

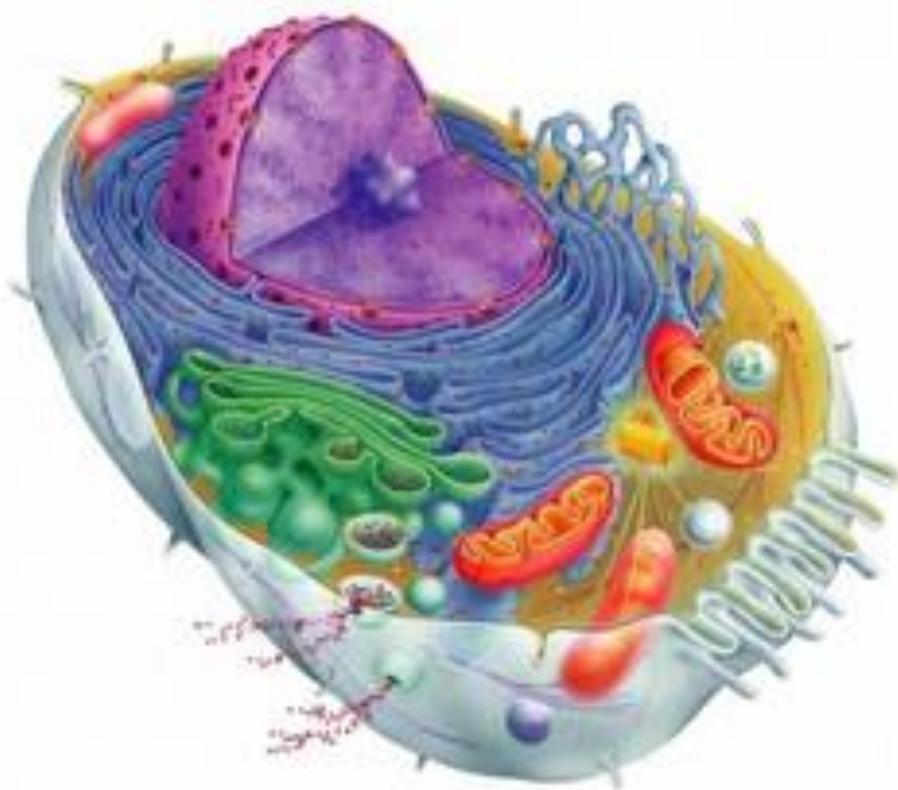
**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ**

**Кафедра: Гистологии и медицинской биологии**

**Вирусы. Особенности строения  
прокариотической и эукариотической клетки.  
Ультраструктурная организация  
эукариотической клетки**

**(Учебно-методическое пособие)**



**Ташкент-2021**

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ**

«Утверждаю»  
Проректор по учебной работе  
Ташкентской медицинской академии  
проф. \_\_\_\_\_ Боймурадов Ш.А.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 год

**Кафедра: Гистологии и медицинской биологии**  
**Модуль: Медицинская биология. Общая генетика**

**Вирусы. Особенности строения прокариотической и эукариотической  
клетки. Ультраструктурная организация эукариотической клетки**

(Учебно-методическое пособие)

**Ташкент – 2021**

**Составители:** преподаватели кафедры гистологии и медицинской биологии  
ТМА к.м.н., доцент А.К.Курбонов, д.б.н. проф. Халиков П.Х.  
ассистент З.Х.Умарова, ассистент Ф.Р.Самадова

**Рецензенты:** **Р.И.Исроилов** – профессор, д.м.н., директор  
Республиканского центра патологической анатомии

**М.Х.Рахматова** – заведующая кафедрой гистологии и  
медицинской биологии ТГСИ д.м.н., доцент

Рассмотрено и утверждено на заседании ЦМК по медико-биологическим  
предметам ТМА \_\_\_\_\_ 2021 года, протокол №

Рассмотрено и утверждено на заседании научно-методической комиссии  
ТМА \_\_\_\_\_ 2021 года, протокол №

Рассмотрено и утверждено учёным советом ТМА \_\_\_\_\_ 2021 года,  
протокол №

Представленное учебно-методическое пособие включает методический материал и информацию по особенностям строения прокариотической и эукариотической клетки, ультраструктурной организации эукариотической клетки в соответствии с рабочей учебной программой по модулю «Медицинская биология. Общая генетика».

Учебно-методическое пособие предназначено для работы студентов 1 курса лечебного, профессионального, медико-профилактического, медико-биологического факультетов и факультета народной медицины медицинских высших учебных заведений на практических занятиях по модулю «Медицинская биология. Общая генетика», а также для их самостоятельной аудиторной и внеаудиторной работы.

## Содержание

Введение.....	5
Модель технологии обучения практического занятия.....	6
Теоретическая часть. Основные формы жизни.....	9
Вирусы.....	11
Бактериофаги.....	15
Клеточные формы жизни: прокариоты и эукариоты.....	17
Прокариотические организмы.....	18
Эукариоты.....	25
Цитоплазматическая мембрана.....	25
Цитоплазма .....	26
Органоиды эукариотической клетки.....	29
Клетки прокариот и эукариот: сравнительная характеристика.....	50
Практическая часть. Задания .....	55
Дидактическая часть. Вопросы для контроля знаний.....	58
Тестовые задания .....	58
Глоссарий .....	64
Использованная литература .....	65

## **Введение**

Представление о строении и функционировании клеток является основой для понимания общих закономерностей функционирования живых систем, понимания механизмов развития патологического процесса на клеточном, тканевом, органном и организменном уровнях. Учение о клетке и клеточная теория в целом являются фундаментом в биологии и медицине. Клетка является универсальной элементарной единицей живого. Знания о строении клетки и основах их функционирования необходимы для изучения организмов любого уровня сложности начиная с одноклеточных и заканчивая многоклеточными, в том числе человека. Для понимания эволюционного процесса на нашей планете необходимо подробно ознакомиться с основными типами организации клеток: прокариотическими и эукариотическими.

Клетка - единица патологии. Клетку необходимо знать не только как единицу строения организма, но и как единицу патологических изменений. Практически все болезни связаны с нарушением структуры и функции клеток, из которых образуются все ткани и органы. Нарушение структуры и функции одних клеток является первопричиной возникновения и развития болезни, а нарушение других может быть уже следствием неблагоприятных изменений в организме.

Клеточный уровень организации живого являются важной частью медицинской биологии. Знание о структуре и деятельности клеток создает основу для изучения других фундаментальных медико-биологических дисциплин и медицинского образования.

**Технология обучения**  
**практического занятия № 2**

**Модель практического учебного занятия по теме:**

**“Вирусы. Особенности строения про- и эукариотической клетки  
Ультраструктурная организация эукариотической клетки”**

<b>Время занятия – 3 часа</b>	<b>Количество студентов: 12-14</b>
<b><i>Вид занятия</i></b>	<b>Практическое занятие</b>
<b><i>План учебного занятия:</i></b>	<p>1. Основные формы жизни. Неклеточные формы жизни. Вирусы (строение, виды, размножение, медицинское значение). Бактериофаги (строение, разновидности, значение).</p> <p>2. Клеточные формы жизни. Прокариоты и эукариоты.</p> <p>3. Прокариоты (строение, питание, отличие от эукариот). Микоплазмы.</p> <p>4. Бактерии (строение, виды, формы, размеры, генетический материал, химический состав, размножение, применение) значение в медицины.</p> <p>5. Эукариоты (основные компоненты эукариотических клеток). Цитоплазма, цитоплазматическая мембрана.</p> <p>6. Органоиды клетки (характеристика, определение). Ультраструктурное строение и функции органоидов общего назначения.</p> <p>7. Ультраструктурное строение и функции органоидов специального назначения. Клеточные включения и их значение.</p> <p>8. Ядро, его строение и функции. Хромосомы (строение, типы, набор).</p> <p style="padding-left: 40px;">Животные и растительные клетки их сходства и отличия.</p>
<b><i>Цель учебного занятия:</i></b> закрепление теоретического материала лекций, углубление знаний учащихся по теме: Вирусы. Особенности строения про- и эукариотической клетки	
<b><i>Педагогические цели:</i></b> Ознакомить с основными формами жизни;	<b><i>Результаты учебной деятельности:</i></b> Ознакомились с основными формами жизни;

<p>Дать определение вирусам, бактериофагу, прокариотам и эукариотам;</p> <p>Ознакомить строением, видами, жизненным циклом вирусов;</p> <p>Объяснить медицинское значение вирусов и бактериофагов;</p> <p>Ознакомить строением, видами, формами, размерами, генетическим материалом, химическим составом бактерии и микоплазмы;</p> <p>Объяснить применение и значение бактерий в медицине;</p> <p>Перечислить какие организмы относятся к эукариотам и основные компоненты эукариотических клеток;</p> <p>Дать определение и характеристику цитоплазме, органоидам и включениям;</p> <p>Объяснить ультраструктурное строение и функции органоидов общего и специального назначения;</p> <p>Объяснить строение и функции ядра;</p> <p>Объяснить строение, рассказать о типах и наборах хромосом;</p> <p>Перечислить отличия прокариотов от эукариотов;</p> <p>Показать сходства и разницу между животными и растительными клетками</p>	<p>Знают определение вируса, бактериофага, прокариота и эукариота;</p> <p>Знают строение виды и жизненные циклы вирусов;</p> <p>Знают медицинское значение вирусов и бактериофагов;</p> <p>Знают строение, виды, формы, размеры, генетический материал, химический состав бактерий и микоплазмы;</p> <p>Знают применение и значение бактерий в медицине;</p> <p>Называют организмы относящиеся к эукариотам и основные компоненты эукариотических клеток;</p> <p>Знают определение и характеристику цитоплазмы, органоидов и включений;</p> <p>Знают ультраструктурное строение и функции органоидов общего и специального значения;</p> <p>Знают строение и функции ядра;</p> <p>Знают строение, типы и набор хромосом.</p> <p>Перечисляют отличия прокариотов от эукариотов;</p> <p>Показывают сходства и разницу между животными и растительными клетками</p>
<i>Методы обучения</i>	“Мозговой штурм”, “Кластер”, Концептуальная таблица, видео, презентация
<i>Формы организации учебной деятельности</i>	работа с малыми группами.
<i>Средства обучения</i>	Таблицы, раздаточный материал, компьютер, микроскоп, препараты.
<i>Условия обучения</i>	Кабинет оборудованный ТСО
<i>Мониторинг и оценивание</i>	Устный опрос, тестирование.

## Технологическая карта практического занятия

Этапы работы и время	Содержание деятельности	
	Педагога	Студентов
<b>1 – этап Введение в учебное занятие (10 минут)</b>	Сообщает тему и план занятия. Ознакамливает с целью и применяемыми на занятии методами обучения.	Слушают, записывают.
<b>2 – этап Основной этап (90 минут)</b>	<p>2.1.Посредством метода мозговой штурм. проверяет начальный степень усвоения темы. Вопросы для проведения мозгового штурма.</p> <p>2.2. Объясняет тему с помощью видеороликов и таблиц по теме, дополняя и корректируя ответы студентов</p> <p>2.3. Делает выводы по поставленным вопросам.</p> <p>2.4. С помощью препаратов даёт сравнительную характеристику растительной и животной, прокариотической и эукариотической клетки</p> <p>2.5. Для закрепления знаний студентов предлагает заполнить концептуальную таблицу</p> <p>2.6.Даёт задания для работы с альбомом</p> <p>2.7. Проверяет усвоенность темы с помощью тестов</p>	<p>Слушают, отвечают на вопросы. Формулируют определения понятий</p> <p>Слушают. Смотрят видеоролик</p> <p>Слушают</p> <p>Заполняют таблицу</p> <p>Работают с альбомами</p> <p>Решают тесты.</p>
<b>3-этап Заключительный этап (20 минут)</b>	<p>3.1.Делает заключение по занятию, комментируя результаты работы.</p> <p>3.2. Анализирует и оценивает деятельность студентов и степень достижения поставленной цели.</p> <p>3.3. Даёт домашнее задание</p>	<p>Слушают. Задают вопросы.</p> <p>Записывают задание для самостоятельной работы.</p>

## **Теоретическая часть**

**Тема: Вирусы. Особенности строения про и эукариотической клетки**

### **Ультраструктурная организация эукариотической клетки.**

1. Основные формы жизни. Неклеточные формы жизни. Вирусы (строение, виды, размножение, медицинское значение). Бактериофаги (строение, разновидности, значение).
2. Клеточные формы жизни. Прокариоты и эукариоты.
3. Прокариоты (строение, питание, отличие от эукариот). Микоплазмы.
4. Бактерии (строение, виды, формы, размеры, генетический материал, химический состав, размножение, применение) значение в медицины.
5. Эукариоты (основные компоненты эукариотических клеток). Цитоплазма, цитоплазматическая мембрана.
6. Органоиды клетки (характеристика, определение). Ультраструктурное строение и функции органоидов общего назначения.
7. Ультраструктурное строение и функции органоидов специального назначения. Клеточные включения и их значение.
8. Ядро, его строение и функции. Хромосомы (строение, типы, набор). Животные и растительные клетки их сходства и отличия.

### **Основные формы жизни**

Выделяют две основные формы жизни: клеточные и неклеточные. Подавляющее большинство организмов относится к клеточным формам жизни, к неклеточным – вирусы, бактериофаги (Рис.1). Клеточные формы делятся на прокариоты (доядерные) и эукариоты (собственно ядерные). Прокариоты не имеют оформленного ядра, у эукариот ядро четко выражено. К прокариотам относятся бактерии и сине-зеленые водоросли, к эукариотам — растения, животные и грибы.



Рис.1 Основные формы жизни

### Неклеточные формы жизни

К неклеточным формам жизни относятся вирусы и фаги. Вирусы были открыты в 1892 году русским ученым Д. И. Ивановским: он обнаружил и описал вирус табачной мозаики. Вирус (от лат. *virus* — яд) является частицей нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК), заключенной в белковую оболочку, которая называется капсидом. Вирусы частицы очень мелких размеров (200-300 нм), они видны только под электронным микроскопом. Вне клеток хозяина вирусная частица не проявляет никаких признаков жизни: не питается, не дышит, не растет, не размножается. Вирионы демонстрируют отменную жизнеспособность. В частности, они выдерживают давление до 6000 атм. переносят высокие дозы радиации, однако погибают при высокой температуре, облучении ультрафиолетовыми лучами, а также воздействии кислот и дезинфицирующих веществ. Проникнув в клетку хозяина, вирус «подчиняет» ее себе, заставляет вырабатывать новые вирусные частицы, что приводит клетку к гибели, а освободившиеся вирусные частицы заражают новые клетки. Являясь внутриклеточными паразитами, вирусы вызывают у

своих хозяев те или иные заболевания. К вирусным заболеваниям человека относятся грипп, корь, краснуха, свинка, оспа, полиомиелит, СПИД, вирусный гепатит и др. Вместе с тем есть вирусы, которые поражают бактерии. Их называют бактериофагами или просто фагами. Изучением вирусов занимается наука *вирусология*.

### Вирусы

Вирусы не имеют клеточного строения (Рис.2). Они представляют собой простейшую форму жизни на нашей планете. Вирусы — переходная форма между живой и неживой материей. От неживой материи вирусы отличаются двумя свойствами:

- способны воспроизводить себе подобные формы (размножаться);
- обладают наследственностью и изменчивостью.

Вирусы являются внутриклеточными облигатными паразитами, так как не способны размножаться вне клетки. Вне клетки вирусные частицы ведут себя как химические вещества.

