмы — **дрожжи**. Их часто используют для генетических экспериментов.

Хламидонада - простейшее. Это модельный объект для изучения жгутиков.



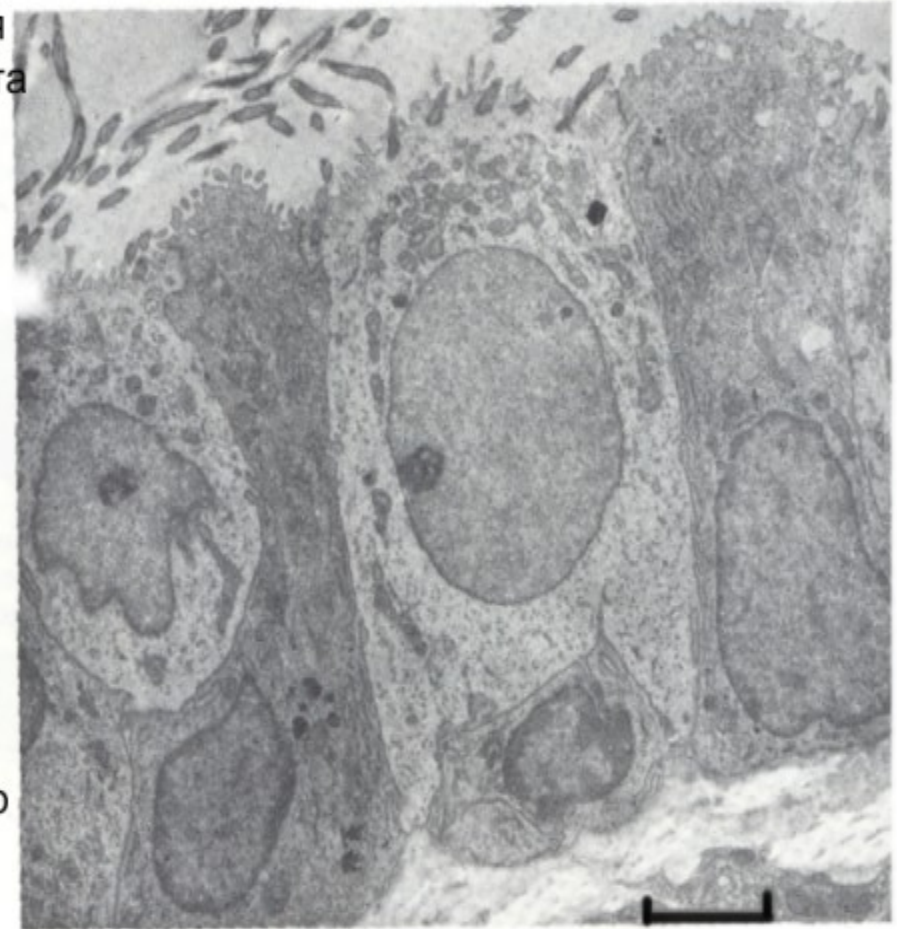
1 мкм





В клетках растений большой объём цитоплазмы занимают вакуоль и пластиды. Самые крупные из них — хлоропласты.

Клетки поверхности трахеи



2,5 мкм

Клетки животных самые разнообразные по морфологии. У млекопитающих известно более 200 морфологических типов клеток.

