

# Строение и функции интерфазного ядра эукариотической клетки

Каредина Валентина Семеновна  
д.м.н., профессор

# План лекции:

1. Строение и функции ядра.
2. Морфология хромосом. Политенные хромосомы.
3. Нуклеиновые кислоты, строение, функции, локализация в клетке ДНК и РНК.
4. Наследственный код. Свойства кода.
5. Понятие «митотический» и «жизненный» цикл клетки.
6. Периоды митотического цикла.
7. Митоз, его фазы и биологическое значение.
8. Амитоз, его формы.
9. Гаметогенез, стадии, клеточные формы, значение.
10. Мейоз как вид деления половых клеток.

# Ядро

1831 г. Броун

## Основные функции ядра:

1. Ядро регулирует течение обменных процессов в клетке
2. Ядро ответственно за хранение, воспроизводство и передачу наследственной информации

### ЯДРО



ядерная оболочка  
(нуклеолемма)



ядрышко  
(нуклеолюс)



зерна хроматина



ядерный сок  
(кариолимфа)

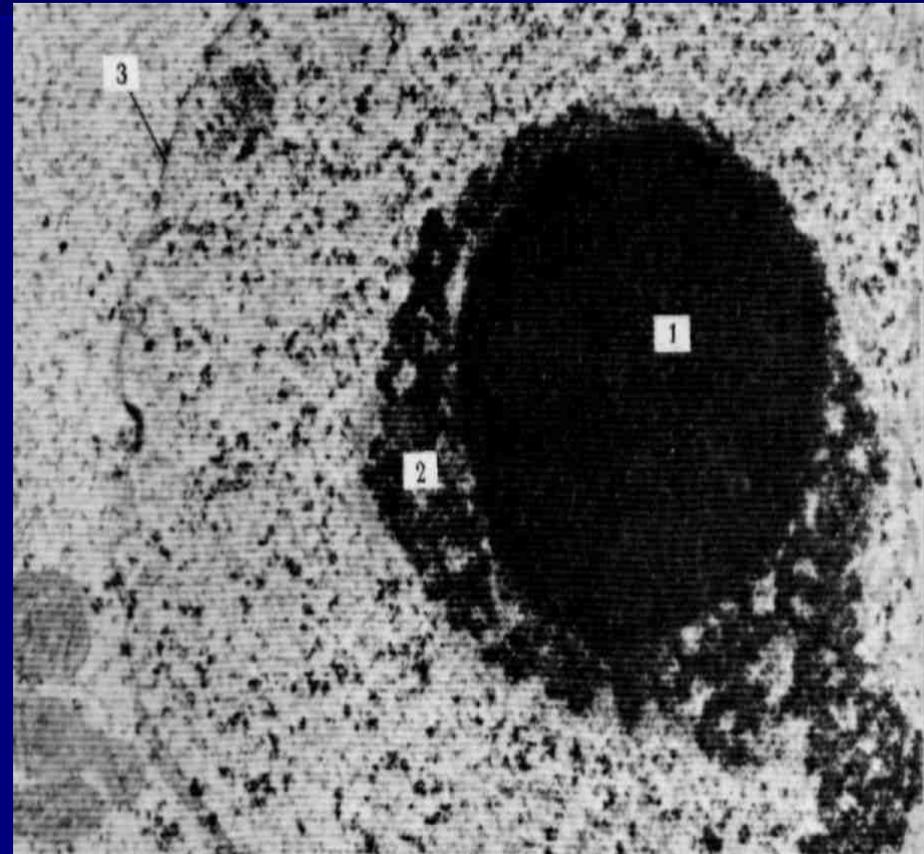
Форма ядра может быть разнообразной: круглая, овальная, палочковидная, подковообразная, сегментированная.

# Морфология ядра

- Ядерная оболочка состоит из наружной и внутренней мембран, между которыми находится перинуклеарное пространство. Наружная мембрана соединена с каналами ЭПС. Обе мембраны пронизаны порами, которые могут расширяться и сужаться.
- Ядерный сок – коллоид, содержащий ферменты, необходимые для синтеза нуклеиновых кислот и рибосом (ДНК-полимераза, геликаза, АТФ)
- Ядрышки – не постоянные структуры, образованные вторичными перетяжками хромосом (ядрышковые организаторы). С них считывается информация, образуются нити р-РНК, кот. соединяются с аминокислотами и образуют субъединицы рибосом, через поры покидают ядро и выходят в цитоплазму клетки.
- Глыбки хроматина – это спирализованные участки деспирализованных хромосом, кот. видны в световой микроскоп. Впервые их описал Вальдейер в 1888 как окрашенные тельца.