Вирусы по строению оболочки подразделяются на простые и сложные. По генетическому материалу на ДНК-содержащие и РНК содержащие (Табл 1):

Таблица 1

ДНК-содержащие вирусы	РНК-содержащие вирусы
вирус папилломы человека	вирус гриппа
вирус герпеса	вирус кори
вирус гепатита В	вирус краснухи
аденовирусы	вирус эпидемического паротита
вирус ветряной оспы	вирус СПИДа
вирус опоясывающего лишая	вирус гепатита А
вирус цитомегаловирусной инфекции	вирус гепатита С
	вирус полиомиелита

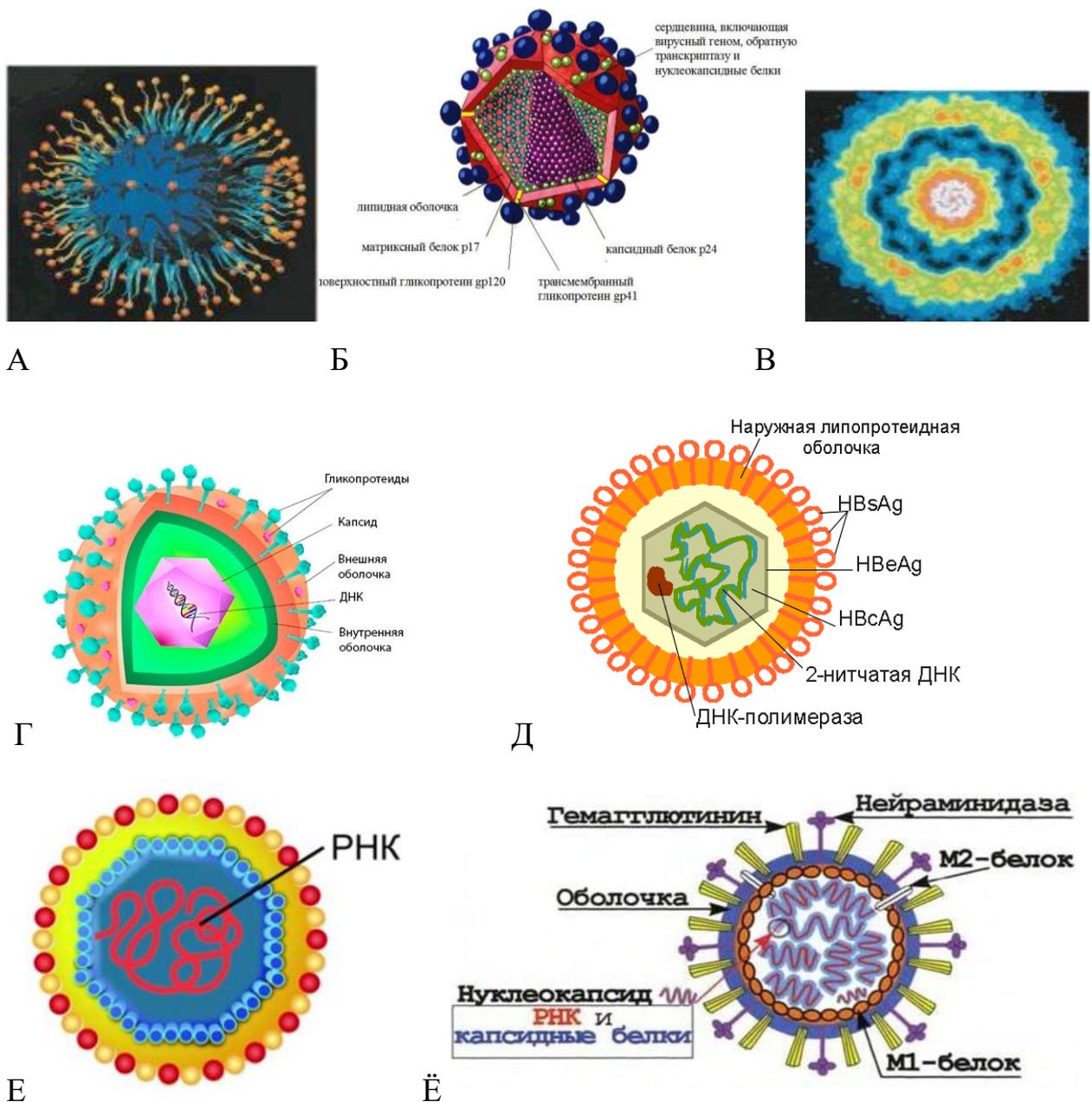


Рис.2. Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ): А – модель вируса; Б – схема строения; В – электронная фотография; Г - Вирус герпеса; Д - Вирус гепатита В; Е - Вирус гепатита С; Ё - Вирус гриппа

Простые вирусы представляют собой нуклеопротеид, состоящий из нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белковой оболочки (капсиды). В центре вируса находится генетический материал — ДНК или РНК. ДНК может быть двухцепочечной или одноцепочечной, кольцевой или линейной;

РНК — одно- или двухцепочечной. Генетический материал вируса окружен капсидом — белковой оболочкой, выполняющей защитную функцию. Эта оболочка состоит из многократно повторяющихся полипептидных цепочек одного или нескольких белков. Примером является вирус табачной мозаики. Его капсид содержит один вид белка с небольшой молекулярной массой.

Сложные вирусы имеют дополнительную оболочку из липопротеина - адперкапсид, которая возникает из плазматической мембраны клетки-хозяина. Иногда в наружных оболочках сложных вирусов помимо белков содержатся углеводы. Примером сложно организованных вирусов служат возбудители гриппа и герпеса. Их наружная оболочка — это фрагмент ядерной или цитоплазматической мембраны клетки-хозяина, из которой вирус выходит во внеклеточную среду.

Жизненный цикл вируса состоит из двух последовательных фаз – внеклеточной – состояние покоя, во время которой он существует в виде вириона (нуклеиновая кислота в капсиде и мембране) и внутриклеточной - активной, во время которой вирус реплицируется внутри клетки-хозяина. Во время внутриклеточной фазы наряду с репликацией нуклеиновой кислоты образуются вирусные белки. Материал, энергия и аппарат для создания молекул белка капсида вируса происходит за счет клетки-хозяина. Взаимоотношения вируса с клеткой последовательно проходят несколько стадий (Рис.3):

1. Первая стадия представляет собой **адсорбцию** вирионов на поверхности клетки-мишени, которая для этого должна обладать соответствующими поверхностными рецепторами. Именно с ними специфически взаимодействует вирусная частица, после чего происходит их прочное связывание, по этой причине клетки восприимчивы не ко всем вирусам. Именно этим объясняется строгая определенность путей проникновения вирусов. Например, рецепторы к вирусу гриппа имеются у клеток слизистой оболочки верхних дыхательных путей, а у клеток кожи их нет. Поэтому через

кожу гриппом заболеть нельзя - вирусные частицы для этого нужно вдохнуть с воздухом.

Первая фаза обратима - вирусную частицу можно отделить от клетки-мишени (например, обычным встряхиванием), после чего следует необратимая фаза, при которой разделение уже невозможно.

**2. Проникновение** вируса в цитоплазму клетки (пенетрация). У просто устроенных вирусов осуществляется путем эндоцитоза – образуется эндоцитарная вакуоль, в которую заключен вирион. У сложноустроенных вирусов осуществляется путем слияния клеточной мембраны с мембраной суперкапсида.

**3. Депротенинизация** (раздевание вируса). Осуществляется клеточными ферментами, разрушающими капсид. При этом вирусный геном освобождается от капсида (белка). В результате нуклеиновая кислота вируса освобождается, и впоследствии именно она преобразует деятельность клетки-хозяина, подчиняя ее метаболизм своим потребностям и вынуждая ее синтезировать определенные вещества необходимые для вируса.

**4. Синтез вирусных компонентов** (генома и белка). На этой стадии синтезируются вирусные белки и нуклеиновые кислоты.

**5. Сборка вирионов.** Может происходить в цитоплазме или на внутренней поверхности клеточной мембраны. Осуществляется по принципу самосборки на основе белок-белкового и белок-нуклеинового узнавания.

**6. Выход из клетки.**

- Просто устроенные вирионы выходят из клетки путем взрыва;
- Сложно устроенные выходят методом почкования.

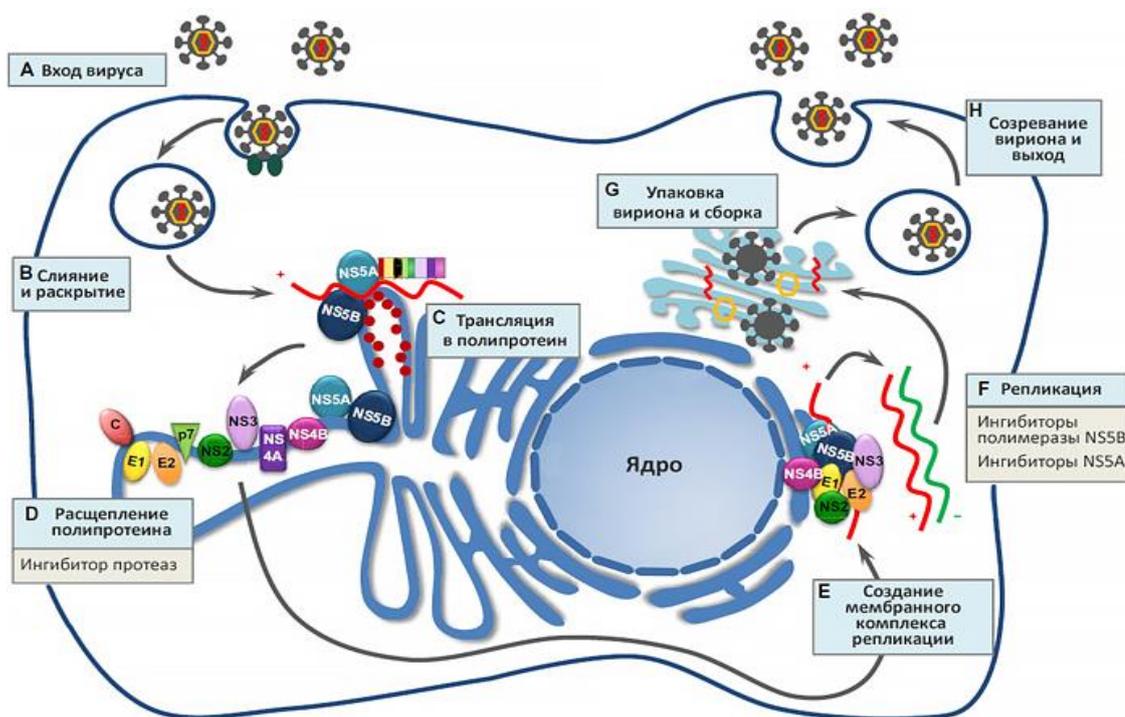


Рис.3 Стадии взаимоотношения вируса с клеткой

### Бактериофаги

**Бактериофаги,** или **фаги** (от др.-греч. «пожираю») — вирусы, избирательно поражающие бактериальные клетки. Бактериофаги размножаются внутри бактерий и вызывают их лизис. Как правило, бактериофаг состоит из белковой оболочки и генетического материала одноцепочечной или двуцепочечной нуклеиновой кислоты (ДНК или, реже, РНК). Общая численность бактериофагов в природе примерно равна общей численности бактерий. Бактериофаги активно участвуют в круговороте химических веществ и энергии, оказывают заметное влияние на эволюцию микробов и бактерий. Бактериофаги имеют аппарат транспортировки своего генома в бактерии, тело их содержит головку, хвостик (трубку, через которую геном проталкивается в клетку) и хвостовые отростки (Рис.4). Фаг укрепляется на поверхности бактерии при помощи специальных ножек и вводит в ее цитоплазму полый стержень, через который проталкивает внутрь клетки свою ДНК или РНК (Рис.5). Таким образом, генетический материал фага попадает внутрь бактериальной клетки, а капсид остается снаружи. В цитоплазме начинается репликация

генетического материала фага, синтез его белков, построение капсида и сборка новых фагов. Уже через 10 мин после заражения в бактерии формируются новые фаги, а через полчаса бактериальная клетка разрушается, и из нее выходят около 200 заново сформированных фагов, способных заражать другие бактериальные клетки. По строению различают следующие морфологические типы фагов: нитевидные фаги, фаги без отростков, фаги с аналогом отростка, фаги с коротким отростком, фаги с длинным не сокращающимся отростком, фаги с длинным сокращающимся отростком (Рис.6).

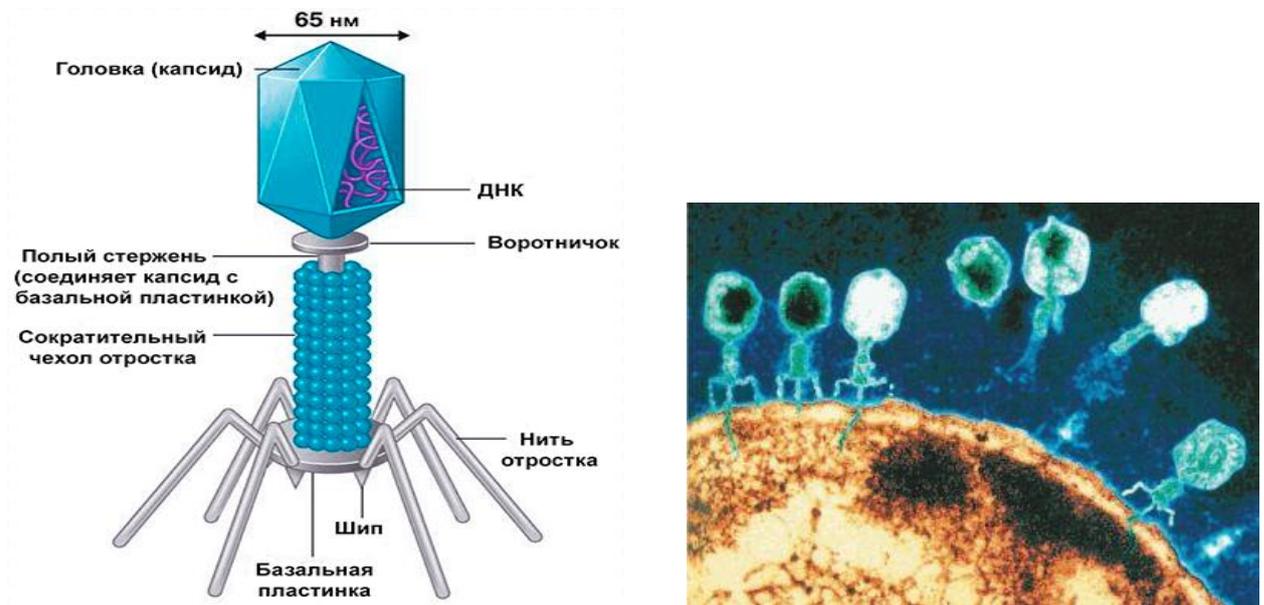


Рис.4 Строение и электронная фотография (бактериофаги на поверхности клетки-хозяина)

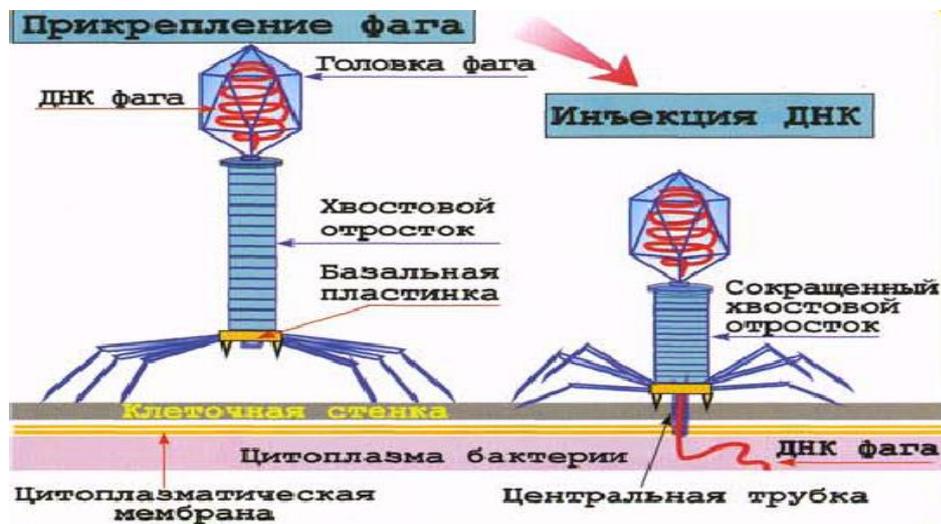


Рис.5 Взаимодействие фага с оболочкой бактерии



Рис.6 Морфологические типы фагов: 1 – нитевидные фаги, 2 - фаги без отростков, 3 - фаги с аналогом отростка, 4 - фаги с коротким отростком, 5 - фаги с длинным не сокращающимся отростком, 6 - фаги с длинным сокращающимся отростком

### **Клеточные формы жизни: прокариоты и эукариоты**

Выделяют два уровня организации клеточных организмов: прокариотический и эукариотический. Прокариотические организмы устроены очень просто, у них отсутствует оформленное ядро и органоиды мембранного строения, генетический материал представлен нуклеоидом (молекулой хромосомной ДНК, замкнутой в кольцо) и плазмидами (небольшими внехромосомными ДНК). Характерны мелкие рибосомы 70S (S (сведберг) - единица, характеризующая скорость седиментации в центрифуге. Чем больше число S, тем выше скорость седиментации), расположенные в цитоплазме, и мезосомы (впячивание мембраны внутрь клетки), выполняющие функции митохондрий. Типичными представителями прокариот являются бактерии и цианобактерии (сине-зеленые водоросли). К эукариотическим клеткам относятся клетки животных, человека, растений и грибов.

## **Прокариотические организмы**

**Прокариоты** или **доядерные** — одноклеточные живые организмы, не обладающие (в отличие от эукариот) оформленным клеточным ядром и другими внутренними мембранными органоидами (за исключением плоских цистерн у фотосинтезирующих видов, например, у цианобактерий). Для клеток прокариот характерно отсутствие ядерной оболочки, ДНК упакована без участия гистонов. Единственная крупная кольцевая (у некоторых видов — линейная) двухцепочечная молекула ДНК, в которой содержится основная часть генетического материала клетки (так называемый нуклеоид) не образует комплекса с белками-гистонами (так называемого хроматина). Тип питания осмотрофный и автотрофный (фотосинтез и хемосинтез). К прокариотам относятся бактерии, в том числе цианобактерии (сине-зелёные водоросли), и археи. Потомками прокариотических клеток являются органеллы эукариотических клеток — митохондрии и пластиды.

