

## Лекция 4

# РАЗМНОЖЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ

Автор:  
доцент кафедры  
биологии  
Трускова Г.М.  
2008 г.

# План:

1. Формы размножения и развитие организмов

2. Гаметогенез. Особенности овогенеза

Мейоз, его биологический смысл

3. Оплодотворение

4. Другие пути приобретения генетической информации.

# **Вопрос 1. *Формы размножения и развитие организмов***

Размножение – это способность организмов производить себе подобных представителей того же вида.

Обычно выделяют два основных типа размножения: **бесполое и половое.**

***1.1.Бесполое размножение*** –  
происходит при участии лишь **одной**  
**родительской особи.**

Такой тип размножения у прокариот,  
грибов и растений,  
а также и у некоторых животных.

При **бесполом** размножении за один раз обычно образуется один или несколько потомков, причем эти потомки часто остаются связанными с родительской особью до тех пор, пока они не достигнут относительно больших размеров.

# Основные формы бесполого размножения:

- 1.- **простое деление** – простейшие ( амеба, инфузория-туфелька), одноклеточные водоросли и др.)
- 2. **спорообразование** (грибы, мхи, папоротники),
- 3. **почкование** (кишечнополостные: гидры, полипы), дрожжевые грибы;
- 4. **шизогония** – множественное деление (у малярийного плазмодия,
- 5. **фрагментация** (у червей),
- 6. **вегетативное размножение** – только у растений:
  - усиками (земляника),
  - отводками (виноград, смородина);
  - луковицами (лук, тюльпан).

Таким образом, бесполое размножение обеспечивает воспроизведение большого количества **генетически идентичных особей.**

## ***1.2. Половое размножение***

Сущность его заключается в объединении генетической

информации от **двух** особей одного  
вида – **родителей** – в

наследственном материале потомка.

Наследственный материал каждой дочерней особи является **уникальной комбинацией генетической информации родителей** и отличаются друг от друга по генотипу, признакам, свойствам, характеру приспособленности к условиям обитания.

При **половом** размножении потомки  
бывают вначале такими мелкими, что  
многие из них гибнут от хищников,  
голода или просто от  
неблагоприятной погоды.

Половой процесс складывается из  
двух этапов:

1. редукции числа хромосом в  
результате мейоза
2. сингамии или оплодотворении

Половое размножение осуществляется двумя типами клеток: *сперматозоидами и яйцеклетками*. Половые клетки в отличие от соматических имеют гаплоидный набор хромосом и низкий уровень обменных процессов.

Яйцеклетка  
картинка

**Яйцеклетки** – относительно крупные неподвижные клетки чаще округлые, с большим количеством запасных питательных веществ в виде желтка. В ядрах яйцеклеток образуется много рибосомальных генов и мРНК, обеспечивающих синтез жизненно важных белков будущего зародыша.

Яйцеклетки разных организмов различаются количеством и характером распределения в них желтка и бывают 4-х  
4 типов:

# Типы яйцеклеток

- - 1. **изо-или гомолецитальные**, в них немного желтка и он равномерно распределен в цитоплазме
- (у червей, двустворчатых и брюхоногих моллюсков, иглокожих, ланцетника и др.)
- -2. **умеренно телолецитальные** (осетровые рыбы, земноводные)
- имеют умеренное содержание желтка, основная масса которого сосредоточена на вегетативном полюсе.
- - 3. **резко телолецитальные** (у костистых рыб, пресмыкающихся, птиц, яйцекладущих млекопитающих) они имеют большое количество желтка. На анимальном полюсе находится зародышевый диск с активной, лишенной желтка цитоплазмой.
- - 4. **центролецитальные**
- (у членистоногих) имеют большое количество желтка, расположенного в центре яйца, цитоплазма тонким слоем окружает желток снаружи.

# СПЕРМАТОЗОИТ

## картинка

**Сперматозоиды** – обычно мелкие.

У них имеется **головка, шейка и хвост**. Головка содержит ядро и очень небольшое количество цитоплазмы.

На головке есть **акросома** – видоизмененный комплекс Гольджи содержащий ферменты для растворения оболочки яйцеклетки при оплодотворении.

В шейке находятся многочисленные митохондрии и две центриоли.

От шейки отрастает хвост, образованный микротрубочками и обеспечивающий подвижность сперматозоидов.

