




Понимание биологии

Почему при изучении биологии игнорируются фундаментальные модели, отвечающие на ряд очевидных вопросов?



Часть первая: стабилизирующая и эволюционная роль полового размножения.

Есть немало очевидных вопросов, ответы на которые по сути даны, но игнорируются в биологическом образовании или даются неверные ответы. Например:

- Почему живые системы организованы в виде организмов и видов?
- Всегда ли есть чёткое разграничение организма и вида?
- Почему такой ресурсозатратный процесс, как половой, является обязательным атрибутом эукариот?
- Почему все организмы смертны?
- И многие другие очевидные вопросы...

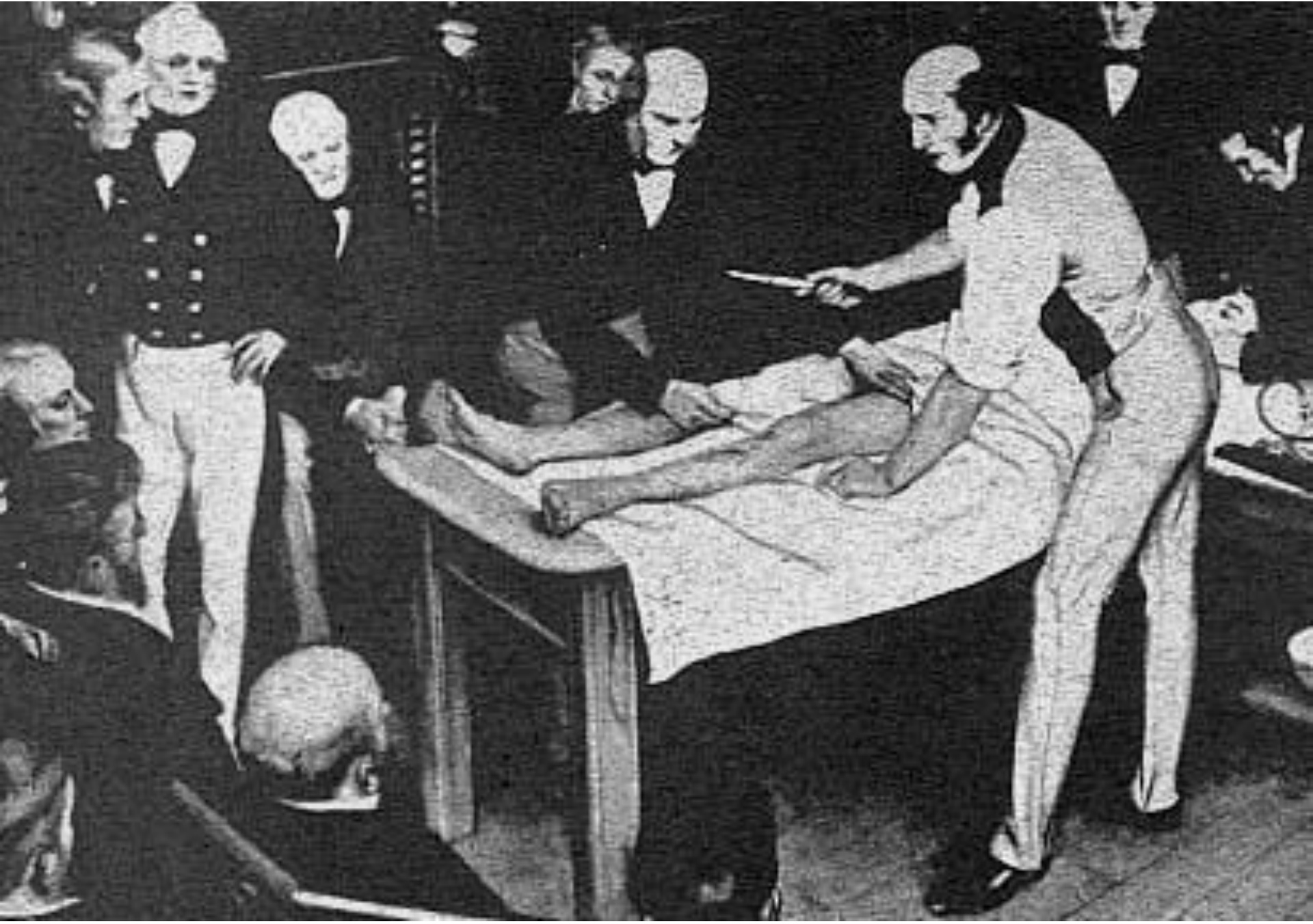
Немаловажно также, что аналоги полового процесса у прокариот по сути изложены крайне фрагментарно и существенно неполно даже в вузовских учебниках.

- Значения многих процессов в мире прокариот даны с неверными акцентами и искажениями.

Как исторически получали знания по биологии?

- Когда-то максимум, что могли сделать исследователи, - это вскрыть тело, посмотреть на органы и предположить, как они работают.





«Ботаника – наука о природе, с помощью которой искуснейшим образом и с наименьшими усилиями познаются и удерживаются в памяти растения»



Герман Бургаве (1668-1738)

Тем не менее, в биологии
существуют ряд важнейших
обобщений...

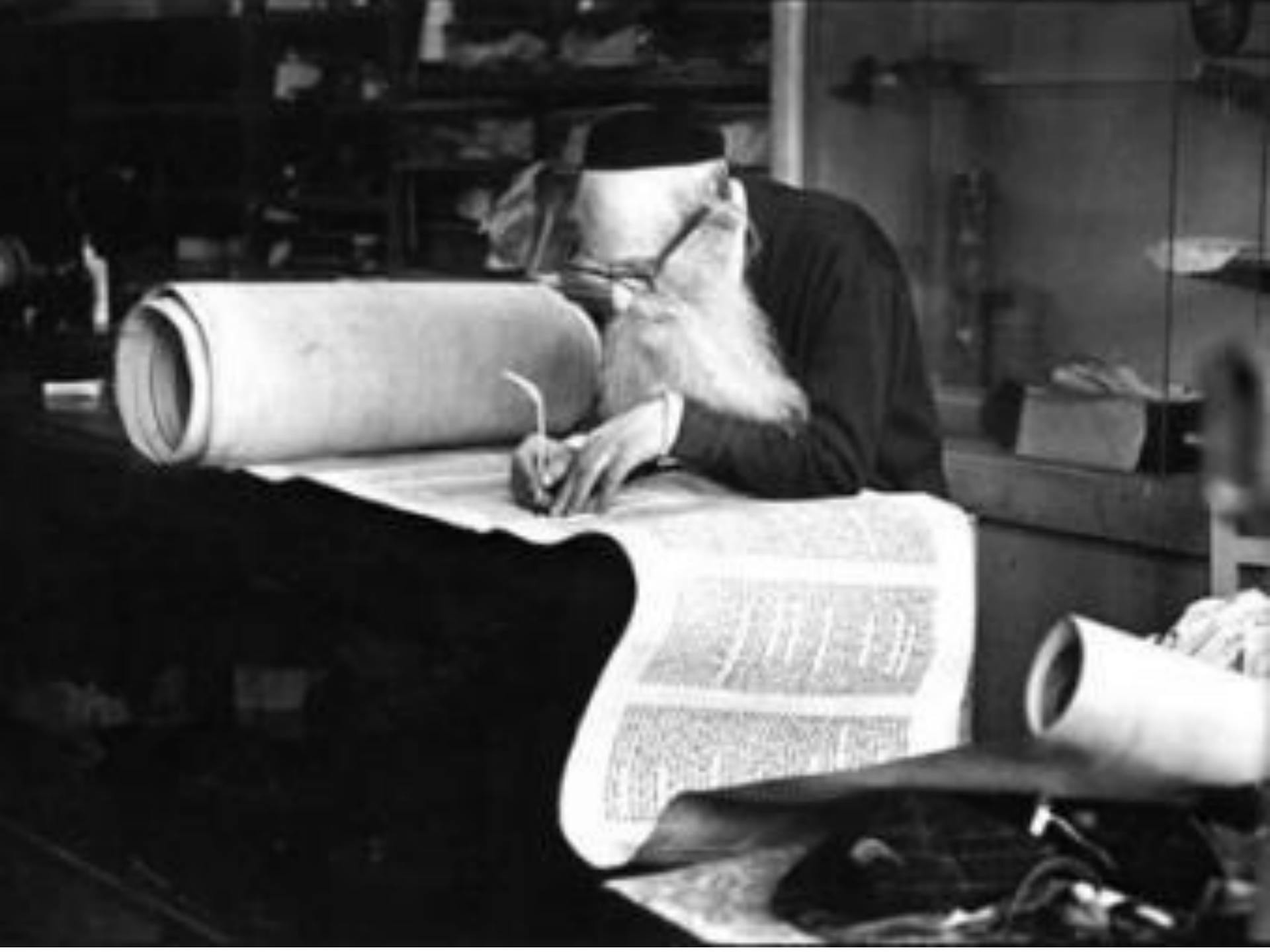
Сейчас биология стала чем-то большим,
чем просто разрозненная коллекция фактов

В настоящее время существует
определённая инерция в
понимании основ биологии.



Тонкая ирония над самодовольным и не признающим отступлений научным классицизмом заключена в притче Сент-Экзюпери, вложенной в уста Маленького принца:

"Астроном доложил о своем замечательном открытии на Международном астрономическом конгрессе. Но никто ему не поверил, а все потому, что он был одет по-турецки. Уж такой народ эти взрослые".





Я понял, в чём ваша беда: вы слишком серьёзны. Умное лицо — это ещё не признак ума, господа. Все глупости на земле делаются именно с этим выражением лица. Улыбайтесь, господа. Улыбайтесь!

—Тот самый Мюнхгаузен

В биологии есть ряд фундаментальных моделей, без которых неммыслимо её понимание

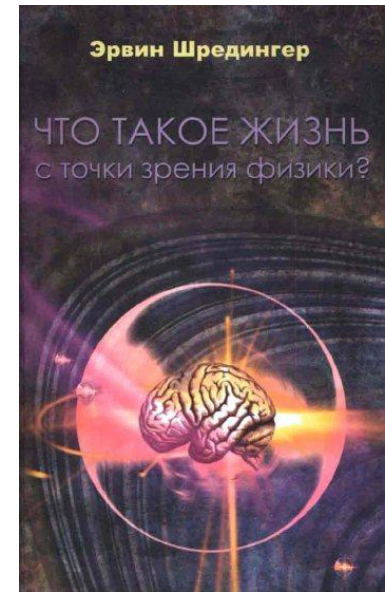
- Живые системы можно описывать на разных языках: на языке физики и химии, а также на языке математики (прежде всего теоретической информатики).



