

## *Лекция 3*

# *Размножение на клеточном и организменном уровне*

# Основные способы размножения

---

- **Размножение** - универсальное свойство живого, заключающееся в воспроизведении себе подобных. В основе размножения лежит передача генетической информации от одного поколения клеток или организмов к другому.

# Схема способов размножения клеток

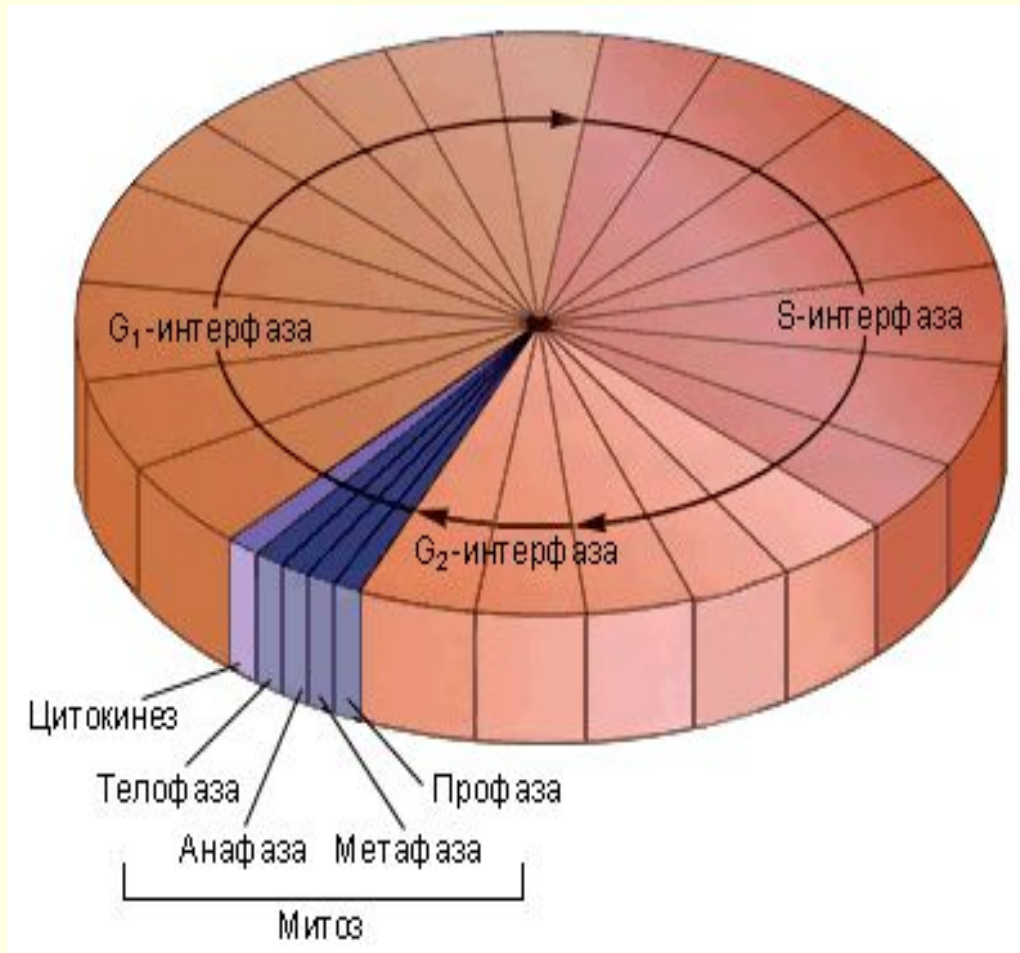


# Клеточный и митотический циклы

---

- **Клеточный (жизненный) цикл** - это период в жизнедеятельности клетки от момента ее появления до гибели или образования дочерних клеток.
- **Митотический цикл** — это период в жизнедеятельности клетки от момента ее образования и до деления на дочерние клетки.