Виды, у которых одна и та же особь производит и мужские и женские гаметы, называют

*гермафродитными* или двуполыми.

К ним относятся: простейшие, кишечнополостные, плоские и круглые черви, ракообразные, моллюски, некоторые рыбы и ящерицы.

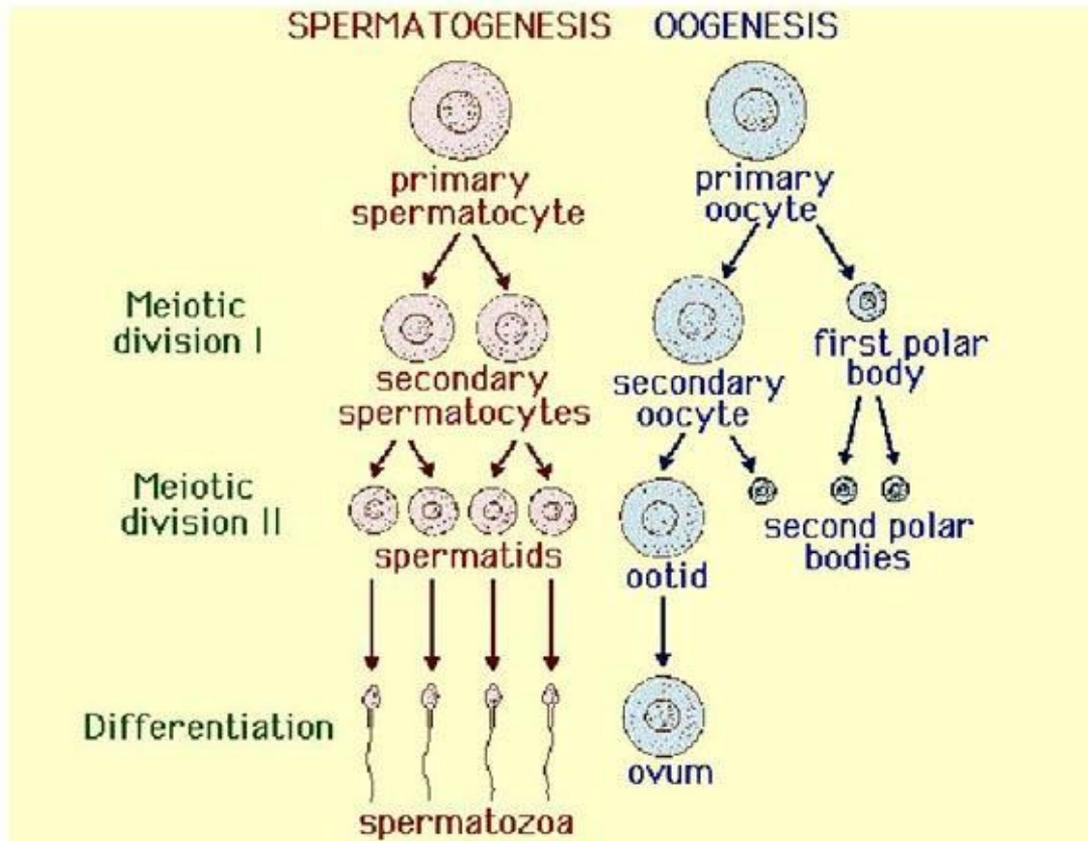
**Вопрос 2. Гаметогенез – процесс  
образование половых клеток.**

**Он протекает в половых железах –  
гонадах ( яичниках и семенниках)**

Процесс образования  
сперматозоидов - *сперматогенез*,  
яйцеклеток – *овогенез*.

# Гаметогенез

## СПЕРМАТОГЕНЕЗ И ООГЕНЕЗ



Условно обе формы гаметогенеза  
делят на несколько фаз:

размножения, роста, созревания и  
выделяемую при сперматогенезе  
фазу формирования.

## 2.1. Фаза размножения

Клетки половых желез (семенников и яичников) многократно делятся митозом, образуя многочисленные сперматогоний и овогоний.

Эти клетки, как и все клетки тела, диплоидны.

Фаза размножения у мужчин  
начинается с наступления половой  
зрелости и продолжается постоянно  
в течение почти всей жизни.

В женском организме размножение овогоний начинается в эмбриогенезе и завершается к третьему году жизни.