Что такое жизнь с точки зрения физики?



Так называется брошюра Эрвина Шредингера, в которой были сформулированы исходные физические идеи по отношению к биологии.



Описание жизни на языке физики и химии.

- Вслед за установлением химической природы гена, как известно, были описаны в молекулярных терминах такие генетические явления, как мутация, репарация, рекомбинация, а также процессы транскрипции и трансляции.
- Молекулярная биология поглотила генетику и стала более общим фундаментом биологической науки.

«Сложно осознать, что дисциплина, которая определила развитие всей биологии в целом на протяжении всего последнего столетия и которая принесла столько знаний и пользы для современного общества, несёт в своей сердцевине фундаментальный изъян. Но, к сожалению, это так.

Молекулярная биология ошеломляюще быстро завоевала признание в рамках классического «ньютоновского» мировоззрения, вооружившись преимущественно редуccionистским образом мысли. Хотя на словах всем очевидно, что, сложив вместе описания отдельных механизмов, автоматически целого не получишь, — всё же большинство открытий сделано именно в этом приближении.

В этом «ньютоновском» мире биология стала как бы производной отраслью физики, по сути — инженерным делом без каких-либо фундаментальных задач. Биология стала наукой о биологических машинах, их частях и взаимодействиях этих частей, упражняясь в описаниях, но не объясняя сути объектов»

Карл Воз

А можно ли поставить вопрос: что такое жизнь с точки зрения математики?

- Впервые ответ на этот вопрос начал формулироваться с развитием дарвиновской теории эволюции.
- Жизнь постепенно стала рассматриваться с информационной точки зрения.

Итак, другой фундамент - дарвиновская теория эволюции





*«Ничто в биологии не имеет смысла,
кроме как в свете эволюции»*

Феодосий Добжанский

Описанию основных идей
дарвиновской теории эволюции в
школьной программе уделяется
много внимания

- **ОДНАКО...**

Существуют и другие
фундаментальные обобщения,
которым в школе практически не
уделяется внимания, но которые
не менее всеобщие, чем
эволюционная теория.

Это обобщение позволяет
предсказывать и объяснять большое
количество фактов.

НАПРИМЕР...

- Почему половой процесс или его аналоги есть практически у всех живых организмов?
- Почему организмы тратят столько ресурсов на осуществление полового процесса, тогда как простое копирование клетки на первый взгляд кажется куда как более эффективным.



Данное обобщение позволяет объяснить неизбежную смертность любых организмов

Все многоклеточные организмы смертны.

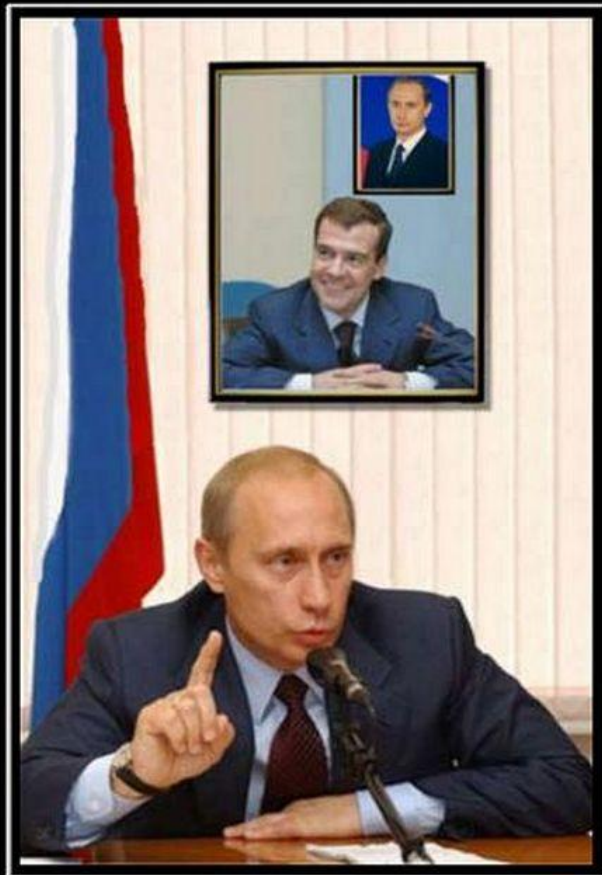
«Отчего гибнут организмы? Концепция естественного отбора и борьбы за существование настолько овладела нашим сознанием, что мы не придаем важности тому, что при самых благоприятных условиях жизни, в отсутствие всякой конкуренции, при изобилии источников энергии и вещества организмы всё равно неизбежно погибают»

В.Б. Щербаков

Что же за фундаментальное
обобщение позволяет
предсказывать и объяснять такое
количество фактов?

- ПОПРОБУЕМ РАЗОБРАТЬСЯ...

Но прежде всего зададим один очевидный вопрос: почему живые организмы дифференцированы на виды?



Стабильность

способность системы функционировать,
не изменяя собственную структуру

Ответ:

- Для каждого живого организма оптимальным является своё сочетание генов, своя генетическая программа.

Попробуйте изменить в механизме хотя бы одну деталь?



Американский художник Майк Либби (Mike Libby)

Любой совершенной системе важно
поддерживать своё постоянство





ОНИ ТАКИЕ РАЗНЫЕ

НО ВСЕ-ТАКИ ВМЕСТЕ

Постоянство – это в том числе и репродуктивная изоляция.

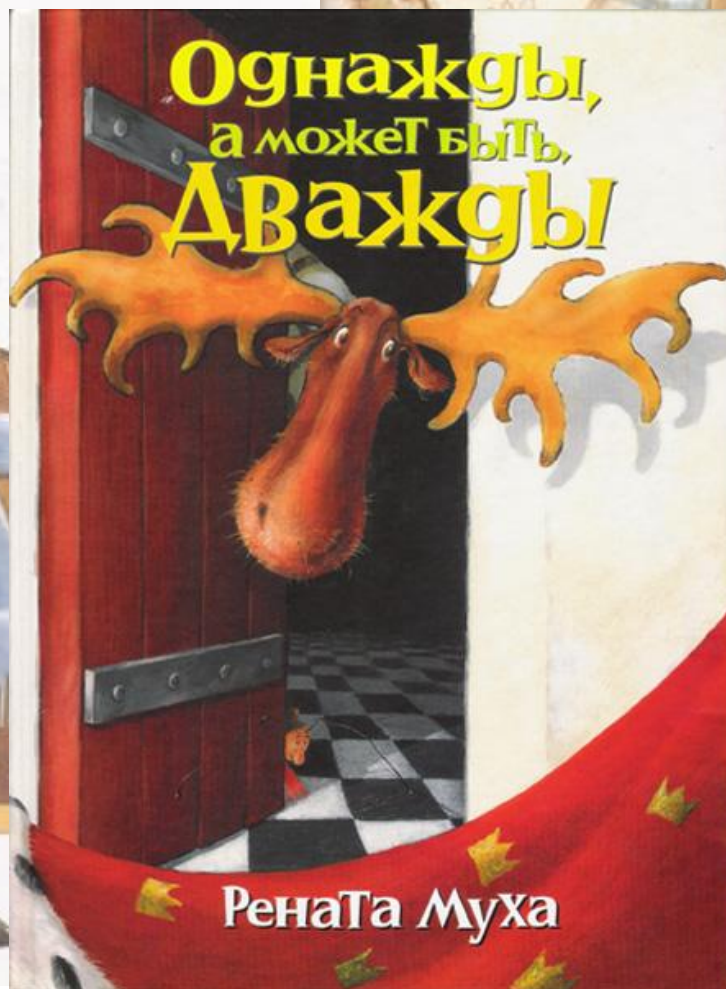
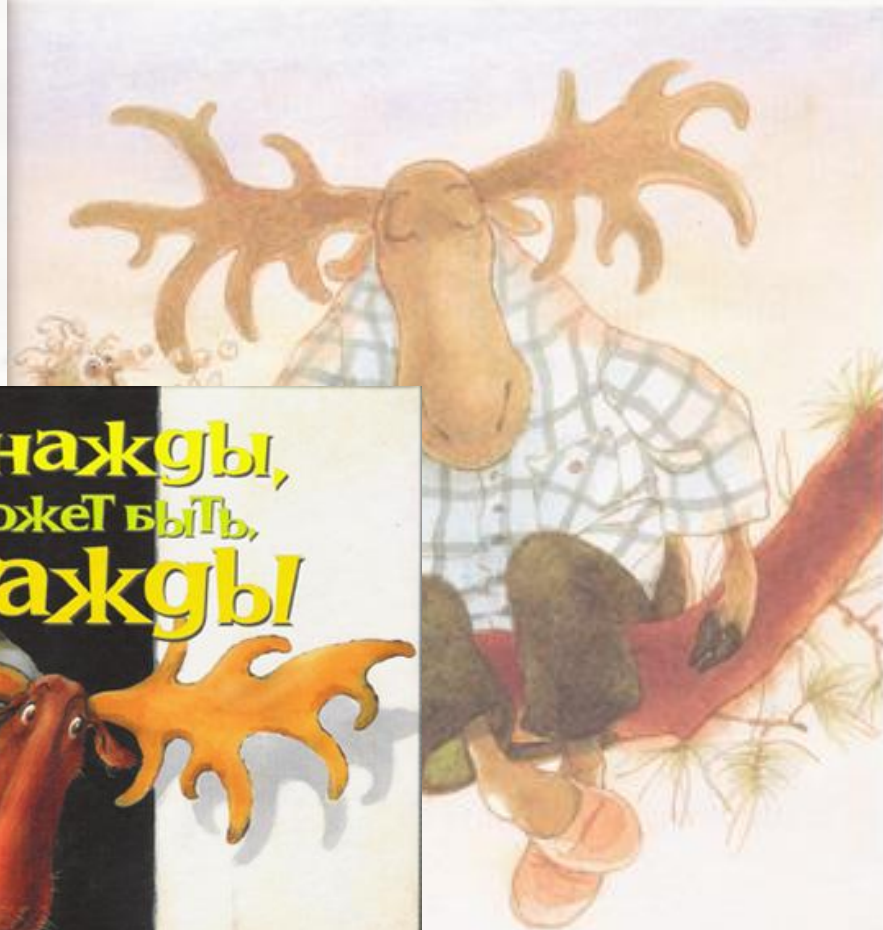
Однако...