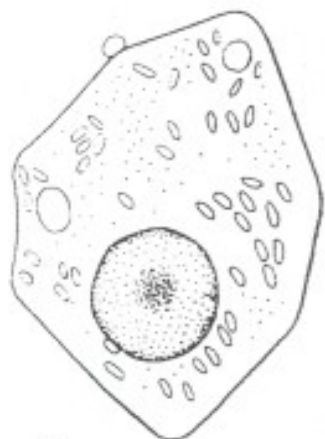
Нервная
клетка
человека



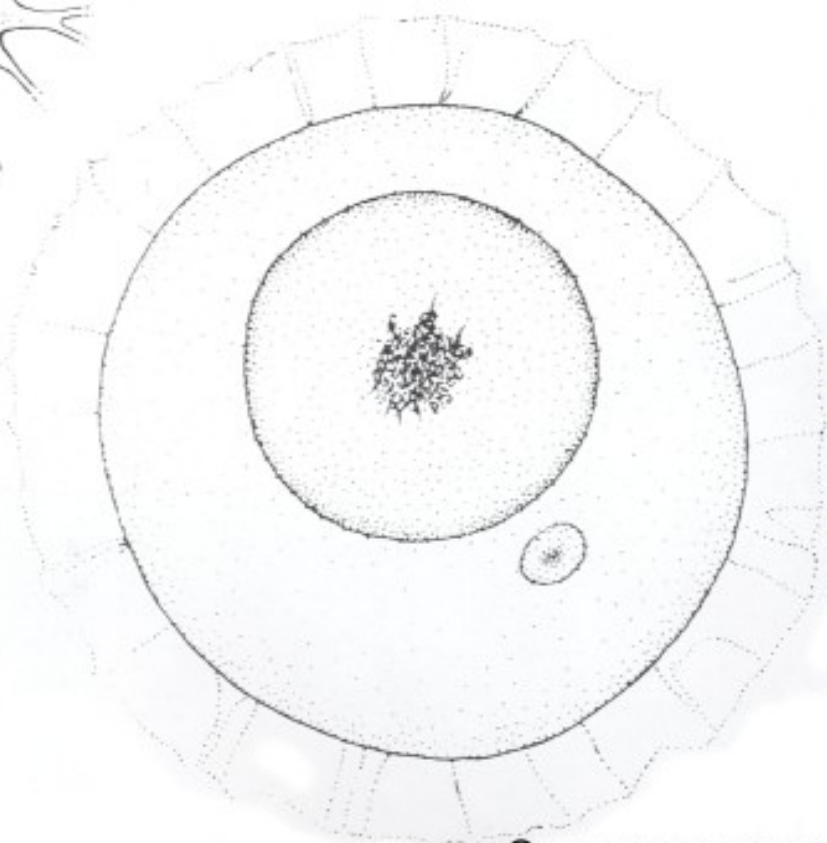
10 мкм



Клетки
дрожжей



Клетка печени
человека



Оплодотворенная
яйцеклетка
человека



Растительная
клетка

Клетки
кишечной палочки



Цианобактерии

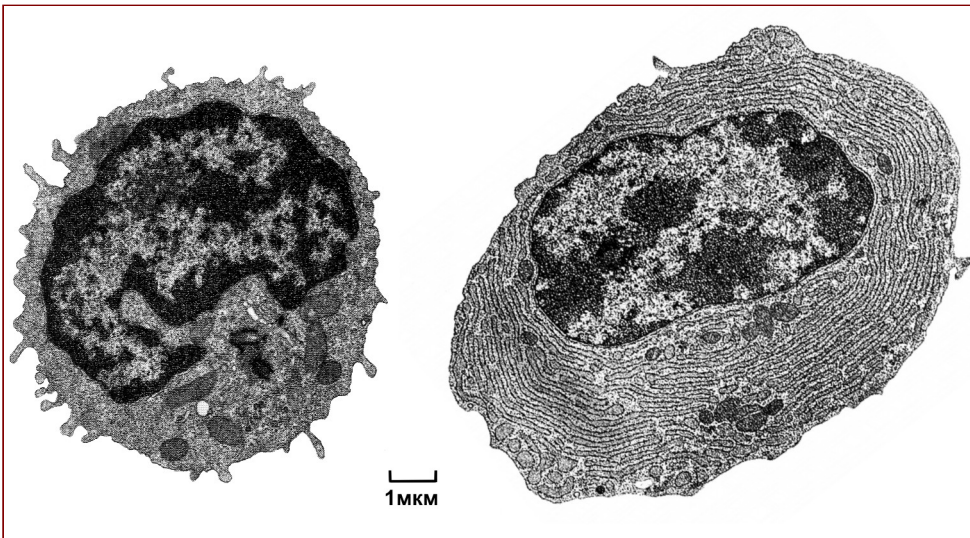


Хламидомонада

Относительные размеры клеток

Размеры клеток зависят от многих причин:

- **от содержания ДНК** в ядре (чем больше содержание ДНК, тем крупнее клетки).
- **от интенсивности процессов транскрипции и трансляции.**
- от того, делает клетка запасы, или сразу выделяет продукты своей жизнедеятельности.



Покоящийся лимфоцит (слева) и плазматическая клетка – активный В-лимфоцит с многочисленными мембранами шероховатой ЭПС, где идет образование антител.



Низкомолекулярные соединения: сахара, аминокислоты, нуклеотиды (~0,5 нм)



Макромолекулы: белки и РНК

10 нм



Рибосома

Электронно-микроскопическая фотография молекулы моторного белка



50 нм

Относительные размеры различных молекул и структур

В клетках действуют химические и физические законы

1870 г. «... поведение живых клеток должно быть объяснимо в терминах движения молекул, подчиняющихся определенным законам взаимодействия сил.»