### **Бактерии**

Бактерии — микроскопические одноклеточные организмы. Они широко распространены в природе и занимают все среды жизни (почвенную, наземно-воздушную, водную; также обитают внутри живых организмов). Впервые бактерии увидел под микроскопом и описал в 1683 г. голландский натуралист А. Левенгук. Размеры бактерий колеблются в пределах от 1 до 15 мкм. Отдельную бактериальную клетку можно увидеть только с помощью достаточно сложного микроскопа, поэтому их и называют микроорганизмами. Снаружи клетка бактерий покрыта клеточной стенкой, в состав которой входит муреин. Многие бактерии способны формировать дополнительную внешнюю капсулу, защищающую их внутри организма хозяина от его иммунной системы. Под оболочкой находится плазматическая мембрана, а внутри клетки — цитоплазма с включениями, рибосомами и генетическим материалом (кольцевая ДНК). Кольцевая ДНК не отграничена мембраной от остальной части цитоплазмы. Кроме основной кольцевой

«хромосомы» бактерии обычно содержат несколько мелких молекул ДНК в форме небольших, свободно расположенных колец, так называемых *плазмид*, участвующих в обмене генетическим материалом между бактериями. Многие бактерии имеют жгутики, обеспечивающие их подвижность. Форма клеток бактерий чрезвычайно разнообразна. Выделяют палочковидные – *бациллы*, сферические – *кокки*, спиралевидные – *спириллы*, имеющие форму запятой – *вибрионы*. (Рис.7).

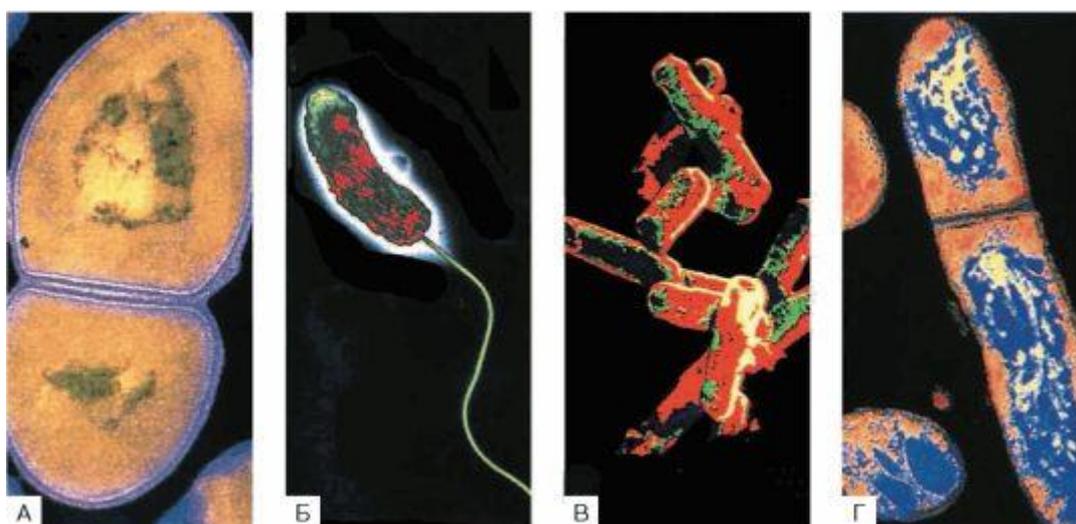


Рис.7 Некоторые представители современных бактерий: А – стрептококк (в процессе деления); Б – холерный вибрион; В – палочковидная бактерия клостридиум; Г – палочковидная микобактерия, вызывающая туберкулёз

Бактерии играют огромную роль в существовании современной биосферы. Многие из них вызывают процессы гниения и брожения. Существуют прокариоты, живущие в симбиозе с другими организмами. К группе бактерий-паразитов относятся микроорганизмы, способные вызывать заболевания растений и животных. Пневмония, ангина, тиф, холера, чума,

туберкулёз, сибирская язва и многие другие тяжёлые заболевания человека вызываются патогенными бактериями.

### Характерные особенности:

- Отсутствие четко оформленного ядра
- Наличие жгутиков, плазмид и газовых вакуолей
- Структуры, в которых происходит фотосинтез
- Формы размножения — бесполой способ, имеется псевдосексуальный процесс, в результате которого происходит лишь обмен генетической информацией, без увеличения числа клеток.

- Размер рибосомы — 70s (по коэф. седиментации различают и рибосомы др. типов, а также субчастицы и биополимеры, входящие в состав рибосом)

- Размножение бактерий происходит делением на две клетки: сначала делится нуклеоид, затем — цитоплазма (Рис.8). При благоприятных условиях одно деление происходит каждые 15-20 мин.



Рис.8 Размножение бактерий

### Строение бактерий

Бактериальная клетка (Рис.9) ограничена оболочкой. Внутренний слой оболочки представлен цитоплазматической мембраной, над которой находится клеточная стенка, над клеточной стенкой у многих бактерий — слизистая капсула. Строение и функции цитоплазматической мембраны

эукариотической и прокариотической клеток не отличаются. Как любая живая клетка, бактериальная клетка окружена мембраной, которая представляет собой липидный бислой (её ещё называют цитоплазматической мембраной). Мембрана может образовывать складки, называемые мезосомами.

**Мезосомы** - выросты (впячивания) клеточной мембраны во внутрь клетки в цитоплазму. На поверхности мезосом располагаются ферменты. Они выполняют функции мембранных органоидов. Они могут быть трубчатыми, пластинчатыми, мешковидными и другой формы.

**Клеточная стенка** толстая, плотная, жесткая, состоит из муреина (главный компонент) и других органических веществ. Муреин представляет собой правильную сеть из параллельных полисахаридных цепей, сшитых друг с другом короткими белковыми цепочками. Выполняет опорную функцию и препятствует проникновению вредных веществ. В зависимости от особенностей строения клеточной стенки бактерии подразделяются на грамположительные (окрашиваются по Граму) и грамотрицательные (не окрашиваются). У грамотрицательных бактерий стенка тоньше, устроена сложнее и над муреиновым слоем снаружи имеется слой липидов. Внутреннее пространство заполнено цитоплазмой.

**Капсула**- слизистая структура толщиной более 0,2 мкм, прочно связанная с клеточной стенкой бактерий и имеющая четко очерченные внешние границы. Капсула различима в мазках-отпечатках из патологического материала. В чистых культурах бактерий капсула образуется реже. Она выявляется при специальных методах окраски мазка по Бури-Гинсу, создающих негативное контрастирование веществ капсулы: тушь образует темный фон вокруг капсулы. Капсула состоит из полисахаридов (экзополисахаридов), иногда из полипептидов; например, у сибиреязвенной бациллы она состоит из полимеров D-глутаминовой кислоты и препятствует фагоцитозу бактерий. Многие бактерии образуют *микрокапсулу* - слизистое образование толщиной менее 0,2 мкм,

выявляемое лишь при электронной микроскопии. От капсулы следует отличать *слизь* - мукоидные экзополисахариды, не имеющие четких внешних границ. Слизь растворима в воде.

**Цитоплазма** занимает основной объем бактериальной клетки и состоит из растворимых белков, рибонуклеиновых кислот, включений и многочисленных мелких гранул - рибосом, ответственных за синтез (трансляцию) белков.

**Рибосомы бактерий** имеют размер около 20 нм и коэффициент седиментации 70S, в отличие от 80S-рибосом, характерных для эукариотических клеток. Именно поэтому некоторые антибиотики, связываясь с рибосомами бактерий, подавляют синтез бактериального белка, не влияя на синтез белка эукариотических клеток. В цитоплазме имеются различные включения в виде гранул гликогена, полисахаридов, р-оксимасляной кислоты и полифосфатов (волютина). Характерное расположение гранул *волютина* выявляется у дифтерийной палочки в виде интенсивно прокрашивающихся полюсов клетки.

**Нуклеоид**- эквивалент ядра у бактерий. Ядро бактерий, в отличие от эукариот, не имеет ядерной оболочки, ядрышка и основных белков (гистонов). У большинства бактерий в клетке содержится одна хромосома, представленная замкнутой в кольцо молекулой *дезоксирибонуклеиновой кислоты* - ДНК (иногда линейной ДНК). В одном месте хромосома прикреплена к клеточной мембране. Некоторые бактерии имеют две хромосомы и более.

Кроме нуклеоида, в бактериальной клетке имеются внехромосомные факторы наследственности - **плазмиды**- ковалентно замкнутые кольца ДНК. Плазмиды придают бактериям дополнительные свойства: устойчивость к антибиотикам (*R-плазмиды*), способность к передаче генетического материала при конъюгации (*F-плазмиды*) и др.

**Жгутики** бактерий - тонкие нити, берущие начало от ЦПМ, имеют большую длину, чем сама клетка, определяют подвижность бактериальной

клетки. Жгутики состоят из белка - флагеллина (от. лат. *flagellum* - «жгутик»), являющегося антигеном (АГ) - так называемым *H-антигеном*. Число жгутиков у бактерий различных видов варьирует от одного (*монотрих*) у холерного вибриона до десятка и сотен жгутиков, отходящих по периметру бактерии (*перитрих*), у кишечной палочки, протей и др. *Лофотрихи* имеют пучок жгутиков на одном из концов клетки. *Амфитрихи* имеют по одному жгутику или пучку жгутиков на противоположных концах клетки.

**Пили** (фимбрии, ворсинки) - нитевидные образования, более короткие и тонкие (3-10 нм x 0,3-10 мкм), чем жгутики. Пили отходят от поверхности клетки и состоят из белка пилина. Различают пили, ответственные за адгезию, т.е. за прикрепление бактерий к поражаемой клетке, а также пили, ответственные за питание, водно-солевой обмен и за передачу генетического материала, - *половые F-пили*, или *конъюгационные пили*.

**Споры**- своеобразная форма покоящихся бактерий, образуемая при неблагоприятных условиях существования бактерий (высушивании, УФ-облучении, дефиците питательных веществ и др.). У спор очень плотная внешняя оболочка, способная переносить различные внешние воздействия и сохранять жизнеспособность в течение десятков и сотен лет. При наступлении благоприятных условий спора прорастает и образует бактериальную клетку. Внутри бактериальной клетки образуется одна спора - *эндоспора*. Образование спор способствует сохранению вида и не является способом размножения, как у грибов. Спорообразующие бактерии рода *Bacillus*, у которых размер споры не превышает диаметра клетки, называются *бациллами*. Спорообразующие бактерии, у которых размер споры превышает диаметр клетки, принимают форму веретена и называются *кловстридиями*, например, бактерии рода *Clostridium* (от лат. *clostridium* - «веретено»). Споры кислотоустойчивы, поэтому окрашиваются по методу Циля-Нильсена в красный цвет, а вегетативная клетка - в синий.

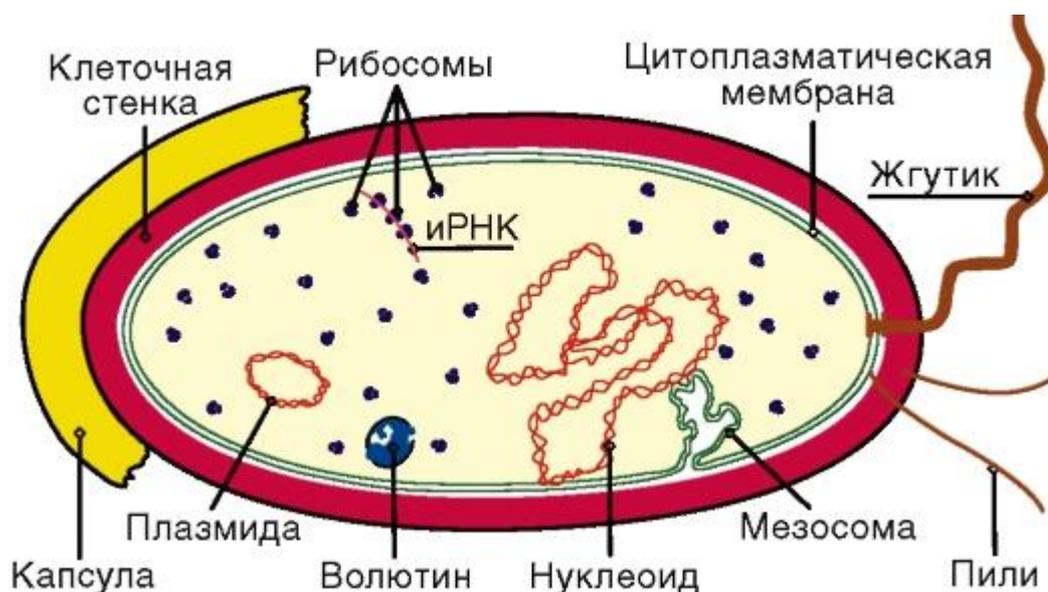


Рис.9 Строение бактерий

**Археи** признаны важной составляющей жизни на Земле. Они играют роль в круговоротах углерода и азота. Ни один из известных представителей архей не является ни паразитом (за исключением наноархеот, являющихся паразитами других архей), ни патогенным организмом, однако они часто бывают мутуалистами и комменсалами. Некоторые представители являются метаногенами и обитают в пищеварительном тракте человека и жвачных, где они помогают осуществлять пищеварение. Метаногены используются в производстве биогаза и при очистке канализационных сточных вод, а ферменты экстремофильных микроорганизмов, сохраняющие активность при высоких температурах и в контакте с органическими растворителями, находят своё применение в биотехнологии.

### **Сине-зеленые водоросли (цианобактерии)**

Обитают в водной среде и на почве. Различают одноклеточные и колониальные формы. Многие из них в цитоплазме содержат вакуоли, которые поддерживают плавучесть клетки. Цианобактерии являются автотрофами и содержат хлорофилл. При фотосинтезе выделяют кислород в атмосферу. Размножение осуществляется

делением. Способны образовывать споры для переживания неблагоприятных условий.

## Эукариоты

**Эукариоты** (ядерные) – клетки, обладающие, в отличие от прокариот, оформленным клеточным ядром, ограниченным от цитоплазмы ядерной оболочкой и мембранными органоидами.

К эукариотическим клеткам относятся клетки животных, человека, растений и грибов. **Эукариотические клетки** отличаются сложностью и разнообразием структуры. Типичной **эукариотической** клетки не существует, но из всех клеток можно выделить общие черты. Каждая эукариотическая клетка состоит из плазматической мембраны, цитоплазмы и ядра.

### Цитоплазматическая мембрана

**Цитоплазматическая мембрана** - поверхностная, периферическая структура, окружающая цитоплазму живой клетки (Рис.10). Она ограничивает цитоплазму от внешней среды, окружает все органоиды клетки и представляет собой универсальную биологическую структуру. Функции мембраны: разделительная, она заключается в образовании барьера между внутренним содержимым клетки и внешней средой, транспортная, рецепторная, секреторная. На поверхности клеток мембрана образует удлинённые выросты - микроворсинки, складки, впячивания и выпячивания, что во много раз увеличивает всасывающую или выделительную поверхность.

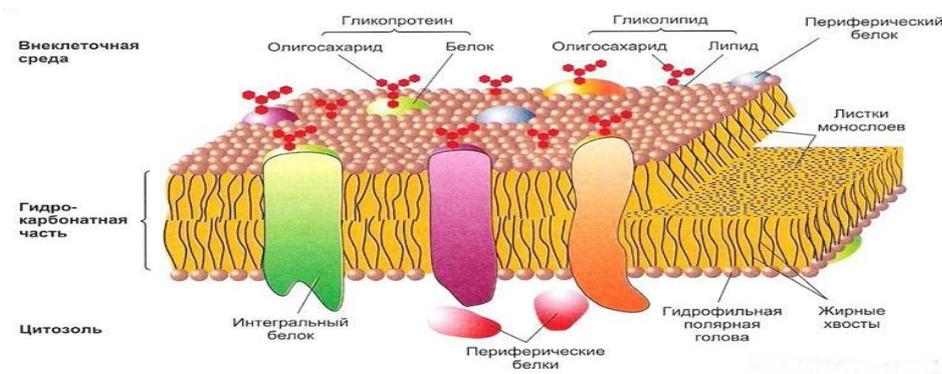


Рис.10 Цитоплазматическая мембрана

Наряду с мембранной именно цитоплазма является одной из главных частей клетки, этого строительного материала всякой органической материи. Цитоплазма играет в жизни клетки очень важную роль, она объединяет собой все клеточные структуры, способствует их взаимодействию друг с другом. Также в цитоплазме располагается ядро клетки и все органоиды. Если говорить простыми словами, то цитоплазма представляет собой такое вещество, в котором находятся все другие составные части клетки.