Эволюционная теория в основном развивалась применительно к организмам, размножающимся половым путём, в результате чего многие формулируемые в её рамках представления (например, концепция вида) не могут быть непосредственно распространены на бесполое организмы.



СЕМЕЙНАЯ ТАЙНА

Мама — Зебра, папа — Лось...
Как им это удалось?



Однажды,
а может быть,
Дважды!

РенаТа Муха

ОСЬ

— подумал Лось, —

ть,

ь».

5

Что такое вид

- Согласно определению американского зоолога Эрнста Майра (E. Mayr) у высших эукариотов, размножающихся половым путём, вид представляет собой систему репродуктивно изолированных популяций.
- Прокариоты размножаются исключительно вегетативным путём. Как к ним применить критерий вида?

Репродуктивную изоляцию нужно заменить на более общее понятие – рекомбинационную изоляцию.

Однако так ли легко
поддерживать стабильность
видов?

- ОДНОЗНАЧНО НЕТ...

Причина: **любое** копирование информации (в том числе и наследственной) происходит с ошибками.

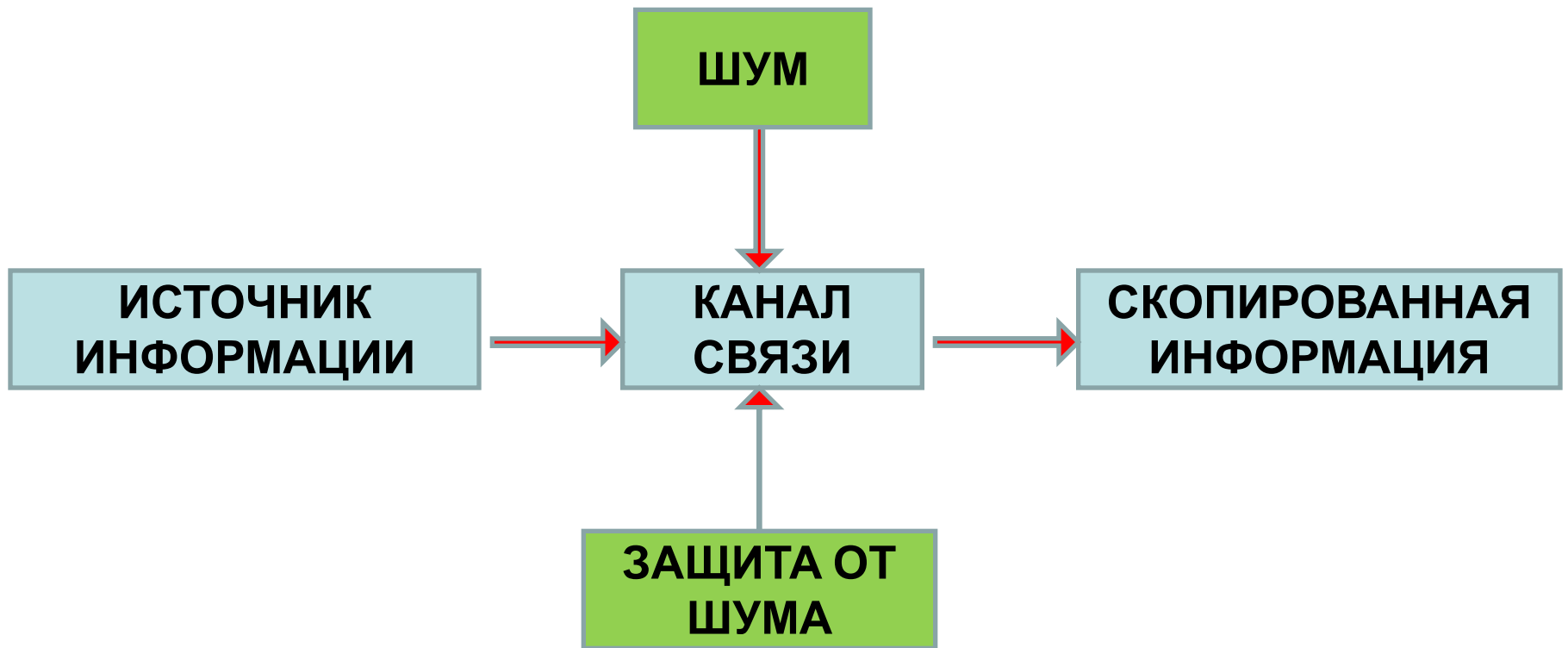


Учитесь писать без
ошибок

Испорченный телефон!



Схема передачи (копирования) информации



К чему чаще приводит случайная замена деталей?



Изменения в программе – чаще
вред, чем польза



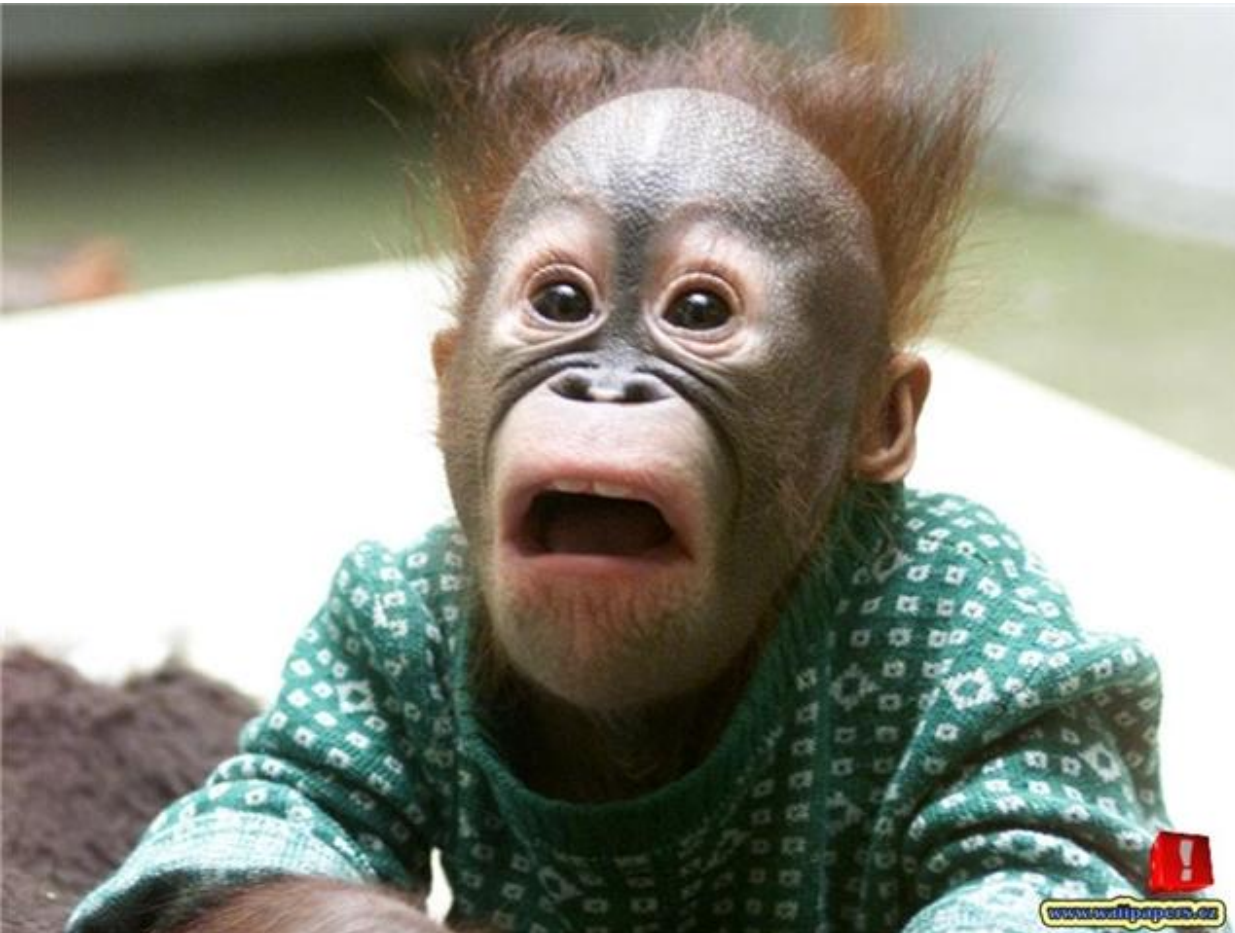
Многочисленные мутации могут убить нас или испортить здоровье, но не гарантировать успех в жизни.



САМО СОВЕРШЕНСТВО

Уничтожить легко, попробуй повторить

А разве дарвиновская теория отбора не должна объяснять механизм освобождения от ошибок?



Отбор позволяет отбраковывать только целые геномы, но не отдельные гены.

Долгое время половому размножению отводилась роль «собирателя» полезных мутаций.

- Этот архаизм попал в школьные учебники и вопросы ЕГЭ.

Зачем же тогда организмы большого множества видов тратят столь ценные ресурсы на самоопыление, самооплодотворение и реализацию не менее сложных механизмов партеногенеза (например, мейотического)?

О роли полового размножения.

А6 Половое размножение организмов эволюционно более прогрессивно, так как оно

- 1) способствует их широкому распространению в природе
- 2) обеспечивает быстрое увеличение численности
- 3) способствует появлению большого разнообразия генотипов
- 4) сохраняет генетическую стабильность вида

**Правильный ответ не только 3, но и,
что важнее, 4!**

У рекомбинации есть два главных смысла

1) Стабилизация вида (краткосрочная перспектива). Проявляется в процессе элиминации «плохих» генов.

2) Эволюция (долгосрочная перспектива). Проявляется в получении новых комбинаций «хороших» генов.