**2.2.Фаза роста** – увеличивается объем цитоплазмы клеток, идет репликация ДНК и удвоение хромосом.

В фазе роста клетки называются:  
сперматоцитами и овоцитами  
1 порядка.

Фаза роста более выражена в овогенезе, так как овоциты 1 порядка накапливают значительные количества питательных веществ.

## 2.3. Фаза созревания

характеризуется мейозом.

**Мейоз**- своеобразный способ деления клеток, приводящий к уменьшению в них числа хромосом вдвое.

Мейоз состоит из двух последовательных делений, которым предшествует однократная репликация ДНК.

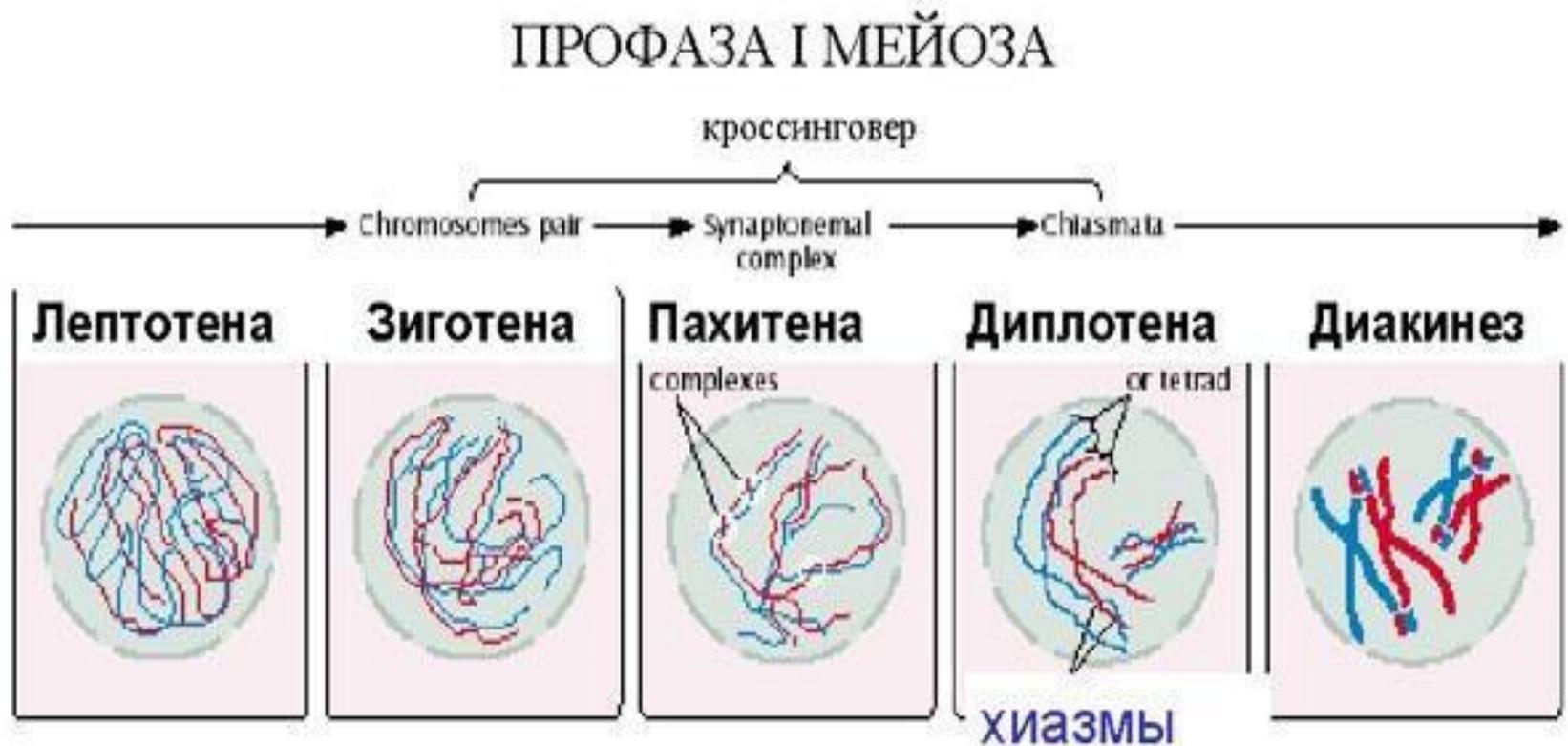
Интерфаза 2 практически отсутствует.

