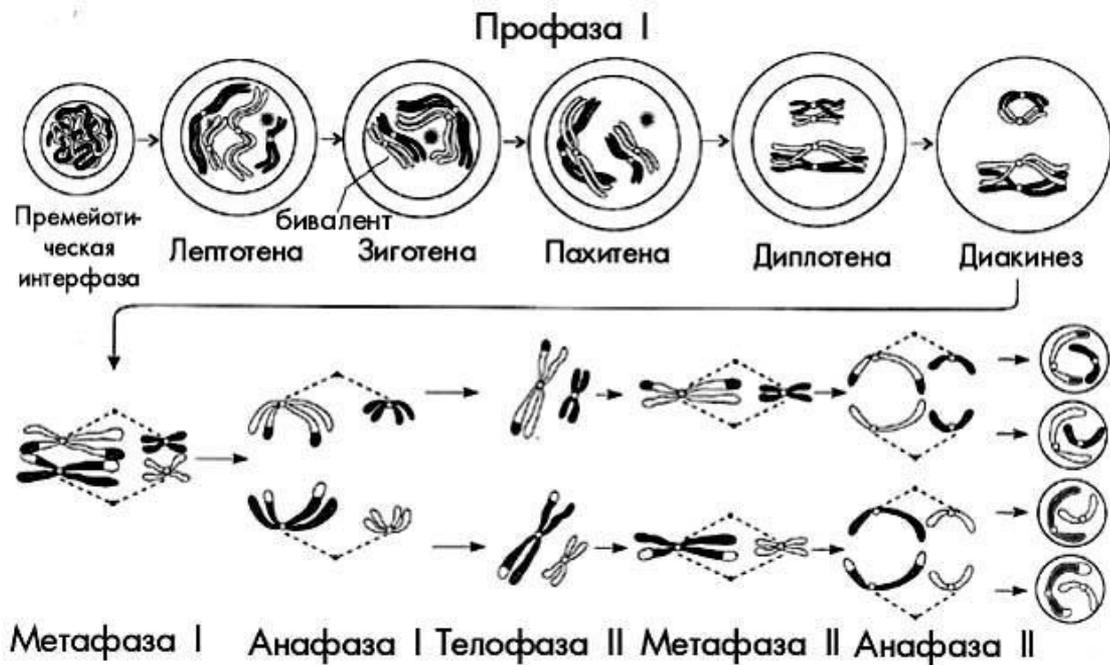
A light micrograph of a plant ovule section, stained to show meiosis. The ovule is roughly oval-shaped and contains a central nucellus. The nucellus is composed of several layers of cells. The outermost layer is the integument, followed by the nucellar epidermis. Inside, the nucellar tissue shows various stages of meiosis, with cells containing dark purple nuclei and some showing chromosome condensation. The central part of the ovule is the embryo sac, which is currently empty. The overall structure is surrounded by a thin layer of cells.