За последние 20 лет всё большее значение придаётся процессу рекомбинации как фактору генетической стабилизации вида.

Ещё одна фундаментальная модель – гипотеза Мёллера.

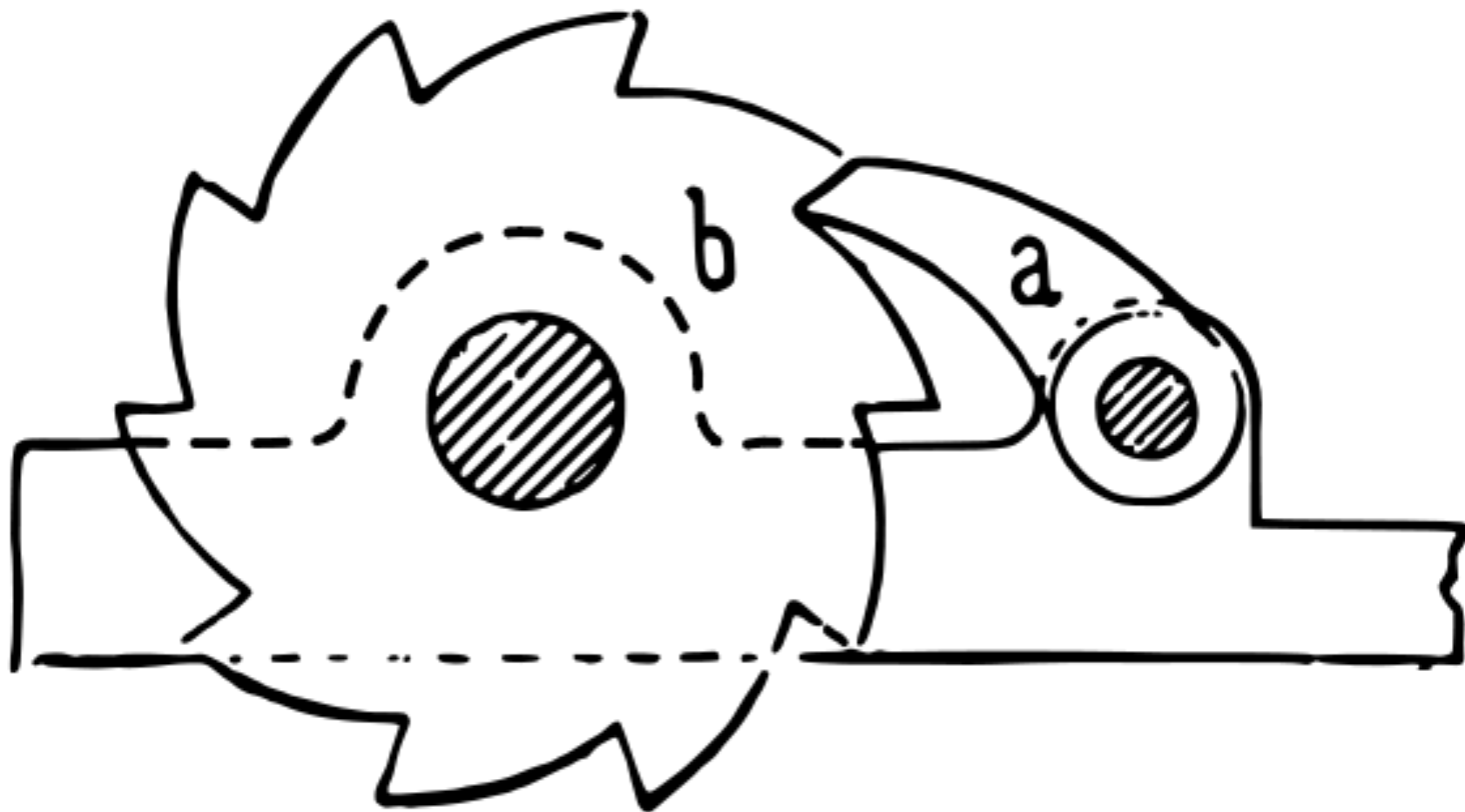
- Генофонд клонально размножающихся организмов должен медленно, но неуклонно деградировать за счёт последовательного, но неуклонного накопления вредных мутаций.
- Сейчас этот процесс называется Храповиком Меллёра.

Герман Джозеф Мёллер (1890-1967)

- Американский генетик, ученик Т. Моргана, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1946), которую получил за открытие и изучение мутагенного действия рентгеновского излучения.
- Член-корреспондент АН СССР (1933—1949) В 1949 году был лишён звания за поддержку советских генетиков.
- В 60-ые годы прошлого века сформулировал идеи о генетическом грузе и о **храповике Меллера**.



Храповик – механизм,
позволяющий вращаться только
в одну сторону





Храповик Мёллера

- Это процесс накопления груза вредных мутаций при клональном размножении.
- Если бы организмы размножались только самовоспроизведением, то они быстро бы накопили груз вредных мутаций.

Храповик Меллера – «родовое проклятие»

- Если у бесполого организма возникает вредная мутация, то потомки уже не смогут от неё избавиться.
- Если в сообществе бесполой особи случайно погибает особь с наименьшим количеством вредных мутаций, то потеря необратима.

Вынужденная простота строения

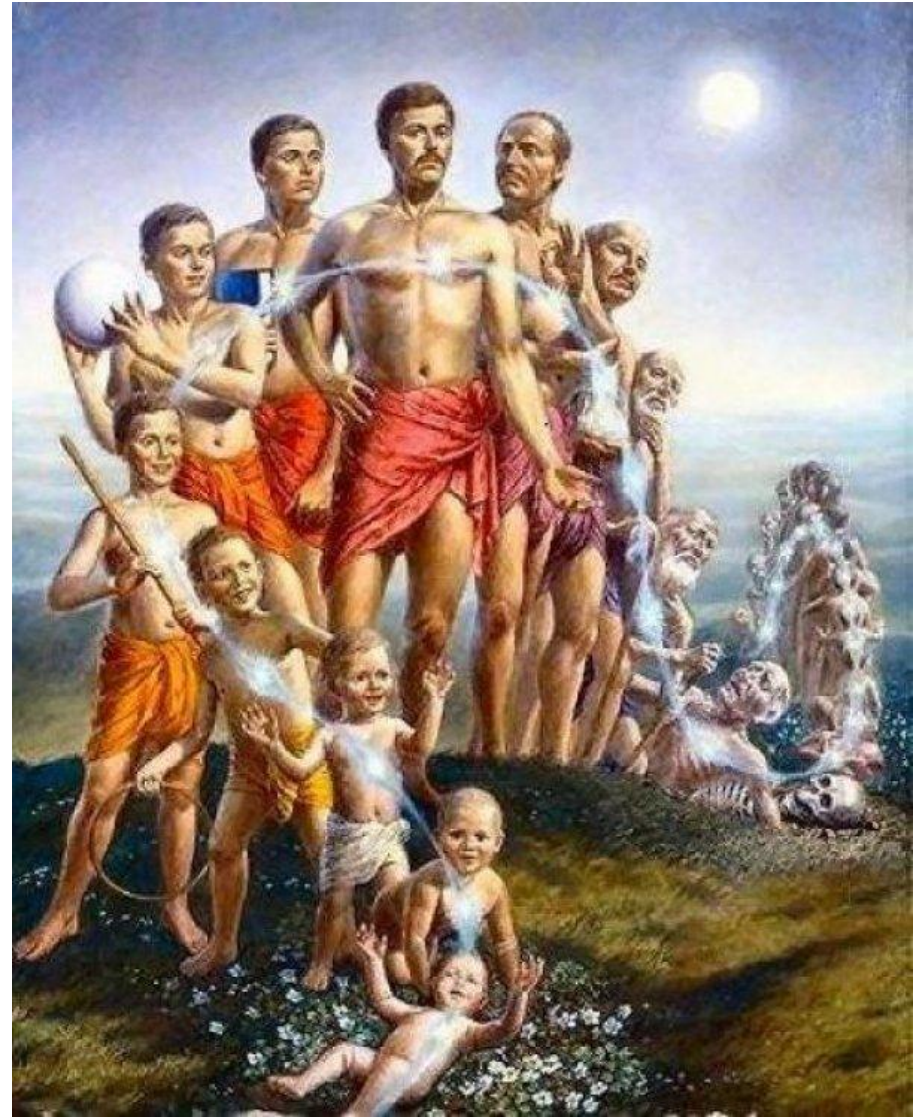
- Бесполое организмы не могут позволить себе иметь слишком большое количество полезных генов.
- Бесполое организмы не могут позволить себе иметь маленькие популяции и малое число потомков (иначе очищающий отбор не сможет избавить популяции от генгруза).

Представим себе популяцию, недавно отказавшуюся от секса.

