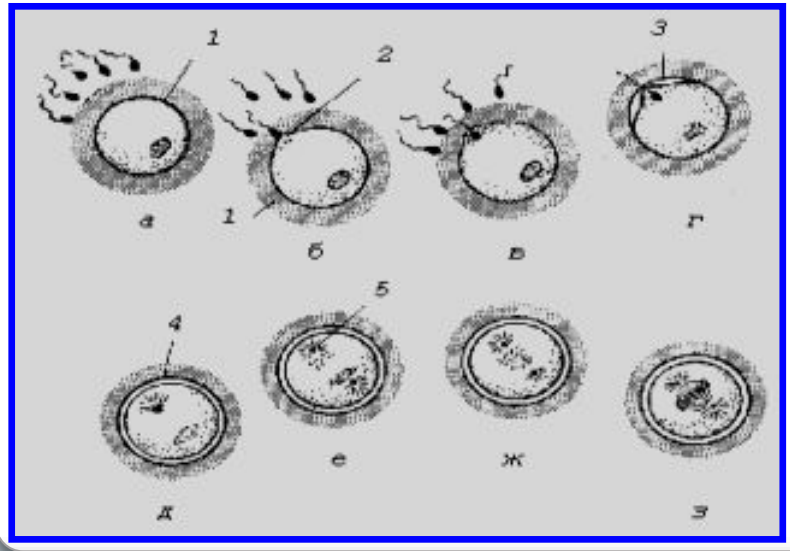
# ОПЛОДОТВОРЕНИЕ

**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

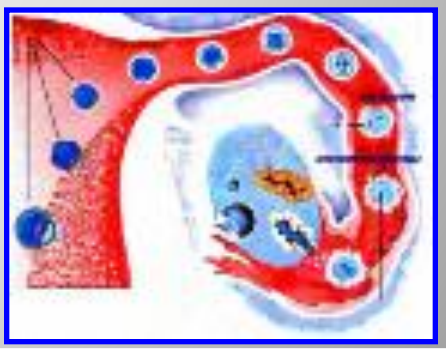
д-з - слияние ядер половых клеток.