# МЕЙОЗ

Шабанова Екатерина  
Александровна

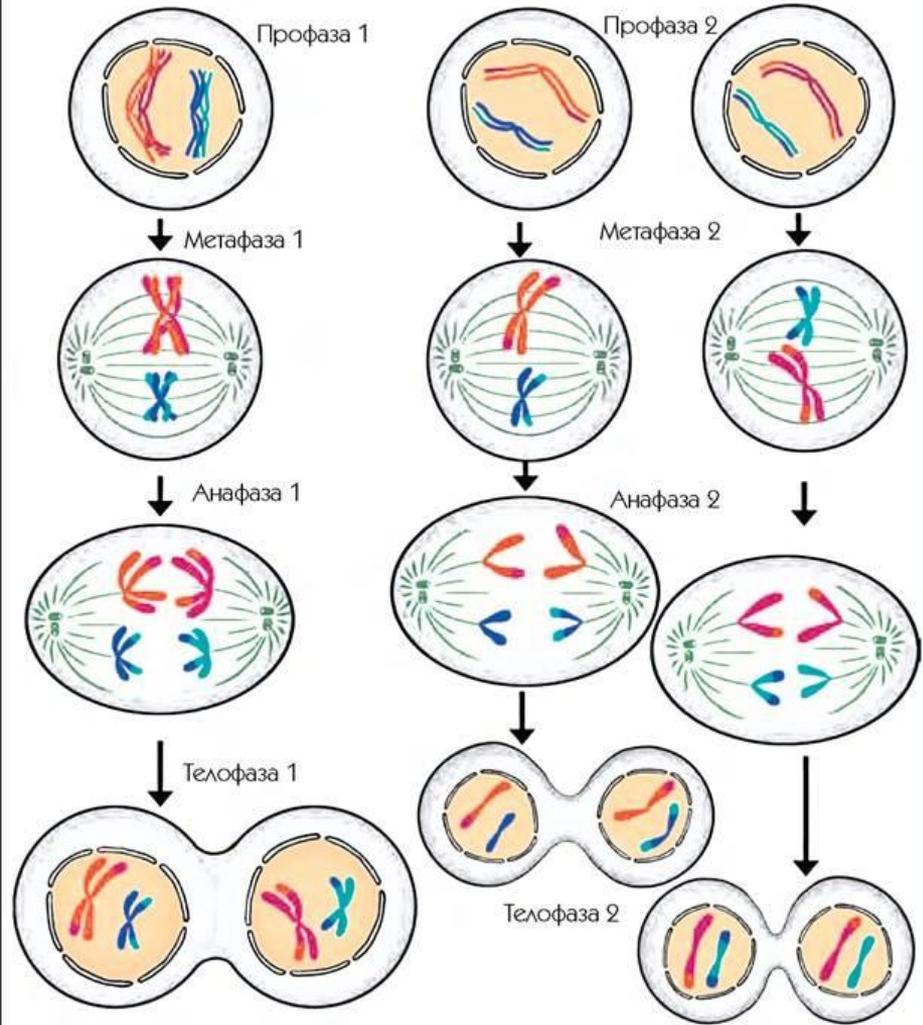
Образовательный центр Орион



**Мейоз** (от греч. meiosis – уменьшение) – особый тип деления клетки, при котором происходит кратное уменьшение (редукция) набора хромосом и переход клеток из диплоидного состояния в гаплоидное. Это один из этапов, предшествующих процессу полового размножения эукариотических организмов и лежащих в основе формирования половых клеток (гамет).

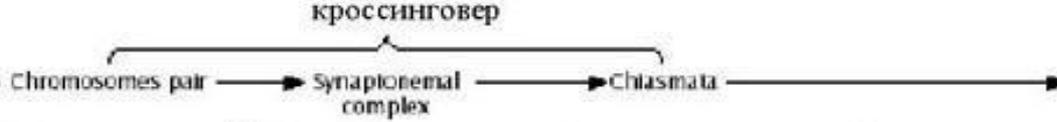
## Первое деление мейоза

## Второе деление мейоза

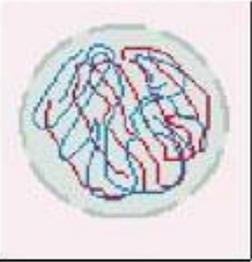


**Мейоз** состоит из двух следующих друг за другом делений, которым предшествует однократное удвоением ДНК: редукционного (мейоз I) и эквационного (мейоз II). В каждом делении выделяются по 4 фазы. Премейотическая интерфаза (интерфаза I) аналогична митотической. Удвоение ДНК (синтез сестринских хроматид) происходит в S-периоде клеточного цикла. Поэтому хромосомы, вступающие в процесс мейотического деления, так же как и в случае митоза, состоят из двух сестринских хроматид ( $2n \cdot 2c$ ).