### **Цитоплазма**

**Цитоплазма** является внутренней средой клетки, где проходят различные процессы и расположены компоненты клетки — органеллы (органоиды). Цитоплазма эукариотических клеток пронизана трехмерной сетью из белковых нитей, называемых **цитоскелетом**. Он состоит из трех элементов: микротрубочек, промежуточных филаментов и микрофиламентов. Цитоскелет является механическим каркасом клетки для поддержания ее формы. Компоненты цитоскелета определяют деление клетки, перемещение органелл внутри клетки и движение цитоплазмы.

В состав цитоплазмы входят различные химические соединения, которые представляют собой не однородное химическое вещество, а сложную физико-химическую систему, она к тому же постоянно меняется и развивается и имеет в себе большое содержание воды. Важным компонентом цитоплазмы является белковая смесь в коллоидном состоянии в сочетании с нуклеиновыми кислотами, жирами и углеводами.

Также цитоплазма разделяется на две составные части:

- эндоплазму,
- экзоплазму.

Эндоплазма располагается в центре клетки и имеет более текучую структуру. Именно в ней находятся все самые важные органоиды клетки. Экзоплазма располагается по периметру клетки, где граничит с ее

мембраной, она более вязкая и плотная по консистенции. Она играет связующую роль клетки с окружающей средой.

Цитоплазма клетки содержит следующие компоненты (Табл 2):

Таблица 2

<p><b>1. Гиалоплазма (цитозоль)</b></p>	<p>а) Гиалоплазма - это матрикс цитоплазмы, в котором находятся её структуры.          б) Представляет собой водный раствор</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● неорганических ионов,</li> <li>● органических метаболитов,</li> <li>● биополимеров (белков, полисахаридов, транспортных РНК и т.д.).</li> </ul> <p>в) Некоторые макромолекулы могут объединяться (путём самосборки) в те или иные комплексы и структуры.</p>
<p><b>2. Органеллы</b></p>	<p>а) Органеллами называют такие микроструктуры цитоплазмы, которые присутствуют практически во всех клетках и выполняют жизненно важные функции.          б) Их делят на два типа.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Мембранные</b> органеллы - отграничены собственной мембраной от окружающей гиалоплазмы, т.е. представляют собой закрытые компартменты.</li> <li>● <b>Немембранные</b> органеллы - структуры, не окружённые мембраной.</li> </ul>
<p><b>3. Включения</b></p>	<p>а) Включения - необязательные компоненты цитоплазмы; они возникают и исчезают в зависимости от состояния клетки.          б) Различают 4 типа включений.</p> <p><b>I. Трофические</b> (капельки жиров, гранулы полисахаридов и т.д.) - резервные запасы питательных веществ.</p> <p><b>II – III. Секреторные и экскреторные</b> включения - обычно это мембранные пузырьки, содержащие вещества, подлежащие выведению из клетки;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● в одном случае (II) это биологически активные вещества (секреты клетки) (п. 2.2.2.3),</li> <li>● в другом случае (III) - ненужные продукты обмена.</li> </ul> <p><b>IV. Пигментные</b> включения –</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● экзогенные (красители, провитамин А и т.д.),</li> <li>● эндогенные (меланин, гемосидерин (комплекс белка с железом) и др.).</li> </ul>

**Функции цитоплазмы.** В цитоплазме проходят все процессы клеточного метаболизма, за исключением синтеза нуклеиновых кислот (он осуществляется в ядре клетки). Помимо этой, самой важной функции, цитоплазма играет такие полезные роли (Табл 3):

- заполняет клеточную полость;
- является связующим звеном для клеточных компонентов;
- определяет положение органоидов;
- является проводником для физических и химических процессов на внутриклеточном и межклеточном уровнях;
- поддерживает внутреннее давление клетки, ее объем, упругость и т. д.

Таблица 3

<b>Функция</b>	<b>Значение</b>
Тургор	Создаёт тургорное (внутреннее) давление при осмосе (односторонней диффузии) воды, поступающей в клетку. За счёт плотной оболочки клеток растений и грибов тургор выше, чем в животной клетке
Транспорт	Осуществляет транспорт веществ из внешней среды в клетку и обратно. Связывает деятельность органелл
Клеточный гомеостаз	Поддерживает постоянство внутренней среды клетки, придаёт форму, являетсяместилищем органелл
Запас веществ	Запасает и хранит вещества в виде клеточных включений

**Движение цитоплазмы.** Способность цитоплазмы к движению является важным ее свойством, благодаря этому обеспечивается связь органоидов клетки. В биологии движение цитоплазмы называется циклозом, оно является постоянным процессом. Движение цитоплазмы в клетке может иметь струйчатый, колебательный или круговой характер.

## Органоиды эукариотической клетки

**Органоиды** — постоянные, обязательно присутствующие, компоненты клетки, выполняющие специфические функции.



### Одномембранные органоиды

**Эндоплазматическая сеть (ЭПС),** или **эндоплазматический ретикулум (ЭПР),** — одномембранный органоид (Рис.11).

**Строение.** Представляет собой систему мембран, формирующих «цистерны» и каналы, соединенных друг с другом и ограничивающих единое внутреннее пространство — полости ЭПС. Мембраны с одной стороны связаны с цитоплазматической мембраной, с другой — с наружной ядерной мембраной. Различают два вида ЭПС: 1) шероховатая (гранулярная), содержащая на своей поверхности рибосомы, и 2) гладкая (агранулярная), мембраны которой рибосом не несут.

**Функции:** 1) транспорт веществ из одной части клетки в другую, 2) разделение цитоплазмы клетки на компартменты ( «отсеки»), 3) синтез углеводов и липидов (гладкая ЭПС), 4) синтез белка (шероховатая ЭПС), 5) место образования аппарата Гольджи.

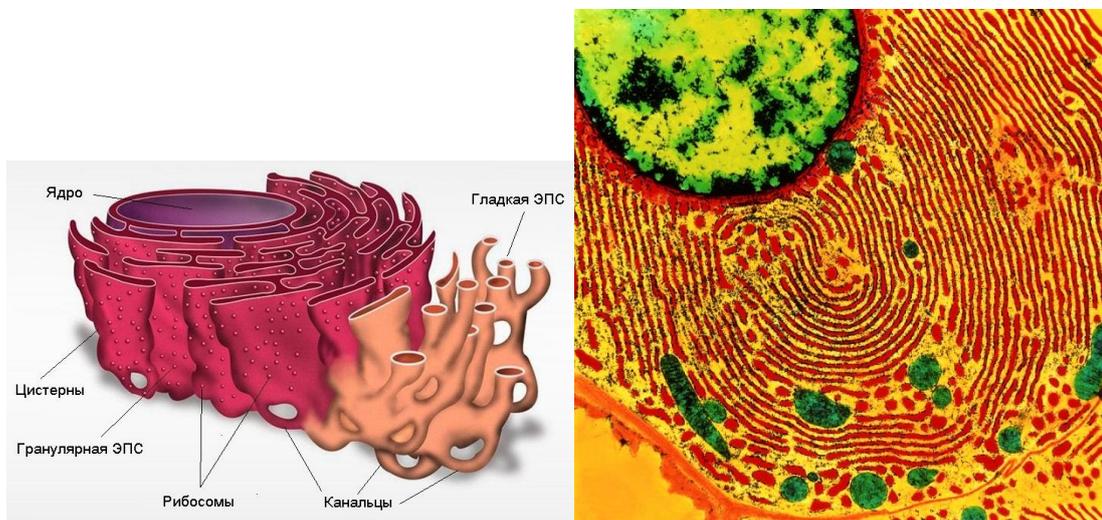


Рис.11 Эндоплазматическая сеть

Под микроскопом

**Аппарат Гольджи**, или **комплекс Гольджи**, — одномембранный органоид (Рис.12).

**Строение.** Представляет собой стопки уплощенных «цистерн» с расширенными краями. С ними связана система мелких одномембранных пузырьков (пузырьки Гольджи). Каждая стопка обычно состоит из 4-х–6-ти «цистерн», является структурно-функциональной единицей аппарата Гольджи и называется диктиосомой. Число диктиосом в клетке колеблется от одной до нескольких сотен. В растительных клетках диктиосомы обособлены.

Аппарат Гольджи обычно расположен около клеточного ядра (в животных клетках часто вблизи клеточного центра).

**Функции:** 1) накопление белков, липидов, углеводов, 2) модификация поступивших органических веществ, 3) «упаковка» в мембранные пузырьки белков, липидов, углеводов, 4) секреция белков, липидов, углеводов, 5) синтез углеводов и липидов, 6) место образования лизосом. Секреторная

функция является важнейшей, поэтому аппарат Гольджи хорошо развит в секреторных клетках.

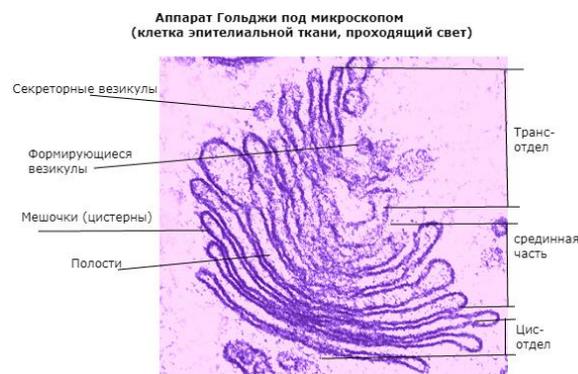
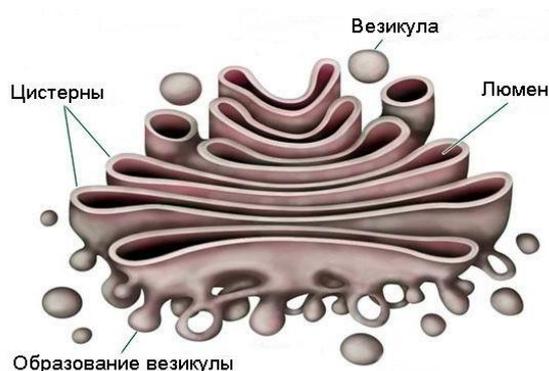


Рис.12 Комплекс (аппарат) Гольджи

Под микроскопом

**Лизосомы** — одномембранные органоиды (Рис.13).

**Строение.** Представляют собой мелкие пузырьки (диаметр от 0,2 до 0,8 мкм), содержащие набор гидролитических ферментов. Ферменты синтезируются на шероховатой ЭПС, перемещаются в аппарат Гольджи, где происходит их модификация и упаковка в мембранные пузырьки, которые после отделения от аппарата Гольджи становятся собственно лизосомами. Лизосома может содержать от 20 до 60 различных видов гидролитических ферментов. Расщепление веществ с помощью ферментов называют **лизисом**.

Различают: 1) **первичные лизосомы**, 2) **вторичные лизосомы**. Первичными называются лизосомы, отшнуровавшиеся от аппарата Гольджи. Первичные лизосомы являются фактором, обеспечивающим экзоцитоз ферментов из клетки.

Вторичными называются лизосомы, образовавшиеся в результате слияния первичных лизосом с эндоцитозными вакуолями. В этом случае в них происходит переваривание веществ, поступивших в клетку путем фагоцитоза или пиноцитоза, поэтому их можно назвать пищеварительными вакуолями.

**Автофагия** — процесс уничтожения ненужных клетке структур. Сначала подлежащая уничтожению структура окружается одинарной мембраной, затем образовавшаяся мембранная капсула сливается с первичной лизосомой,

в результате также образуется вторичная лизосома (автофагическая вакуоль), в которой эта структура переваривается. Продукты переваривания усваиваются цитоплазмой клетки, но часть материала так и остается непереваренной. Вторичная лизосома, содержащая этот непереваренный материал, называется остаточным тельцем. Путем экзоцитоза непереваренные частицы удаляются из клетки.

**Автолиз** — саморазрушение клетки, наступающее вследствие высвобождения содержимого лизосом. В норме автолиз имеет место при метаморфозах (исчезновение хвоста у головастика лягушек), инволюции матки после родов, в очагах омертвления тканей.

**Функции лизосом:** 1) внутриклеточное переваривание органических веществ, 2) уничтожение ненужных клеточных и неклеточных структур, 3) участие в процессах реорганизации клеток.

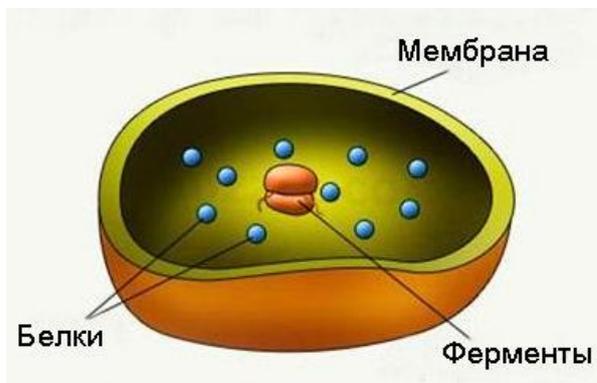
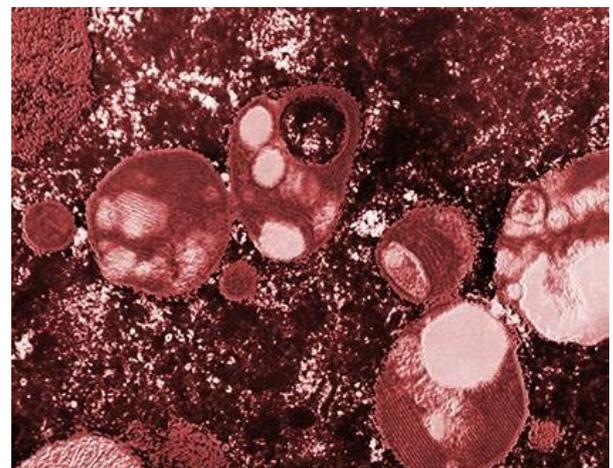


Рис.13 Лизосома



Под микроскопом

**Вакуоли** — одномембранные органоиды, представляют собой «емкости», заполненные водными растворами органических и неорганических веществ.

**Строение.** В образовании вакуолей принимают участие ЭПС и аппарат Гольджи. Молодые растительные клетки содержат много мелких вакуолей, которые затем по мере роста и дифференцировки клетки сливаются друг с другом и образуют одну большую центральную вакуоль. Центральная

вакуоль может занимать до 95% объема зрелой клетки, ядро и органоиды оттесняются при этом к клеточной оболочке. Мембрана, ограничивающая растительную вакуоль, называется тонопластом. Жидкость, заполняющая растительную вакуоль, называется клеточным соком. В состав клеточного сока входят водорастворимые органические и неорганические соли, моносахариды, дисахариды, аминокислоты, конечные или токсические продукты обмена веществ (гликозиды, алкалоиды), некоторые пигменты (антоцианы).

В животных клетках имеются мелкие пищеварительные и автофагические вакуоли, относящиеся к группе вторичных лизосом и содержащие гидролитические ферменты. У одноклеточных животных есть еще сократительные вакуоли, выполняющие функцию осморегуляции и выделения.

**Функции вакуоли:** 1) накопление и хранение воды, 2) регуляция водно-солевого обмена, 3) поддержание тургорного давления, 4) накопление водорастворимых метаболитов, запасных питательных веществ, 5) окрашивание цветов и плодов и привлечение тем самым опылителей и распространителей семян, 6) см. функции лизосом.

Эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы и вакуоли образуют **единую вакуолярную сеть клетки**, отдельные элементы которой могут переходить друг в друга.

**Митохондрии. Строение.** 1 — наружная мембрана; 2 — внутренняя мембрана; 3 — матрикс; 4 — криста; 5 — мультиферментная система; 6 — кольцевая ДНК (Рис.14).

Форма, размеры и количество митохондрий чрезвычайно варьируют. По форме митохондрии могут быть палочковидными, округлыми, спиральными, чашевидными, разветвленными. Длина митохондрий колеблется в пределах от 1,5 до 10 мкм, диаметр — от 0,25 до 1,00 мкм.

Количество митохондрий в клетке может достигать нескольких тысяч и зависит от метаболической активности клетки.

Митохондрия ограничена двумя мембранами: наружная мембрана митохондрий гладкая, внутренняя образует многочисленные складки — кристы. Кристы увеличивают площадь поверхности внутренней мембраны, на которой размещаются мультиферментные системы, участвующие в процессах синтеза молекул АТФ. Внутреннее пространство митохондрий заполнено матриксом. В матриксе содержатся кольцевая ДНК, специфические иРНК, рибосомы прокариотического типа (70S-типа), ферменты цикла Кребса.

Митохондриальная ДНК не связана с белками («голая»), прикреплена к внутренней мембране митохондрии и несет информацию о строении примерно 30 белков. Для построения митохондрии требуется гораздо больше белков, поэтому информация о большинстве митохондриальных белков содержится в ядерной ДНК, и эти белки синтезируются в цитоплазме клетки. Митохондрии способны автономно размножаться путем деления надвое. Между наружной и внутренней мембранами находится протонный резервуар, где происходит накопление  $H^+$ . **Функции митохондрий:** 1) синтез АТФ, 2) кислородное расщепление органических веществ.