# 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 ± 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

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

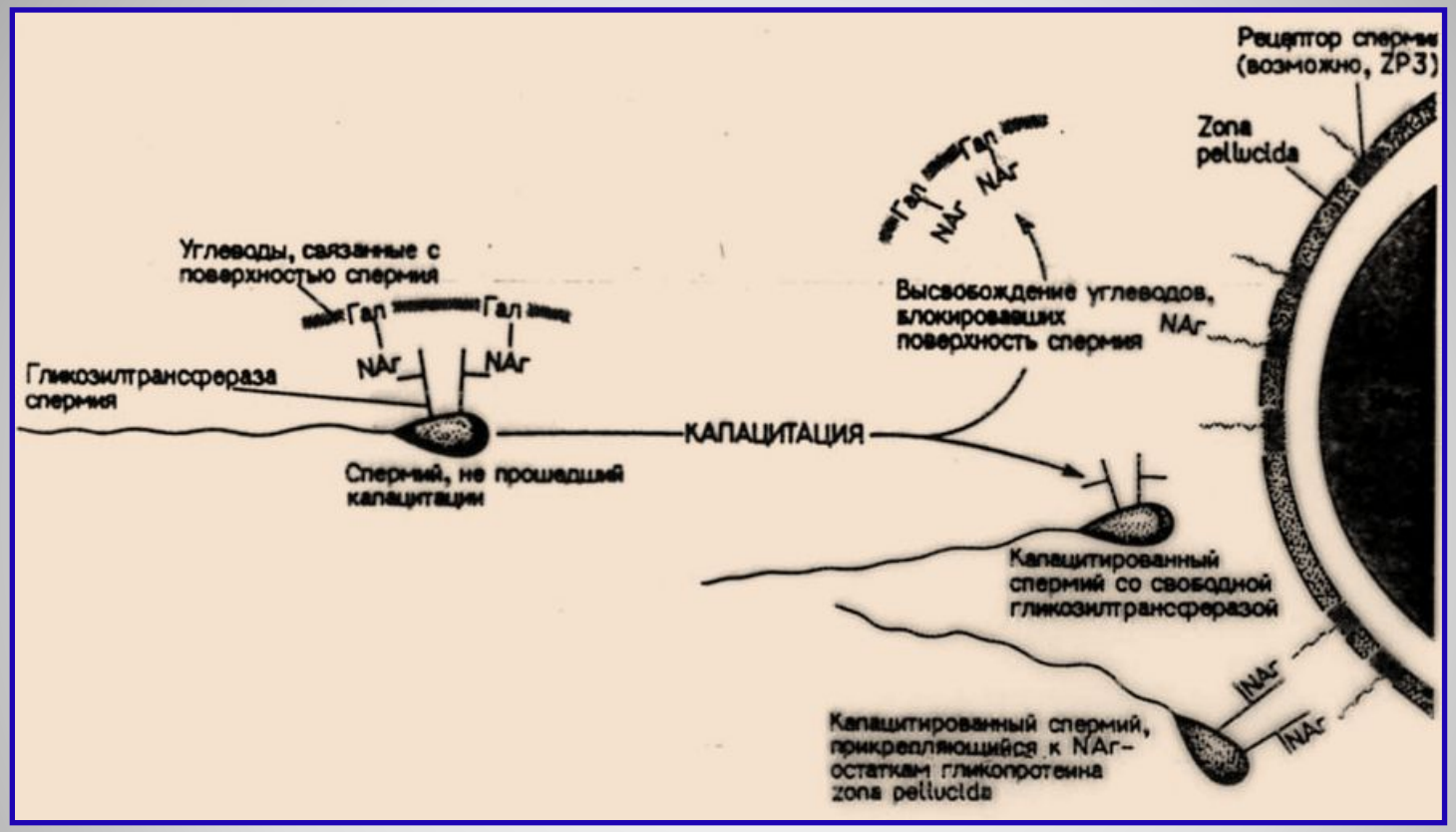
***В женских половых продуктах животных выявлены:***

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:***

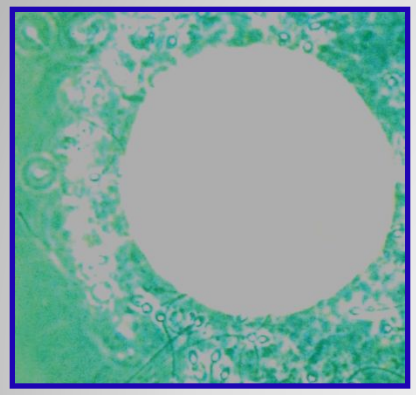
1) **Андрогамон I**, подавляющий подвижность сперматозоидов; антагонист гиногамона I; низкомолекулярное термостабильное вещество небелковой природы.
2) **Андрогамон II (антифертилизин сперматозоида),** инактивирующий агглютинирующее начало; по действию сходен с антифертилизином яйца; относительно термостабильный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

