

# БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

# ***Биологическая эволюция - необратимое и в известной степени направленное историческое развитие живой природы.***

## ***Сопровождающееся:***

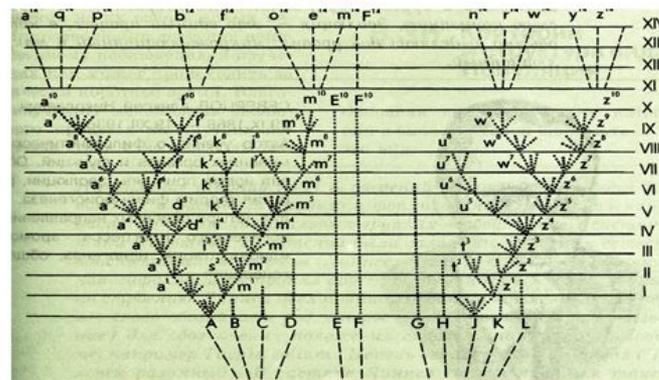
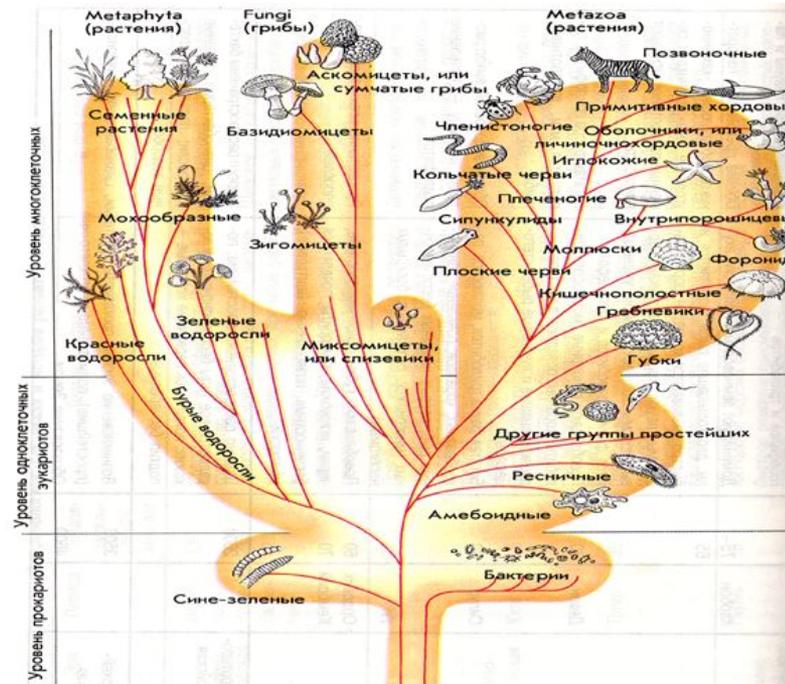
- изменением генетического состава популяций,
- формированием адаптаций,
- образованием и вымиранием видов,
- преобразованием биогеоценозов и биосферы в целом.

## ***Механизм биологической эволюции включает:***

- ***Микроэволюцию*** - факторы и процессы внутривидовой дифференциации популяций, завершающиеся видообразованием;
- ***Макроэволюцию*** – надвидовую эволюцию приводящую к формированию органов аппаратов и систем, выполняющих определенные функции, а также к становлению новых надвидовых таксонов (семейств, отрядов и др.)