# Схема участия ядрышка в синтезе цитоплазматических белков

1. На ДНК ядрышкового организатора образуется р-РНК
2. В зоне ядрышка р-РНК «одевается» белком и идет сборка рибосом (РНП – рибонуклеопротеидных частиц)
3. Рибосомы выходят из ядрышка в ядро, затем в цитоплазму и участвуют в синтезе белка



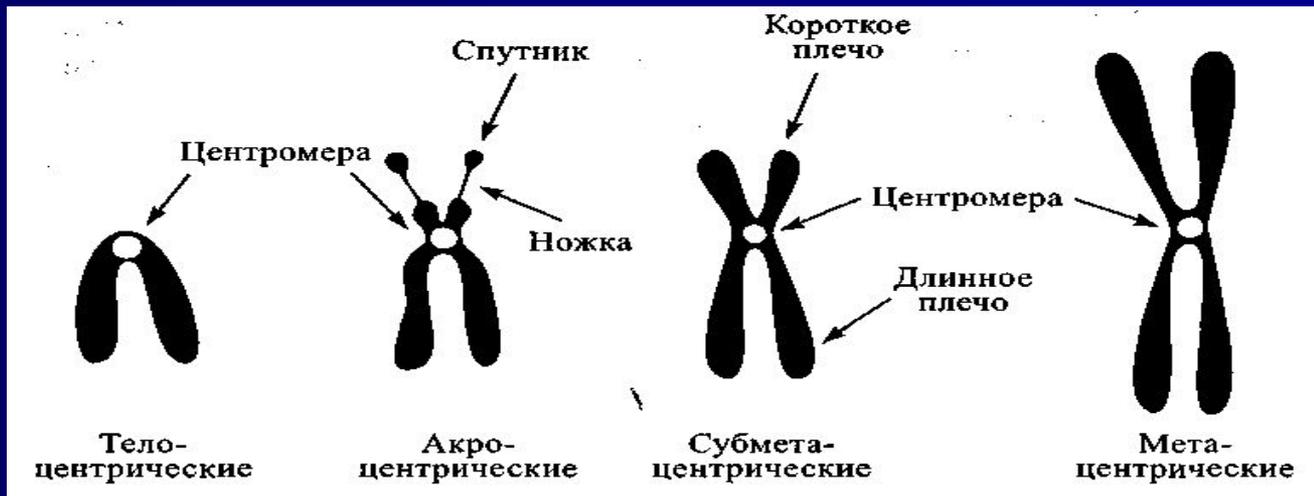
# Морфология хромосом

Хромосомы могут находиться в двух структурно-функциональных состояниях : в конденсированном (спирализованном) и деконденсированном (деспирализованном). Чем более диффузен (деспирализован) хроматин, тем интенсивнее синтетические процессы в клетке. И наоборот, чем более спирализованы хромосомы, тем ближе процесс деления клетки.

## Морфологически в хромосоме различают:

- 1) первичную перетяжку – центромеру (кинетохор), к кот. прикрепляются нити веретена деления
- 2) плечи хромосом
- 3) вторичную перетяжку (ядрышковый организатор)
- 4) спутник (сателлит)

**По расположению первичной перетяжки хромосомы делятся на:** метацентрические (равноплечие), субметацентрические (неравноплечие), акроцентрические – одно плечо гораздо короче другого и телоцентрические (одно плечо отсутствует).



# Химический состав хромосом

Химически хромосомы образованы из ДНК (40%), гистоновых и негистоновых (кислых) белков (60%).

**Нуклеосомное строение хромосом:** Отрезки ДНК длиной 20 нм связывают между собой глобулы белков гистонов диаметром 10 нм. Структура из 8 гистонов и ДНК получила название нуклеосомы. 8 нуклеосом спирально закручиваясь образуют второй уровень укладки – соленоид, диаметром в 30 нм. Третий уровень хромомерный суперсоленоид – молекулы ДНК формируют петли или пuffs, поддерживаемые негистонными белками, толщина суперсоленоида 300 нм. Четвертый уровень хромонемный до 700 нм. Нитчатые хромонемы образуют хроматиды (дочерние плечи хромосом)

## Правила хромосом:

- 1 пр. постоянства
- 2 пр. парности. Хромосомы образующие одну пару называют гомологичными
- 3 пр. индивидуальности – каждая пара гомологичных хромосом отличается от другой по набору генов
- 4 пр. непрерывности – хромосома возникает от хромосомы путем авторепродукции.