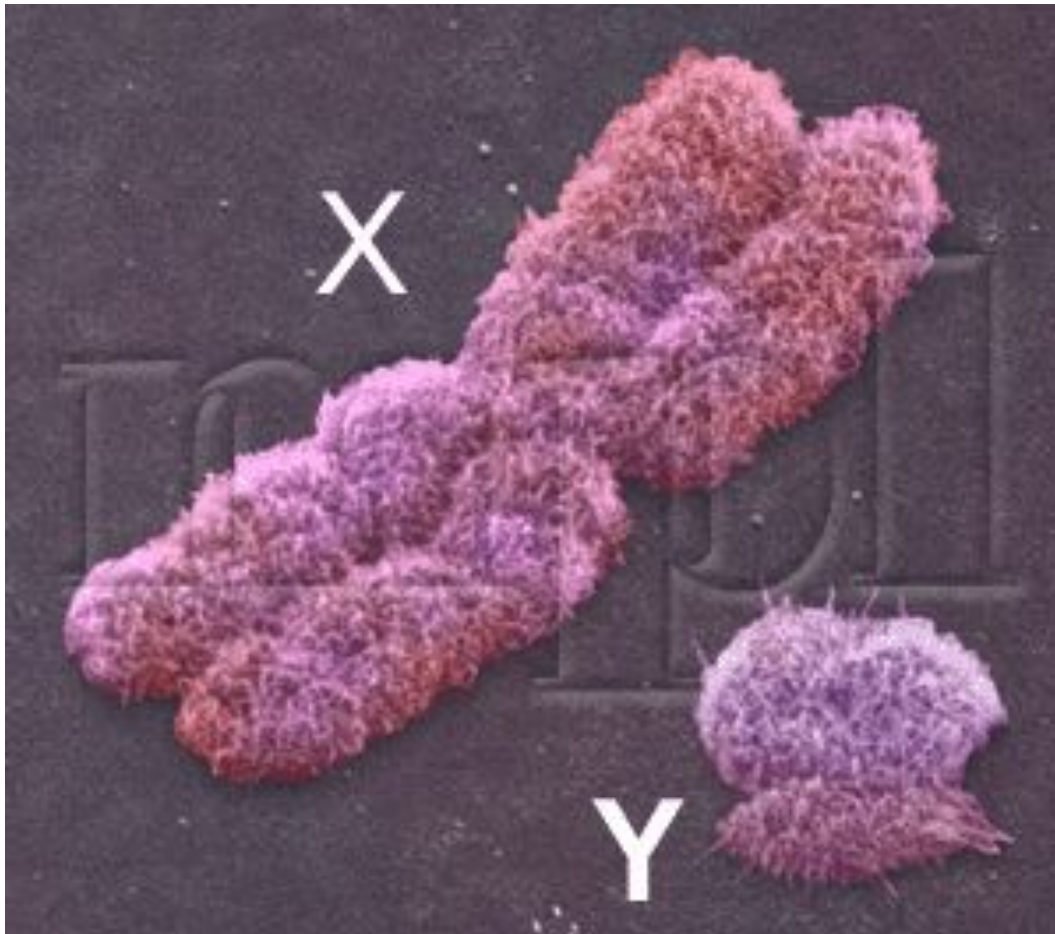
- Со временем ошибки генетического копирования приведут к мутациям у их потомков, и постепенно вся популяция будет состоять из индивидуумов, подвергшихся нескольким мутациям.
- В определенный момент последний не мутировавший индивид не сможет иметь детей и храповик повернется на одно деление.
- Процесс будет продолжаться до тех пор, пока все члены популяции не окажутся больными настолько, что не смогут размножаться, и тогда вся популяция вымрет.
- Тем же, кто размножается с помощью секса, подобная судьба не грозит, поскольку смешение генов в каждом поколении делает число мутаций достаточно низким.

Можно ли увидеть храповик Меллера?

Клетки многоклеточного организма размножаются клонально. Неизбежное следствие – любой многоклеточный организм смертен.



Другой пример работы храповика
Мёллера – деградация половой
Y-хромосомы у млекопитающих



Задача: почему половые хромосомы, как правило, сильно деградированы?

Например, у человека На женской хромосоме X имеется около 2-3 тысяч генов. А вот на мужской, в силу ее малости, генов очень немного, не более нескольких десятков.

- Ответ: потому что в её бОльшей части не происходит рекомбинации.
- Часть Y-хромосомы (у человека — 95 %) не способна к рекомбинации.

Другой пример храповика в
действии:

Любые вегетативно
размножающиеся сорта растений
неизбежно вырождаются и погибают

Срок жизни сортов бананов –
десятки лет.



Только 10% сортов картофеля живут в производстве более 20 лет.

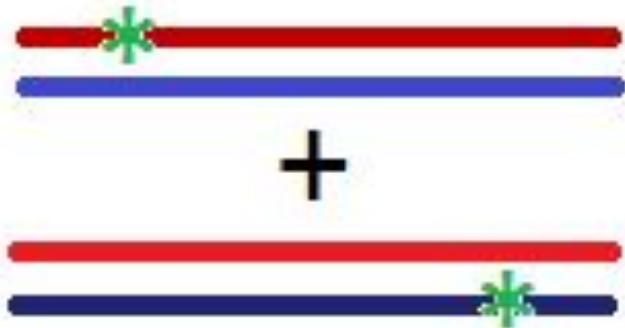
- Даже технология избавления от вирусов, лишь отсрочивает вырождение сортов картофеля.



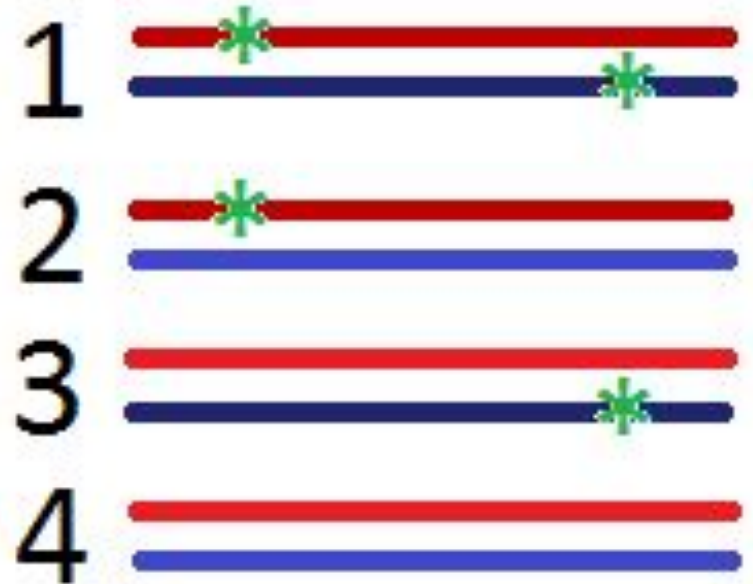
У вирусов, прокариот и эукариот проявляется сходный результат гомологической рекомбинации

- Сложнейший механизм генетической рекомбинации осуществляется в мейозе у эукариот.
- У прокариот имеются особые биологические механизмы, которые плохо отражены в учебной литературе и будут рассмотрены во второй презентации «Понимание биологии. Часть вторая».
- Не смотря на различия в биологических механизмах рекомбинации, это явление на молекулярном уровне как у эукариотов, так и у прокариотов сводится к одному и тому же – взаимодействию гомологичных молекул ДНК, которое обеспечивается участием специальных ферментов и завершается обменом фрагментами ДНК между молекулами. Этот процесс известен под наименованием кроссинговера.

Почему при рекомбинации увеличивается
доля немутантных аллелей



=



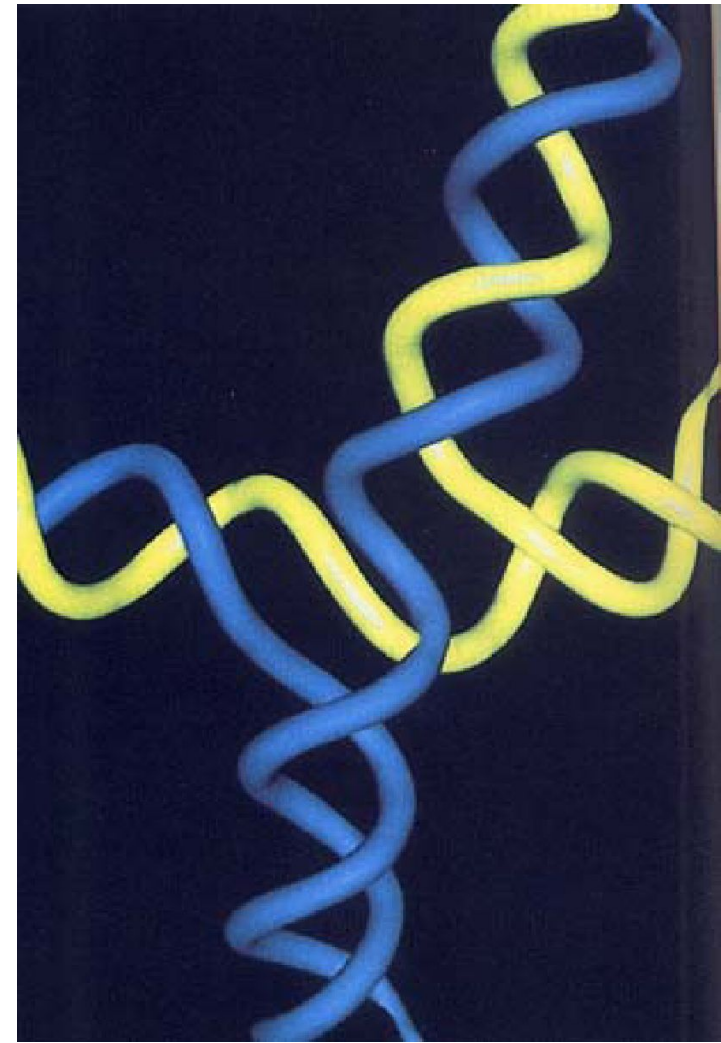
«Топор Кондрашова»

- В популяциях, размножающихся с помощью секса, смешение генов создает целый ряд счастливых, в организмах которых число вредных мутаций невелико.
- Однако при этом появляются на свет и такие индивидуумы, у которых их в избытке. Последние попадают под топор, унося вредные мутации с собой в могилу.