# Дивергенция начавшись на уровне популяций продолжается на надвидовых

## УРОВНЯХ



# Основные методы изучения эволюционного процесса

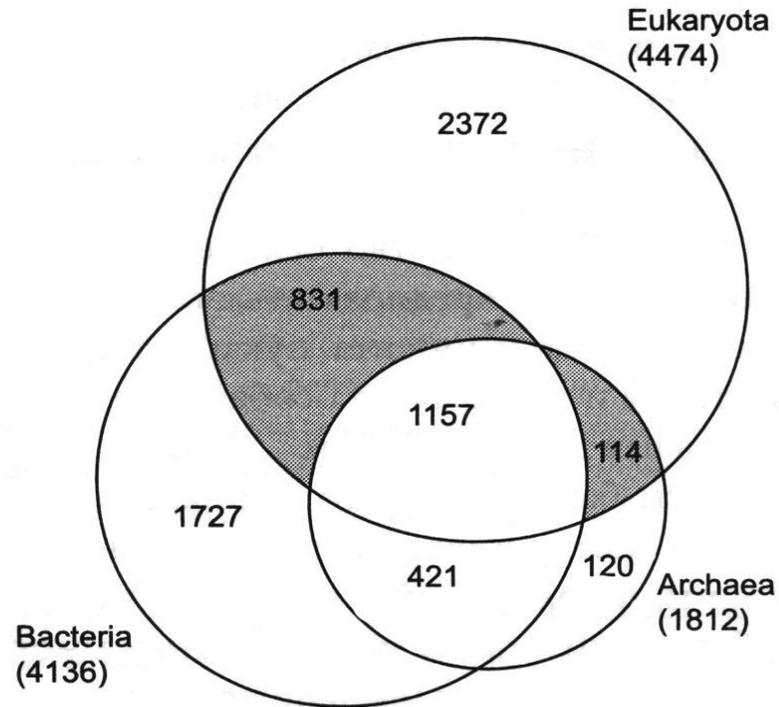
1. Палеонтологические ряды – Ископаемые формы, связанные друг с другом в процессе эволюции и отражающие ход исторического развития.
2. Биогеографические методы. Сравнение флор и фаун. Реликтовые формы.
3. Морфологические методы (сравнительно-анатомические, сравнительно-гистологические методы – внутреннее сходство может показывать родство сравниваемых форм).
4. Гомологичные и аналогичные органы.
5. Рудиментарные органы, атавизмы указывают какая из сравниваемых гомологичных форм родоначальная.
6. Эмбриологические методы – выявление зародышевого сходства, принцип рекапитуляции.
7. Палеонтологические методы. Ископаемые переходные формы - формы организмов, сочетающие признаки более древних и молодых групп.
8. Генетические методы.
9. Методы биохимии и молекулярной биологии

# Микроэволюция

Гены и признаки

Материал для отбора

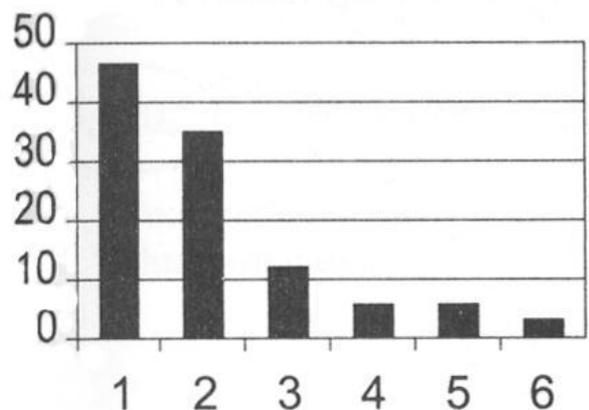
# Гены митохондрий, пластид и симбионтов



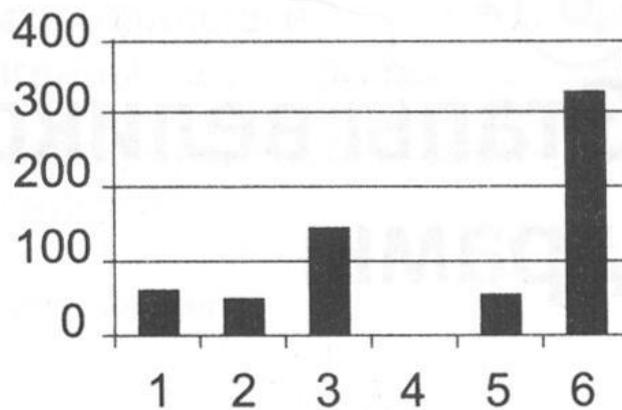
*Распределение белковых семейств в трех надцарствах живой природы. Площади кругов соответствуют количеству семейств белков, встреченных у представителей данного надцарства. Как видно из рисунка, 1157 белковых семейств являются общими для всех трех надцарств, 2372 встречены только у эукариот, 831 есть у эукариот и бактерий, но не у архей, и т. д. (из статьи: МАРКОВ А. В., КУЛИКОВ А. М. Происхождение эукариот<sup>1</sup>: выводы из анализа белковых гомологий в трех надцарствах живой природы // Палеонтол. журн. 2005. № 4. С. 3–18. [http://evolbiol.ru/markov\\_kulikov.htm](http://evolbiol.ru/markov_kulikov.htm)).*