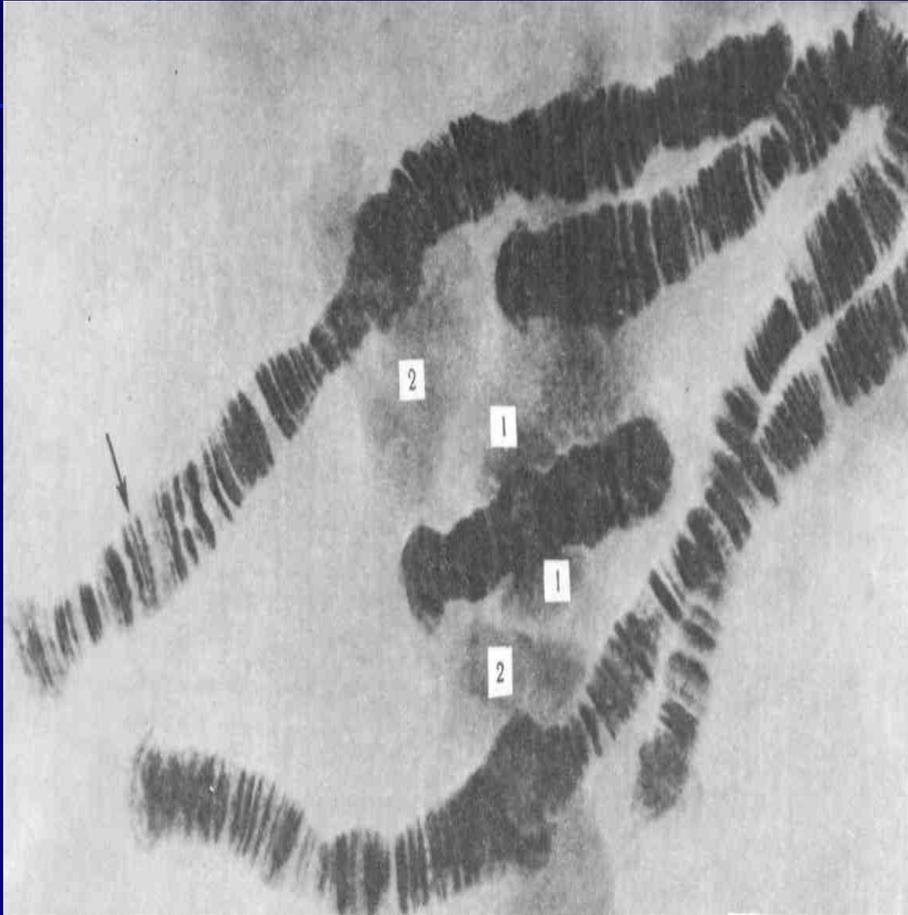
# Г хромосомы человека разделили на семь групп по размерам и расположению центромеры.

1. Группа А (I): 1, 2, 3 хромосомы крупные метацентрические
2. Группа В (II): 4, 5 хромосомы крупные субметацентрические
3. Группа С (III): 6 – 12 хромосомы средние субметацентрические
4. Группа Д (IV): 13 – 15 хромосомы средние акроцентрические
5. Группа Е (V): 16 - 18 хромосомы мелкие субметацентрические
6. Группа F (VI): 19, 20 хромосомы самые мелкие метацентрические
7. Группа G (VII): 21, 22 хромосомы мелкие акроцентрические

X – хромосома относится к группе С – средние субметацентрические,  
Y – хромосома относится к группе G – мелкие акроцентрические.

В 1971г. Разработаны карты линейной дифференцировки хромосом человека. Определены сегменты, районы в хромосомах. Выделяют короткие (p) и длинные (q) плечи хромосом. Например: 1,2,3q – короткое плечо 3-ей хромосомы, второй сегмент, первый район.

