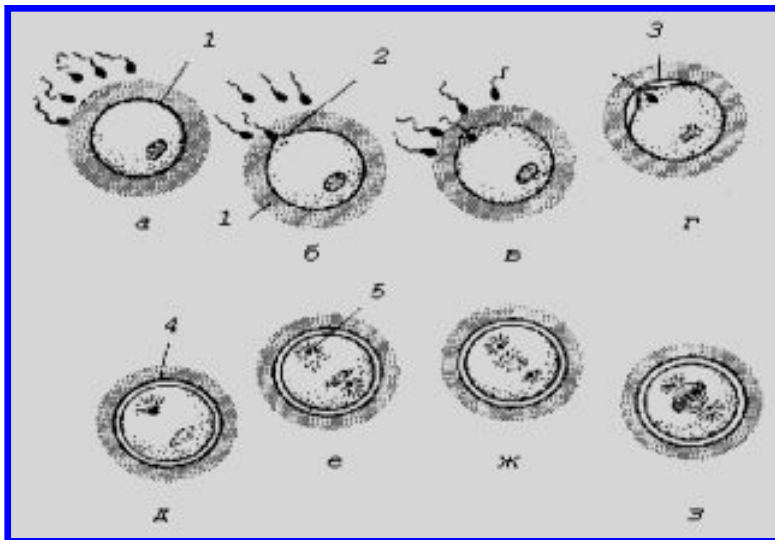


**ОПЛОДОТВОРЕНИЕ**

**Оплодотворение.** Оплодотворение – сложный процесс, в ходе которого сперматозоид проникает в яйцо и их ядра сливаются. В результате слияния гамет образуется зигота – по существу уже новая особь, способная развиваться при наличии необходимых для этого условий. Оплодотворение вызывает активацию яйца, стимулируя его к последовательным изменениям, приводящим к развитию сформированного организма. При оплодотворении происходит также амфимиксис, т.е. смешение наследственных факторов в результате слияния ядер яйца и сперматозоида. Яйцо обеспечивает половину необходимых хромосом и обычно все питательные вещества, необходимые для ранних стадий развития.



а-г - проникновение сперматозоидов в яйцеклетку

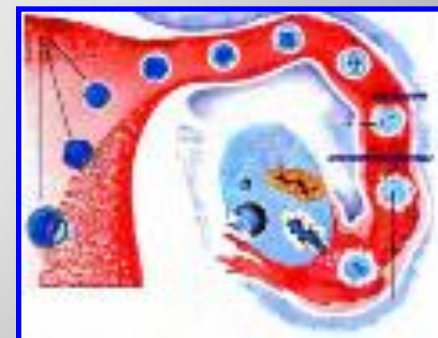
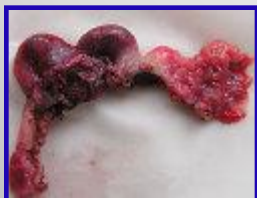
д-з - слияние ядер половых клеток.

## Биологическое значение оплодотворения

Большая значимость процесса оплодотворения заключается в том, что при слиянии мужских и женских половых клеток образуется новый организм, несущий признаки отца и матери. При образовании половых клеток в мейозе возникают гаметы с разным сочетанием хромосом; это приводит к тому, что после оплодотворения новые организмы могут сочетать в себе признаки обоих родителей в самых различных комбинациях. В результате происходит значительное увеличение наследственного разнообразия организмов.

# Общая характеристика оплодотворения у человека

- 1. а) У человека - **моноспермальный тип** оплодотворения - только один сперматозоид (Сп) может проникнуть в яйцеклетку (точнее, ооцит II).
- б) В женских половых путях сперматозоиды сохраняют оплодотворяющую способность в течение 1-2 суток.
- 2. Оптимальный срок для оплодотворения - **первые 24 часа после овуляции** (хотя ооцит II может сохранять способность к оплодотворению ещё некоторое время).
- 3. Таким образом, оплодотворение может наступить лишь в том случае, если встреча половых клеток осуществляется в интервале времени «**момент овуляции  $\pm$  1-2 суток**». («-» - за счёт сохранения Сп в женских половых путях, «+» - за счёт сохранения ооцита II).
- 4. Оплодотворение в норме происходит **в ампулярной части маточной трубы млекопитающих**.