# Митотический цикл



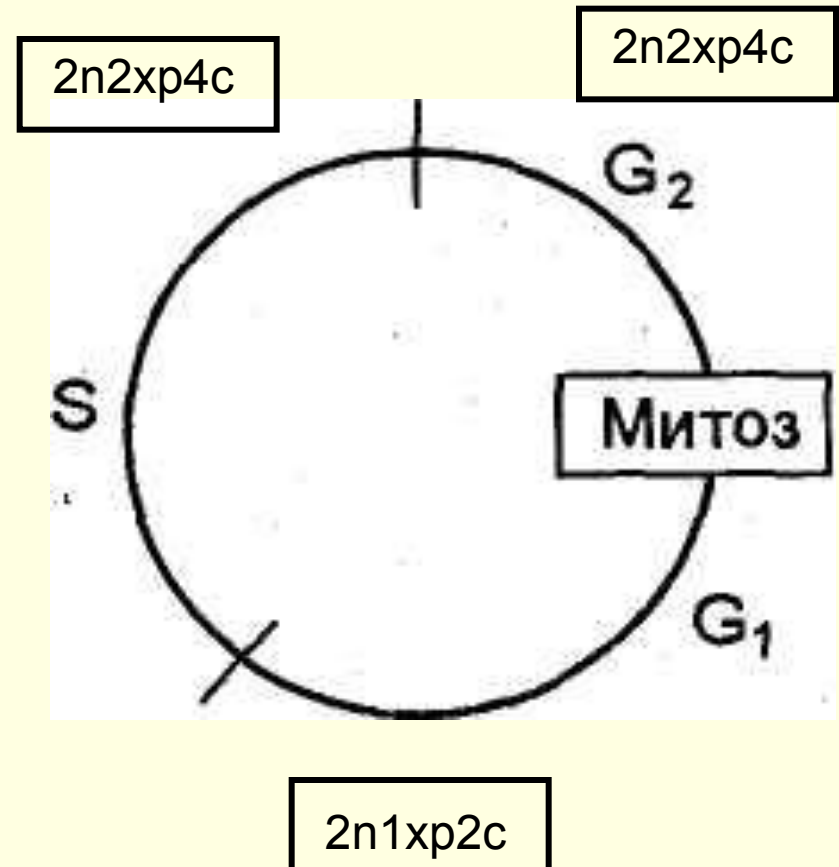
- Митотический цикл включает интерфазу и митоз
- Интерфаза состоит из трех периодов: пресинтетического (постмитотического) **G<sub>1</sub>**, синтетического **S** и постсинтетического (премитотического) — **G<sub>2</sub>**.

# Схема митотического цикла

Содержание генетической информации в клетке:  $n$  - набор хромосом,  $xp$  - число хроматид в одной хромосоме,  $c$  - число молекул ДНК.

Образовавшаяся после митоза клетка содержит диплоидный набор хромосом и удвоенное число молекул ДНК, каждая хромосома имеет одну хроматиду ( $2n1xp2c$ ).

Такая клетка вступает в *пресинтетический период* ( $G_1$ ) *интерфазы*, продолжительность которого колеблется от нескольких часов до нескольких месяцев и даже лет. В этот период клетка выполняет свои функции, увеличивается в размерах, в ней идет синтез белков и нуклеотидов, накапливается энергия в виде АТФ.



# Клеточный и митотический циклы


- В *синтетический период (S)* происходит репликация молекул ДНК и ее содержание в клетке удваивается, т. е. каждая хроматида достраивает себе подобную, и генетическая информация к концу этого периода становится  $2n2xр4с$ . Одновременно в клетке идут обменные процессы, и она продолжает выполнять свои функции. Длительность этого периода 6-8 ч.
- В *постсинтетический период (G2)* клетка готовится к митозу: накапливается энергия, синтезируются белки ахроматинового веретена.
- Постепенно затухают все синтетические процессы, необходимые для репродукции органоидов, меняется вязкость цитоплазмы и ядерно-цитоплазменное соотношение, прекращается выполнение клеткой основных функций. Содержание генетической информации не изменяется ( $2n2xр4с$ ).


**Клетка вступает в митоз.**


# Митоз

**это основной способ размножения соматических клеток.**

Главными причинами начала митоза являются:

 изменение ядерно-цитоплазменного соотношения (в разных клетках оно достигает  $1/69 - 1/89$ );

 появление "митогенетических лучей" - делящиеся клетки "заставляют" расположенные рядом клетки вступить в митоз;

 наличие "раневых гормонов" - поврежденные клетки выделяют особые вещества, вызывающие митоз неповрежденных клеток. Регуляция деления клеток осуществляется *белками-циклинами*, изменяющими продолжительность фазы *G1*.