Согласно одной из гипотез (теория симбиогенеза) митохондрии произошли от древних свободноживущих аэробных прокариотических организмов, которые, случайно проникнув в клетку-хозяина, затем образовали с ней взаимовыгодный симбиотический комплекс. В пользу этой гипотезы свидетельствуют следующие данные. Во-первых, митохондриальная ДНК имеет такие же особенности строения как и ДНК современных бактерий (замкнута в кольцо, не связана с белками). Во-вторых, митохондриальные рибосомы и рибосомы бактерий относятся к одному типу — 70S-типу. В-третьих, механизм деления митохондрий сходен с таковым бактерий. В-

четвертых, синтез митохондриальных и бактериальных белков подавляется одинаковыми антибиотиками.

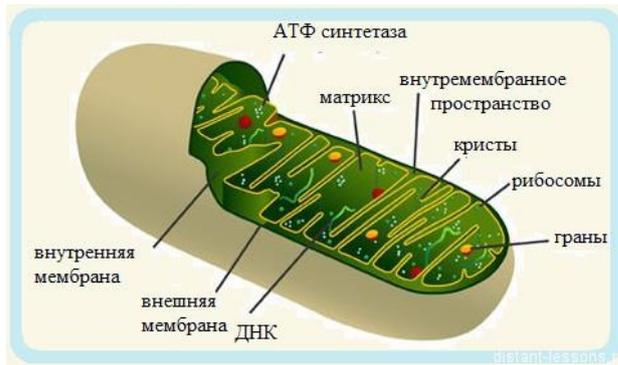


Рис.14 Митохондрия

Под микроскопом

**Пластиды.** Пластиды характерны только для растительных клеток (Рис15). Различают **три основных типа пластид**: лейкопласты — бесцветные пластиды в клетках неокрашенных частей растений, хромопласты — окрашенные пластиды обычно желтого, красного и оранжевого цветов, хлоропласты — зеленые пластиды.

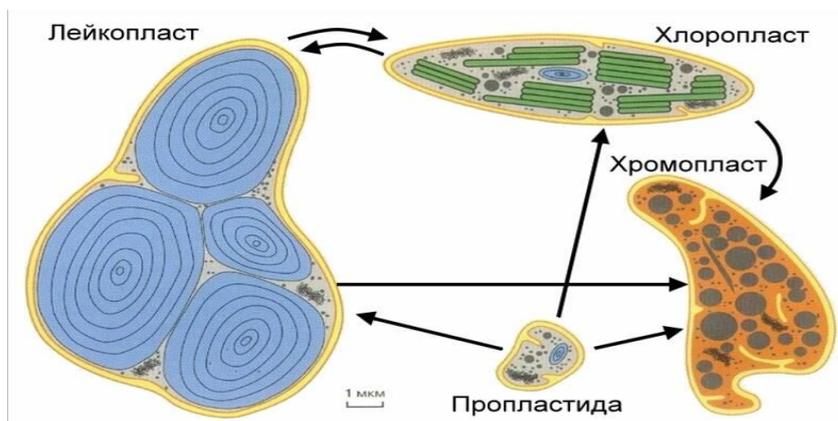


Рис.15 Пластиды

**Хлоропласты.** В клетках высших растений хлоропласты имеют форму двояковыпуклой линзы (Рис. 16). Длина хлоропластов колеблется в пределах от 5 до 10 мкм, диаметр — от 2 до 4 мкм. Хлоропласты ограничены двумя мембранами. Наружная мембрана гладкая, внутренняя имеет сложную складчатую структуру. Наименьшая складка называется тилакоидом. Группа тилакоидов, уложенных наподобие стопки монет, называется граной. В хлоропласте содержится в среднем 40–60 гран, расположенных в шахматном порядке. Граны связываются друг с другом уплощенными каналами — ламеллами. В мембраны тилакоидов встроены фотосинтетические пигменты и ферменты, обеспечивающие синтез АТФ. Главным фотосинтетическим пигментом является хлорофилл, который и обуславливает зеленый цвет хлоропластов.

Внутреннее пространство хлоропластов заполнено стромой. В строме имеются кольцевая «голая» ДНК, рибосомы 70S-типа, ферменты цикла Кальвина, зерна крахмала. Внутри каждого тилакоида находится протонный резервуар, происходит накопление  $H^+$ . Хлоропласты, также как митохондрии, способны к автономному размножению путем деления надвое. Они содержатся в клетках зеленых частей высших растений, особенно много хлоропластов в листьях и зеленых плодах. Хлоропласты низших растений называют хроматофорами.

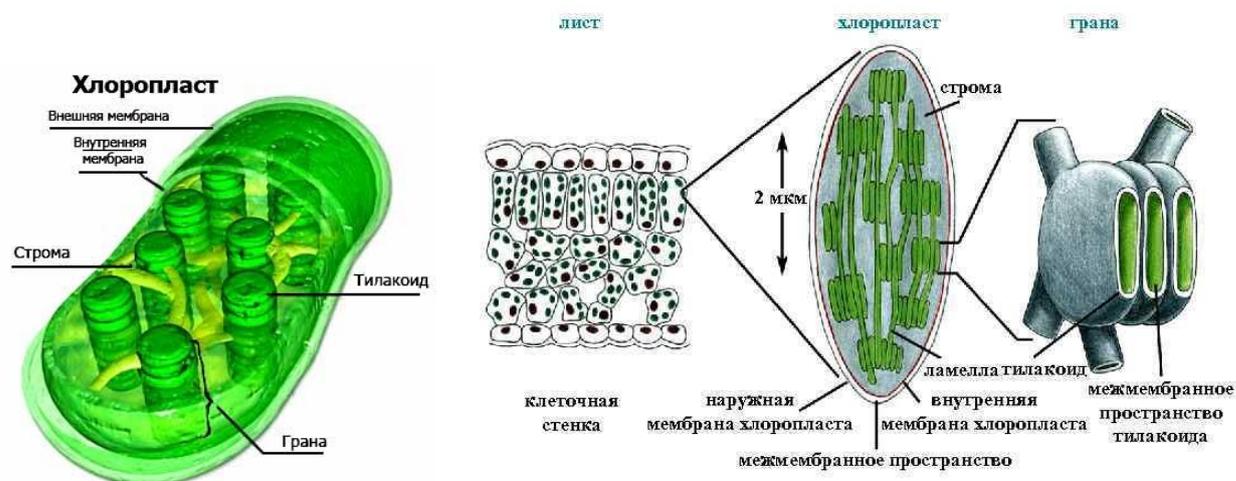


Рис. 16 Строение хлоропласта

**Функция хлоропластов:** фотосинтез. Полагают, что хлоропласты произошли от древних эндосимбиотических цианобактерий (теория симбиогенеза). Основанием для такого предположения является сходство хлоропластов и современных бактерий по ряду признаков (кольцевая, «голая» ДНК, рибосомы 70S-типа, способ размножения).

**Лейкопласты.** Форма варьирует (шаровидные, округлые, чашевидные и др.) (Рис.17). Лейкопласты ограничены двумя мембранами. Наружная мембрана гладкая, внутренняя образует малочисленные тилакоиды. В строме имеются кольцевая «голая» ДНК, рибосомы 70S-типа, ферменты синтеза и гидролиза запасных питательных веществ. Пигменты отсутствуют. Особенно много лейкопластов имеют клетки подземных органов растения (корни, клубни, корневища и др.).

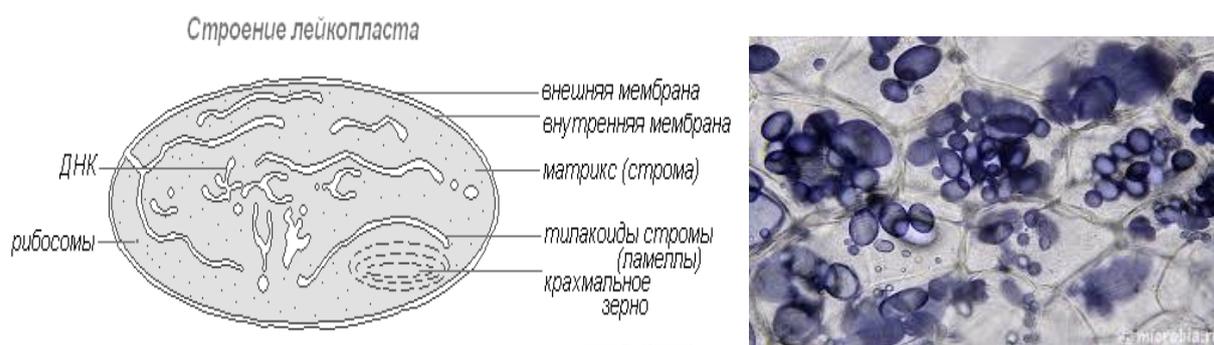


Рис.17 Строение лейкопласта

**Функция лейкопластов:** синтез, накопление и хранение запасных питательных веществ. **Амилопласты** — лейкопласты, которые синтезируют и накапливают крахмал, **элайопласты** — масла, **протеинопласты** — белки. В одном и том же лейкопласте могут накапливаться разные вещества.

**Хромопласты.** Ограничены двумя мембранами (Рис.18). Наружная мембрана гладкая, внутренняя или также гладкая, или образует единичные тилакоиды. В строме имеются кольцевая ДНК и пигменты — каротиноиды, придающие хромопластам желтую, красную или оранжевую окраску. Форма накопления пигментов различная: в виде кристаллов, растворены в липидных каплях (8) и др. Содержатся в клетках зрелых плодов, лепестков, осенних листьев,

редко — корнеплодов. Хромопласты считаются конечной стадией развития пластид.



Рис.18 Строение хромопласта

**Функция хромопластов:** окрашивание цветов и плодов и тем самым привлечение опылителей и распространителей семян.

Все виды пластид могут образовываться из пропластид. **Пропластиды** — мелкие органоиды, содержащиеся в меристематических тканях. Поскольку пластиды имеют общее происхождение, между ними возможны взаимопревращения. Лейкопласты могут превращаться в хлоропласты (позеленение клубней картофеля на свету), хлоропласты — в хромопласты (пожелтение листьев и покраснение плодов). Превращение хромопластов в лейкопласты или хлоропласты считается невозможным.

### Немембранные органоиды

**Рибосомы** — немембранные органоиды, диаметр примерно 20 нм. (Рис.19) **Строение.** Рибосомы состоят из двух субъединиц — большой и малой, на которые могут диссоциировать. Химический состав рибосом — белки и рРНК. Молекулы рРНК составляют 50–63% массы рибосомы и образуют ее структурный каркас. Различают два типа рибосом: 1) эукариотические (с константами седиментации целой рибосомы — 80S, малой субъединицы — 40S, большой — 60S) и 2) прокариотические (соответственно 70S, 30S, 50S).

В составе рибосом эукариотического типа 4 молекулы рРНК и около 100 молекул белка, прокариотического типа — 3 молекулы рРНК и около 55 молекул белка. Во время биосинтеза белка рибосомы могут «работать» поодиночке или объединяться в комплексы — **полирибосомы (полисомы)**. В таких комплексах они связаны друг с другом одной молекулой иРНК. Прокариотические клетки имеют рибосомы только 70S-типа. Эукариотические клетки имеют рибосомы как 80S-типа (шероховатые мембраны ЭПС, цитоплазма), так и 70S-типа (митохондрии, хлоропласты).

Субъединицы рибосомы эукариот образуются в ядрышке. Объединение субъединиц в целую рибосому происходит в цитоплазме, как правило, во время биосинтеза белка.

**Функция рибосом: сборка полипептидной цепочки (синтез белка).**

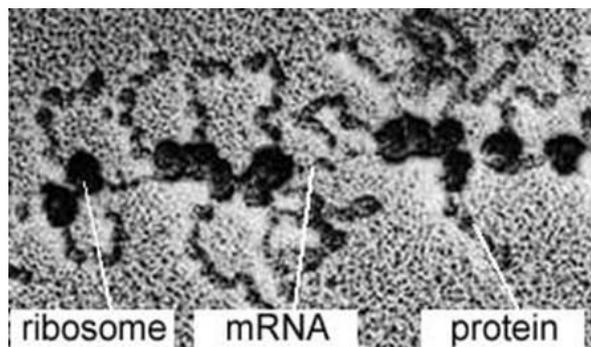
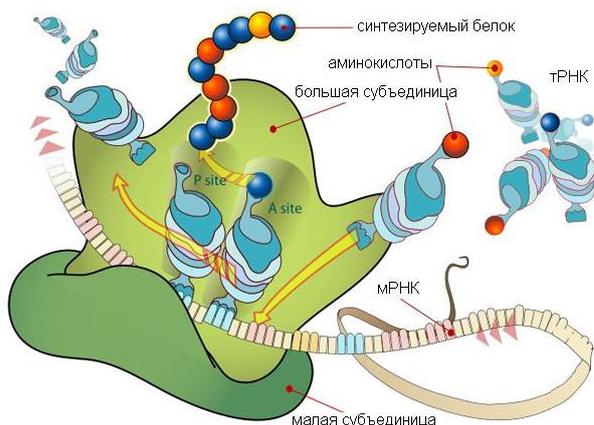


Рис.19 Рибосома

Под микроскопом

**Цитоскелет** образован микротрубочками и микрофиламентами. Микротрубочки — цилиндрические неразветвленные структуры.

**Строение.** Длина микротрубочек колеблется от 100 мкм до 1 мм, диаметр составляет примерно 24 нм, толщина стенки — 5 нм. Основной химический компонент — белок тубулин. Микротрубочки разрушаются под воздействием колхицина. Микрофиламенты — нити диаметром 5–7 нм, состоят из белка актина. Микротрубочки и микрофиламенты образуют в цитоплазме сложные переплетения.

**Функции цитоскелета:** 1) определение формы клетки, 2) опора для органоидов, 3) образование веретена деления, 4) участие в движениях клетки, 5) организация тока цитоплазмы.

**Клеточный центр** включает в себя две центриоли и центросферу (Рис.20). **Центриоль** представляет собой цилиндр, стенка которого образована девятью группами из трех слившихся микротрубочек (9 триплетов), соединенных между собой через определенные интервалы поперечными сшивками. Центриоли объединены в пары, где они расположены под прямым углом друг к другу. Перед делением клетки центриоли расходятся к противоположным полюсам, и возле каждой из них возникает дочерняя центриоль. Они формируют веретено деления, способствующее равномерному распределению генетического материала между дочерними клетками. В клетках высших растений (голосеменные, покрытосеменные) клеточный центр центриолей не имеет. Центриоли относятся к самовоспроизводящимся органоидам цитоплазмы, они возникают в результате дупликации уже имеющихся центриолей.

**Функции:** 1) обеспечение расхождения хромосом к полюсам клетки во время митоза или мейоза, 2) центр организации цитоскелета.

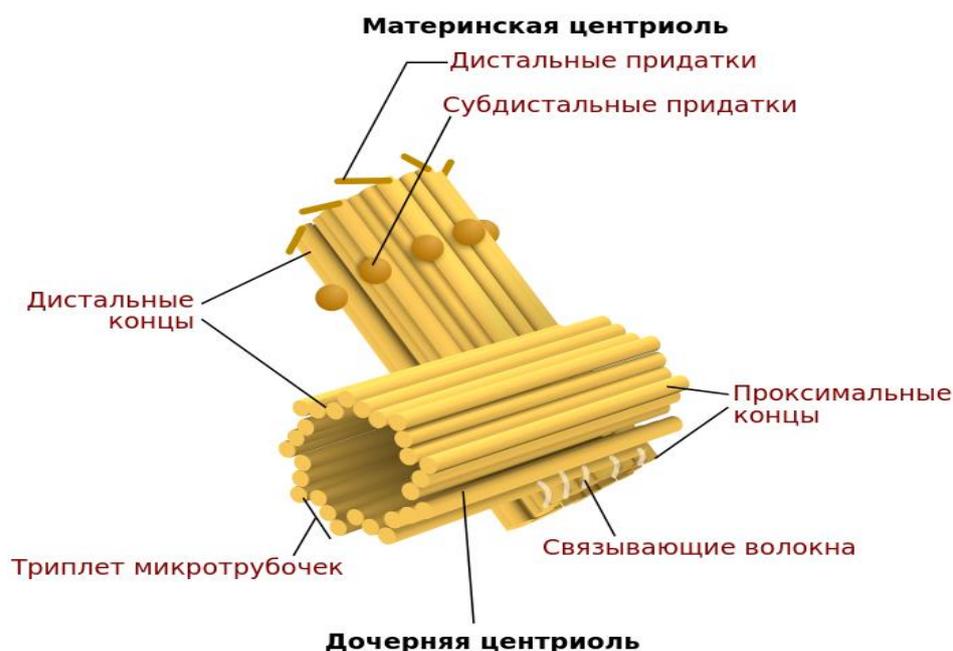


Рис.20 Строение клеточного центра

## Органоиды движения

Присутствуют не во всех клетках. К органоидам движения относятся реснички (инфузории, эпителий дыхательных путей), жгутики (жгутиконосцы, сперматозоиды), ложноножки (корненожки, лейкоциты), миофибриллы (мышечные клетки) и др.