# Политенные хромосомы



- Хромосомы огромных размеров, состоящие из большого числа нитей ДНК. Они в 100-200 раз длиннее обычных. В политенной хромосоме различают:
  - 1) эухроматин — активный деспирализованный участок
  - 2) гетерохроматин — неактивный, спирализованный участок;
  - 3) пуфф Бальбиани — эухроматиновый участок с большим количеством РНК, где происходит интенсивный синтез, считывание информации.

# Нуклеиновые кислоты.

**ДНК** — дезоксирибонуклеиновая кислота, мономером которой является нуклеотид.

Нуклеотид состоит из сахара дезоксирибозы, остатка фосфорной кислоты и азотистого основания (пуриновые: аденин, гуанин, пиримидиновые: тимин, цитозин).

Полинуклеотидные цепи соединяются друг с другом водородными связями.

## Свойства ДНК:

1. Разнообразие ДНК за счет чередования нуклеотидов
2. Правозакрученная двойная спираль
3. Устойчивость ДНК за счет связей между двумя цепями
4. Линейный характер расположения генов, что облегчает считывание информации
5. Антипараллельность цепей

**Функции ДНК:** хранение, воспроизводство и передача генетической информации клетки.

В структурной организации ДНК

выделяют:

1. Первичную структуру — полинуклеотидная цепь
2. Вторичную структуру — две комплементарные друг другу полинуклеотидные цепи, соединенные водородными связями.
3. Третичную структуру — трехмерная спираль

# Нуклеиновые кислоты.

**РНК** — рибонуклеиновая кислота, мономером которой является нуклеотид.

**Функция РНК:** реализация наследственной информации (считывание, перенос к месту синтеза белка)

## **Отличия от ДНК:**

- Состоит из одной цепи
- Вместо тимина — урацил
- Локализуется в ядрышке, рибосомах, цитоплазме

**Виды РНК:** информационная, рибосомальная, транспортная и затравочная. Все виды РНК образуются в ядре. И-РНК образуется при считывании информации с ДНК.

- Р-РНК — включает от 300 до 500 нуклеотидов, составляет 80% всей РНК.
- И-РНК — включает от 500 до 3000 нуклеотидов, образуется при считывании информации с ДНК, составляет около 1% всей РНК. Молекула и-РНК состоит из кодонов (триплетов).
- Т-РНК включает 70 — 100 нуклеотидов, составляет 10% от всей РНК, транспортирует аминокислоту к месту синтеза белка. На одном конце имеет антикодон, на противоположном прикрепляется а/к.
- Z-РНК участвует в репликации ДНК

# Генетический код

**Это система расположения нуклеотидов в молекуле ДНК, которая определяет последовательность расположения аминокислот в белке.**

## Свойства кода:

- триплетность – три нуклеотида (кодон) кодируют одну аминокислоту
- коллинеарность (линейность) – свойство, обуславливающее соответствие между последовательностями кодонов в гене и последовательностью аминокислот в белке
- неперекрываемость – один нуклеотид может входить только в один триплет. ( по три)
- однозначность – каждый кодон специфичен для определенной аминокислоты.
- избыточность (выражденность) – одна аминокислота может кодироваться несколькими триплетами. Некоторые гены у эукариот многократно повторены, следовательно геном избыточен.
- универсальность – код един для всех живых существ

# Деление клеток

- Пролиферация — это процесс увеличения клеточных и тканевых структур.

По способности к пролиферации клетки делятся на:

1. Постоянно делящиеся (стволовые клетки крови)
2. Практически не делящиеся (нервные, мышечные)
3. Делящиеся при необходимости (клетки соединительной ткани, паренхиматозных органов)

## Факторы, определяющие деление клеток:

1. Внутренние: изменение ядерно-плазменных отношений, потеря контактов между клетками, изменение позиционной пространственной информации.
2. Внешние: температура, радиация, химические воздействия, влажность, УФО, вибрация и т.д.

Выделяют три вида деления клеток: - амитоз

- МИТОЗ

- МЕЙОЗ

# МИТОТИЧЕСКИЙ И ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ КЛЕТКИ

- Митотический (клеточный) цикл – период от конца одного деления до конца другого. Включает в себя интерфазу + митоз
- Жизненный цикл клетки – индивидуальная жизнь клетки, т.е. ее онтогенез, это период от момента образования клетки до ее гибели.
- Жизненный цикл совпадает с митотическим у постоянно делящихся недифференцированных клеток.