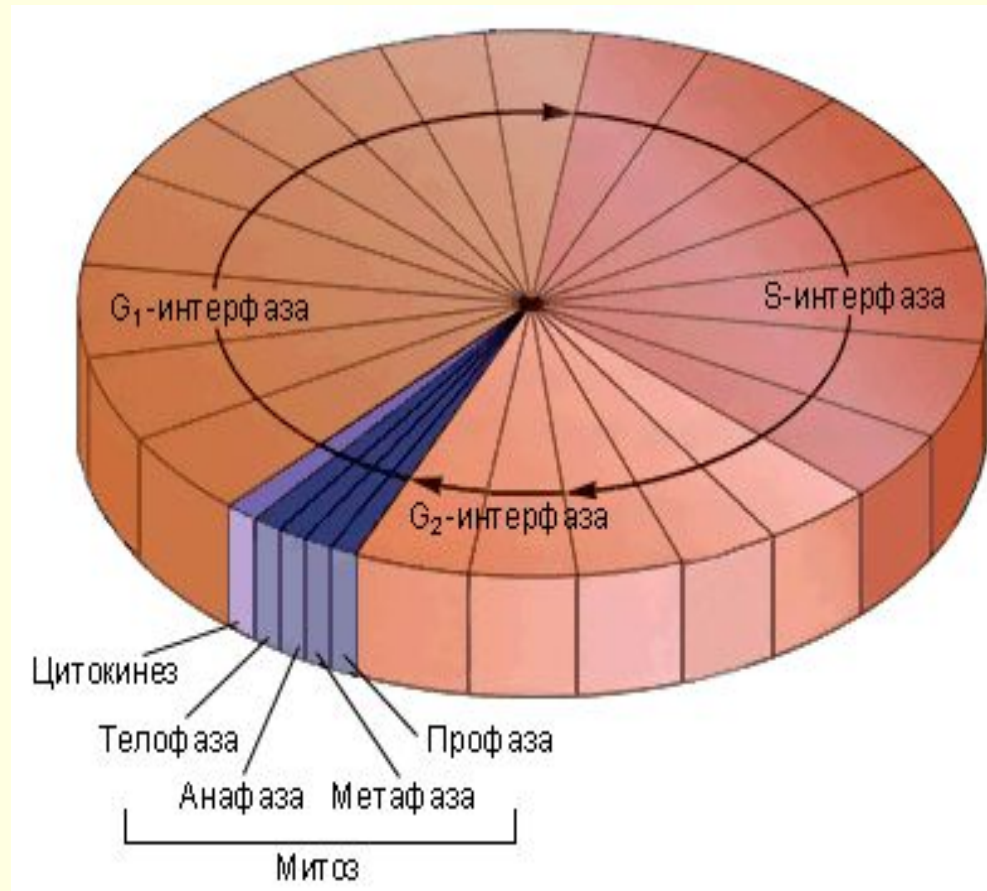


# Митоз

Процесс митоза -  
непрерывный

4 стадии:

- профазы,
- метафазы,
- анафазы
- телофазы

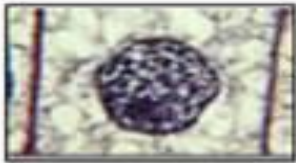


# Митоз

- В стадии профазы происходит увеличение объема ядра, спирализация хроматиновых нитей, расхождение centrioles к полюсам клетки и формирование *веретена деления*. К концу профазы фрагментируются ядрышки и ядерная оболочка, хромосомы выходят в цитоплазму и устремляются к центру клетки. В конце профазы к центромерам хромосом прикрепляются нити веретена деления. Содержание генетического материала при этом не изменяется ( $2n2xp4c$ ).
- Метафаза - самая короткая фаза, когда хромосомы располагаются на экваторе клетки. В этой стадии достигается наибольшая спирализация хромосом и их удобнее всего изучать. Содержание генетического материала остается прежним.