**Жгутики и реснички** — органоиды нитевидной формы, представляют собой аксонему, ограниченную мембраной. Аксонема — цилиндрическая структура; стенка цилиндра образована девятью парами микротрубочек, в его центре находятся две одиночные микротрубочки. В основании аксонемы находятся базальные тельца, представленные двумя взаимно перпендикулярными центриолями (каждое базальное тельце состоит из девяти триплетов микротрубочек, в его центре микротрубочек нет). Длина жгутика достигает 150 мкм, реснички в несколько раз короче.

**Миофибриллы** состоят из актиновых и миозиновых миофиламентов, обеспечивающих сокращение мышечных клеток.

## Клеточное ядро

Клеточное ядро (Рис.21) отделено от содержимого клетки оболочкой. Функции ядра состоят в хранении наследственного материала (ДНК), его воспроизводстве (репликация ДНК) с целью передачи в ряду клеточных поколений (митоз), а также в реализации наследственной информации в ходе биосинтеза белка в жизнедеятельности клетки (транскрипция, процессинг пре-РНК транскриптов). В нем образуются структурные элементы - большая и малая субъединицы - цитоплазматических органелл рибосом, на которых в цитоплазме происходит образование полипептидов (простых белков). В ядре выделяют ядерную оболочку, ядерный матрикс, ядрышко, хромосомы (хроматин), ядерный сок.

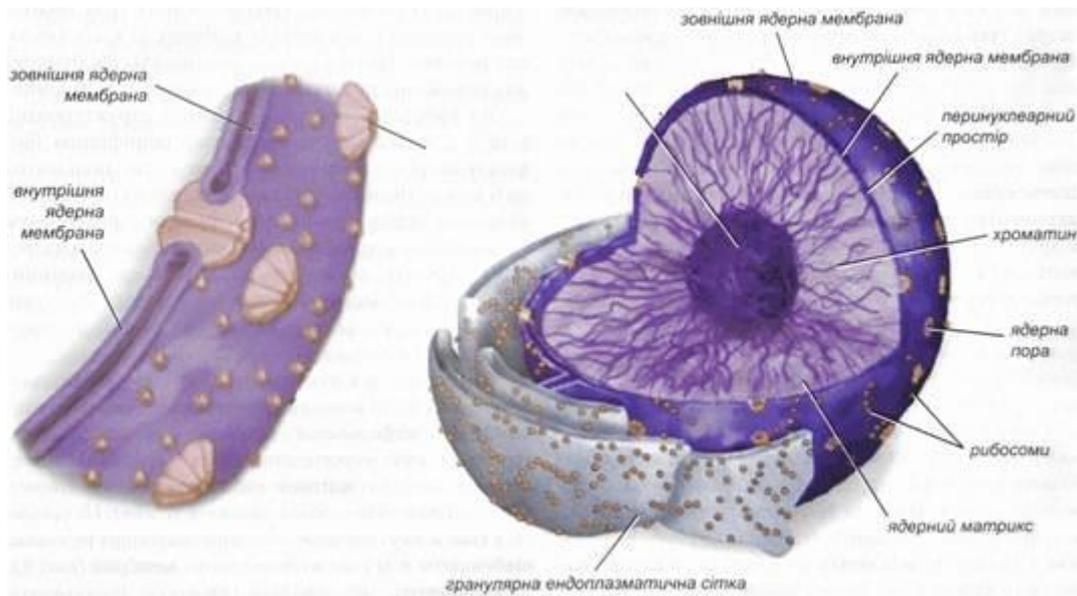


Рис.21 Стрoение клеточного ядра

**Ядерная оболочка.** Функции ядерной оболочки (кариолемма) состоят в отграничении ядерного содержимого от цитоплазмы, поддержании условий, необходимых для выполнения ядром функций, в частности генетических, в обеспечении доступа к генетическому материалу и структурам (ДНК, хромосомы) сигналов (транскрипционные факторы), меняющих функциональное состояние генов, в упорядочении пространственной организации генетических структур и процессов, в реализации двусторонних ядерно-цитоплазматических обменов и взаимодействий. Ядерная оболочка состоит из двух мембран, разделенных околядерным (перинуклеарным) пространством. Несмотря на сходство электронно-микроскопической картины, скорость обмена фосфолипидов во внешней мембране в 4 раза превосходит скорость их обмена во внутренней. Перинуклеарное пространство (20-50 нм) сообщается с канальцами цито(эндо)плазматической сети. К наружной мембране ядерной оболочки прикрепляются рибосомы и полисомы. В околядерной зоне цитоплазмы повышено содержание микрофиламентов и микротрубочек. К внутренней мембране, за исключением участков, занятых порами, прилежит высоко компактизированный хроматин. Между мембраной и хроматином располагается ядерная ламина (плотная пластинка). Она образована

промежуточными микрофиламентами (10 нм) в комплексе с белками внутренней ядерной мембраны. Плотная пластинка выполняет структурную функцию: при ее наличии ядро сохраняет форму в отсутствие обеих мембран ядерной оболочки.

**Ядерная пора (поровый комплекс)** - структура диаметром порядка 100 нм, в образовании которой принимают участие обе мембраны ядерной оболочки и более 1000 белков. Число ядерных пор на 1 мкм<sup>2</sup> ядерной оболочки зависит от интенсивности синтетических процессов в клетке. Оболочка ядра зрелого сперматозоида лишена пор.

**Ядерный матрикс** представлен нерастворимыми белками числом порядка 50. Предполагается наличие единой для внутреннего содержимого ядра сетчатой конструкции (скэффолд). Ее образуют плотно упакованные фибриллы (5-7 нм) с обозначениями согласно зонам их расположения в ядре - перихроматиновые, связанные с ядрышком. Конструкция связана с поровыми комплексами, плотной пластинкой, хроматином, ядрышком. Ее рассматривают как динамичную каркасную и объединяющую внутриядерные процессы структуру. Наряду с ядерным матриксом для обозначения внутренней среды ядра используют термин «ядерный сок». Его роль видится в обеспечении условий для функционирования генетического аппарата клетки - наличие предшественников для образования ДНК или РНК и ферментов их синтеза, ферментов молекулярной репарации ДНК или процессинга пре-и(м)РНК транскриптов. В нем находятся «транзитные» компоненты, следующие после проникновения внутрь ядра к ДНК хромосом или же в обратном направлении к ядерной оболочке и далее в цитоплазму.

**Ядрышко.** В интерфазных клеточных ядрах эукариот обнаруживается хорошо различимое при микроскопировании образование - ядрышко (нуклеола). В ядрышках образуются молекулы рибосомных РНК (рРНК), входящих в структуру рибосом - безмембранных цитоплазматических органелл, на которых происходит образование полипептидов (простых

белков). Необходимость белковых синтезов для жизнедеятельности любой клетки объясняет наличие ядрышек в клетках всех эукариот.

Образование трех из четырех видов рРНК эукариот (у прокариот три вида рРНК) происходит на генах (рДНК), занимающих определенные участки или локусы хромосом - ядрышковые организаторы. У человека - это хромосомы 13, 14, 15, 20 и 21. В области организаторов формируются ядрышки. Нередко, но не всегда, указанные области соответствуют участкам первичных (околоцентромерный гетерохроматин) или вторичных перетяжек хромосом. Количество ядрышек на ядро - величина переменная. Максимальное их количество не превышает числа организаторов. Снижение в сравнении с числом ядрышковых организаторов количества нуклеол объясняется их слиянием. В диплоидных соматических клетках человека при количестве ядрышковых организаторов, равном 10, ядрышко может быть одно. Совокупное количество ядрышкового материала различается в клетках разного типа или в клетках одного типа при изменении функционального состояния. Оно отражает необходимость обеспечить образование требуемой массы рРНК.

**Хроматин (хромосомы).** В ядре сосредоточена большая часть ДНК эукариотической клетки - 90%. Она распределена между ядерными структурами - хромосомами (греч. *chroma* - цвет, *soma* - тело). Морфология хромосом меняется по стадиям клеточного цикла. При вхождении клетки в митоз материал хромосом приобретает плотную упаковку (митотическая форма), а вне митоза - рыхлую (интерфазная форма).

Хромосомы во взаимодействии с внехромосомными механизмами обеспечивают:

- хранение генетической информации;
- использование этой информации для воспроизводства и поддержания клеточной организации и функций;
- регуляцию считывания (транскрипция) наследственной информации;

- удвоение (репликация, самокопирование) генетического материала материнских клеток перед клеточным делением;
- передачу этого материала дочерним клеткам в процессе митоза. Первую из этих функций хромосома выполняет в обеих структурных формах - митотической и интерфазной, следующие три функции - в интерфазной форме, последнюю - в митотической форме. Хромосомная организация наследственного материала эукариот создает условия для тонкой регуляции генетических функций, репара-тивных процессов, минимизирующих объем нарушений молекулярной структуры ДНК, а также для рекомбинации ДНК в ходе мейоза при образовании половых клеток . Как правило, эукариотическая хромосома содержит одну двойную спираль ДНК, образованную двумя линейными комплементарными друг другу молекулами. Белки хромосом выполняют функции: защитную, структурную, ре-гуляторную, каталитическую, сервисную, опознавательную-сигнальную и ряд других.

Особое место среди хромосомных белков принадлежит гистонам. Проявляя в химическом отношении основные свойства и характеризуясь в целом положительным зарядом (благодаря высокому содержанию аминокислот аргинина и лизина), они образуют ионные связи с отрицательно заряженными фосфатными группами внешней стороны двойной спирали ДНК. В составе нуклеогистонового комплекса ДНК менее доступна ферментам нуклеазам, вызывающим ее гидролиз (функция защиты). Гистоны выполняют структурную функцию, участвуя в процессе компактизации хроматина. Нуклеогистоновый комплекс ограничивает доступ к ДНК с целью использовать заключенную в ней генетическую информацию. Формирование инициаторного (стартового) комплекса перед началом транскрипции включает ацетилирование гистонов в промоторной области транскрипта, что, предположительно, облегчает доступ соответствующих ферментов к ДНК (регуляторная функция). Гистоновые белки представлены пятью видами (фракциями): *H1*, *H2A*, *H2B*, *H3* и *H4*. Число ядерных негистоновых белков превышает несколько сотен. Среди них ферменты транскрипции РНК,

репликации, репарации и химической модификации ДНК (каталитическая функция). Фиксируя участки двойной спирали (англ. *SAR - Scaffold Attachment Regions*), такие белки удерживают «открытую» конфигурацию хроматина, «разрешающую» доступ к биоинформации ДНК, то есть ее транскрипцию.

**РНК хромосом** представлена продуктами транскрипции, еще не покинувшими место синтеза, - непосредственный продукт транскрипции генов или пре-и(м)РНК, пре-рРНК, пре-тРНК транскрипты. 5S РНК, которые «метят» начало и конец фрагментов пре-и(м)РНК транскрипта, соответствующие интронам, чем обеспечивают точность их удаления (сервисная или «конценсусная» функция на уровне пре-и(м)РНК транскрипта). Некоторые виды РНК «временного внутриядерного пребывания» создают условия для основного процесса, выполняя сигнальную функцию.

### **Структурная организация эукариотической хромосомы**

На протяжении клеточного цикла хромосома сохраняет структурную целостность. В разные фазы цикла наблюдаемые под микроскопом картины меняются. Изменения хромосом при переходах из одной формы структурной организации в другую в клеточном цикле связаны со сменой функциональных приоритетов. В основе таких переходов лежит процесс компактизации-декомпактизации (конденсация-деконденсация) хромосомного материала - хроматина. Суммарная длина вытянутых в нити биспиралей ДНК 46 хромосом человека равна примерно 190 см, тогда как суммарная длина 46 метафазных хромосом, содержащих те же молекулы ДНК в состоянии максимальной компактизации, составляет порядка 180 мкм. Вследствие компактизации при переходе хромосом из интерфазной формы в митотическую суммарный линейный показатель сокращается примерно в 7-10 тыс. раз. Тело человека состоит из  $5 \times 10^{13}$ - $10^{14}$  клеток и, следовательно, суммарная длина всех биспиралей ДНК в организме людей составляет 1011 км.

Выделяют следующие уровни компактизации хроматина (Рис.22)

1. Нуклеосомный, нуклеосомная нить
2. Нуклеомерный, хроматиновая фибрилла, состоящая из упакованных нуклеосом
3. Хромомерный или петельно-доменный, петли хроматиновой фибриллы
4. Хромонемный, конденсированный участок метафазной хромосомы (одной из хроматид)
5. Хроматидный, целая метафазная хромосома (состоит из двух хроматид - хромосом дочерних клеток)

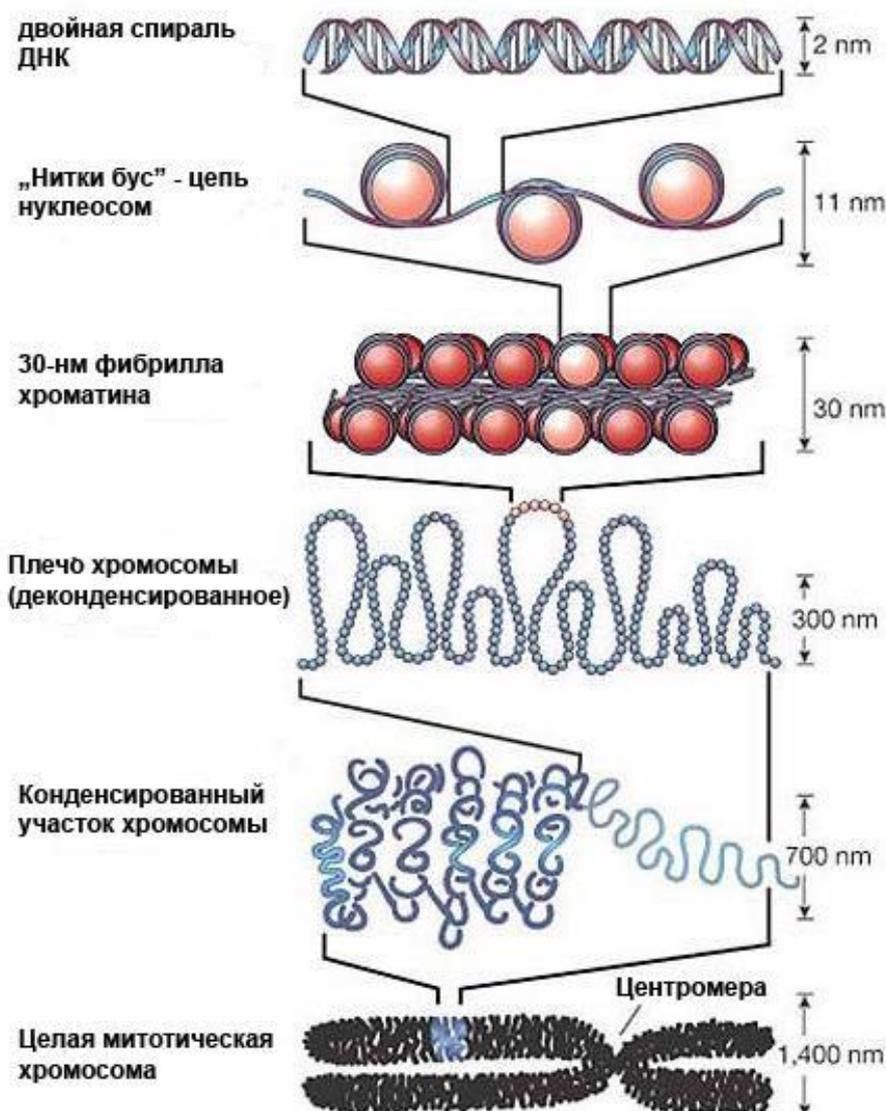


Рис.22 Уровни компактизации хроматина.