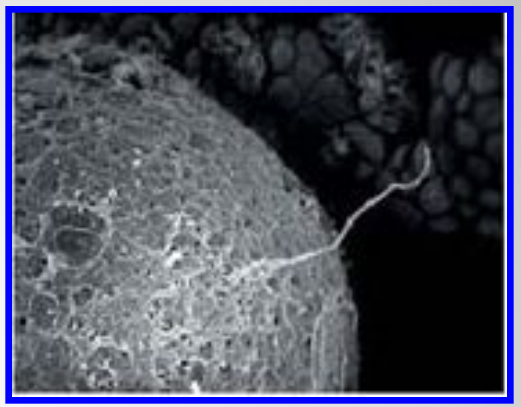
# Капацитация

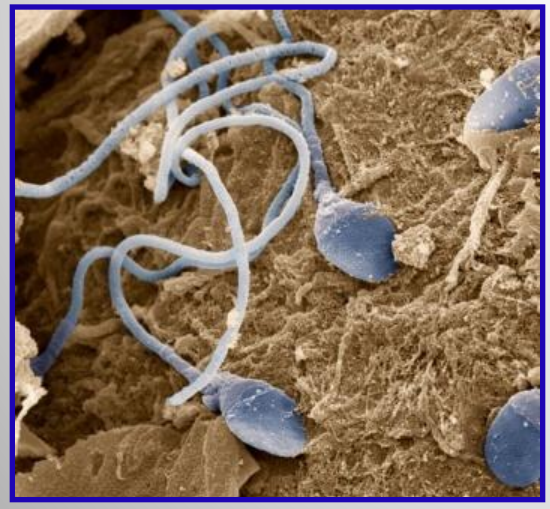



метаболизм и подвижность **Сп** резко усиливаются а мембраны **Сп** в области головки теряют поверхностные гликопротеины и поэтому приобретают способность связываться с блестящей оболочкой ооцита, а также лабильность (что необходимо для последующего разрыва акросомы);

# Вот как это было…

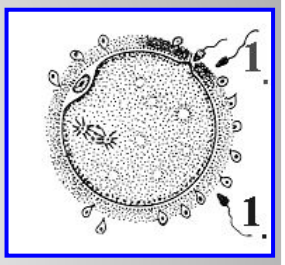




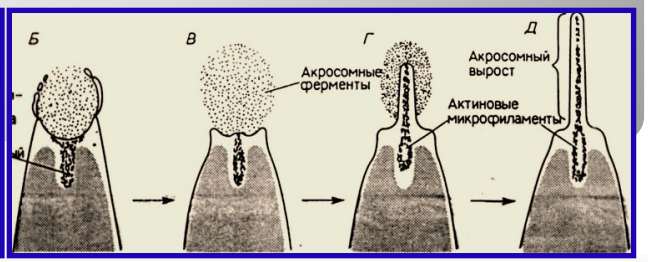


- При соприкосновении сперматозоида с поверхностью яйца желточная оболочка яйца изменяется, превращаясь в ***оболочку оплодотворения***. Это изменение считается доказательством того, что произошла активация яйца. Одновременно на поверхности яиц, содержащих мало желтка или не содержащих его вовсе, возникает 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.