# Основные события этапа

## оплодотворения

### I. Сближение половых клеток. Дистантное взаимодействие гамет.

#### *Механизм движения ооцита II*

а) Ооцит II (с оболочками) медленно перемещается от воронки яйцевода к матке; движение пассивно благодаря току слизи, выделяемой под действием эстрогенов.

б) Данный ток вызывается биением ресничек мерцательных клеток и тоническими сокращениями маточных труб (под действием прогестерона).

#### *Движение сперматозоида (Сп) во влагалище и матке*

##### пассивное движение Сп

1. а) во влагалище собственная подвижность Сп невелика - из-за имеющейся здесь кислой среды. В матку они попадают за счет тонических сокращений женских половых путей.

б) маточных труб часть Сп достигает пассивно. Количество Сп уменьшается.

2. Сокращения влагалища и матки усиливаются под влиянием простагландинов спермы, синтезируемых в простате.

##### • активное движение Сп

а) в маточных трубах движение Сп становится преимущественно активным и обеспечивается биением их жгутиков

б) при этом сперматозоиды одновременно двигаются поступательно и вращаются вокруг своей оси

в) направленность движения сперматозоидов обеспечивается **реотаксисом и хемотаксисом**

г) аттрактантами являются определённые **пептиды**, выделяемые ооцитом II или его окружением.

# Гамоны

найлены у некоторых растений (водоросли, грибы) и многих животных (моллюски, кольчатые черви, иглокожие, хордовые)

## *В женских половых продуктах животных выявлены:*

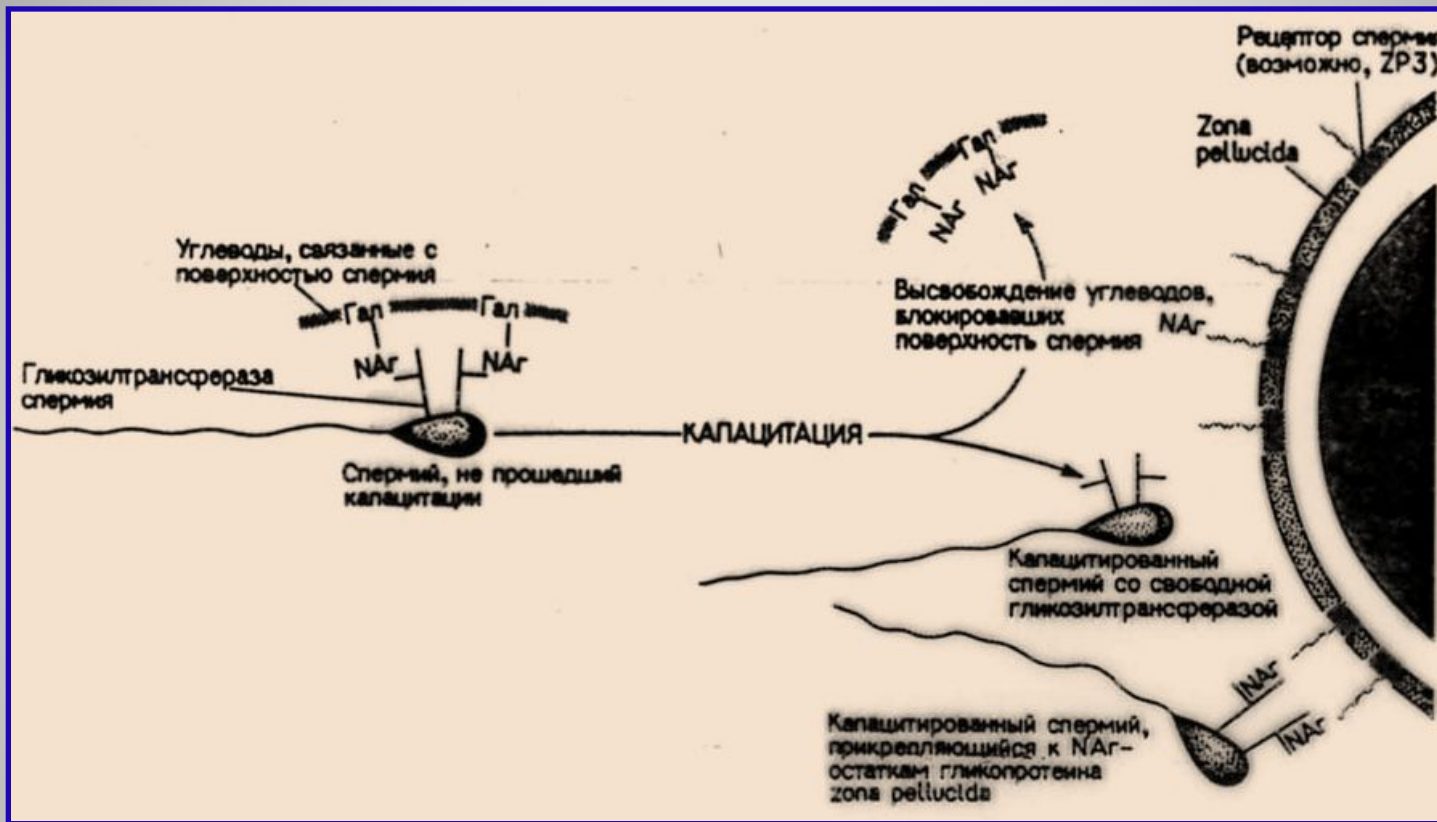
- 1) **Гиногамон I**, усиливающий и продлевающий подвижность сперматозоидов; антагонист андрогамона I; низкомолекулярное термостабильное вещество небелковой природы.
- 2) **Гиногамон II (фертилизин)**, вызывающий агглютинацию сперматозоидов. Способствует элиминации значительной части сперматозоидов, приближающихся к яйцу.
- 3) Вещество, инактивирующее агглютинирующее начало (**антифертилизин яйца**); у морских ежей осаждает гель студенистой оболочки и вызывает агглютинацию яиц; антагонист гиногамона II; белок.