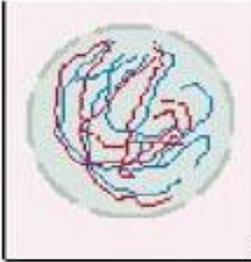
# Профаза



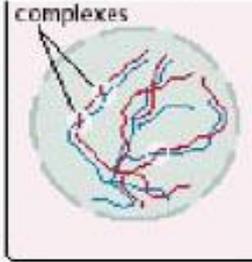
1  
**Лептотена**



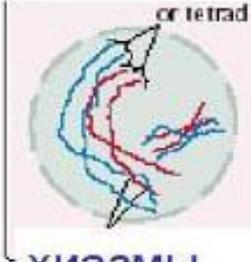
**Зиготена**



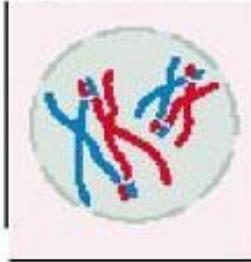
**Пахитена**



**Диплотена**



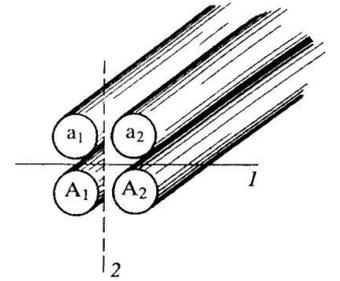
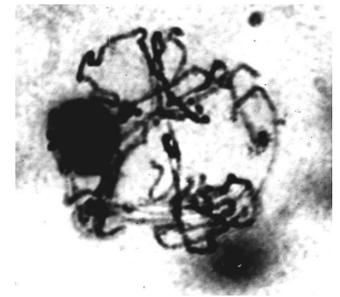
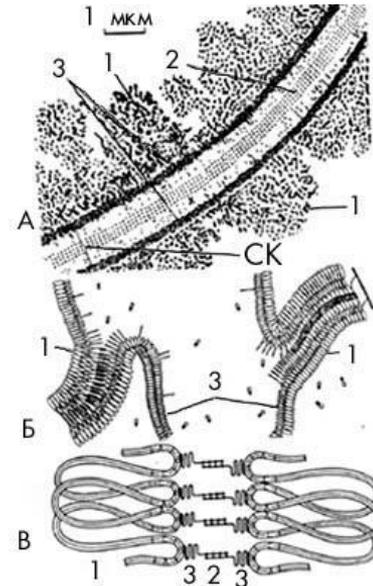
**Диакинез**



хиазмы

1. **Лептотена** – начало спирализации и уплотнения хромосом, которые становятся различимыми в ядре, приобретая нитевидную форму.

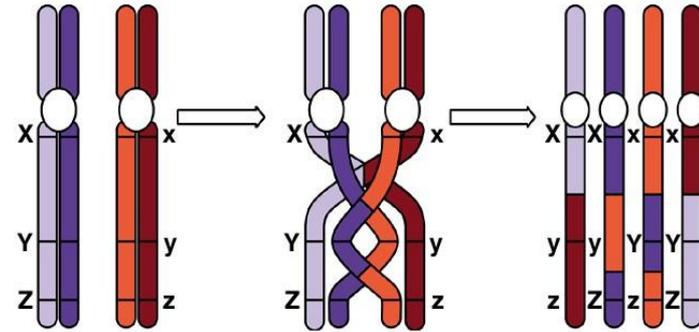
2. **Зиготена**. Основное событие – **конъюгация** (синапсис) гомологичных отцовских и материнских хромосом и образование **бивалентов**. В составе каждого бивалента хромосомы удерживаются с помощью специальной структуры – синаптонемного комплекса – белкового образования, которое закрепляет расположение гомологичных участков хромосом точно друг против друга.



# Профаза



**3. Пахитена** - основное событие этой фазы – кроссинговер (от англ. crossing-over – перекрест) – перекрещивание и взаимный обмен гомологичными участками гомологичных хромосом (от отцовской к материнской и наоборот). механизма «разрыв и воссоединение» в ходе которых две несестринские хроматиды рвутся и затем воссоединяются в новом сочетании. Приводит к рекомбинации генетического материала между гомологичными хромосомами (перетасовке отцовских и материнских вариантов генов) и появлению в потомстве новых комбинаций признаков, отличающихся от родительских.