# Митотический (клеточный цикл)

- Периоды:
1. митоз – 5-10% от клеточного цикла
  2. постмитотический период (G1)
  3. синтетический период (S)
  4. премитотический период (G2)

- Фазы митоза:
1. профаза
  2. прометафаза
  3. метафаза
  4. анафаза
  5. телофаза

# Фазы митоза

- В профазу происходит: спирализация хромосом, исчезновение ядрышка, фрагментация и растворение кариолеммы, начало образования веретена деления и дезорганизация эндоплазматического ретикулума.
- В прометафазу хромосомы начинают движение к экватору. Некоторые авторы не выделяют эту стадию.

профаза

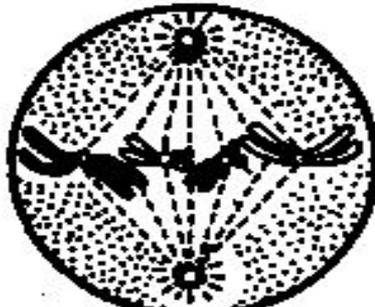
метафаза

анафаза

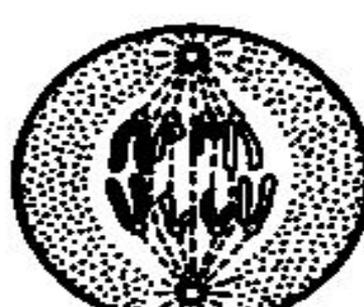
телофаза



**A**



**B**



**B**

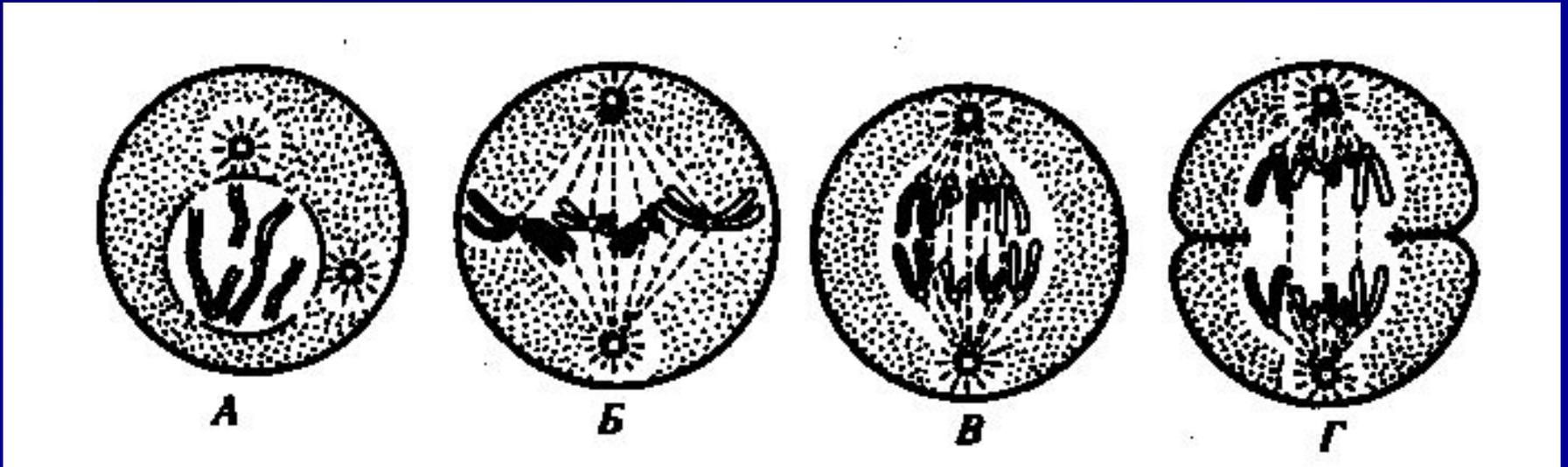


**Г**

В метафазу хромосомы выстраиваются на экваторе клетки, образуя экваториальную пластинку. Нити веретена деления прикрепляются к кинетохорам хромосом.

В анафазе дочерние хроматиды мигрируют к полюсам клетки.

В телофазу происходят процессы противоположные профазе и завершается цитотомия.