Рекомбинация – это перетасовка



- *«Рекомбинация — это процесс, который обеспечивает формирование новых сочетаний аллелей генов в ряду поколений, образование новых порядков генов в результате инверсий, дупликаций и делеций генов при неравном кроссинговере и целом ряде других генетических событий, связанных с процессом разрыва/воссоединения ДНК/хромосом»*

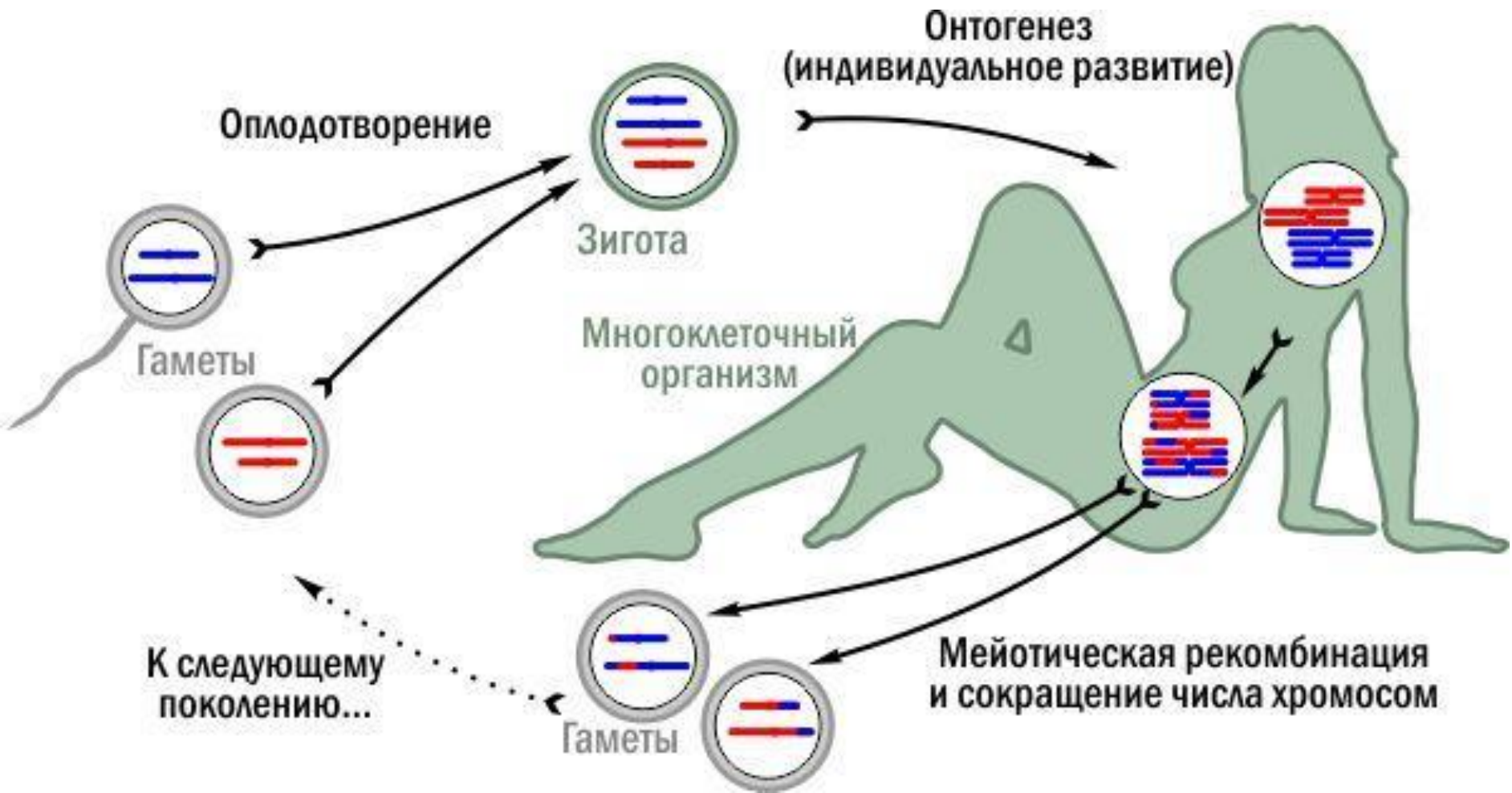




Рекомбинация спасает от храповика Меллера

- Гены собираются по отдельности, а не целыми геномами.
- Утрата особи с наименьшим генетическим грузом обратима.

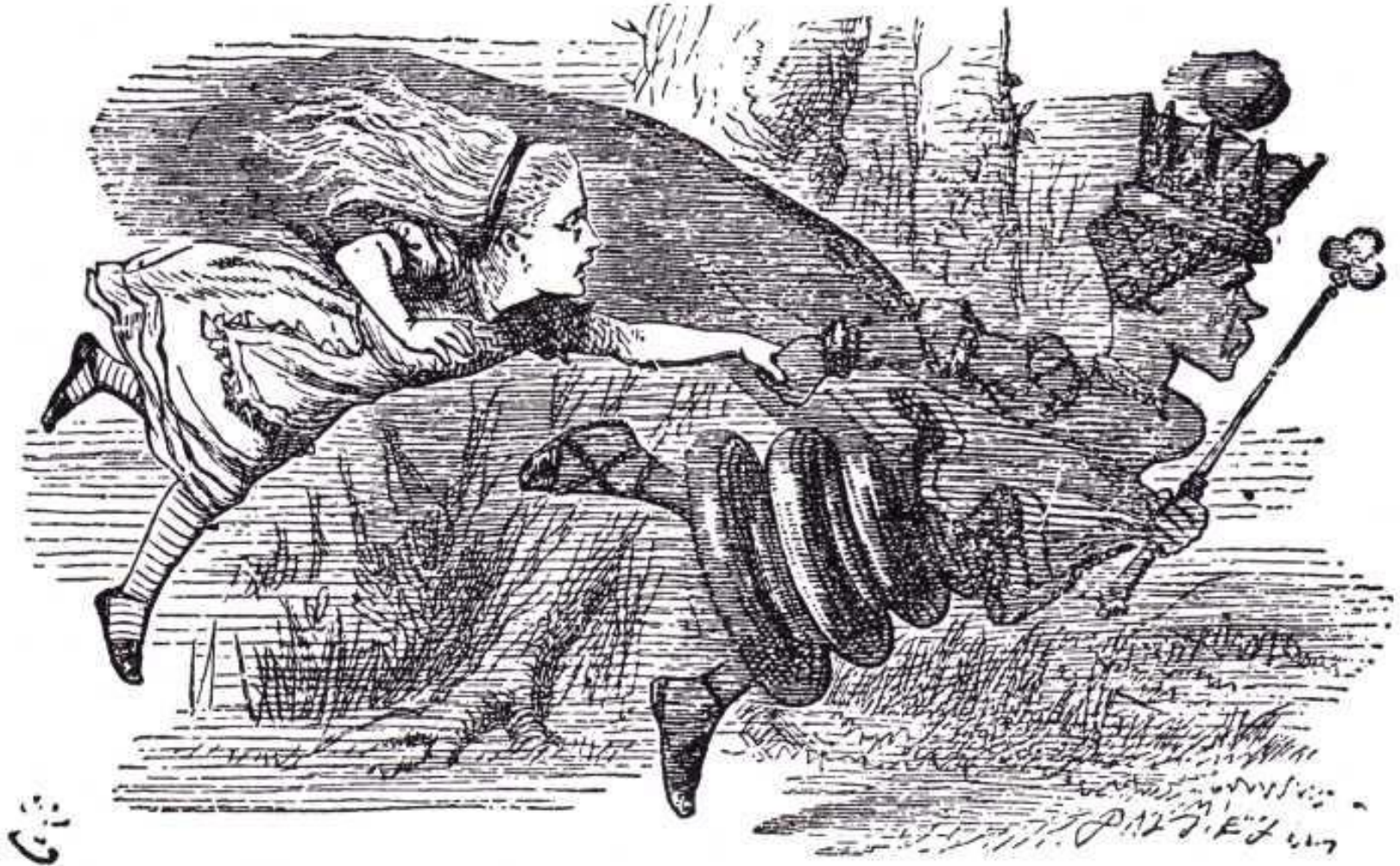
У большинства эвкариот превагирует диплоидная фаза



Гаплоидная фаза может быть хорошо выражена у мицелиальных грибов и многих одноклеточных эвкариот.

- Диплоидная фаза может быть представлена только зиготой, которая делится мейотически.
- У мхов одинаково сильно могут быть выражены и гаплоидная, и диплоидная фазы

Модель Храповика Меллера может
быть дополнена
ГИПОТЕЗОЙ ЧЁРНОЙ КОРОЛЕВЫ



- Гипотеза Черной Королевы была предложена в 1973 году американским ученым Ваном Валленом. Он сравнил существование видов с бегом в Зазеркалье - стране, куда попала Алиса из книги Льюиса Кэрролла.
- Черная Королева объяснила Алисе, что *"приходится бежать со всех ног, чтобы только остаться на том же месте"*.
- В эволюционном контексте это можно представить как постоянное соревнование живых существ с видами, которые обитают неподалеку.



В любой непонятной
ситуации —
эволюционируй.



А как же партеногенез?



**Партеногенез не исключает
рекомбинацию!!!**



Скальные ящерицы,
или **даревскии** (*Darevskia*) — род ящериц,
часть видов которого известна тем, что
способны размножаться без участия самцов
(партеногенетически).



Кажущееся противоречие

- У партеногенетических видов слияние мужской и женской половых клеток не происходит, тем не менее развивающийся из яйца зародыш также обладает удвоенным числом хромосом.



- У скальных ящериц перед мейозом происходит митотическое увеличение числа хромосом в клетках половых желез. Далее клетки проходят нормальный цикл мейоза, и в результате образуются диплоидные яйцеклетки, которые без оплодотворения дают начало новому поколению, состоящему только из самок.

- Это позволяет поддерживать численность особей в условиях, когда затруднена встреча особей разного пола.

- Яйцеклетки могут содержать два, три, четыре, а у дождевых червей — пять, восемь и даже десять хромосомных наборов.
- Хромосомные наборы могут восстанавливаться перед мейозом.
- Кроссинговер спасает от храповика Мёллера.

Таким образом, у партеногенетических организмов все равно происходит рекомбинация генетического материала и они могут избавляться от генгруза.