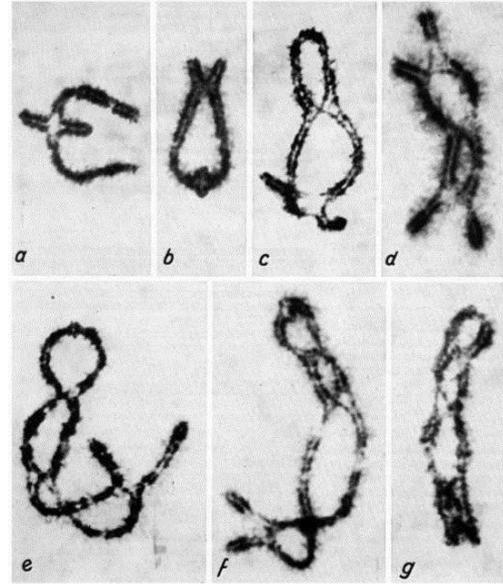


# Профаза

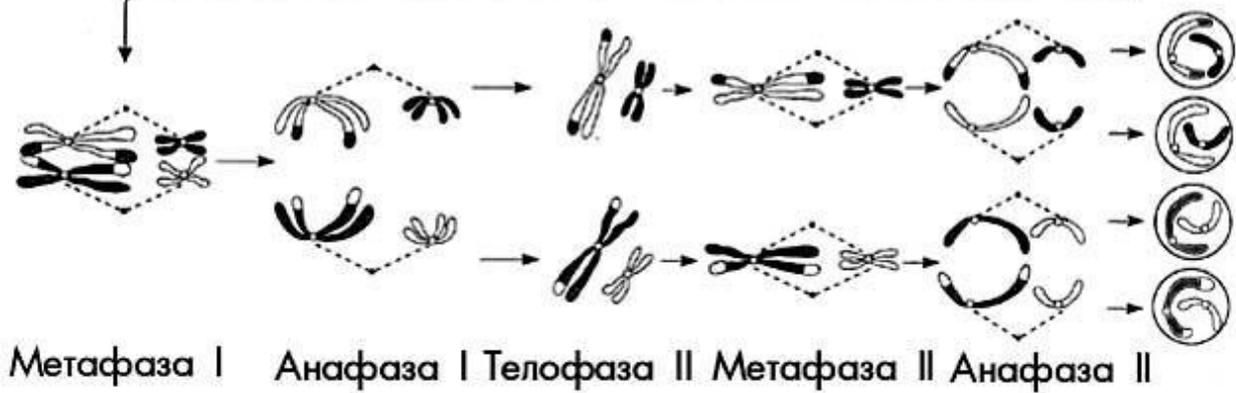


**4. Диплотена** – начало отталкивания гомологичных хромосом друг от друга в составе каждого бивалента, которое начинается в зоне центромер. При этом в точках перекреста (кроссинговера) видны хиазмы (зоны перекреста хроматид). Хиазмы свидетельствуют об обмене в биваленте участками гомологичных хромосом. Только в этих местах сохраняется СК. В разошедшихся местах он исчезает. Конденсация хромосом на этой стадии продолжается.

**5. Диакинез** – происходит максимальная конденсация хромосом, их укорачивание и утолщение, хиазмы перемещаются от центромер к концам хромосом (терминализация хиазм). Гомологичные хромосомы удерживаются в составе бивалентов благодаря хиазмам. К концу диакинеза разрушается ядерная оболочка, исчезают ядрышки, образуется веретено деления



## Профаза I



**Метафаза I (M<sub>I</sub>)** – биваленты располагаются в плоскости экватора, образуя метафазную пластинку. В отличие от митоза, нити веретена при- 80 крепляются к центромере (кинетохору) каждой из пары гомологичных хромосом лишь с одной стороны (со стороны полюса).

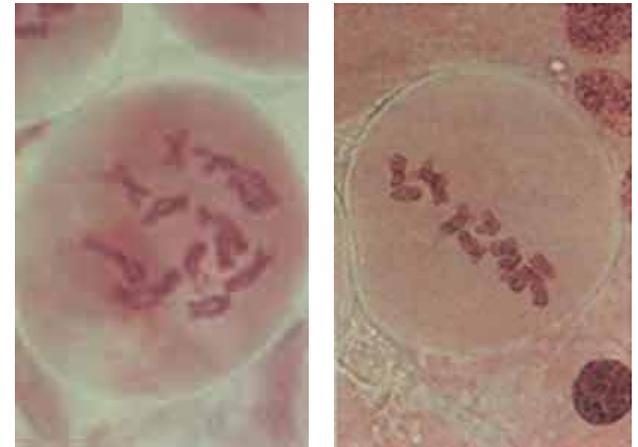


Фото Машкиной О.С.

**Анафаза I (AI).** В отличие от митоза центромеры не делятся. Соединенные ранее хиазмами концы гомологичных хромосом расходятся. К противоположным полюсам расходятся гомологичные хромосомы, входящие в состав каждого бивалента (но не сестринские хроматиды, как в митозе). Каждая хромосома по-прежнему состоит из двух хроматид. Происходит редукция (уменьшение) числа хромосом в два раза ( $n$ ) по сравнению с родительской клеткой ( $2n$ ). Причем, каждая материнская и отцовская хромосома имеют равновероятные возможности отойти к тому или иному полюсу, происходит независимое (свободное, случайное) расхождение гомологов каждого бивалента и различное их сочетание с хромосомами из разных пар. Это (наряду с кроссинговером) приводит к дополнительной рекомбинации генетического материала и является еще одной из причин генетического разнообразия формирующихся гамет.