# Митоз

- В стадии анафазы происходит продольное разделение хроматид в области центромеры. Нити веретена деления сокращаются, и хроматиды (дочерние хромосомы) расходятся к полюсам клетки. Содержание генетической информации становится  $2n$  и  $2c$  у каждого полюса.
- В стадии телофазы формируются ядра дочерних клеток: хромосомы деспирализуются, строятся ядерные оболочки, в ядре появляются ядрышки.
- Митоз заканчивается *цитокинезом* - делением цитоплазмы материнской клетки. В конечном итоге образуются две дочерние клетки, каждая из которых имеет  $2n$  хромосом, одну хроматиду в хромосоме и  $2c$  наборов ДНК.



ранняя

- Ядро увеличивается в размерах;
- Хромосомы не спирализованы – представлены в виде хроматина;
- К концу интерфазы хромосомы спирализуются, и поэтому становятся видны хромосомные нити.

**ПРОФАЗА**



ранняя

- присутствует ядрышко;
- присутствует ядерная оболочка;
- видны хромосомные нити.



поздняя

- исчезает ядрышко;
- исчезает ядерная оболочка;
- видны спирализованные хромосомные нити;
- центриоли расходятся к полюсам.

**МЕТАФАЗА**



ранняя

- хромосомы максимально спирализованы;
- хромосомы располагаются в центре экватора клетки, в одной плоскости;
- центриоли формируют митотическое веретено;
- нити веретена деления прикрепляются к центромерам хромосом.

**АНАФАЗА**



- центромеры хромосом делятся;
- нити веретена деления растягивают
- сестринские хроматиды каждой хромосомы
- к противоположным полюсам клетки.

**ТЕЛОФАЗА**



- хромосомы претерпевают деспирализацию, расплетаются;
- контуры хромосом теряют свою четкость;
- митотическое веретено разрушается;
- восстанавливается ядерная оболочка;
- появляются ядрышки.

**ЦИТОКИНЕЗ**



- из фрагмопласта веретена деления формируется клеточная стенка, которая делит все содержимое
- цитоплазмы на две равные части;
- митоз заканчивается.



поздняя

# Основное значение митоза

---

заключается в поддержании постоянства числа хромосом, обусловленном точным распределением генетической информации между дочерними клетками.

Разновидности митоза: **эндомиоз, политения и мейоз.**

При **эндомиозе** происходит удвоение хромосом без деления ядра, что приводит к образованию полиплоидных клеток.

При **политении** наблюдается многократное удвоение хроматид, но они не расходятся, и в результате образуются *политенные* (многохроматидные, гигантские) *хромосомы*, например в слюнных железах мухи дрозофилы.

# Деление клетки

---

*Амитоз* - прямое деление клеток и ядер, находящихся в условиях физиологической и репаративной регенерации, либо опухолевых клеток.

Начинается с образования перетяжки ядра, затем цитоплазмы, и далее они делятся на две части.

Установлено, что и при амитозе происходит равномерное распределение генетического материала между дочерними клетками.

# Мейоз

это деление соматических клеток половых желез, в результате которого образуются *половые клетки - гаметы*.

Мейотическое деление протекает в два этапа - **мейоз- I** и **мейоз- II**.

4 фазы:

- профазы,
- метафазы,
- анафазы
- телофазы



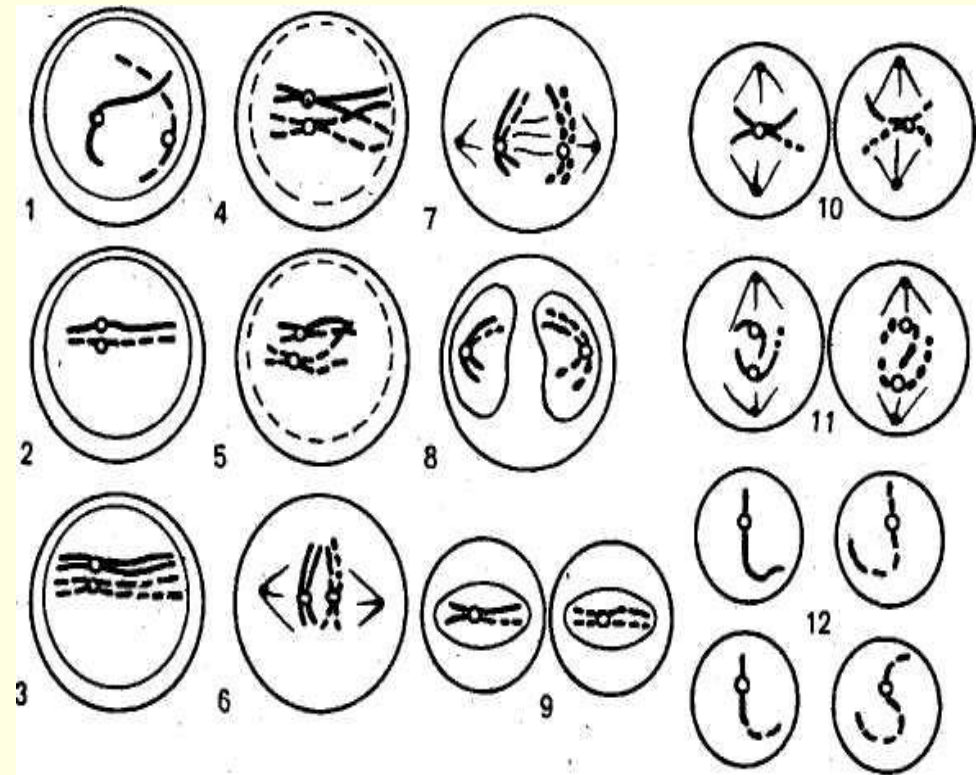
# Схема мейоза

## **мейоз -I.**

- 1 - лептотена;
- 2 - зиготена;
- 3 - пахитена;
- 4 - диплотена;
- 5 - диакинез;
- 6- метафаза;
- 7- анафаза;
- 8 - телофаза;
- 9- интеркинез;

## **мейоз- II:**

- 10- метафаза;
- 11 - анафаза;
- 12 — дочерние клетки





# Профаза мейоза-I. 5 стадий: лептотена, зиготена, пахитена, диплотена и диакинез.

- **Стадия лептотены.** Хроматиновые нити спирализуются, утолщаются и укорачиваются, становятся различимы под микроскопом. Заметны интенсивно окрашивающиеся участки - *хромомеры*, в которых хроматин сильно спирализован, и слабо окрашивающиеся, в которых хроматин слабо спирализован. Нитевидные гомологичные хромосомы начинают движение друг к другу центромерными участками. Содержание генетического материала составляет  $2n2xr4c$ .
- **Стадия зиготены.** Начинается конъюгация - попарное соединение гомологичных хромосом. Гомологичные хромосомы соприкасаются сначала в области центромер, а затем по всей длине. Их хромомеры точно совпадают. Содержание генетического материала не изменяется:  $2n2xr4c$ .

# Профаза мейоза-I. 5 стадий: лептотена, зиготена, пахитена, диплотена и диакинез.

- **Стадия пахитены.** Гомологичные хромосомы тесно соприкасаются по всей длине, образуя биваленты. *Бивалент* - это пара гомологичных хромосом, каждая из которых состоит из двух хроматид, т. е. в биваленте содержится 4 хроматиды (отсюда другое название бивалентов — *тетрады*). Число бивалентов соответствует гаплоидному набору хромосом —  $1n$ . К концу этого периода начинают действовать силы отталкивания в области центромер, и становится заметным, что каждая хромосома состоит из 2 хроматид. Конъюгирующие хромосомы могут обмениваться участками хроматид — происходит **кроссинговер**. Содержание генетического материала не изменяется, однако его можно записать иначе -  $1n\text{бив}4\text{хр}4\text{с}$  ( $1n$  бивалентов, каждый бивалент состоит из 4 хроматид и 4 наборов ДНК).