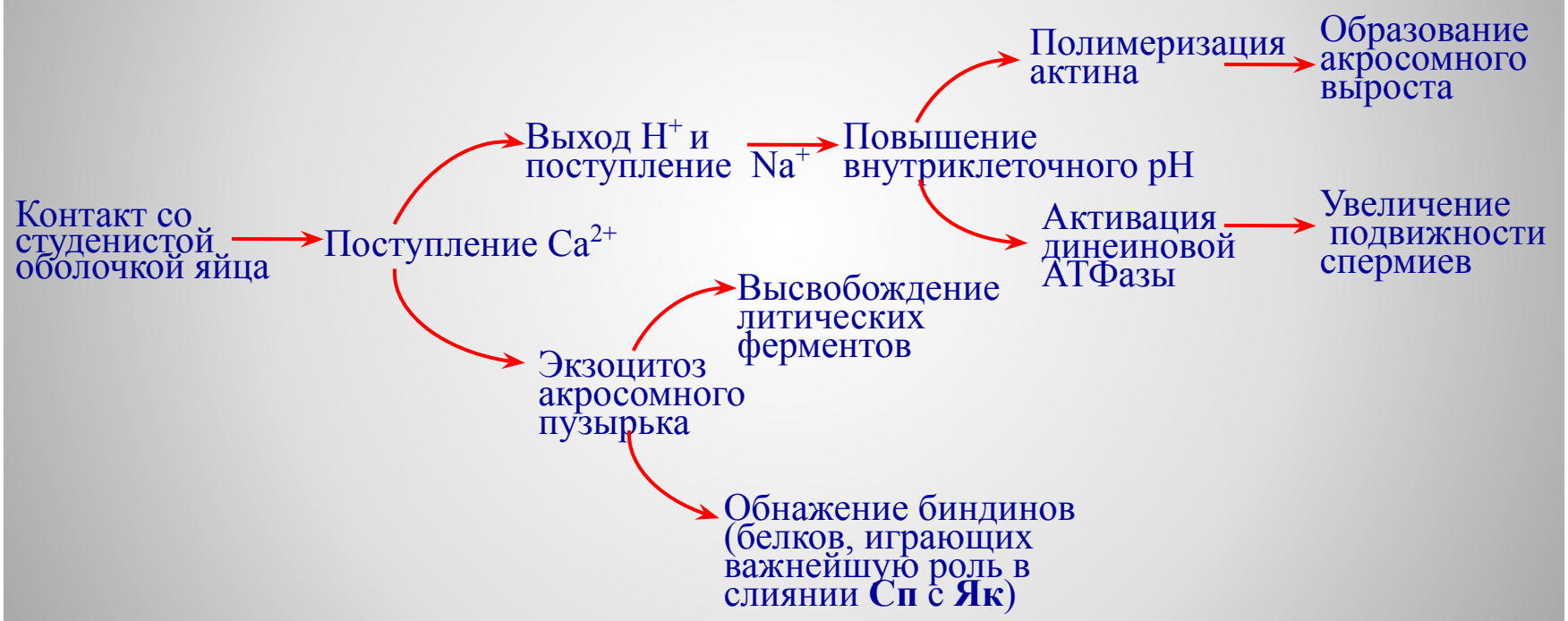
## 2. Контактное взаимодействие половых клеток

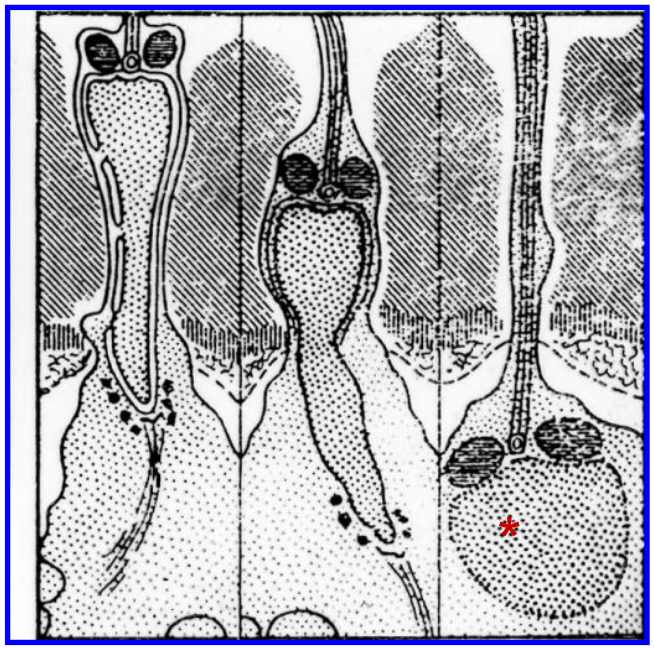



- ***Связывание клеток***
- а) Достигая ооцита II, многочисленные Сп(1) **связываются** с его
- оболочками (за счёт взаимодействия определённых рецепторов).
- б) При этом, из-за биения жгутиков Сп, ооцит начинает вращаться
- вокруг собственной оси.
- ***Акросомальная реакция***
- У связавшихся Сп развивается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