Мейоз I

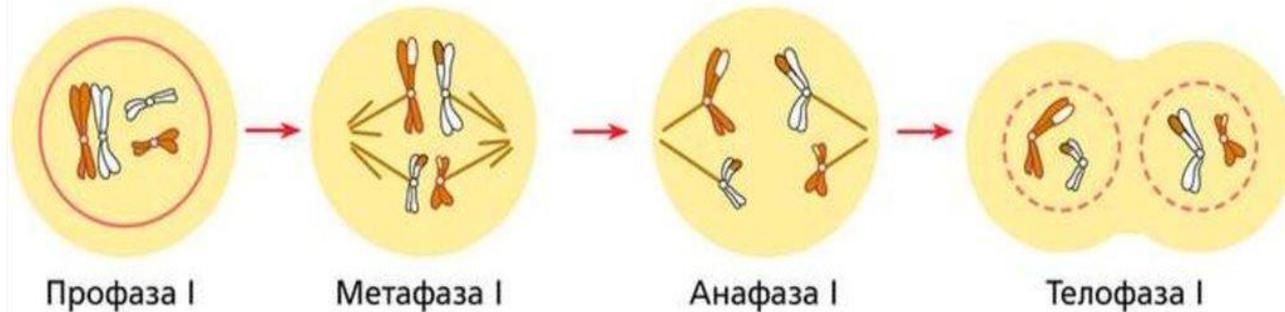


Фото Машкиной О.С.

**Телофаза I (ТI).** Происходит окончательное расхождение хромосом к полюсам. Хромосомы деконденсируются, удлиняются и вновь становятся неразличимыми, вокруг них формируется ядерная оболочка, образуются ядрышки. Нити веретена деления исчезают. В клетке формируется два гаплоидных ядра, которые могут различаться генотипически. У млекопитающих (в том числе и человека), однодольных растений (рожь, пшеница) происходит цитокинез и образуется две клетки, содержащие гаплоидный (половинный) набор хромосом. Каждая хромосома состоит из двух сестринских хроматид. У большинства двудольных цитокинез отсутствует и клетка остается двуядерной. Интеркнез (интерфаза между мейозом I и мейозом II) происходит быстро или отсутствует вовсе. В отличие от интерфазы мейоза I и митоза на этой стадии не происходит синтеза новой ДНК.

### Мейоз I

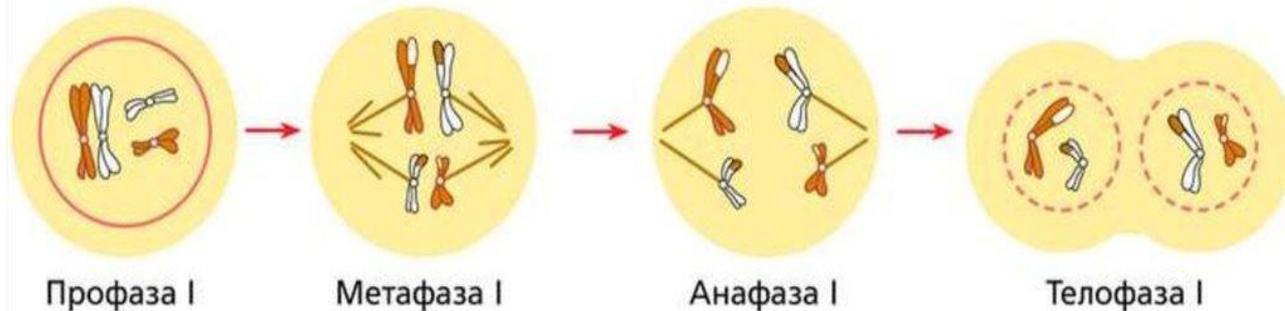


Фото Машкиной О.С.

**Второе деление мейоза** (мейоз II, эквационное деление) – происходит по типу митоза, но при гаплоидном наборе хромосом.

**Профаза II** (ПII) – часто проходит очень быстро. Хромосомы компактизируются, ядрышки и ядерная оболочка разрушаются, формируется веретено деления. **Метафаза II** (МII) – Хромосомы (состоящие из двух хроматид) выстраиваются в плоскости экватора. Нити веретена прикрепляются к центромерам (кинетохору). Образуется метафазная пластинка.