## *В мужских половых продуктах животных найдены:*

- 1) **Андрогамон I**, подавляющий подвижность сперматозоидов; антагонист гиногамона I; низкомолекулярное термостабильное вещество небелковой природы.
- 2) **Андрогамон II (антифертилизин сперматозоида)**, инактивирующий агглютинирующее начало; по действию сходен с антифертилизином яйца; относительно термостабильный белок.
- 3) **Лизины сперматозоида**, растворяющие яйцевые оболочки; термолабильные белки (у млекопитающих — фермент гиалуронидаза).

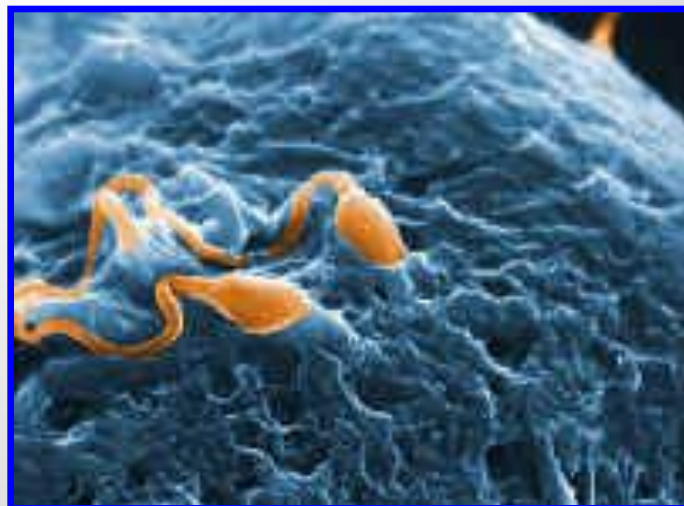
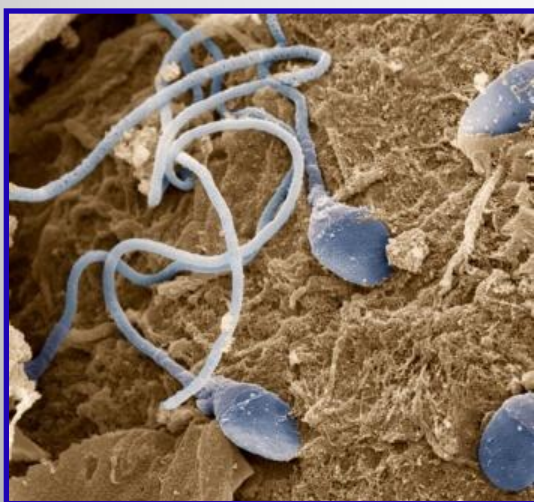
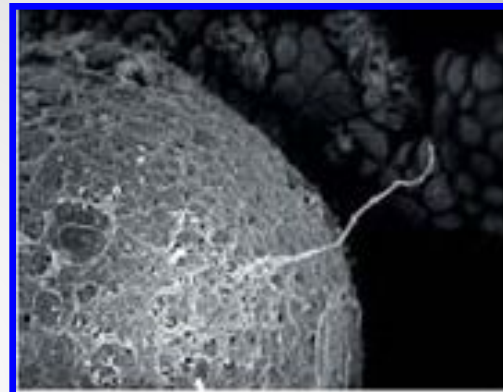
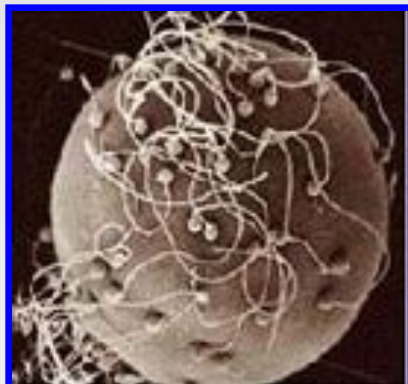
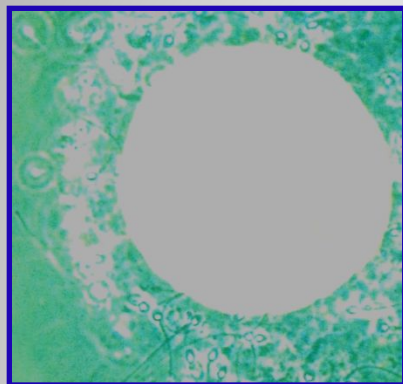