В каждом из них различают те же (что и в митозе) четыре стадии: профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

Первое мейотическое деление приводит к уменьшению вдвое числа хромосом и называется *редукционным*. В результате его из одной диплоидной клетки ( $2n4c$ ) образуются две гаплоидные ( $n2c$ ) клетки.

Профаза 1 мейоза наиболее продолжительна и сложна.

# Профаза мейоза 1



Кроссинговер - обмен частями между гомологичными хромосомами (отцовскими и материнскими) происходит в профазе I мейоза.

# Стадии профазы мейоза 1

- **-Лептотена.** На этой стадии начинается спирализация интерфазных редуцированных хромосом и они становятся различимыми в виде тонких нитей, образующих клубок в ядре.
- **--Зиготена** . Гомологичные хромосомы сближаются и **конъюгируют**. Возникает специальная структура – синаптонемальный комплекс (синаптонема – нить спаривания). Этот комплекс есть в мейотических клетках всех животных и растений. Каждая хромосома состоит из двух сестринских хроматид. -
- **Пахитена.** Конъюгировавшие гомологичные хромосомы прижаты друг к другу и продолжают спирализоваться. В результате образуется одна укороченная мейотическая хромосома (пахи – толстая), состоящая из четырех хроматид. Это – бивалент.
- **- Диплотена.** Гомологичные хромосомы расходятся, но в отдельных местах они еще спарены. Это участки, в которых возможен **кроссинговер** – обмен локусами между гомологичными хромосомами. Образуются кольцевидные фигуры – **хиазмы**.
- При овогенезе в отличие от сперматогенеза выделяют еще одну стадию:
- **–Диакнез.** Хромосомы временно деспирализуются, приобретая вид «ламповых щеток».

В профазе 1 мейоза происходит два  
исключительно важных в  
биологическом отношении события:  
*конъюгация*, или синапсис,  
гомологичных хромосом и  
*кроссинговер*.

**Конъюгация** – это процесс сближения гомологичных хромосом с образованием бивалентов или тетрад.

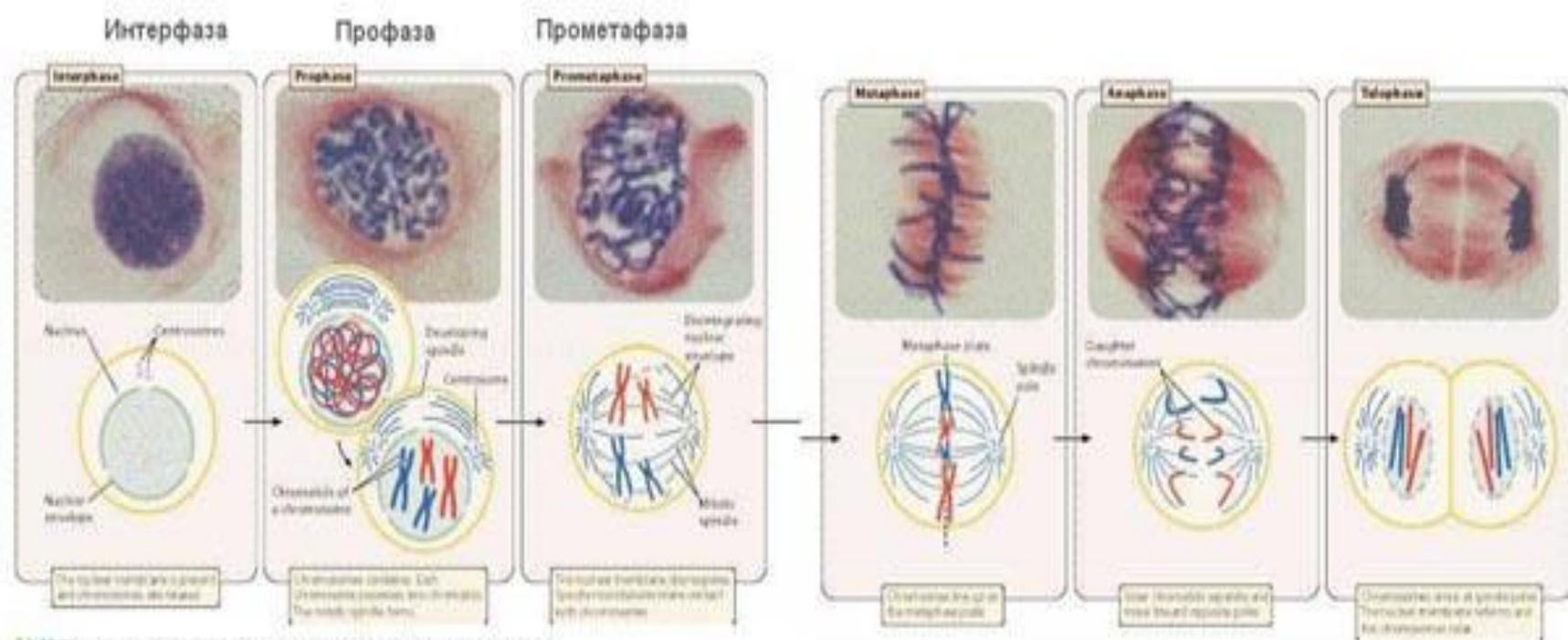
В диплоидной клетке образуется  $n$  бивалентов. После конъюгации формула клетки приобретает вид  $n4c$ .