Г.Л.Ф. Гельмгольц

Удивительная согласованность клеточных процессов является результатом эволюции

1949 г. «... любая живая клетка несет в себе опыт экспериментирования ее предков на протяжении, как минимум, миллиарда лет»

М. Дельбрюк

Энергии и силы, действующие в клетке

кДж/моль

- 350 Ковалентная связь
- 30 Макроэргическая химическая связь
- 10 Гидрофобный эффект
- 4 Ионная связь
- 3 Водородная связь
- 2,5 Тепловое движение
- 1 Вандерваальсово взаимодействие двух атомов

Силы гравитации **отсутствуют**

Силы трения

Силы поперечного натяжения

Размеры клеток ограничены возможностью их эффективного ответа на внешние воздействия

Молекула АТФ за счет теплового движения может переместиться в клетке за 1 с на 50 мкм.

Для макромолекул скорости на 1-2 порядка ниже, т.к. они наталкиваются на другие макромолекулы.

Расстояние, на которое перемещается молекула за единицу времени, пропорционально квадрату времени.

Т.е., если скорость перемещения молекулы такова, что за 1 с она перемещается на 1 мкм, то для её перемещения на 5 мкм потребуется 25 с.

Три вида движения обеспечивают встречу молекул, участвующих в химических реакциях

1

Диффузия молекул за счет **теплового движения**

2

Кроме перемещения с одного места на другое, существует **вращательное движение** молекул (молекула глобулярного белка может вращаться со скоростью 1 миллион оборотов в с) .

3

Существует еще **вибрация** ковалентно связанных атомов относительно друг друга

Частота встречи зависит не только от скорости движения молекул, но также и от концентрации реагирующих веществ.

Если концентрация молекул фермента и АТФ около 1 мМ, то каждый участок белковой молекулы будет сталкиваться с молекулой АТФ **1** миллион раз в с, если концентрация **0,1** мМ, то число столкновений окажется **100 000** раз в с.

В плоскости мембраны вероятность встречи молекул многократно повышается (хотя скорость движения молекул в мембране в несколько раз ниже, чем в водном растворе, вероятность встречи фермента с субстратом на два порядка выше).

Эукариотическая клетка имеет отдельные мембранные отсеки (компарменты), в которых создается отличный от других компарментов набор веществ, и, следовательно, их повышенная концентрация

Мембраны разных компарментов изолированы друг от друга и имеют отличающийся химический состав

Содержание некоторых химических элементов, %

Элемент	В живых организмах	В земной коре	В морской воде
Кислород	65 - 75	49,2	85,8
Углерод	15 - 18	0,4	0,0035
Водород	8 - 10	1,0	10,67
Азот	1,5 - 3,0	0,04	0,37
Фосфор	0,20 - 1,0	0,1	0,003

Химический состав живой клетки

Тип соединения	Средняя мол.масса	Содержание в % на сырую массу
Вода	18	75-85
Другие неорг. в-ва	20-150	1,0-1,5
Низкомолек.орг.в-ва		
Липиды и др. гидрофобные в-ва	350-2 500	1-5
Прочие	90-2 500	0,1-0,5
Высокомолек.орг.в-ва		
Белки	10^4 - 10^6	10-20
Полисахариды	10^4 - 10^6	0,2-2,0
Нуклеиновые кислоты	10^4 - 10^9	1-2

Химический состав клетки *E. coli*

Тип соединения	Средняя мол.масса	Содержание в % на сырую массу	Число типов молекул
Вода	18	70	1
Другие неорг. в-ва	20-150	1,0	20
Низкомолек.орг.в-ва			
Липиды и др. гидрофобные в-ва	350-2 500	1,0	50
Аминокислоты, нуклеотиды и предшественн.	90-2 500	0,4+0,4	100+100
Сахара и предшеств.		1,0	250
Другие в-ва		0,2	300
Высокомолек.орг.в-ва			
Белки	10^4 - 10^6		
Полисахариды	10^4 - 10^6	26	3000
Нуклеиновые кислоты	10^4 - 10^9		

В клетке нет «свободной» воды. Молекулы воды располагаются тонким слоем вокруг всех других молекул, образуя гидрофильные оболочки.