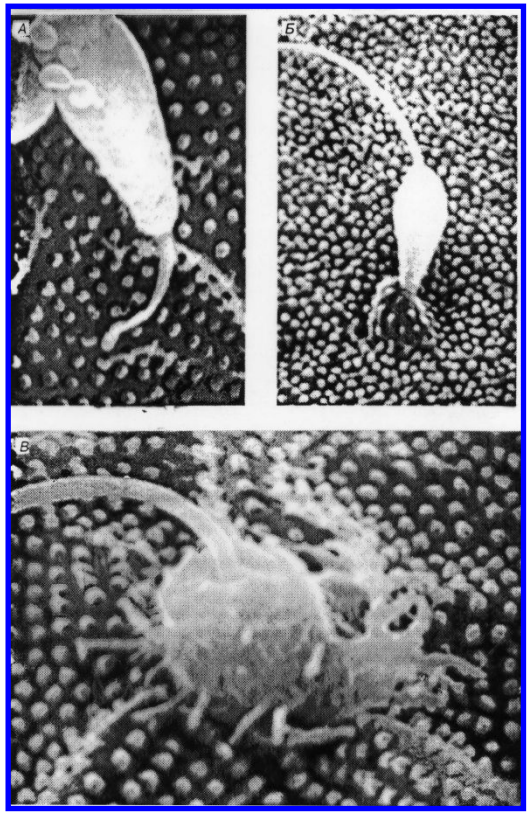
# События,приводящие к акросомальной реакции