Функциональные спектры эукариотических белковых доменов (- семейств белков) архейного и бактериального происхождения

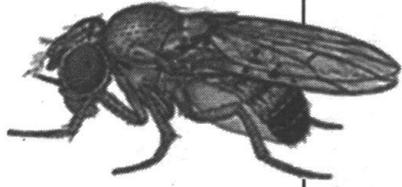
Семейства архейного происхождения



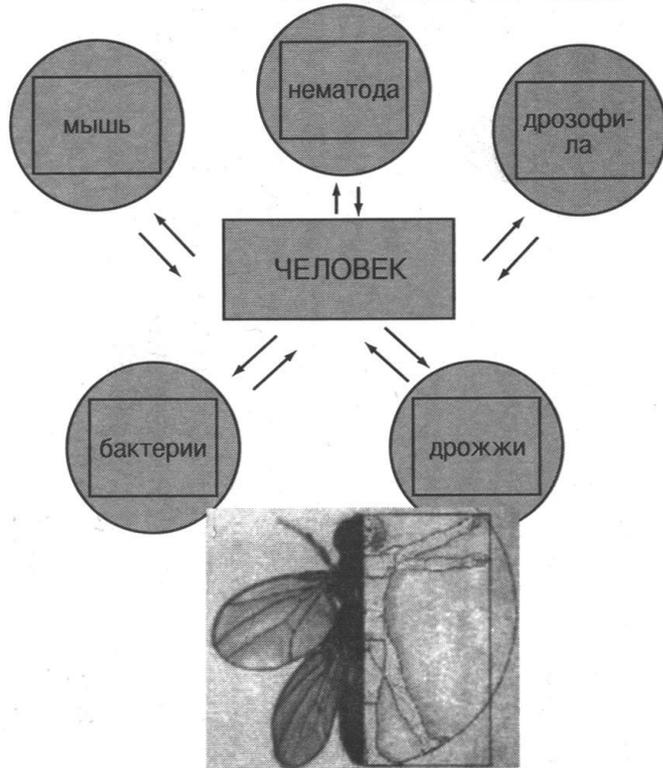
Семейства бактериального происхождения



*Распределение эукариотических белков архейного и бактериального происхождения по шести функциональным группам: 1 — синтез белка, 2 — репликация, транскрипция, модификация ДНК и РНК, 3 — сигнальные и регуляторные белки, 4 — образование мембранных пузырьков, 5 — транспортные и сортировочные белки, 6 — обмен веществ.*



ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ РАЗНОЙ СЛОЖНОСТИ ПРОИЗОШЛИ ОТ ОБЩЕГО ПРЕДШЕСТВЕННИКА И СОХРАНЯЮТ МНОЖЕСТВО СХОДНЫХ ГЕНОВ



болезнь человека	ген человека	ген дрожжей	функция гена дрожжей
наследственный неполипозный рак толстой кишки	<i>MSH2</i> <i>MLH1</i>	<i>MSH2</i> <i>MLH</i>	репарация ДНК
муковисцидоз	<i>CFTR</i>	<i>YCF1</i>	устойчивость к металлам
болезнь Вильсона–Коновалова	<i>WND</i>	<i>CCC2</i>	транспортер меди
атаксия – телеангиэктазия	<i>ATM</i>	<i>TEL1</i>	P13 киназа
миотоническая дистрофия	<i>DM</i>	<i>YPK1</i>	S/T протеинкиназа
нейрофиброматоз, тип 1	<i>NF1</i>	<i>IRA2</i>	ингибирующий регуляторный белок

Единое геномно-информационное поле

Единое геномно-информационное поле (сравнительная геномика)