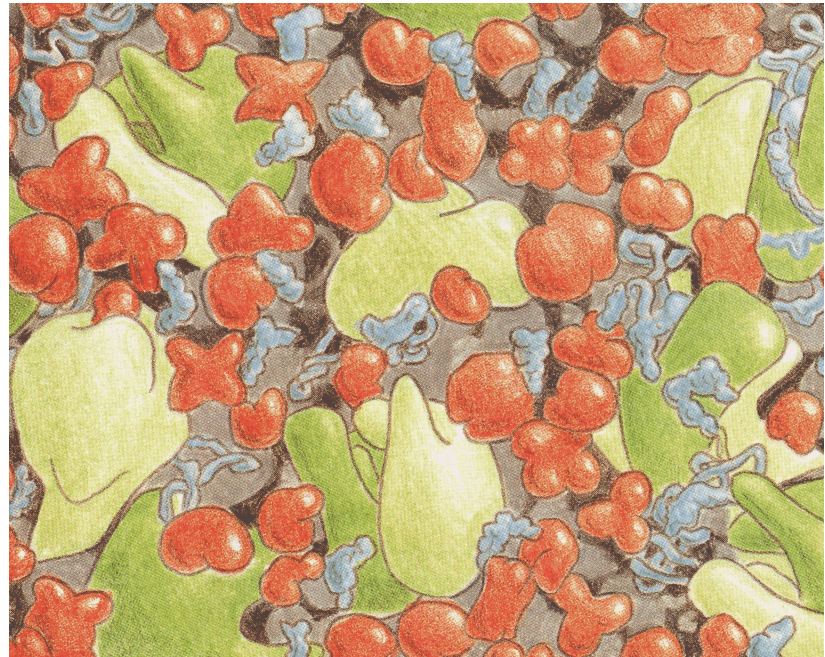
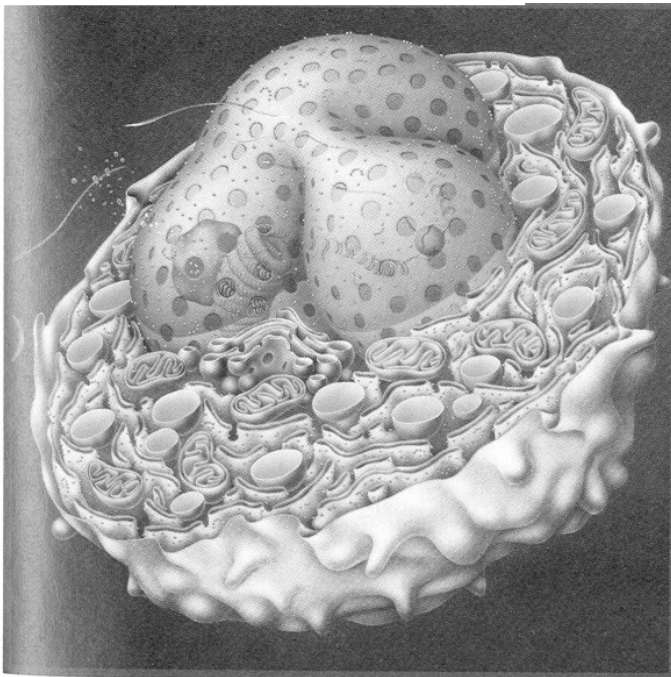