Мейоз II

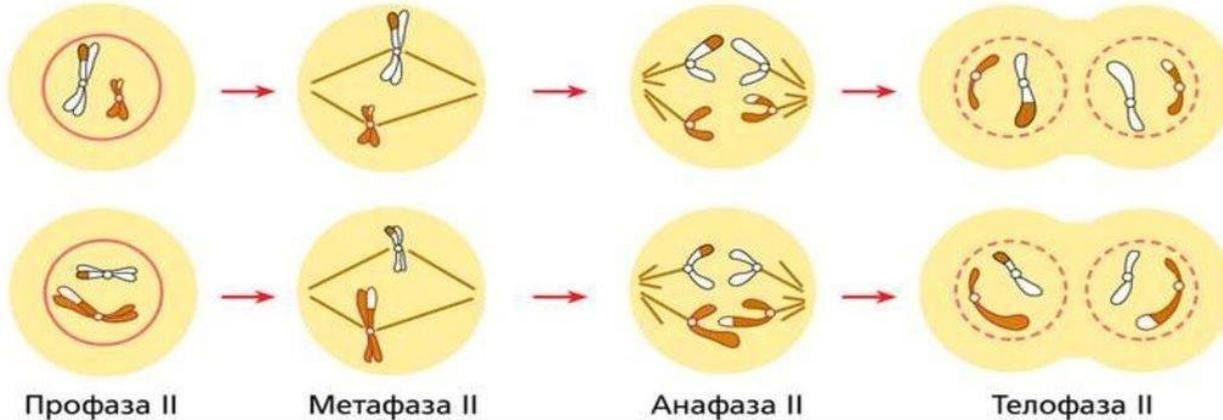


Фото Машкиной О.С.

**Анафаза II** (AII). Центромера каждой хромосомы продольно делится и сестринские хроматиды (став теперь самостоятельными однохроматидными хромосомами, содержащими по одной молекуле ДНК) расходятся к противоположным полюсам. Хроматиды могут быть неидентичными в результате произошедшего в первом делении кроссинговера. Число же хромосом у каждого полюса остается гаплоидным.

**Телофаза II** (TII) – Однохроматидные хромосомы деконденсируются, появляются ядрышки и ядерная оболочка, формируется четыре гаплоидных ядра, которые могут различаться генотипически. В клетке происходит

Мейоз II

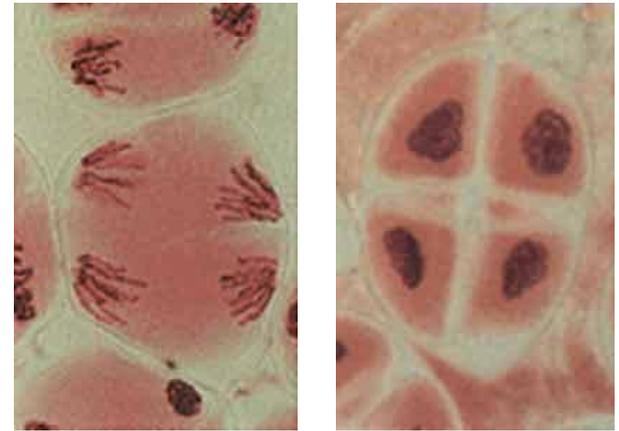
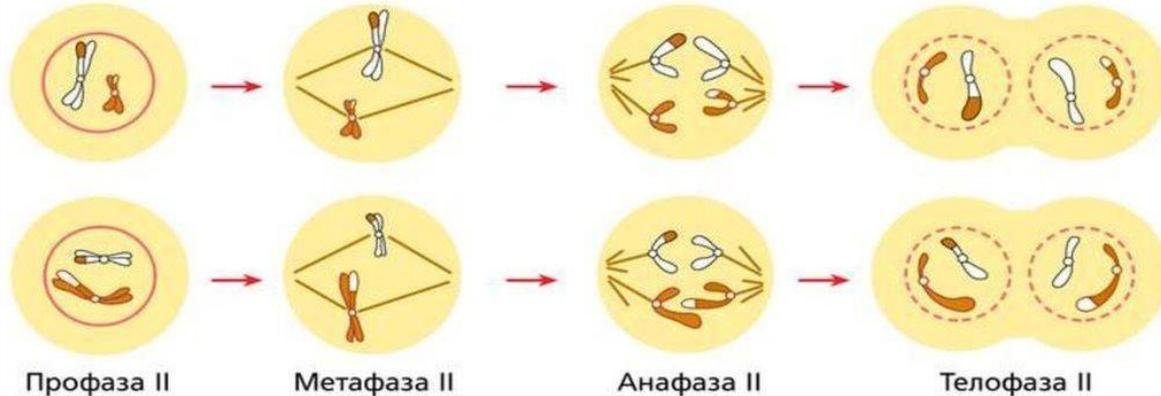


Фото Машкиной О.С.