## Строение эукариотических клеток

Структура	Строение и состав	Функции структуры
Плазматическая мембрана	Представляет собой двойной слой липидных молекул – фосфолипидов, плотно расположенных друг к другу. Состоит из липидов, белков и сложных углеводов.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. защищает цитоплазму от физических и химических повреждений</li> <li>2. избирательно регулирует обмен веществ между клеткой и внешней средой</li> <li>3. обеспечивает контакт с соседними клетками</li> </ol>
Ядро	Двойная ядерная мембрана, окружающая кариоплазму (ядерный сок). Мембрана пронизана порами, через которые происходит обмен веществ между ядром и цитоплазмой	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. регулирует клеточную активность</li> <li>2. содержит ДНК, хранящую информацию о специфической последовательности аминокислот в белке</li> <li>3. мембрана ядра через ЭПС связана с наружной мембраной</li> </ol>
Ядрышко	Округлое тельце диаметром около 1 мкм	Происходит сборка рибосомных субъединиц, синтез рРНК
Цитоплазма	Органоиды: эндоплазматическая сеть, рибосомы, митохондрии, пластиды, комплекс Гольджи, лизосомы и др.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. объединяет все компоненты клетки в единую систему</li> <li>2. осуществляются все процессы клеточного метаболизма, кроме синтеза нуклеиновых кислот</li> <li>3. принимает участие в передаче информации (цитоплазматическая наследственность)</li> <li>4. участвует в переносе веществ и перемещении органоидов внутри клетки</li> <li>5. участвует в передвижении клетки</li> </ol>

		(амебовидное движение)
Хромосомы	Две хроматиды, соединенные в области центромеры. Состоят из ДНК и белка	Хранят и распределяют генетическую информацию
Митохондрии	Внешняя мембрана, наружная мембрана, внутренняя мембрана, из которой образуются складки (кристы). Внутри находятся РНК, ДНК, рибосомы	1.образуется энергия (синтез АТФ) в результате окислительных процессов 2. осуществляют аэробное дыхание
Рибосомы	Немембранные компоненты клетки. Состоят из двух субъединиц (большой и малой)	Сборка белковых молекул
Эндоплазматический ретикулум (ЭПС)	Система уплощенных, удлинённых, трубчатых и пузыреобразных элементов	Обеспечивает синтез углеводов, липидов, белков и их перемещение внутри клетки
Аппарат Гольджи	Три основных элемента: стопка уплощенных мешочков (цистерн), пузырьки и вакуоли	Модификация, накопление, сортировка продуктов синтеза и распада веществ
Лизосомы	Одномембранные структуры, внешне напоминающие пузырьки.	1.внутриклеточное переваривание макромолекул пищи 2.уничтожение старых клеток (аутолиз или <u>автолиз</u> )
Клеточная стенка	Животные клетки – отсутствует	-
	Растительные – состоят из целлюлозы	1.опорная 2.защитная
Пластиды (хлоропласты, хромопласты, лейкопласты)	Мембранные органоиды, содержащие хлорофилл, <u>ксантофилл</u> , <u>каротиноиды</u> , ДНК Существуют только в растительных клетках.	1.фотосинтез 2.запас питательных веществ
Вакуоли	Растительные клетки – органоиды, ограниченные мембраной, содержащие клеточный сок.	1.создание и поддержание <u>тургора тканей</u> 2.запас необходимых веществ (особенно воды) 3.отложение вредных

		веществ 4. ферментативное расщепление органических соединений
	Животные клетки имеют пищеварительные вакуоли и автографические вакуоли. Относятся к группе вторичных лизосом. Содержат гидролитические ферменты.	1. пищеварение 2. выделение
	У одноклеточных животных есть сократительные вакуоли	1. осморегуляция 2. выделение
Микротрубочки и микрофиламенты	Белковые образования, цилиндрической формы	1. образование цитоскелета клетки, центриолей, базальных телец, жгутиков, ресничек 2. обеспечение внутриклеточного движения (митохондрий и др.)
Реснички, жгутики	Система микротрубочек, покрытых мембраной	1. перемещение клетки 2. формирование потоков жидкости у поверхности клеток
Клеточный центр	Немембранный органоид, в котором находятся центриоли – система микротрубочек	1. участие в организации <u>цитоскелета</u> клетки 2. участвует в равномерном распределении генетического материала при клеточном делении 3. образует <u>митотическое веретено</u>

### Сравнительная характеристика эукариот и прокариот.

Важнейшая, основополагающая особенность эукариотических клеток связана с расположением генетического аппарата в клетке. Генетический аппарат всех эукариот находится в ядре и защищён ядерной оболочкой (по-гречески «эукариот» значит «хорошее ядро»). ДНК эукариот линейная (у

прокариот ДНК кольцевая и находится в особой области клетки — нуклеоиде, который не отделён мембраной от остальной цитоплазмы). Она связана с белками-гистонами и другими белками хромосом, которых нет у бактерий.

В жизненном цикле эукариот обычно присутствуют две ядерные фазы (гаплофаза и диплофаза). Первая фаза характеризуется гаплоидным (одинарным) набором хромосом, далее, сливаясь, две гаплоидные клетки (или два ядра) образуют диплоидную клетку (ядро), содержащую двойной (диплоидный) набор хромосом. Иногда при следующем делении, а чаще спустя несколько делений клетка вновь становится гаплоидной. Такой жизненный цикл и в целом диплоидность для прокариот не характерны.

Третье, пожалуй, самое интересное отличие, — это наличие у эукариотических клеток особых органелл, имеющих свой генетический аппарат, размножающихся делением и окружённых мембраной. Эти органеллы — митохондрии и пластиды. По своему строению и жизнедеятельности они поразительно похожи на бактерий. Это обстоятельство натолкнуло современных учёных на мысль, что подобные организмы являются потомками бактерий, вступившими в симбиотические отношения с эукариотами. Прокариоты характеризуются малым количеством органелл, и ни одна из них не окружена двойной мембраной. В клетках прокариот нет эндоплазматического ретикулума, аппарата Гольджи, лизосом.

Ещё одно важное различие между прокариотами и эукариотами — наличие у эукариот эндоцитоза, в том числе у многих групп — фагоцитоза. Фагоцитозом (дословно «поедание клеткой») называют способность эукариотических клеток захватывать, заключая в мембранный пузырь, и переваривать самые разные твёрдые частицы. Этот процесс обеспечивает в организме важную защитную функцию. Впервые он был открыт И. И. Мечниковым у морских звёзд. Появление фагоцитоза у эукариот скорее всего связано со средними размерами (далее о размерных различиях написано подробнее). Размеры прокариотических клеток несоизмеримо меньше, и

поэтому в процессе эволюционного развития эукариот у них возникла проблема снабжения организма большим количеством пищи. Как следствие среди эукариот появляются первые настоящие, подвижные хищники.

Большинство бактерий имеет клеточную стенку, отличную от эукариотической (далеко не все эукариоты имеют её). У прокариот это прочная структура, состоящая главным образом из муреина (у архей из псевдомуреина). Строение муреина таково, что каждая клетка окружена особым сетчатым мешком, являющимся одной огромной молекулой. Среди эукариот клеточную стенку имеют многие протисты, грибы и растения. У грибов она состоит из хитина и глюканов, у низших растений — из целлюлозы и гликопротеинов, диатомовые водоросли синтезируют клеточную стенку из кремниевых кислот, у высших растений она состоит из целлюлозы, гемицеллюлозы и пектина. Видимо, для более крупных эукариотических клеток стало невозможно создавать клеточную стенку из одной молекулы высокую по прочности. Это обстоятельство могло заставить эукариот использовать иной материал для клеточной стенки. Другое объяснение состоит в том, что общий предок эукариот в связи с переходом к хищничеству утратил клеточную стенку, а затем были утрачены и гены, отвечающие за синтез муреина. При возврате части эукариот к осмотрофному питанию клеточная стенка появилась вновь, но уже на другой биохимической основе.

Разнообразен и обмен веществ у бактерий. Вообще всего выделяют четыре типа питания, и среди бактерий встречаются все. Это фотоавтотрофные, фотогетеротрофные, хемоавтотрофные, хемогетеротрофные (фототрофные используют энергию солнечного света, хемотрофные используют химическую энергию). Эукариоты же либо сами синтезируют энергию из солнечного света, либо используют готовую энергию такого происхождения. Это может быть связано с появлением среди эукариотов хищников, необходимость синтезировать энергию для которых отпала. Ещё одно отличие — строение жгутиков. У бактерий жгутиками

являются полые нити диаметром 15—20 нм из белка флагеллина. Строение жгутиков эукариот гораздо сложнее. Они представляют собой вырост клетки, окруженный мембраной, и содержат цитоскелет (аксонему) из девяти пар периферических микротрубочек и двух микротрубочек в центре. В отличие от вращающихся прокариотических жгутиков жгутики эукариот изгибаются или извиваются.

Две группы рассматриваемых нами организмов, как уже было сказано, сильно отличаются и по своим средним размерам. Диаметр прокариотической клетки составляет обычно 0,5—10 мкм, когда тот же показатель у эукариот составляет 10—100 мкм. Объем такой клетки в 1000—10000 раз больше, чем прокариотической.

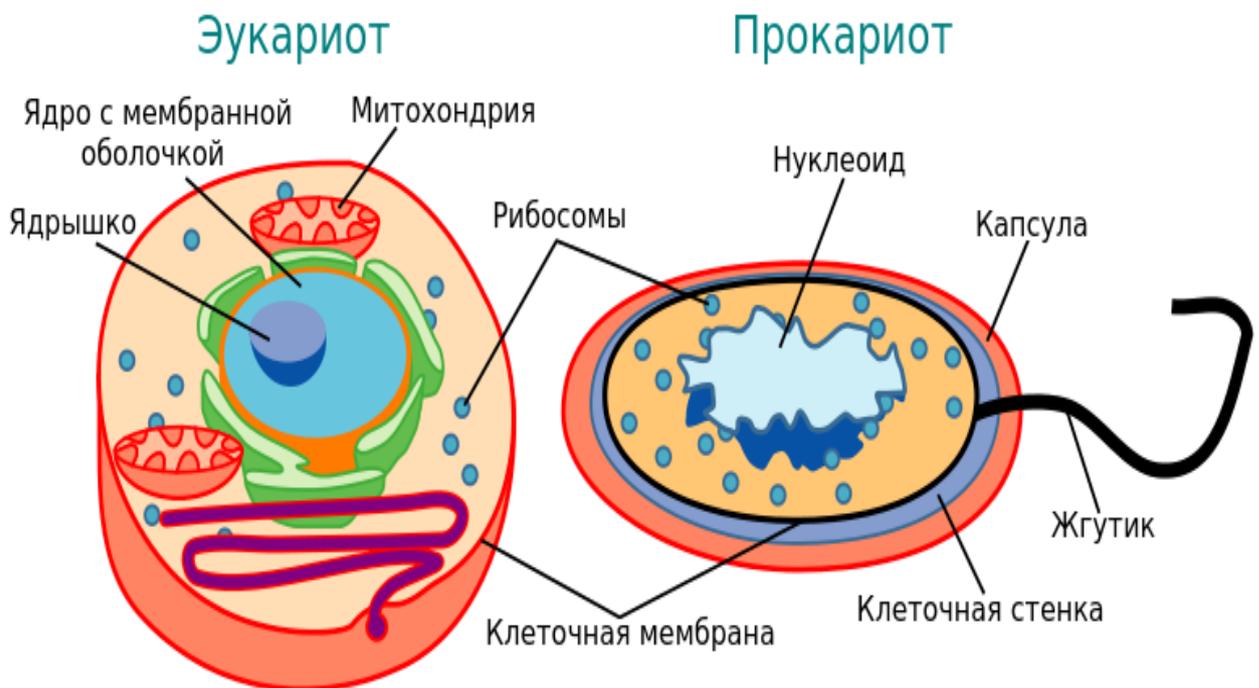
Рибосомы прокариот мелкие (70S-типа). Клетки эукариот содержат как более крупные рибосомы 80S-типа, находящиеся в цитоплазме, так и 70s-рибосомы прокариотного типа, расположенные в митохондриях и пластидах.

Видимо, различается и время возникновения этих групп. Первые прокариоты возникли в процессе эволюции около 3,5 млрд лет назад, от них около 1,2 млрд лет назад произошли эукариотические организмы.

#### **Клетки прокариот и эукариот: сравнительная характеристика**

Признак	Прокариоты	Эукариоты
Клеточная стенка	У бактерий – из муреина, у цианобактерий — из целлюлозы	У животных нет, у грибов из хитина, у растений из целлюлозы
Ядро и генетический материал	Ядра нет; кольцевая ДНК в цитоплазме, хромосом нет. Гистонов нет	Ядро есть; двуцепочечная ДНК находится в ядре, соединена с белками-гистонами и образует хромосомы
Мембранные органоиды	Нет	Есть

Рибосомы	Мелкие, находятся в цитоплазме, 70S	Крупные, большинство расположено на эндоплазматической сети, 80S
Деление клеток	Деление пополам. Митоз не характерен	Митоз и мейоз
Диссимиляция	Анаэробная и аэробная	Преобладает аэробная
Фотосинтез	У некоторых бактерий и цианобактерий	Только у растений
Хемосинтез	Некоторые бактерии	Не возможен
Азотфиксация	Некоторые бактерии	Не возможна



## Практическая часть

### Задание №1

Цель: изучить особенности строения эукариотических и прокариотических клеток, выделить сходство и различие в их строении.

Оборудование: микроскопы, микропрепараты клеток растений, грибов, животных, рисунки клеток различных организмов

Ход работы

1. Рассмотрите под микроскопом микропрепараты растительных клеток, грибов, клеток животных и бактерий.

2. Зарисуйте строение эукариотической и прокариотической клеток.

3. Сравните строение клеток эукариот и прокариот.

4. Данные занесите в таблицу

5. Сделайте вывод по работе.

Тема: «Сравнительная характеристика прокариотических и эукариотических клеток».

Цель работы: сравнить строение клеток прокариот и эукариот, сделать выводы о причинах сходства и различий.

Таблица №1 «Сравнительная характеристика строения клеток прокариот и эукариот»

Структура	Эукариотические клетки	Прокариотические клетки
Клеточная стенка		
Клеточная (плазматическая) мембрана		
Ядро		
Цитоплазма		
Хромосомы		
Эндоплазматический ретикулум (ЭПС)		
Рибосомы		
Комплекс Гольджи		
Лизосомы		
Митохондрии		
Вакуоли		
Реснички и жгутики		
<u>Хлоропласты</u>		
<u>Микротрубочки, микрофиламенты</u>		

ВЫВОД:

## Задание №2

Цель: изучить особенности строения эукариотических клеток на примере клетки кожицы лука.

Оборудование: микроскопы, предметные стёкла, покровные стёкла, пипетки, пинцеты, раствор йода.

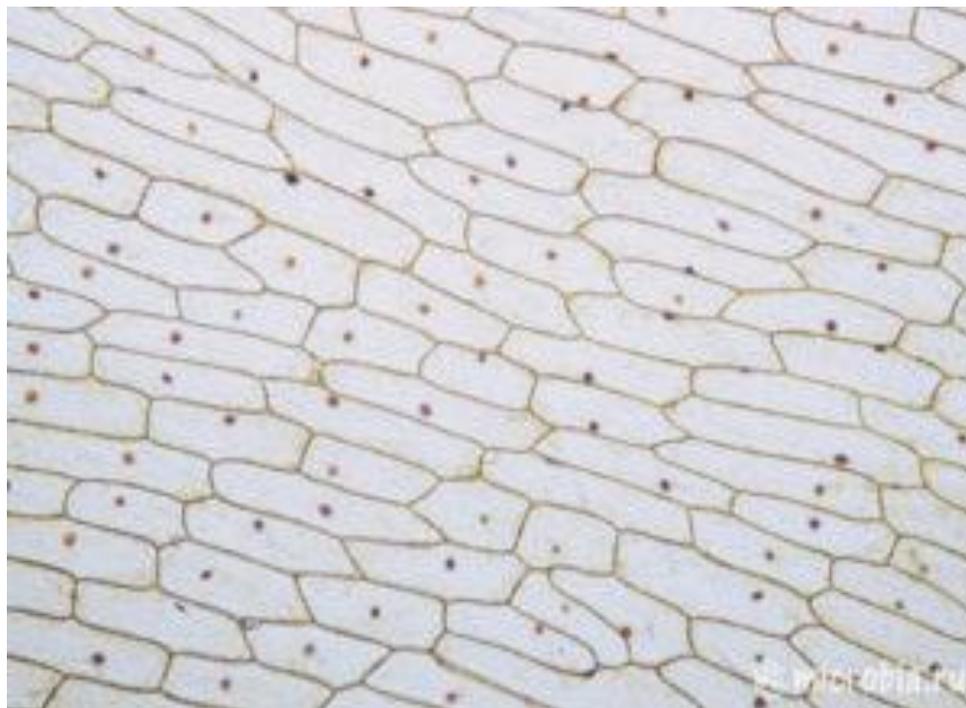
Ход работы

Взять дольку луковицы и отделить мясистую чешую. Снять пинцетом тонкую пленку, покрывающую чешую с внутренней стороны.(кожицу). Отрезать кусочки кожицы и положить на предметное стекло. Набрать пипеткой раствор йода, нанести каплю на кожицу, накрыть покровным стеклом и рассмотреть препарат под микроскопом.

На препарате видны тесно прилегающие друг к другу клетки вытянутой, почти прямоугольной формы. Ядро обычно занимает срединное положение. Компоненты клетки, содержащие много белка, окрасятся: цитоплазма - в желтый цвет, а ядро - в бурый. Небелковые соединения останутся бесцветными. Цитоплазма непрерывным слоем прилегает к оболочке. В центральной части клетки расположена вакуоль с клеточным соком, занимающая большой объем.