# Интерфаза — подготовка клетки к делению

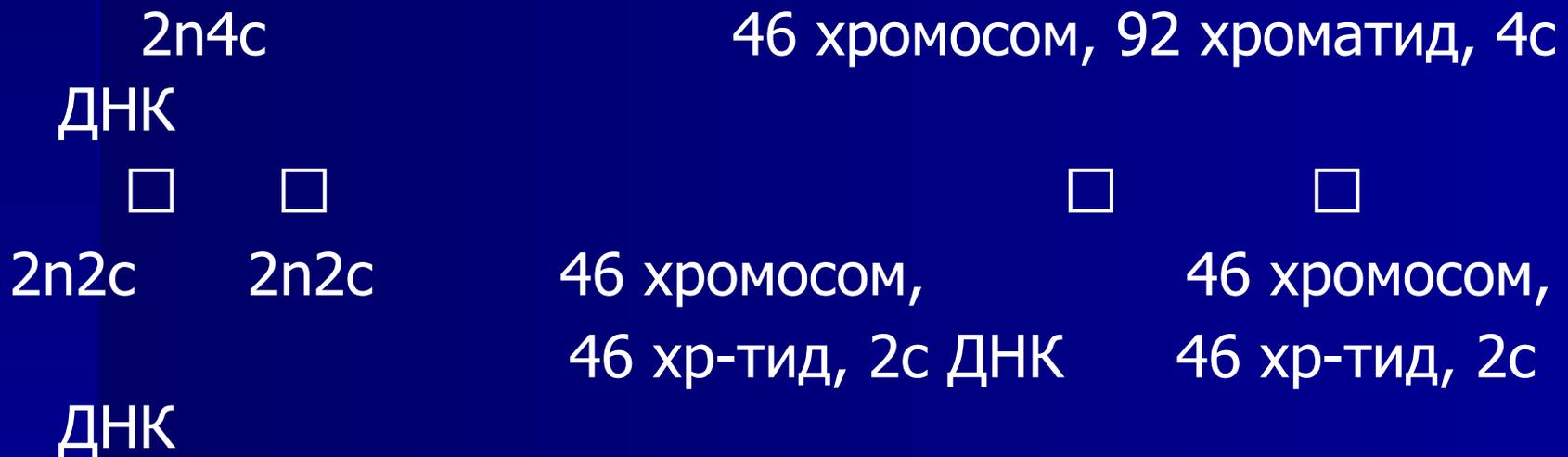
## Интерфаза состоит из трех периодов: G1, S, G2.

- Пресинтетический (постмитотический) период G1 характеризуется образованием РНК, синтезом белка, ростом клетки. Клетка задерживается в этой фазе неизвестным фактором в точке R (т. рестрикции) и может находиться в ней неопределенно долго. Если клетка преодолела эту точку с помощью триггерного белка, то она обязательно завершает клеточный (митотический) цикл. Занимает 50-60 % времени.

- Синтетический период S – в течение этого периода содержание ДНК в клетке удваивается с 2с до 4с (редупликация ДНК), в результате каждая хромосома имеет по две хроматиды и клетка становится потенциально готовой к делению. Занимает 30-40 % времени.
- Постсинтетический (премитотический) G2 период – это период, когда синтезируется АТФ для энергоемкого процесса деления, белки тубулины для сборки микротрубочек веретена деления. Занимает 10-20% времени

# Биологический смысл митоза

Заключается в том, чтобы соматические клетки (клетки тела) сохраняли диплоидный набор хромосом ( $2n$ )



# Аномальные митозы:

1. **Эндомитоз** – это соматическая мутация клетки, при которой происходит редупликация ДНК, кратное увеличение количества хромосом без деления клетки.
2. **Политения** – кратное увеличение ДНК в хромосомах при сохранении их диплоидного числа.
3. **Амитоз** – прямое деление клетки, при котором не происходит конденсация хромосом, не образуется веретено деления, нет сложной перестройки генетического материала и точного разделения между клетками.

Формы амитоза: равноядерный, неравноядерный, множественный, фрагментарный. Амитозом могут делиться клетки слизистой мочевого пузыря, фолликулярные клетки яичника, опухолевые.