# Капацитация



метаболизм и подвижность Сп резко усиливаются а мембраны Сп в области головки теряют поверхностные гликопротеины и поэтому приобретают способность связываться с блестящей оболочкой ооцита, а также лабильность (что необходимо для последующего разрыва акросомы);

Вот как это было...





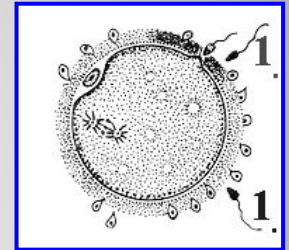
- При соприкосновении сперматозоида с поверхностью яйца желточная оболочка яйца изменяется, превращаясь в оболочку оплодотворения. Это изменение считается доказательством того, что произошла активация яйца. Одновременно на поверхности яиц, содержащих мало желтка или не содержащих его вовсе, возникает т.н. кортикальная реакция, не допускающая проникновения в яйцо других сперматозоидов. У яиц, содержащих очень много желтка, кортикальная реакция возникает позднее, так что в них обычно проникает несколько сперматозоидов. Но даже в таких случаях оплодотворение совершает только один сперматозоид, первым дошедший до ядра яйца.
- У некоторых яиц в месте соприкосновения сперматозоида с плазматической мембраной яйца образуется выпячивание мембраны – бугорок оплодотворения; он облегчает проникновение сперматозоида. Обычно в яйцо проникают *головка сперматозоида и центриоли*, находящиеся в его средней части, а хвост остается снаружи. Центриоли способствуют образованию веретена при первом делении оплодотворенного яйца.
- Процесс оплодотворения можно считать завершенным, когда два гаплоидных ядра – яйцеклетки и сперматозоида – сливаются и их хромосомы конъюгируют, готовясь к первому дроблению оплодотворенного яйца.



## 2. Контактное взаимодействие половых клеток

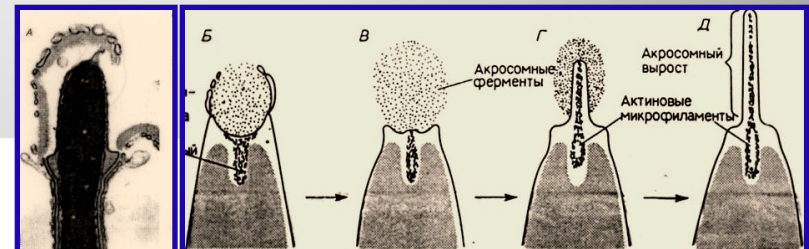
### ● *Связывание клеток*

- а) Достигая ооцита II, многочисленные Сп(1) **связываются** с его оболочками (за счёт взаимодействия определённых рецепторов).
- б) При этом, из-за биения жгутиков Сп, ооцит начинает вращаться вокруг собственной оси.