К концу профазы 1 спирализация хромосом возрастает, они становятся хорошо различимы, нити веретена деления прикрепляются к центромере одной из хромосом бивалента. Ядерная оболочка разрушается, и биваленты направляются к экватору клетки.

Гомологичные хромосомы разъединяются в области центромер, но пока соединены в области плеч.

В некоторых местах бивалента хроматиды конъюгированных хромосом перекрещиваются, рвутся и обмениваются соответствующими участками. Такой процесс обмена фрагментами гомологичных хромосом называется **кроссинговером**. Он обеспечивает образование новых комбинаций отцовских и материнских генов в хромосомах будущих гамет.

## ФАЗЫ ПЕРВОГО ДЕЛЕНИЯ МЕЙОЗА



4.2.10 The cell cycle is divided into stages. (Photo © Andrew S. Rajes, University of Oregon)

В метафазе 1 мейоза завершается формирование веретена деления, биваленты выстраиваются в плоскости экватора клетки.

Нити веретена с одного полюса прикрепляются к центромере каждой хромосомы.

В анафазе 1 мейоза гомологичные хромосомы отходят друг от друга, направляясь к противоположным полюсам клетки.

В результате у каждого из полюсов клетки формируется гаплоидный набор хромосом, содержащий по одной двуххроматидной хромосоме из каждой пары гомологичных хромосом.

В анафазе 1 хромосомы разных пар, т.е. негомологичные хромосомы, ведут себя совершенно независимо друг от друга, обеспечивая образование самых различных комбинаций отцовских и материнских хромосом в гаплоидном наборе будущих гамет.

Число таких комбинаций соответствует формуле  $2^n$ , где  $n$  - число пар гомологичных хромосом. У человека эта величина равна  $2^{23}$ , т. е.  $8,4 \times 10^6$  вариантов сочетаний отцовских и материнских хромосом возможно в гаметах человека.

В телофазе 1 мейоза происходит формирование клеток, ядра которых имеют гаплоидный набор хромосом и удвоенное количество ДНК, так как каждая хромосома состоит из двух хроматид.

Клетки, образующиеся в результате первого мейотического деления, имеют формулу  $n2c$  и после короткой интерфазы приступают к следующему делению.

Второе мейотическое деление (эквационное) протекает как типичный митоз, но отличается тем, что вступающие в него клетки содержат гаплоидный набор хромосом. В результате такого деления двуххроматидные хромосомы, расщепляясь образуют две однохроматидные хромосомы с формулой  $nc$ .

Таким образом, после двух последовательных делений из одной клетки с диплоидным набором двуххроматидных хромосом ( $2n4c$ ) образуются четыре клетки с гаплоидным набором однохроматидных хромосом ( $nc$ ).

# Отличие мейоза от митоза:

- **1.**профаза 1 мейоза более продолжительна, чем профаза митоза. Происходит конъюгация и кроссинговер.
- **2.** в метафазе 1 по экватору располагаются не отдельные хромосомы, а пары конъюгированных хромосом
- **3.** в анафазе 1 мейоза к полюсам расходятся целые хромосомы, а не хроматиды, как в митозе
- **4.**силы отталкивания в мейозе проявляются в области центромер, а не от концов плеч как при митозе.