# Размножение (репродукция) – воспроизводство себе подобных Формы размножения организмов

бесполое		половое	
одноклеточные	многоклеточные	одноклеточные	многоклеточные
Деление (саркодовые, жгутиковые, инфузории)	Вегетативное (губки, растения)	Конъюгация (бактерии, водоросли инфузории)	Гермафродитизм (плоские черви)
Эндогония (токсоплазма)	Почкование (кишечнополостные кольчатые, оболочники)	Копуляция а) изогамия (одноклеточные водоросли, жгутиковые) б) анизогамия (хламидомонада) в) овогамия (вольвокс и многоклеточные)	С оплодотворением: а) наружное (рыбы, земноводные) б) внутреннее (пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие)
Шизогония (малярийный плазмодий)			
Почкование (бактерии и дрожжи)	Фрагментация (плоские черви, морские звезды)		Без оплодотворения (партеногенез)
Спорообразование (споровики)	Спорообразова ние (папоротники, грибы)		

# Гаметогенез – процесс образования половых клеток

## Сперматогенез – образование мужских половых

Период размножения  
(митоз)

$2n4c$

клеток

□ □

$2n2c$

$2n2c$

*сперматогонии*

□

Период роста  
(интерфаза)

$2n4c$

*сперматоцит 1 порядка*

□ □

Период созревания  
(мейоз)

$n2c$

$n2c$

*сперматоциты 2 порядка*

□ □ □ □

$nc$

$nc$

$nc$

$nc$

*сперматиды*

□ □ □ □

Период  
Формирования

$nc$

$nc$

$nc$

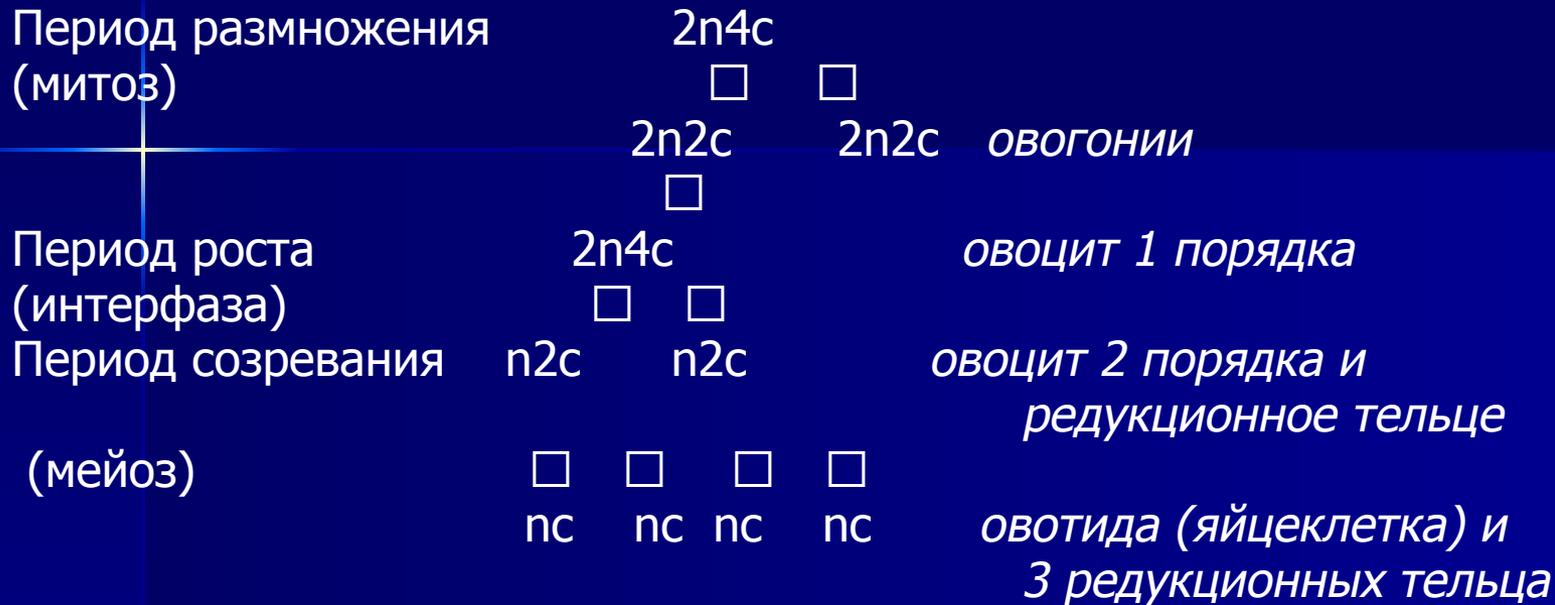
$nc$

*сперматозоиды*

### Особенности сперматогенеза:

- 1) Все стадии проходят в извитых семенных канальцах семенников начиная с момента полового созревания
- 2) В стадию формирования образуются части сперматозоида (головка, шейка, жгутик), уменьшается количество цитоплазмы (обезвоживание), в шейке размножаются митохондрии, формируется акросома.