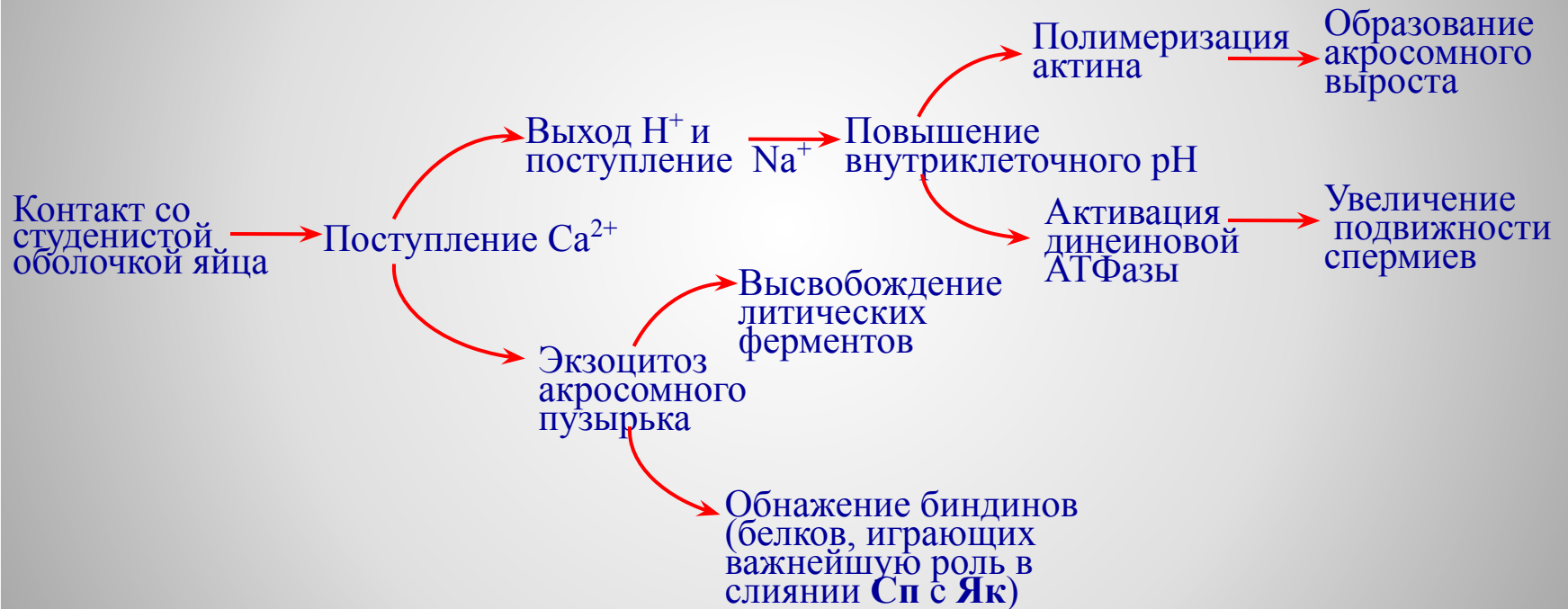


### ● *Акрсомальная реакция*

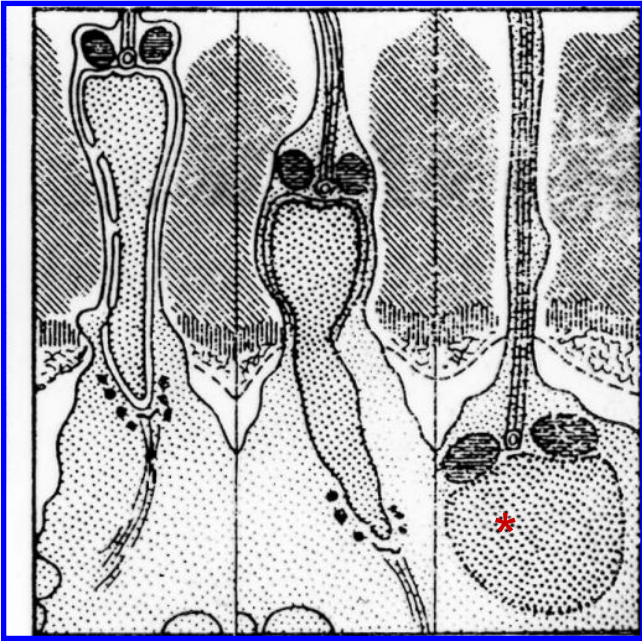
- У связавшихся Сп развивается **акросомальная реакция**:
- а) разрываются передние участки плазмолеммы и мембраны акросомы, высвобождаются акросомальные ферменты:
- **гиалуронидаза** разъединяет клетки зернистой оболочки, а трипсиноподобный фермент **акрозин** и ряд других ферментов растворяют блестящую оболочку в месте прохождения Сп.