Б А

# Проникновение спермия (*) в яйцо морского ежа




В

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

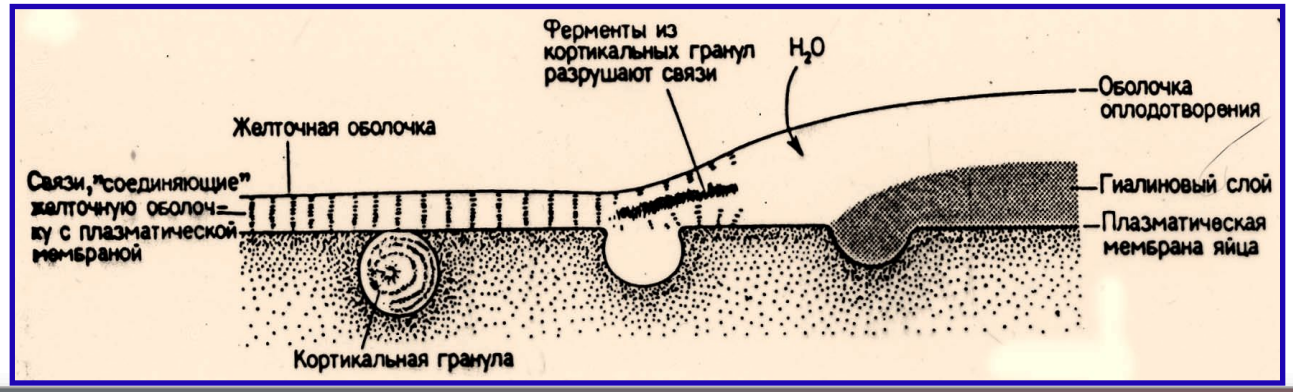
# Кортикальная реакция

Развивается в ооците I-II **в течение нескольких секунд** -

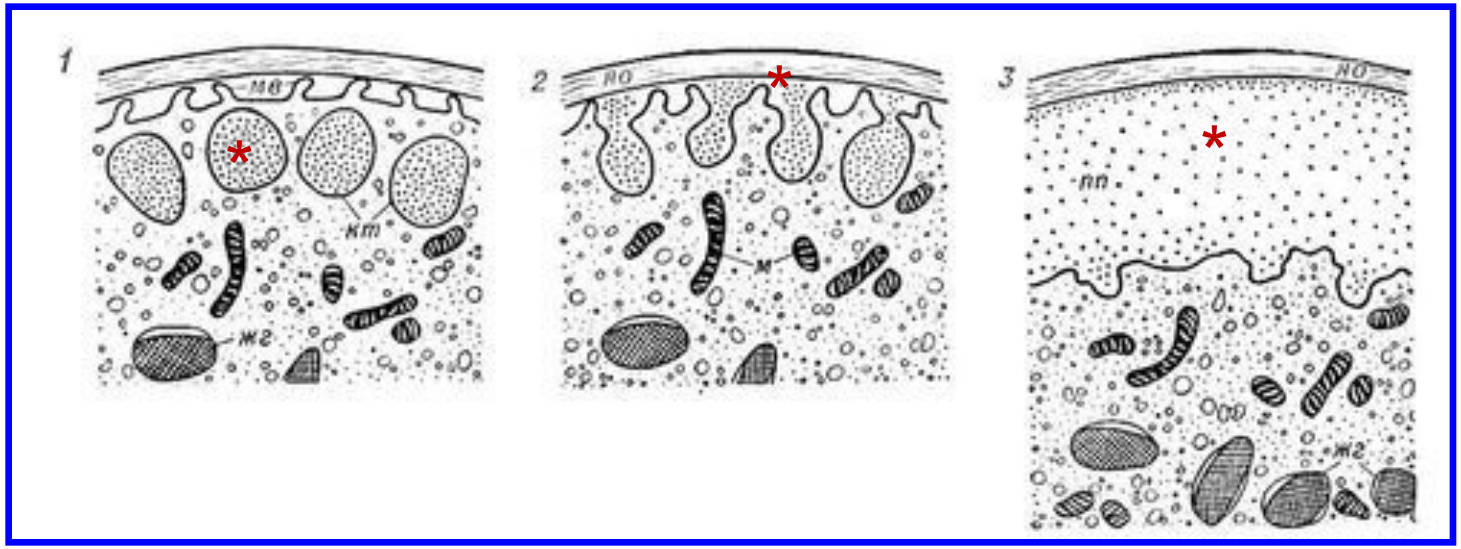
•***Быстрый блок полиспермии (до 1 секунды)*:**
благодаря ионным каналам встроенной мембраны, изменяется трансмембранный потенциал ооцита

•***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**.

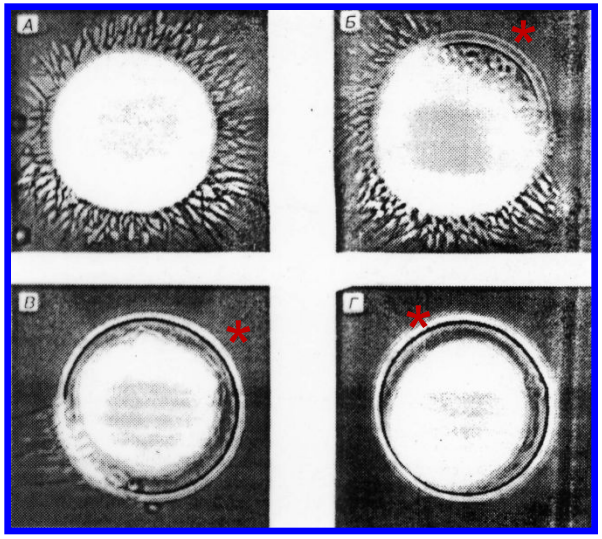


# Образование оболочки оплодотворения



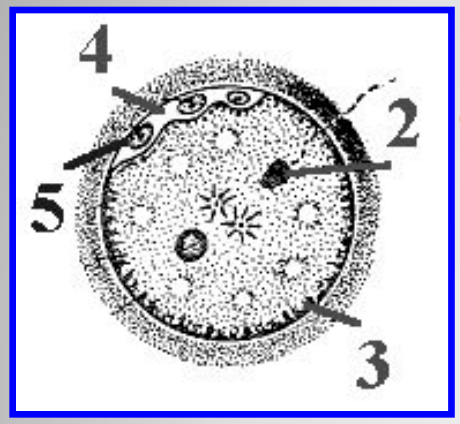

А

А:
1 – кортикальные гранулы (*)
2 – слияние кортикальных гранул с плазмалеммой яйца (*)
3 – оболочка оплодотворения (*)
Б:
Образование оболочки оплодотворения (*)