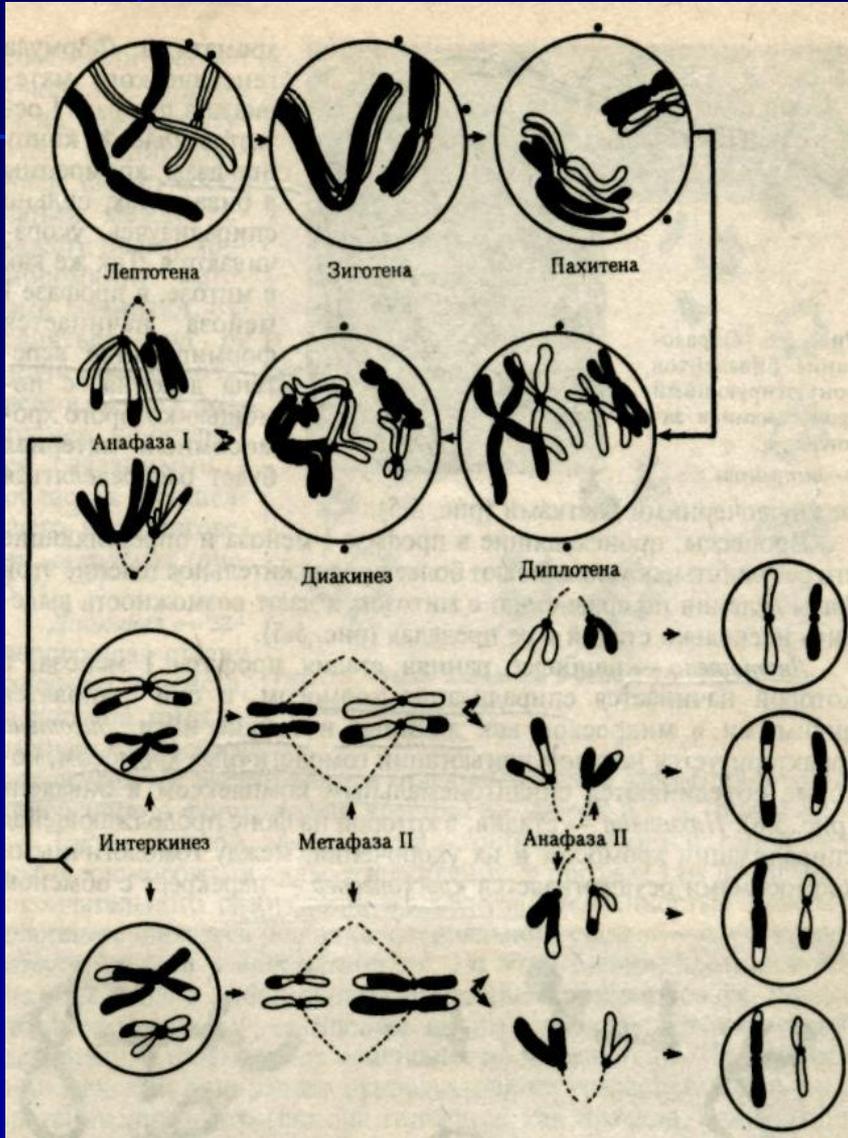
# Овогенез – процесс образования женских половых клеток



## Особенности овогенеза:

- 1) стадия размножения протекает во внутриутробном периоде (400 тыс овогоний к моменту рождения)
- 2) В стадии роста выделяют: стадию малого роста (от рождения до полового созревания – накопление питательных веществ) и стадию большого роста (с периода полового созревания, протекает циклично)
- 3) Второе деление созревания протекает в маточных трубах

# Мейоз — вид деления половых клеток в период созревания



В мейозе выделяют два деления:

## I редуционное деление:

- профазы I (лептонема, зигонема, пахинема, диплонема, диакинез)
- прометафаза I
- метафаза I
- анафаза I
- телофаза I

Интеркинез — период подготовки клетки к делению

## II эквационное деление:

- профазы II
- прометафаза II
- метафаза II
- анафаза II
- телофаза II

**Спасибо за внимание**