## События, приводящие к акросомальной реакции



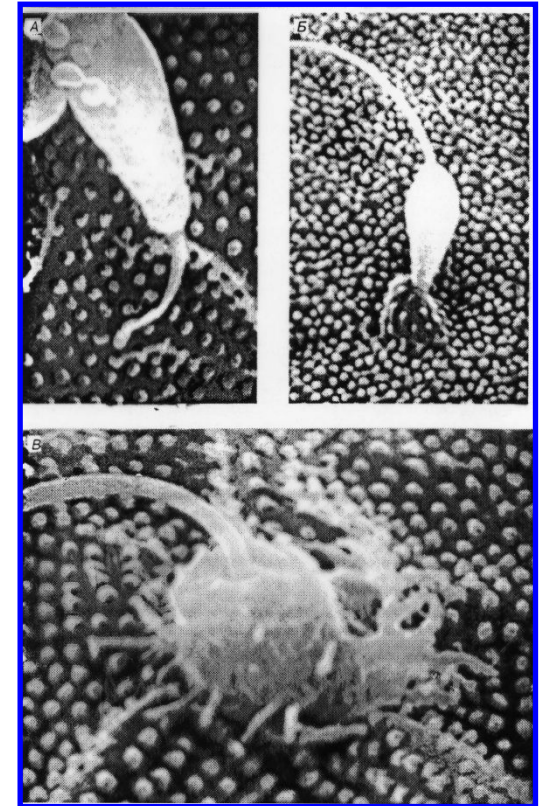
## Проникновение спермия (\* ) в яйцо морского ежа



Б

А

А- контакт головки спермия с микроворсинкой яйца, осуществляемый посредством акросомного выроста.  
Б- образование бугорка оплодотворения.  
В- спермий проникает в яйцо через бугорок оплодотворения



В



# Кортикальная реакция

Развивается в ооците I-II в течение нескольких секунд -

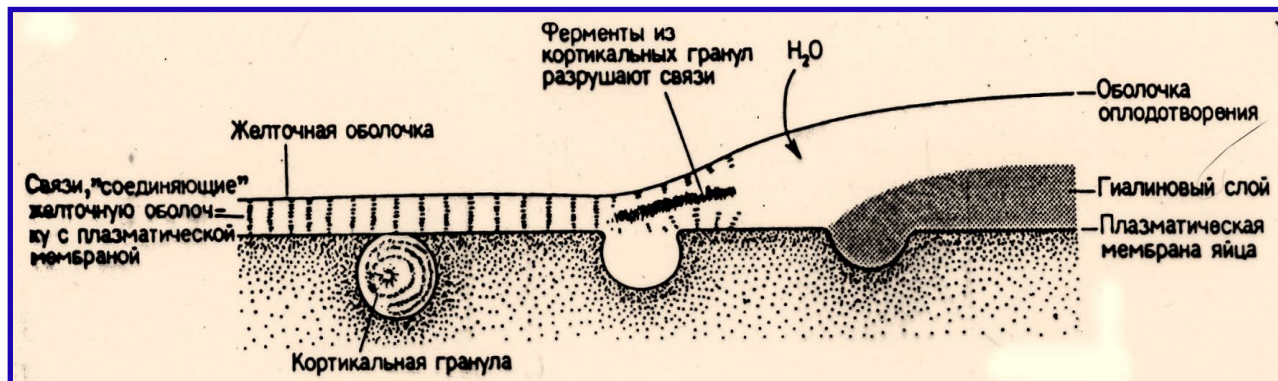
- **Быстрый блок полиспермии (до 1 секунды):**

благодаря ионным каналам встроенной мембраны, изменяется трансмембранный потенциал ооцита