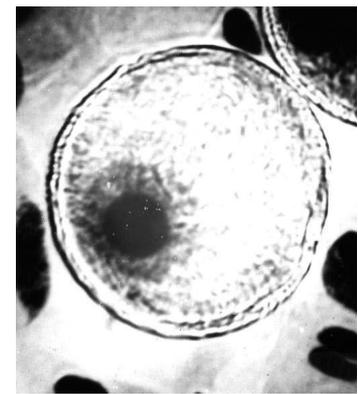
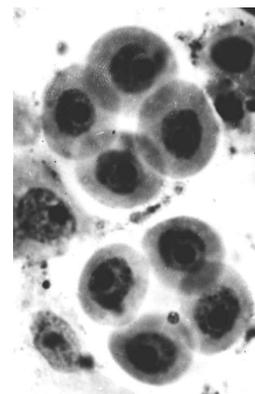
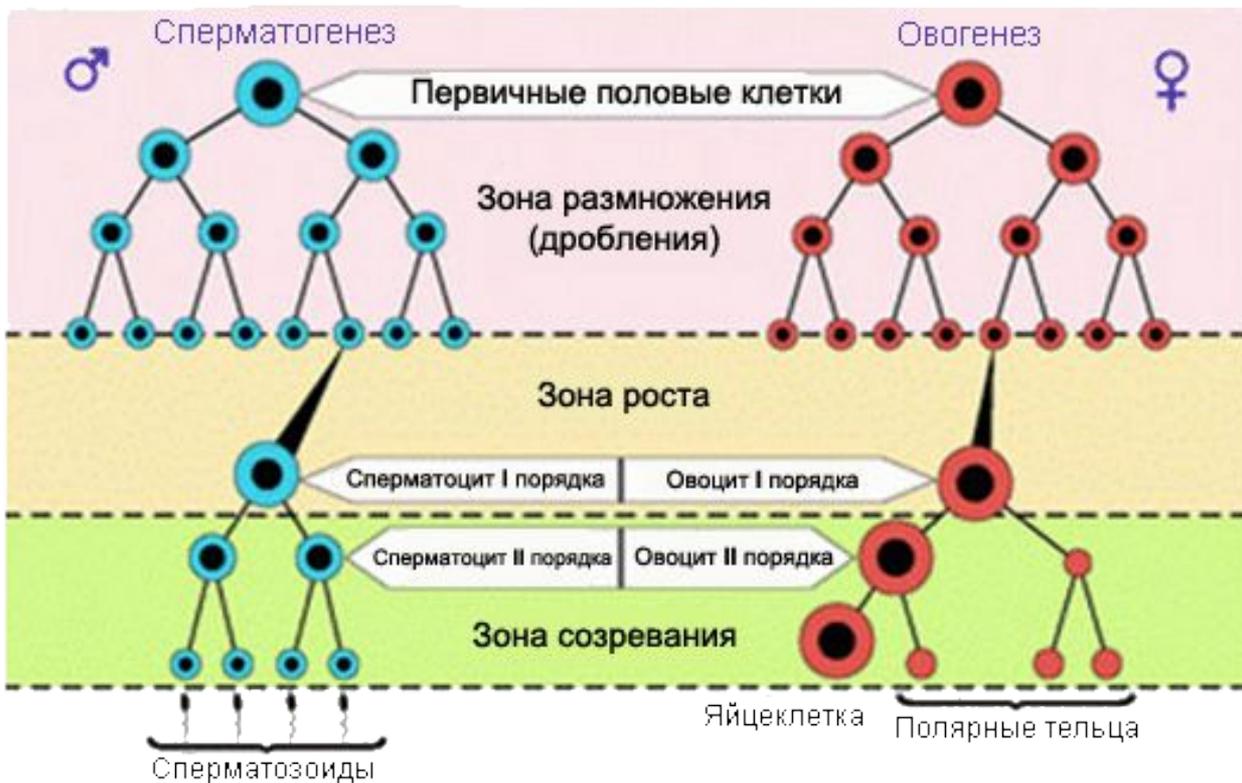
Заканчивается мейоз образованием четырех дочерних гаплоидных клеток (из каждой диплоидной материнской) с различным сочетанием отцовских и материнских хромосом. Это обеспечивает формирование у одного организма половых клеток (гамет) с равным по числу, но различным по составу набором хромосом, что приводит к генетическому разнообразию в потомстве. У животных клеток цитокинез происходит дважды: как в конце первого, так и второго деления мейоза. Дочерние клетки сразу теряют связь с друг другом и становятся независимыми. У некоторых растений при формировании микроспор (мужских спор) цитокинез, происходящий после первого деления мейоза, приводит к формированию диады – двух связанных с друг другом гаплоидных клеток, а после второго деления мейоза – тетрады, в которой четыре гаплоидные клетки окружены общей