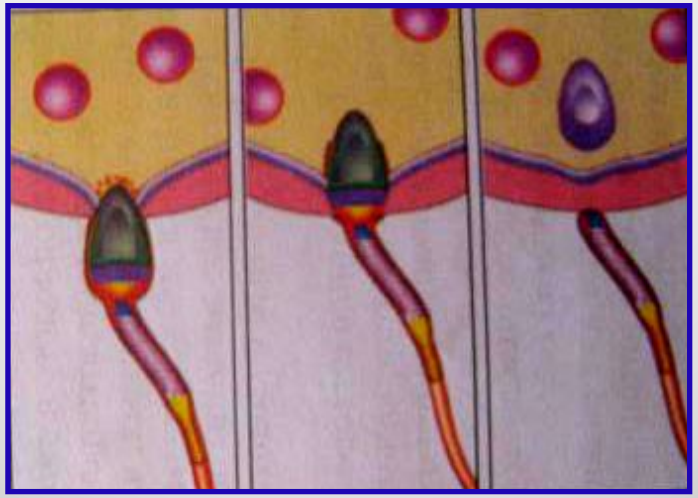



Б

# Проникновение сперматозоида в ооцит II



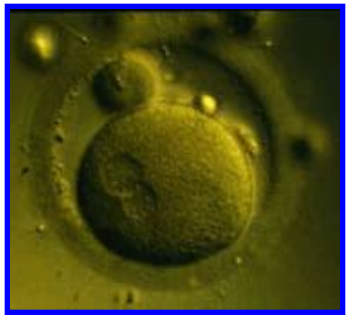

- **Один** из связавшихся **Сп** прикрепляется к плазмолемме ооцита II,
- часть плазмолеммы Сп встраивается в мембрану ооцита,
- а в ооцит проникают ядро (2) Сп и центриоли.



# Подготовка зиготы к дроблению

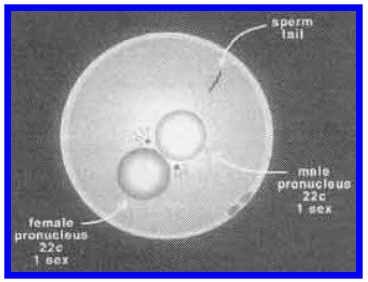
•Одновременно проходят стадии второго деления мейоза (метафаза, анафаза, телофаза).

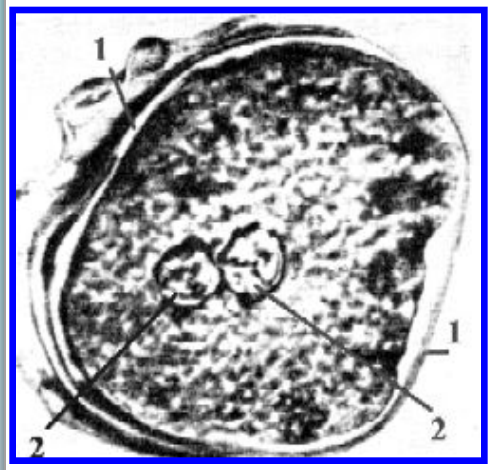
•Это увеличивает количество редукционных, или полярных, телец под блестящей оболочкой.



•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**

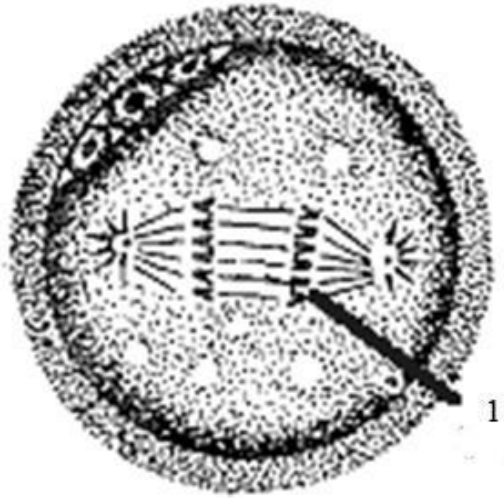
оболочка оплодотворения (1);

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).