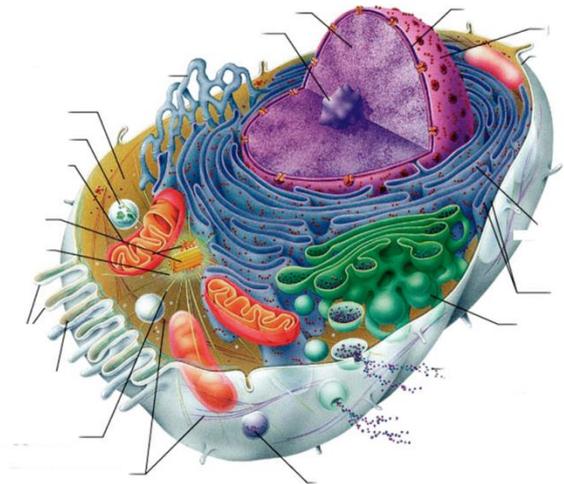
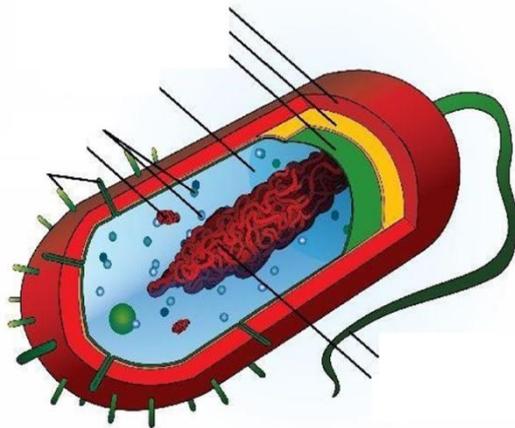
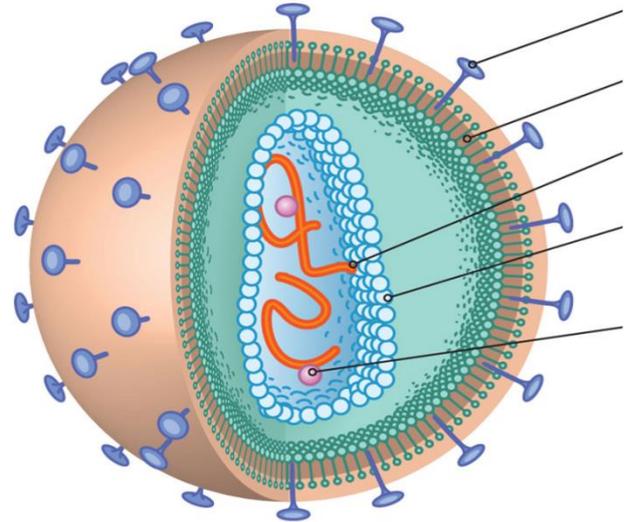
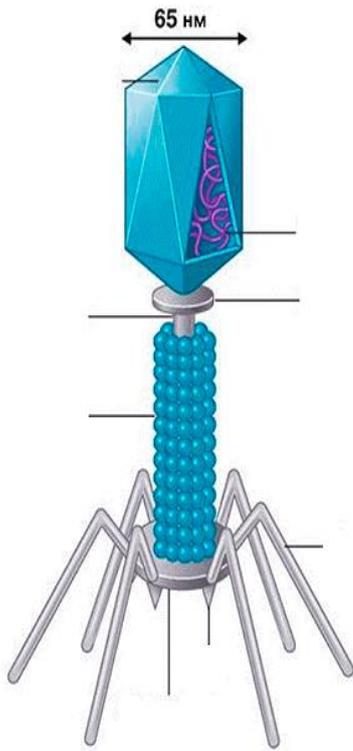
Зарисовать типичную клетку эпидермы, обозначив основные компоненты:

- 1) клеточную стенку
- 2) цитоплазму
- 3) ядро
- 4) вакуоли.



### Задание №3

Обозначьте основные компоненты



## Дидактические материалы

### Вопросы для контроля знаний

1. Вирусы. Строение вирусов. Классификация.
2. Взаимодействие вируса с клеткой.
3. Значение вирусов в медицине.
4. Общий план строения эукариотической клетки. Форма и размеры клеток в организме животных и человека. Производные клеток как компоненты тканей многоклеточных организмов.
5. Современные представления о биологической мембране.
6. Поверхностный комплекс клетки. Мембрана, надмембранный и подмембранный слои, их структурно-химическая и функциональная характеристика.
7. Основные компоненты цитоплазмы – гиалоплазма, органоиды, включения.
8. Классификация органоидов. Органоиды общего значения. Мембранные органоиды (гранулярная и агранулярная эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы, пероксисомы, митохондрии). Немембранные органоиды (рибосомы, центриоли, микротрубочки, микрофиламенты). Специальные органоиды.
9. Включения – классификация и значение.
10. Значение ядра в жизнедеятельности клетки, сохранении и передаче генетической информации. Основные компоненты ядра: ядерная оболочка, ядрышко, хроматин, кариоплазма.
11. Оболочка ядра. Ее строение и функции.
12. Понятие о хроматине. Хроматин интерфазного ядра. Эухроматин и гетерохроматин. Строение и функция хромосом во время деления клетки.
13. Ядрышко как производное хромосом, которые содержат ядрышковые организаторы. Строение ядрышка и его роль в синтезе рибосом. Взаимосвязь изменений в ядре и цитоплазме во время синтеза белка.
14. Ядерная оболочка, структурный состав, функции.

### Тестовые задания

1. К неклеточным формам жизни относятся:
  - A. Бактерии
  - B. Растения
  - C. Бактериофаги
  - D. Животные
2. Генетический аппарат вирусов представлен:
  - A. Нуклеопротеинами
  - B. Гликолипидами
  - C. Комплексом ДНК и РНК
  - D. ДНК или РНК

3. Вирусы были открыты:
- A. Р. Гуком
  - B. И.И. Мечниковым
  - C. Л. Пастером
  - D. Д.И. Ивановским.
4. Какие из приведенных живых организмов относятся к прокариотам?
- A. Вирусы
  - B. Цианобактерии
  - C. Растения
  - D. Грибы
5. К прокариотам относятся:
- A. Вирусы и бактерии
  - B. Вирусы и сине-зеленые водоросли
  - C. Бактерии и грибы
  - D. Сине-зеленые водоросли и бактерии
6. Какие органоиды присутствуют в клетке прокариот?
- A. Митохондрии
  - B. Комплекс Гольджи
  - C. Рибосомы
  - D. Лизосомы.
7. Основу биологических мембран образуют:
- A. Белки и полисахариды
  - B. Гликопротеиды
  - C. Гликолипиды
  - D. Фосфолипиды и белки
8. Структурная функция липидов заключается в том, что они
- A. Защищают внутренние органы от механических воздействий
  - B. Образуют биологические мембраны
  - C. Делают кожу более пластичной
  - D. Являются поставщиками эндогенной воды
9. Какие структуры плазматической мембраны способствуют распознаванию клеткой сигналов?
- A. Микрофиламенты
  - B. Реснички
  - C. Рецепторы
  - D. Микроворсинки.
10. К мембранным органеллам относится:
- A. Комплекс Гольджи
  - B. Центросома
  - C. Микрофиламенты
  - D. Микротрубочки.
11. Структурными компонентами гранулярного эндоплазматического ретикулума являются:
- A. Микротрубочки, микрофиламенты

- В. Рибосомы, митохондрии
  - С. Кристы, матрикс
  - Д. Мембраны, рибосомы
12. Накопление и модификация белков, липидов и углеводов происходит в
- А. Агранулярном (гладком) эндоплазматическом ретикулуме
  - В. Комплексе Гольджи
  - С. Ядре
  - Д. Гранулярном эндоплазматическом ретикулуме.
13. В формировании лизосом принимает участие
- А. Центриоли
  - В. Комплекс Гольджи
  - С. Агранулярный эндоплазматический ретикулум
  - Д. Вакуоль.
14. Какие функции выполняет гранулярный эндоплазматический ретикулум?
- А. Синтез белков на экспорт
  - В. Синтез углеводов
  - С. Синтез липидов
  - Д. Участие в выведении из клетки секреторного продукта
15. Среди органелл клетки двумембранное строение имеют
- А. Комплекс Гольджи
  - В. Вакуоли
  - С. Пероксисомы
  - Д. Митохондрии
16. В каких органеллах происходит синтез АТФ?
- А. На рибосомах
  - В. В гладком эндоплазматическом ретикулуме
  - С. В комплексе Гольджи
  - Д. В митохондриях
17. Какая из органелл клетки содержит собственную ДНК?
- А. Лизосома
  - В. Митохондрия
  - С. Комплекс Гольджи
  - Д. Гранулярный эндоплазматический ретикулум.
18. Какие органоиды клетки способны к ауторепродукции (размножению)?
- А. Комплекс Гольджи.
  - В. Митохондрии
  - С. Лизосомы
  - Д. Рибосомы
19. Больному дали препарат, который усиливает активность митохондрий. Что произойдёт в организме больного?
- А. Снизится концентрация белков
  - В. Увеличится концентрация ДНК
  - С. Увеличится концентрация АТФ
  - Д. Снизится концентрация АТФ

20. К немембранным органеллам клетки относят:

- A. Пластиды
- B. Рибосомы
- C. Лизосомы
- D. Пероксисомы.

21. Клеточный центр состоит из:

- A. Мембран
- B. Центриолей
- C. Центромеры
- D. Ядрышка

22. Какая органелла участвует в формировании полюсов клетки при её делении?

- A. Митохондрии
- B. Эндоплазматический ретикулум
- C. Центриоли
- D. Ядро

23. Сборка аминокислот в полипептидную цепь происходит с помощью:

- A. Лизосом
- B. Пероксисом
- C. Центросомы
- D. Рибосом

24. Функцией клеточного ядра является:

- A. Расщепление полисахаридов
- B. Синтез АТФ
- C. Синтез жиров
- D. Хранение и передача генетической информации.

25. В ядре клетки имеются непостоянные структуры, которые исчезают в начале деления клетки и снова появляются в конце его. Они состоят из белка и РНК. Какие это структуры?

- A. Нуклеосомы
- B. Полисомы
- C. Ядрышки
- D. Микрофибриллы

26. Включения клетки – это:

- A. Ферменты
- B. Непостоянные структурные компоненты клетки
- C. Постоянные структурные компоненты клетки
- D. Постоянные структурные компоненты клетки и запасные питательные вещества

27. Генетически запрограммированным защитным механизмом, приводящим клетку к её гибели, является процесс

- A. Некроз
- B. Дистрофия
- C. Дисплазия

- D. Апоптоз
28. Процесс расщепления высокомолекулярных органических веществ до низкомолекулярных называется:
- A. Ассимиляцией
  - B. Деструкцией
  - C. Денатурацией
  - D. Диссимиляцией
29. Процесс образования сложных органических веществ из простых называется:
- A. Метаболизмом
  - B. Катаболизмом
  - C. Диссимиляцией
  - D. Ассимиляцией
30. Основной источник энергии в клетках живых организмов – это:
- A. Белки
  - B. Липиды
  - C. Нуклеиновые кислоты
  - D. Глюкоза
31. В ядре каждой соматической клетки организма человека содержится
- A. 44 хромосомы
  - B. 46 хромосом
  - C. 22 хромосомы
  - D. 23 хромосомы
32. В норме в кариотипе человека встречаются хромосомы
- A. Метацентрические, акроцентрические, телоцентрические
  - B. Субметацентрические, акроцентрические, телоцентрические
  - C. Метацентрические, субметацентрические, акроцентрические
  - D. Метацентрические, субметацентрические, телоцентрические
33. Эукариотические хромосомы отличаются от хромосом прокариот тем, что
- A. Не защищены ядерной оболочкой
  - B. Имеют кольцевую структуру
  - C. Кодировать меньшее количество белков
  - D. Соединены с белками
34. Кариотип – это:
- A. Набор метафазных хромосом
  - B. Гетерохромосомы каждого индивидуума
  - C. Гаплоидный набор хромосом каждого индивидуума
  - D. Диплоидный набор хромосом каждого индивидуума
35. Какие из одноклеточных организмов имеют обособленное ядро (окруженное мембраной)?
- A. Вирусы,
  - B. Только эукариоты,
  - C. Только прокариоты,
  - D. Все организмы (и прокариоты, и эукариоты), кроме вирусов.

36. В состав ядра входят:
- А. Митохондрии, пластиды,
  - В. Кариоплазма, хроматин, ядрышко.
  - С. Рибосомы, цитоплазма,
  - Д. ЭПС, лизосоаы, рибосомы
37. Какую мембрану представляет собой ядерная оболочка?
- А. Одинарная, пористая
  - В. Двойная, пористая
  - С. Тройная, сплошная
  - Д. Двойная, сплошная
38. Какую функцию выполняют лизосомы?
- А. Внутриклеточное переваривание
  - В. Опорная
  - С. Запас необходимых веществ
  - Д. Образование цитоскелета клетки
39. У бактерий клеточная стенка состоит из
- А. Целлюлозы
  - В. Муреина
  - С. Фосфолипидов
  - Д. Хитина
40. Какие структурные элементы образуют цитоскелет клетки?
- А. Митохондрии
  - В. ЭПС
  - С. Микротрубочки и микрофиламенты
  - Д. Центриоли

**Заполните таблицу:**

Основные формы жизни

Форма жизни	Краткая характеристика	Примеры
Неклеточные организмы		
Прокариоты		
Эукариоты		

## Глоссарий

**Амитоз** — прямое деление клетки путем перетяжки или инвагинации.

**Ахроматиновое веретено** — структура митотически (или мейотически) делящейся клетки, формирующаяся на стадии метафазы из микротрубочек и имеющая форму веретена

**Вирус** (лат. *virus* — яд) — неклеточный инфекционный агент, который может воспроизводиться только внутри клеток

**Вирусная адсорбция** — начальный этап вирусной инфекции, заключающийся в прикреплении **вируса** к поверхности клетки

**Интерфаза** (от лат. *inter* и греч. *phásis* — появление) — функционально активная и значительно более продолжительная по сравнению с последующим митозом часть клеточного цикла. Она длится от конца одного деления до начала другого.

**Капсид** (от лат. *capsa* —местилище) — белковая оболочка, в которую заключен геном вируса (молекула ДНК или РНК).

**Депротеинизация вирусов** — (де- + протеины) разрушение белковой оболочки вириона с освобождением вирусной нуклеиновой кислоты.

**Клетка** (*cellula, cytos*) — основная структурная, генетическая и функциональная единица всех живых существ.

**Лизис** (от греч. *lysis* — растворение) — разрушение и растворение клеток под действием ферментов лизосом или других агентов, обладающих литическим действием.

**Матрикс** (от лат. *mater* — основа) — гиалоплазма; основа цитоплазмы живых клеток, представляющая собой сложную коллоидную систему, которая объединяет все внутриклеточные структуры и является местом осуществления многих процессов метаболизма (гликолиз, синтез жирных кислот, нуклеотидов и др.).

**Нуклеопротеид** — комплексы нуклеиновых кислот с белками.

**Облигатные паразиты** — организмы, живущие в организме хозяина в анаэробных условиях.

**Полипептидная цепь** — связанные пептидной связью аминокислоты.

**Споры бактерий** — тельца круглой или овальной формы, которые образуются внутри некоторых бактерий в определенные стадии их существования или при ухудшении условий окружающей среды.

**Строма или матрикс хлоропластов** — это внутренняя среда, в которую погружены мембраны, ДНК, рибосомы и в которой откладываются крахмальные зерна.

**Фотосинтез** — совокупность реакций синтеза органических веществ в растениях с использованием энергии солнечного света.

**Фагоцитоз** — процесс, при котором клетки (простейшие, либо специально предназначенные для этого клетки крови и тканей организма — фагоциты) захватывают и переваривают твёрдые частицы.

**Хитин** — сложный полисахарид, составляющий опорную основу тела беспозвоночных животных (наружного скелета членистоногих). Хитин также является компонентом клеточной стенки грибов и некоторых зеленых водорослей.

**Целлюлоза, клетчатка** (от лат. *cellula* — клетка) — природный полимер, полисахарид, входящий в состав клеточных стенок растений и некоторых беспозвоночных и придающий им прочность.

### **Использованная литература**

1. В.Н.Ярыгин Биология. В двух томах - Москва «ГЭОТАР-Медиа» 2018
2. Цибулевский, А. Ю. Биология в 2 т.— Москва : Издательство Юрайт, 2019.
3. В.Э.Бутвиловский. Медицинская биология и общая генетика: практикум - Минск: БГМУ, 2012.
4. В.Э. Бутвиловский. Медицинская биология и общая генетика: методические рекомендации к практическим занятиям - Минск : БГМУ, 2010. 80 с.
5. В.Г. Елисеев, Ю.И. Афанасьев, Е.Ф. Котовский, А.Н. Яцковский. Атлас микроскопического и ультрамикроскопического строения клеток, тканей и органов - Медицина, 2004.