# Профаза мейоза-I. 5 стадий: лептотена, зиготена, пахитена, диплотена и диакинез.

- На стадии *диплотены* конъюгирующие гомологичные хромосомы продолжают действовать силы отталкивания, в результате чего хроматиды начинают расходиться, оставаясь соединенными в участках перекрестов — *хиазм*. Расхождение хроматид увеличивается, а хиазмы постепенно смещаются к их концам. Содержание генетического материала остается прежним ( $1nбив4хр4с$ ).
- На стадии *диакинеза* завершается спирализация и укорочение хромосом (они окрашиваются равномерно). Биваленты, соединенные только своими концами, обособляются и располагаются по периферии ядра.

# Профаза мейоза-I. 5 стадий: лептотена, зиготена, пахитена, диплотена и диакинез.

- В течение профазы центриоли расходятся к полюсам клетки, а в конце профазы фрагментируются ядрышко и ядерная оболочка.
- Проконъюгировавшие хромосомы выходят в цитоплазму и движутся к экватору клетки. К центромерам хромосом прикрепляются нити ахроматинового веретена. Содержание генетического материала –  $1nбив4хр4с$ .

# Мейоз

## I деление

профаза I

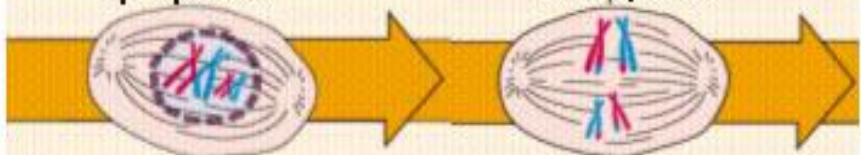
профаза I



Во время профазы I происходит попарное сближение гомологичных хромосом, их синapsис (образуются биваленты), в ходе которого они обмениваются фрагментами, исчезновение ядерной оболочки и ядрышка

профаза I

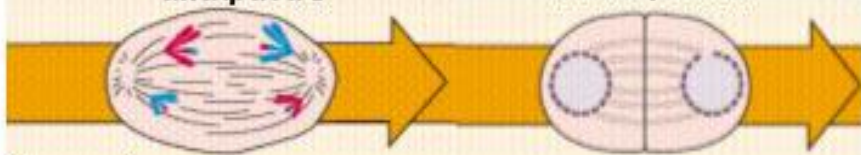
метафаза I



Биваленты выстраиваются на экваторе клетки, к ним присоединяется веретено деления

анафаза I

телофаза I



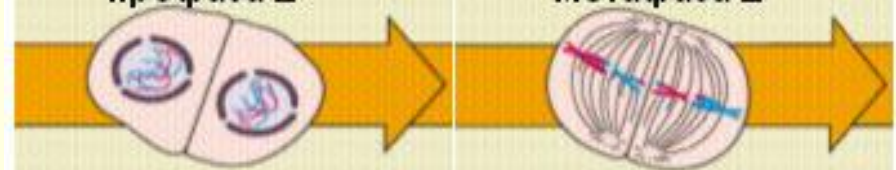
Разрыв бивалентов и расхождение гомологичных хромосом к полюсам клетки

Две дочерние клетки с набором хромосом  $n$

## II деление

профаза II

метафаза II

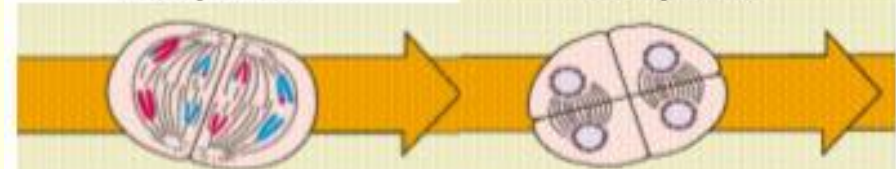


Исчезновение ядерной оболочки, ядрышка

Выстраивание хромосом в области экватора

анафаза II

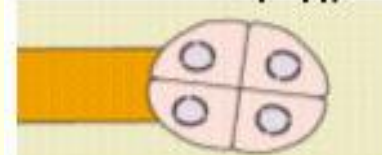
телофаза II



Расхождение сестринских хроматид к полюсам клетки

Формирование четырех ядер дочерних клеток, образование ядерной оболочки, ядрышка, деспирализация хромосом

конечный продукт



Тетрада дочерних клеток с гаплоидным набором хромосом