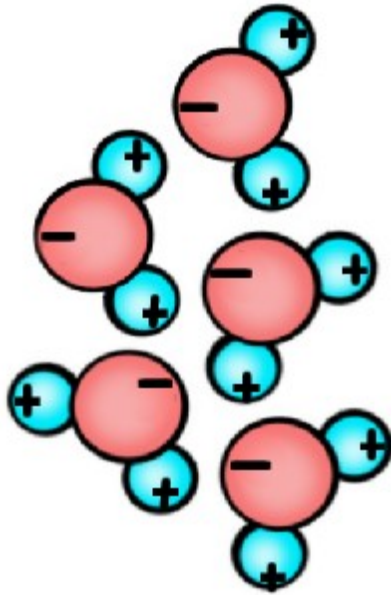
10 нм



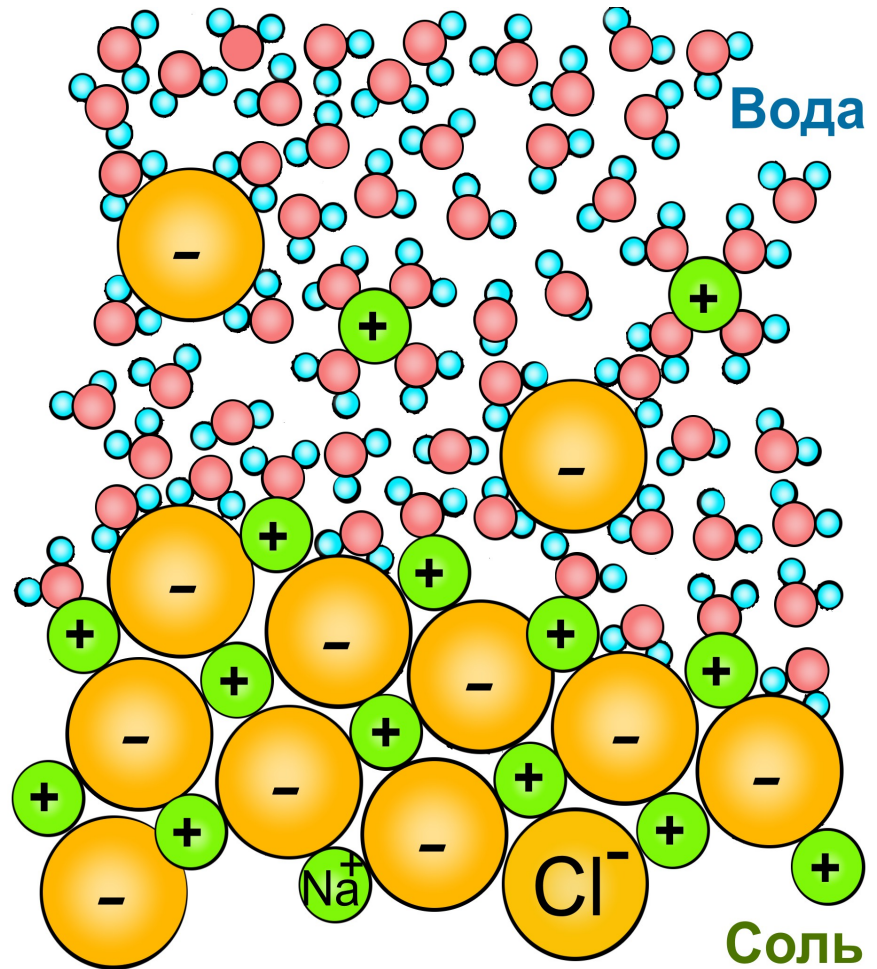
Рибосома

Макромолекулы: белки и РНК





Молекула воды - диполь



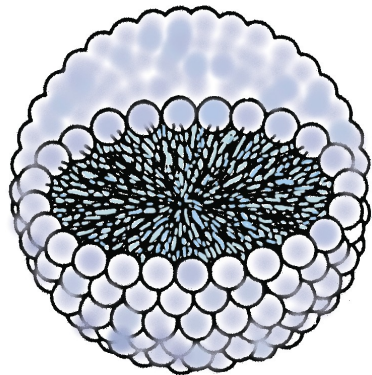
В воде происходит диссоциация ионов

В водном растворе молекулы белков принимают конформацию, при которой гидрофобные радикалы аминокислот оказываются внутри молекулы, а гидрофильные - снаружи

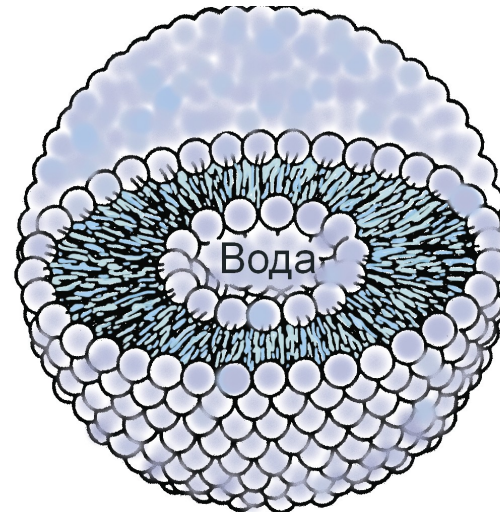
Соединения, у которых одна часть молекулы является гидрофильной, а другая -гидрофобной, называют **амфипатическими**.

В водном окружении амфипатические молекулы «прячут» свои гидрофобные части, образуя макромолекулярные структуры – мицеллы и пузырьки.

Пузырьки, окруженные двойным слоем липидов, составляют основу клеточных мембран.



Вода



Клеточный компартмент — это часть клетки, со всех сторон окруженная мембраной. Разные компартменты отличаются по химическому составу и функциям.