Биологическое значение мейоза заключается в образовании клеток с редуцированным набором хромосом и поддержании постоянства кариотипа (диплоидный набор хромосом) в ряду поколений организмов, размножающихся половым путем.

Мейоз служит основой комбинативной изменчивости, обеспечивая генетическое разнообразие гамет благодаря процессам кроссинговера, расхождения и комбинаторики отцовских и материнских хромосом.

При сперматогенезе в результате 1 мейотического деления образуются два одинаковых **сперматоцита 2 порядка**, каждый из которых после второго деления мейоза формирует по две сперматиды.

Деления созревания при **овогенезе** характеризуются рядом особенностей. Во-первых профаза первого мейотического деления осуществляется еще в эмбриональном периоде, а остальные события мейоза продолжаются после полового созревания организма.

Каждый месяц в одном из яичников половозрелой женщины созревает одна яйцеклетка. При этом завершается 1 деление мейоза, образуются крупный **овоцит 2 порядка** и маленькое первое полярное, или направительное, тельце, которые вступают во второе деление мейоза.

На стадии метафазы второго мейотического деления овоцит 2 порядка овулирует – выходит из яичника в брюшную полость, откуда попадает в яйцевод. Дальнейшее созревание его возможно лишь после слияния со сперматозоидом. Если оплодотворения не происходит, овоцит 2 порядка погибает и выводится из организма

. В случае оплодотворения он завершает второе мейотическое деление, образуя зрелую яйцеклетку – овоцит и второе направительное тельце. Полярные тельца никакой роли в овогенезе не играют и в конце концов погибают.

Таким образом, в результате фазы созревания из каждой диплоидной клетки, обладающей двуххроматидными хромосомами, формируются гаплоидные клетки с однохроматидными хромосомами: при сперматогенезе – 4 сперматиды, при овогенезе 1 овотида и 3 полярных тельца.

**2.4. Фаза формирования** характерна только для сперматогенеза, и сущность ее состоит в том, что сперматиды приобретают свойственную спермиям морфологию и подвижность.

**3. Оплодотворение** – процесс слияние сперматозоида и яйцеклетки, при этом объединяются геномы материнского и отцовского организмов и образуется зигота.

Различают **наружное** оплодотворение, когда половые клетки сливаются вне организма, и **внутреннее**, когда половые клетки сливаются внутри половых путей особи.

Кроме того существует еще **перекрестное оплодотворение**, когда объединяются половые клетки разных особей; **самооплодотворение** – при слиянии гамет, продуцируемых одним и тем же организмом; **моноспермия** и **полиспермия** в зависимости от числа сперматозоидов, оплодотворяющих одну яйцеклетку.

Подавляющее большинство наземных животных и некоторые водные виды имеют **внутреннее перекрестное оплодотворение**, причем для части птиц и рептилий характерна полиспермия.

У человека процесс оплодотворения происходит в маточной трубе, куда после овуляции попадают овоцит 2 порядка и могут находиться многочисленные сперматозоиды.

При контакте с яйцеклеткой сперматозоид выделяет ферменты, которые растворяют оболочку яйцеклетки и обеспечивают проникновение сперматозоида внутрь.

После проникновения сперматозоида яйцеклетка формирует на поверхности толстую оболочку, препятствующую проникновению других сперматозоидов.

Проникновение сперматозоида стимулирует овоцит 2 порядка к дальнейшему делению.

Он проходит анафазу и телофазу второго мейотического деления и становится зрелым яйцом. В результате в цитоплазме яйцеклетки оказываются два гаплоидных ядра, называемых мужским и женским *пронуклеусами*, которые сливаются, образуя зиготу.

Следовательно, сущность оплодотворения заключается в объединении гаплоидных геномов материнского и отцовского организмов и формировании уникальной комбинации генов в генотипе зиготы потомка.

У некоторых видов организмов  
(пчел, дафний) встречается  
особая форма полового  
размножения – без  
оплодотворения.

Такая форма полового  
размножения называется  
**партеногенезом.**

**Партеногенез** (parthenos – девственница, genos – рождение) – развитие организма из неоплодотворенной яйцеклетки. Эта форма размножения была обнаружена в 18 веке швейцарским натуралистом Бонне.