**Примечание**

Разные организмы имеют множество сходных генов, происходящих от общего предшественника, и поэтому функция гена в одном организме намекает на функцию похожего по последовательности гена – в другом

# Митохондриальные гены и гены пластид

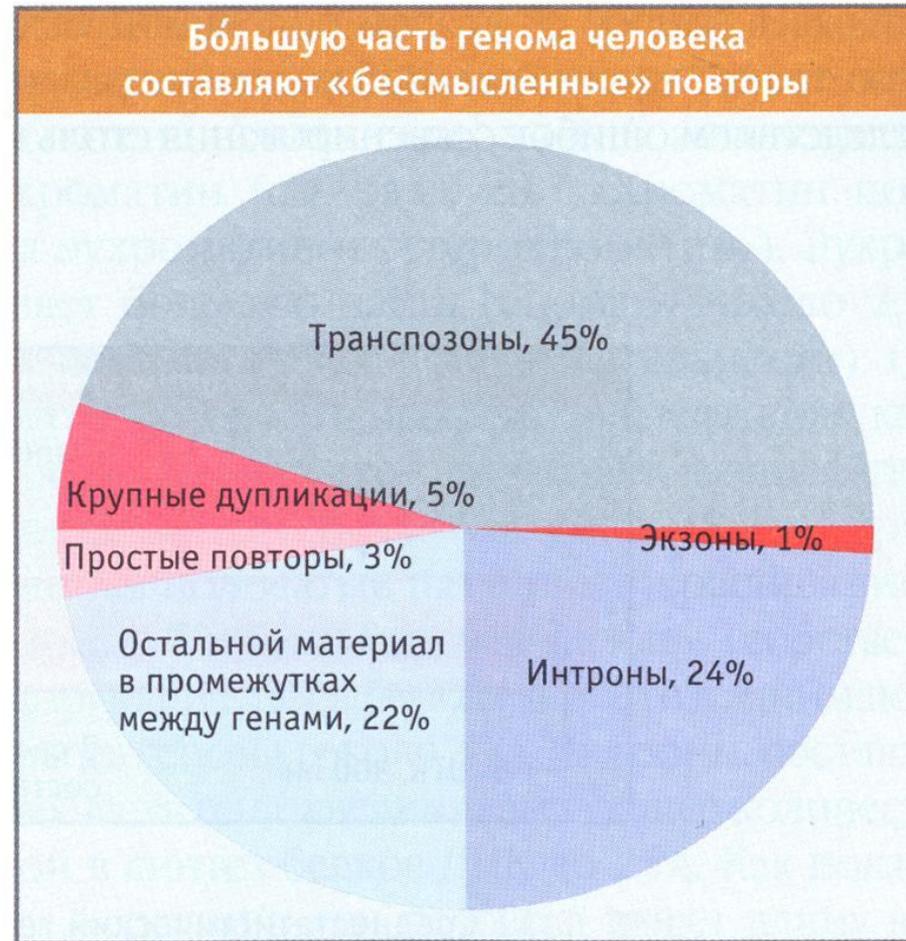
Митохондриальная ДНК кодирует РНК и белки			
Группы организмов	Размер (тпн)	Гены, кодирующие белки	Гены, кодирующие РНК
Грибы	19–100	8–14	10–28
Простейшие	6–100	3–62	2–29
Растения	186–366	27–34	21–30
Животные	16–17	13	4–24

Митохондриальные геномы содержат гены, кодирующие белки (в основном комплексы I–IV), рРНК и тРНК

# Деградация геномов симбионтов и включение их генов в геном макроорганизма

- Внутриклеточный симбионт тли – Бухнера обеспечивает своего партнера аминокислотами, отсутствующими в рационе насекомого.
- Геном Бухнеры в процессе сожительства сильно упростился, однако сохранил гены теплового шока, кодирующие шапероны, препятствующие денатурации белка.
- Комплекс «тля – Бухнера» совместными усилиями синтезирует кофермент А: бактерия синтезирует пантотеновую кислоту, а затем тля из нее образует кофермент А.