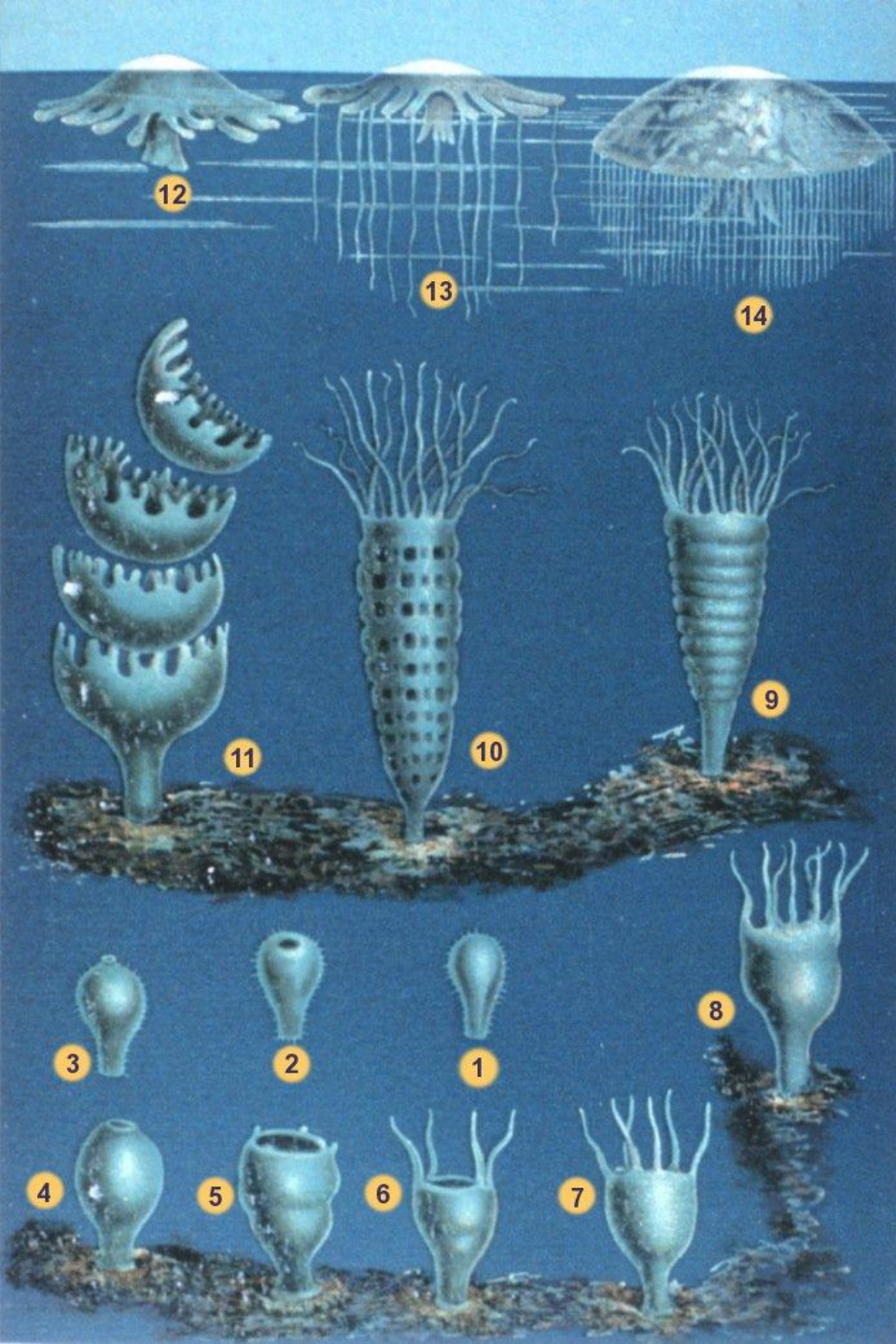
- При этом они подобно самооплодотворяющимся организмам сохраняют стабильность генома, **хотя и не клональным способом!!!**



«Географический партеногенез»

- Партеногенетические формы нередко встречаются в северных широтах, высоко в горах и на островах, где «гонка вооружений» - модель Чёрной королевы – не так обострена.
- Партеногенетические виды успешно избегают от генгруза благодаря рекомбинации, но новые комбинации от разных особей не создаются: ситуация напоминает самоопыление у растений.

У форм, с чередованием полового и бесполого (или гамогенетического и партеногенетического) размножения половые формы более приспособлены к расселению.



Полип расселяет
ближлежащую зоны,
а медузоид -
расселяется

Ближайшие участки заселяются
цветковым растением
вегетативно.

- Распространение семян нередко доверяется ветрам и животным.

У половых форм тли вырастают
крылья, у патеногенетических –
нет.

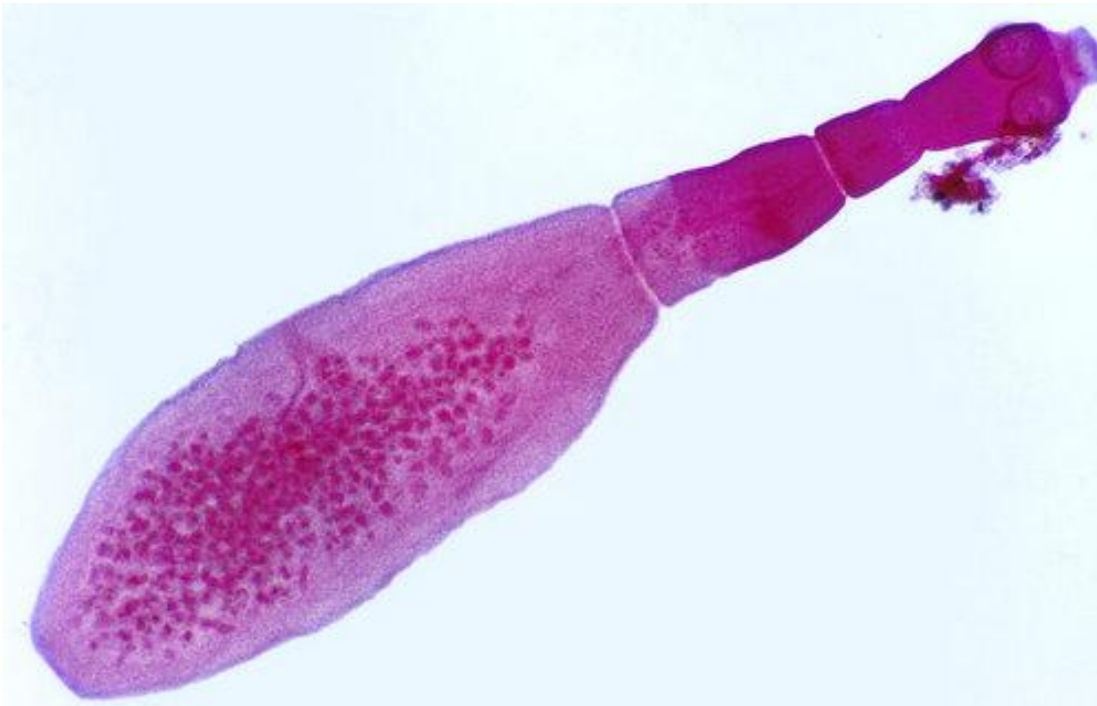
Возможен циклический партеногенез



Усы дают возможность клубнике заселить ближайшие участки, а семена распространяются птицами



- Широко распространён партеногенез у паразитических червей, находящихся на личиночных стадиях развития, что обеспечивает их интенсивное размножение и выживание, несмотря на массовую гибель на различных этапах жизненного цикла.



Опровергнутый миф

- Среди простейших, грибов и прокариот якобы существует множество организмов без рекомбинации генетического материала.
- Однако в настоящее время показано, что у большинства из них может за счет различных механизмов происходить обмен генетической информацией

Кандида - дрожжеподобный гриб рода *Candida* для которого рекомбинация наследственного материала открыта совсем недавно.



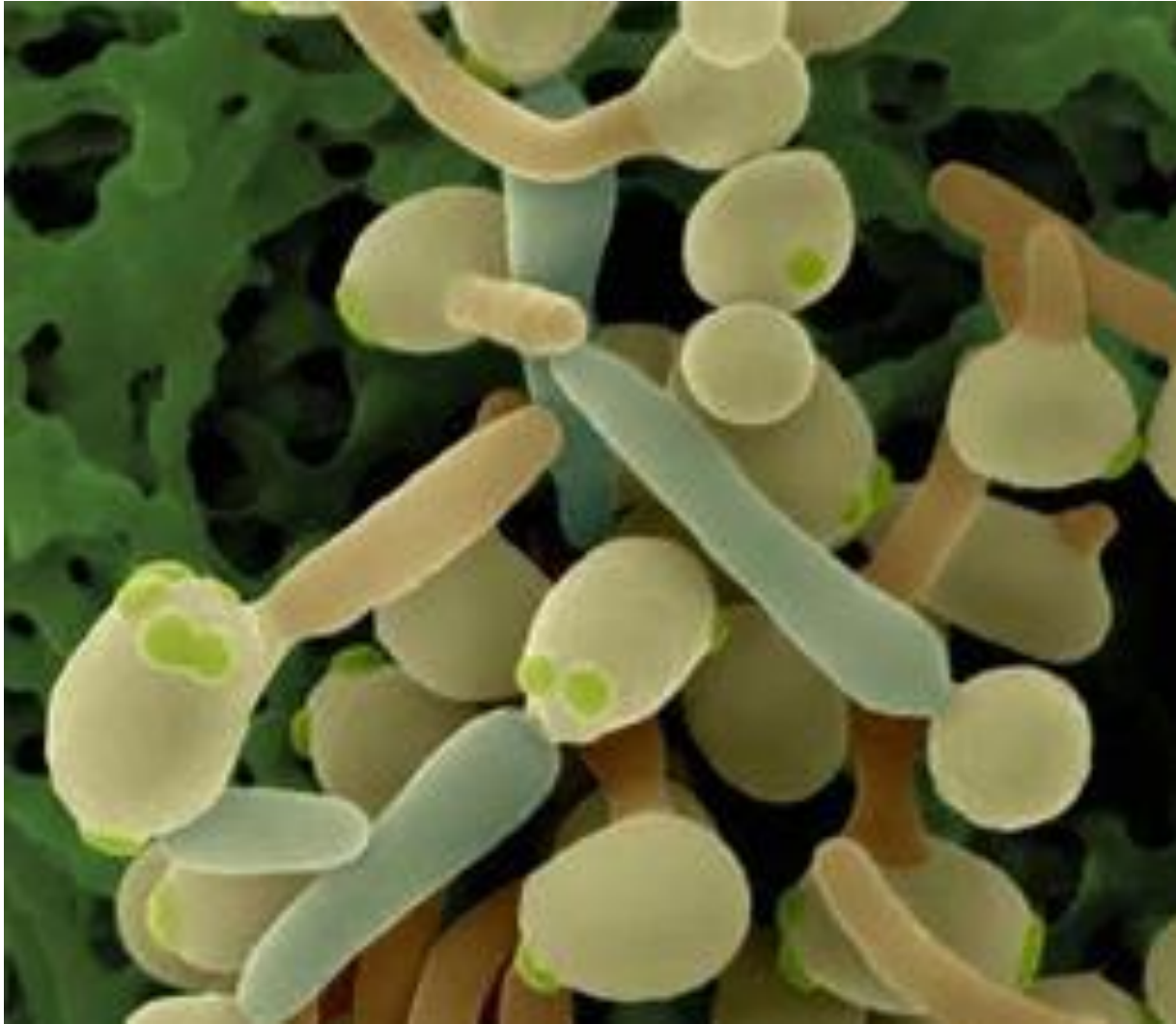
- В отличие от истинных дрожжей не образует аскоспор и имеет псевдомицелий

- До недавнего времени относилась не к аскомицетам, а к несовершенным грибам. Сейчас – к аскомицетам.
- *Candida albicans* встречается у 80% людей.
- Является диплоидом.