Партеногенез может быть естественным и искусственным. Естественный встречается у ряда растений, червей, насекомых, ракообразных. Например, у пчел, муравьев, коловраток (круглых червей) отмечен факультативный партеногенез: из оплодотворенных яиц развиваются самки, из неоплодотворенных – самцы.

Такой партеногенез необходим для регуляции численного соотношения полов. Для кавказской скальной ящерицы, обитающей в Армении, характерен облигатный партеногенез, так как в горной местности встреча двух партнеров затруднена.

У некоторых организмов партеногенез носит циклический характер. Например, у тлей, дафний летом самки размножаются партеногенезом, а осенью у них встречается размножение с оплодотворением.

Партеногенез может быть вызван искусственным путем (воздействием механических, физических, температурных факторов).

Искусственный партеногенез исследовал русский ученый А.А. Тихомиров в 1886 г.

Он добился развития  
неоплодотворенной яйцеклетки у  
тутового шелкопряда, раздражая  
яйцеклетки тонкой кисточкой или  
обрабатывая несколько секунд  
соляной кислотой. Промышленный  
способ получения  
партеногенетического потомства у  
шелкопряда разработал в 1940-60 гг.  
Б.Л.Астауров.

Искусственный партеногенез  
возможен, по-видимому, у всех  
видов животных. Однако их яйца  
различаются по способности  
развиваться без оплодотворения  
и в отношении факторов и  
условий, стимулирующих в них  
партеногенез.

**Гиногенез** – разновидность партеногенеза, происходящего в результате незавершающегося оплодотворения.

В данном случае оплодотворение играет роль лишь агента, активирующего яйцо к развитию, но мужской пронуклеус в нем не участвует.

Гиногенез чаще всего происходит при оплодотворении яиц спермой другого (родственного) вида. Эта сперма активизирует яйцо, но не вносит свой генетический материал в геном зародыша.

Например, яйца серебряного карася могут быть стимулированы к развитию спермой сазана, плотвы, обыкновенного карася.

Гиногенез может быть вызван искусственно термошоком или облучением яйцеклетки.

У мышей гиногенез удалось получить путем микрохирургического удаления из зиготы мужского пронуклеуса. Из таких яиц были получены особи женского пола.

**Андрогенез** – явление, противоположное партеногенезу. В этом случае яйцеклетка развивается только с участием мужского ядра.

Естественный андрогенез встречается у табака и кукурузы, иногда у тутового шелкопряда.

В этих опытах ядро яйца инактивировалось прогреванием или облучением. Проникшие сперматозоиды формировали пронуклеусы, два из которых сливались, образуя диплоидный набор хромосом. Особи были только мужского пола.

## **4. Другие пути приобретения генетической информации.**

Существуют пути приобретения генетической информации от организмов других видов:

**Клептогенез** (эволюция путем воровства). В клетках

пищеварительной системы

брюхоного моллюска *Elysia viridis*

сохраняется хлорофилл поедаемой водоросли, способной к фотосинтезу.

Турбеллярии используют

стрекательные клетки гидроидных полипов.

Случаи внутривидового клептопаразитизма редки, обычно это взаимодействие между двумя видами.

Крупные чайки и поморники нападают в воздухе на крачек, чистиков, топорков, несущих корм своим птенцам, и, преследуя жертву заставляют бросить корм, который тут же на лету подхватывают.

Короткохвостый поморник живет  
исключительно за счет рыбы,  
отбираемой им у кайр, тупиков и  
моевок.

**Трансдукция** – в генетический материал клетки-хозяина встраивается нуклеиновая кислота вируса.

**Плазмиды** – внехромосомные факторы наследственности, генетические элементы, способные стабильно существовать в клетке в не связанном с хромосомами состоянии.

**Эписомы** – генетические элементы, которые могут существовать в клетке либо независимо от хромосомы, либо встраиваться в нее.

Существуют механизмы защиты от проникновения чужеродного наследственного материала.

Интерферон вырабатывается в ответ на внедрение вируса. Это фактор неспецифического противовирусного иммунитета.

Таким образом, при размножении организмов наследственная информация передается потомкам самыми разными путями. При бесполом размножении образуются особи, идентичные родительским, а при половом – в популяции создается высокая генетическая изменчивость.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**