- **Медленный блок полиспермии (до 1 минуты):**

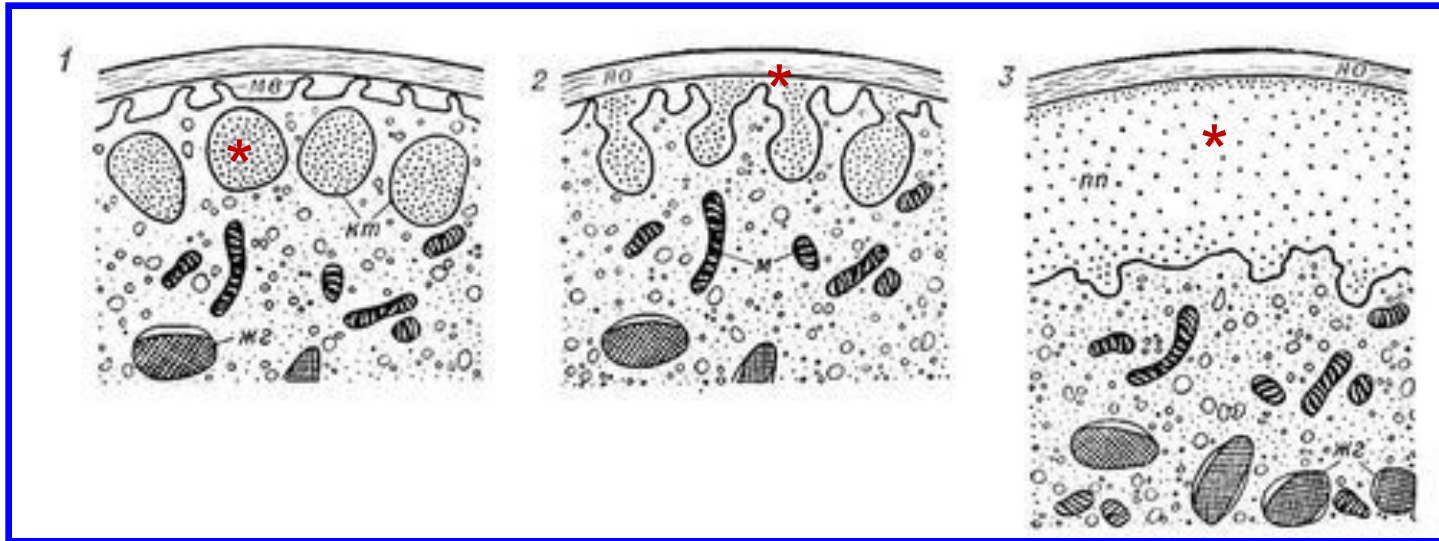
это стимулирует выброс содержимого *кортикальных гранул* за пределы клетки.

- Под влиянием выделяемых веществ *мембрана* ооцита теряет рецепторную активность (модифицируются рецепторные гликопротеины  $Zp_3$ ); создаётся *перивителлиновое пространство* - между плазмолеммой и блестящей оболочкой (т.к. сюда привлекается вода), блестящая оболочка уплотняется - образуется **оболочка оплодотворения**.





## Образование оболочки оплодотворения



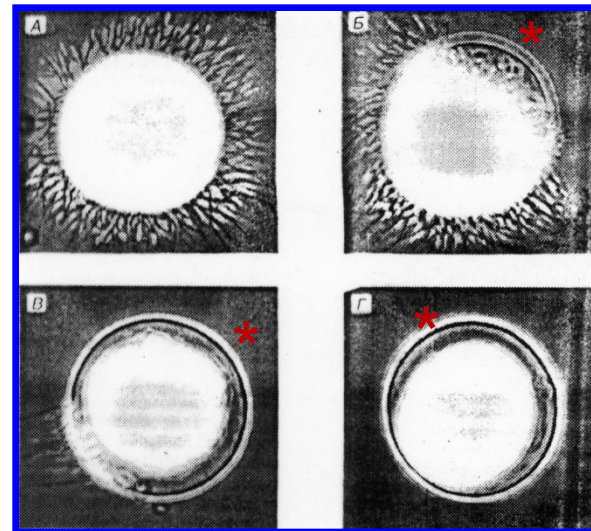
А

А:

- 1 – кортикальные гранулы (\*)
- 2 – слияние кортикальных гранул с плазмалеммой яйца (\*)
- 3 – оболочка оплодотворения (\*)

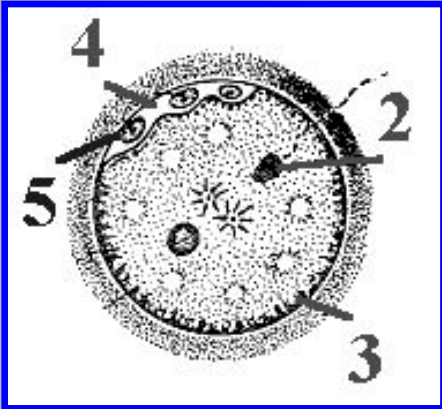
Б:

Образование оболочки оплодотворения (\*)

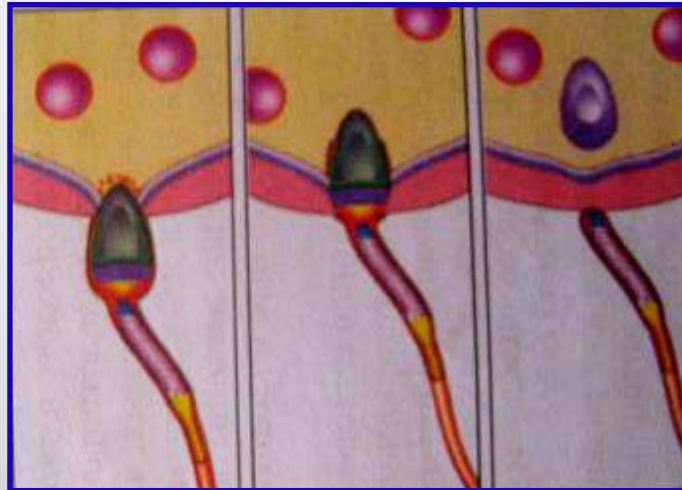


Б

## Проникновение сперматозоида в ооцит II



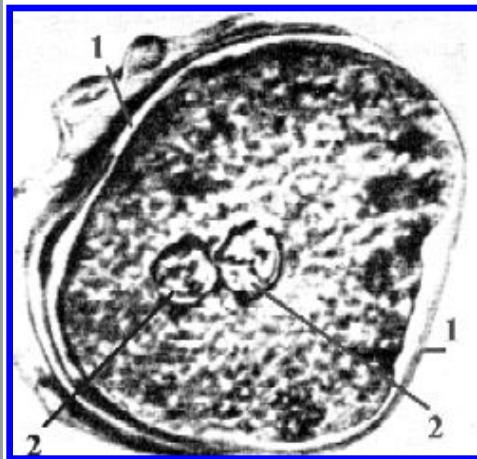
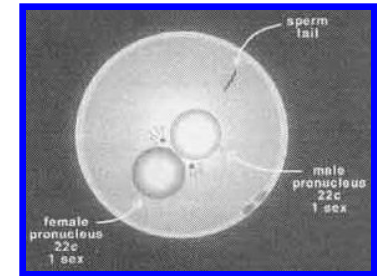
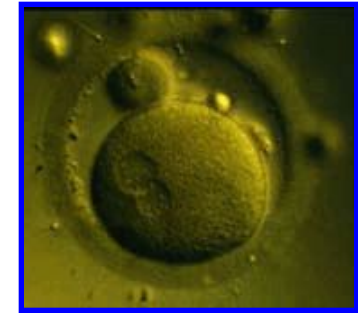
- Один из связавшихся Сп прикрепляется к плазмолемме ооцита II,
- часть плазмолеммы Сп встраивается в мембрану ооцита,
- а в ооцит проникают ядро (2) Сп и центриоли.



# Подготовка зиготы к дроблению

- Одновременно проходят **стадии второго деления мейоза** (метафаза, анафаза, телофаза).
- Это увеличивает количество **редукционных, или полярных, телец** под блестящей оболочкой.
- **Сближение ядер :**

В образующейся зиготе **ядро Сп набухает** (превращаясь в мужской **пронуклеус (2)**) и **сближается** с женским **пронуклеусом** (сближенные ядра называются **синкарионом**), **но не сливается** с ним.



◀ **Зигота человека на стадии синкариона** оболочка оплодотворения (1);

два **ядра-пронуклеуса (2)** почти **равного объёма**, т.к. ядро сперматозоида в результате деконденсации хромосом и набухания достигает размера ядра яйцеклетки.

В каждом из этих ядер - **гаплоидный набор** хромосом, т.е. по 23 хромосомы.

Поскольку ядра уже соприкасаются, в них **уже совершилось удвоение ДНК**, и хромосомы стали двухроматидными.

# Начало первого митотического деления

## Образование единой материнской звезды

В первом митотическом делении участвуют **два так и не слившихся пронуклеуса:**

- а) их оболочки разрушаются,
- б) хромосомы конденсируются и **в метафазе образуют единую материнскую звезду (1).**