# БИОЛОГИЧЕСКИЙ СМЫСЛ (ЗНАЧЕНИЕ) МЕЙОЗА:

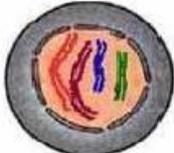
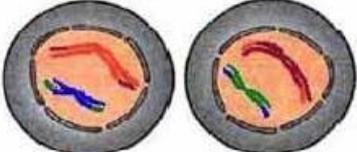
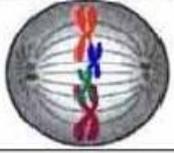
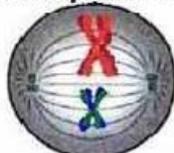
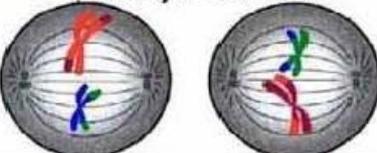
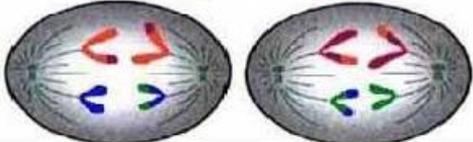
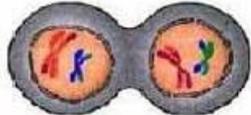
1. Поддержание видового постоянства числа хромосом при половом размножении (сохранение свойственного видам кариотипа). У организмов, размножающихся половым путем, в результате мейоза из одной исходной диплоидной клетки ( $2n$ ) образуются четыре дочерние с гаплоидным ( $n$ ) набором хромосом, из которых развиваются половые клетки (гаметы). При оплодотворении гаметы сливаются, образуя зиготу, в которой восстанавливается диплоидный набор хромосом, свойственный данному виду. Если бы не было механизма, обеспечивающего уменьшение числа хромосом в два раза, то в каждом последующем поколении диплоидный набор возрастал бы вдвое.
2. Продуцирование генетически разнообразных (неравнозначных) гамет и создание генетического разнообразия в потомстве. То есть мейоз – основа наследственной (комбинативной) изменчивости. Это обусловлено следующим: а) в процессе кроссинговера происходит перераспределение (рекомбинация) генетического материала между гомологичными хромосомами; б) в анафазе I происходит независимое расхождение хромосом, входящих в биваленты (материнских и отцовских), т. е. и в AI происходит перекомбинация генетического материала. Случайное и различное сочетание мужских и женских гамет при оплодотворении также обеспечивает

# Гаметогенез у человека



Тетрада и одноядерное пыльцевое зерно.  
Фото Машкиной О.С.

( $n$  - набор хромосом = 2;  $c$  - количество ДНК в хромосоме)

<b>Митоз</b>	<b>Мейоз</b>	
	<i>Первое деление</i>	<i>Второе деление</i>
<b>ПРОФАЗА</b> $2n4c$ 	<b>Профаза I</b> $2n4c$ 	<b>Профаза II</b> $1n2c$ 
<b>МЕТАФАЗА</b> $2n4c$ 	<b>Метафаза I</b> $2n4c$ 	<b>Метафаза II</b> $1n2c$ 
<b>АНАФАЗА</b> $4n4c$ 	<b>Анафаза I</b> $2n4c$ 	<b>Анафаза II</b> $2n2c$ 
<b>ТЕЛОФАЗА</b> $2n2c$ 	<b>Телофаза I</b> $1n2c$ 	<b>Телофаза II</b> $1n1c$ 

**ВОПРОСЫ?**