Как правило, «кандида» не враг. Он живет в пищеварительной системе (кишечник, ротовая полость, пищевод) как симбионт.



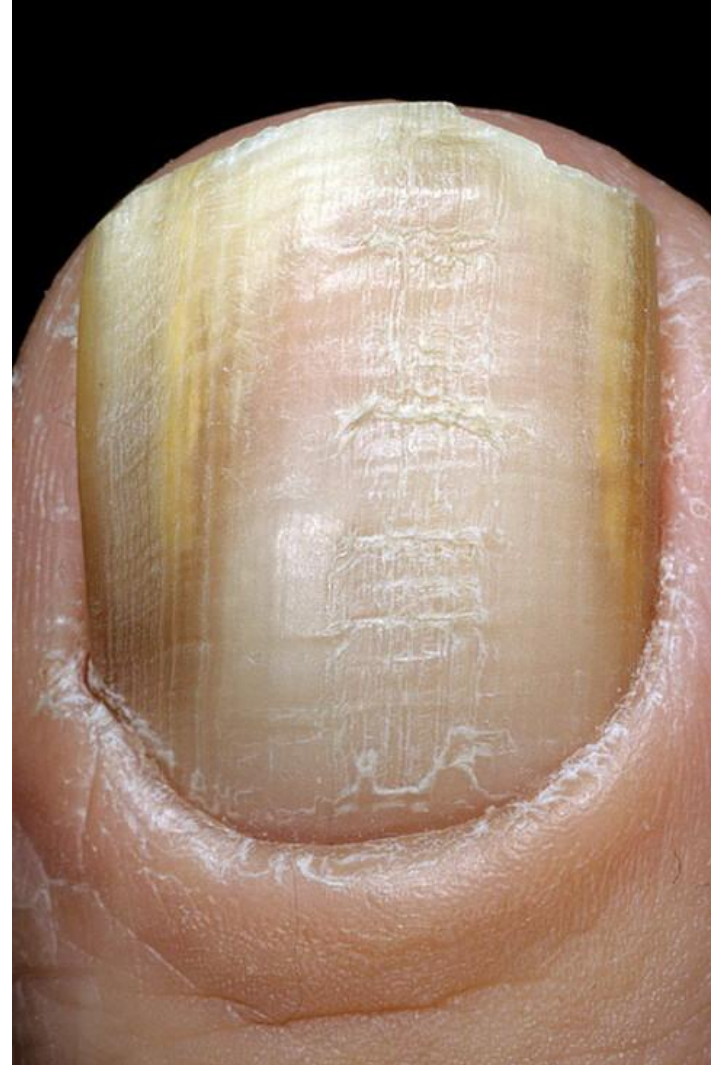
Кандидоз (молочница)

- Микроорганизмы рода Кандида входят в состав нормальной микрофлоры рта, влагалища и толстой кишки **большинства** здоровых людей. Заболевание обусловлено не просто наличием грибов рода *Candida*, а их размножением в большом количестве, и/или попаданием более патогенных штаммов гриба.
- Чаще всего кандидоз возникает при снижении общего и местного иммунитета и при употреблении антибиотиков.

Встречается в ротовой полости.



На поверхности кожи и под НОГТЯМИ.



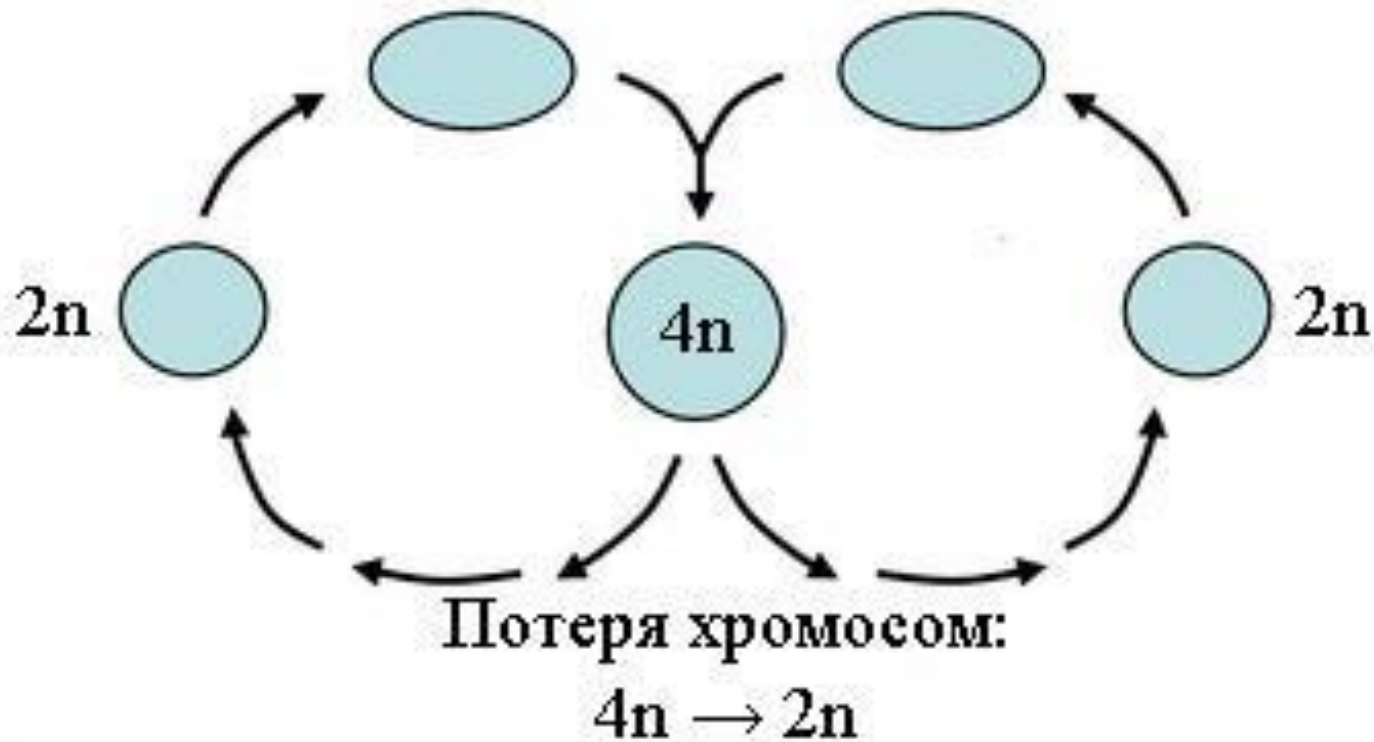
Дыхательном и урогенитальном трактах.



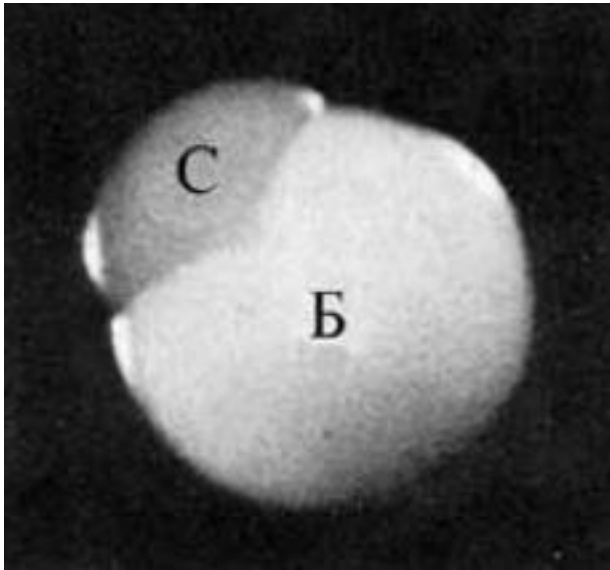
Половой процесс у *Candida albicans*.

- Ещё недавно ошибочно считалось, что вид является константно диплоидным без полового процесса.
- В действительности половое размножение осуществляется с помощью парасексуального процесса.
- Особенность – диплоидные клетки сливаются с образованием тетраплоидов.
- В результате МИТОЗА тетраплоиды теряют хромосомы до диплоидного состояния.
- Рекомбинация митотическая.

Чередование диплоидной и тетраплоидной стадий у кандиды при парасексуальном цикле.



Тип спаривания может переключаться как у пекарских дрожжей



- Новый тип спаривания (изменение яркого белого цвета на более тусклый) обнаруживается после деления, и наоборот.

Образование тетраплоида при объединении ядер клеток с разным типом спаривания.



- *Candida albicans*.

Размножаться бесполо – всё равно,
что купить много лотерейных
билетов с одним номером.



Рекомбинации – стабилизатор видов



В жизни люди иногда

рассыпаются на кусочки. Соберись и получится новая картинка!

- Рассыпались – накопили генгруз
- Собрались – избавились от генгруза.

Множественная реактивация фага

- Пример стабилизации – эффект множественной реактивации фага.
- Состоит в том, что фаг, инактивированный с помощью ультрафиолетового облучения или под действием химических мутагенов, эффективно репарируется при множественном заражении — когда в клетку попадает по два или более фаговых генома.

«Благодаря рекомбинации эволюция в пределах вида становится потенциально обратимой. Половые популяции обладают как бы нитью Ариадны, и тупики не являются для них фатальными.»

В.П. Щербаков «Эволюция как сопротивление энтропии»





«Финальный половой акт, к которому стремится каждое существо, — это смешение генов и создание нового существа, обладающего собственным генетическим кодом. Бедолаге, сидящему в баре знакомств, смешение генов, возможно, не кажется целью, стоящей приложения усилий. Однако по большому счету именно это главное.»

Из книги О.Джадсон «Каждой твари по паре»