# Состав генома



Самый весомый компонент генома человека — это транспозоны. Кроме них есть и другие повторяющиеся последовательности (например, крупные дупликации и простые повторы)

# Мутации

***мутационный процесс - постоянно действующий источник наследственной изменчивости.***

Гены мутируют с определенной частотой. Подсчитано, что в среднем одна из 100 тыс. - 1 млн гамет несет вновь возникшую мутацию в определенном локусе. Поскольку одновременно мутируют многие гены, то 10-15% гамет несут те или иные мутантные аллели. Поэтому природные популяции насыщены самыми разнообразными мутациями.

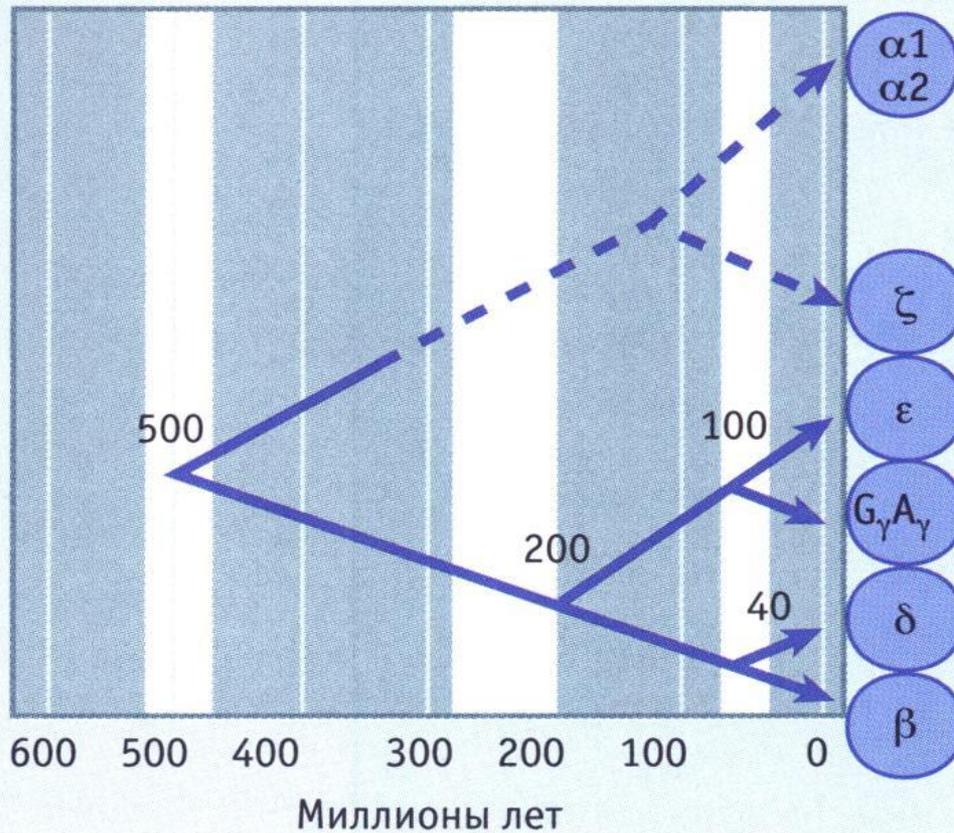
# Удвоения, или дубликации, наследственного материала.

Одним из ведущих механизмов, приводящих к появлению новых генов, является удвоение ДНК. В зависимости от размеров удваивающихся участков молекулярные генетики выделяют:

- внутригенные дубликации,
- удвоение целых генов,
- дубликации участков хромосом и некоторые другие.

- дубликации целых генов – не единственный способ возникновения новых генов. К аналогичным результатам приводит и удвоение части гена, удлиняющее исходный вариант и, следовательно, вызывающий появление другого гена и соответствующего ему признака. Примером новообразования генов таким способом может служить так называемое семейство генов **гормона роста**. Так, в результате дубликаций и мутаций из одного исходного гена возникли гены *гормона роста, пролактина, плацентарного лактогена* и др.

## Глобиновые гены эволюционировали более 500 миллионов лет



Дивергенция сайтов замен в парах  $\beta$ -глобиновых генов позволяет восстановить картину эволюции кластера у человека. Схема показывает историю обособления классов глобиновых генов

## Регуляторные гены

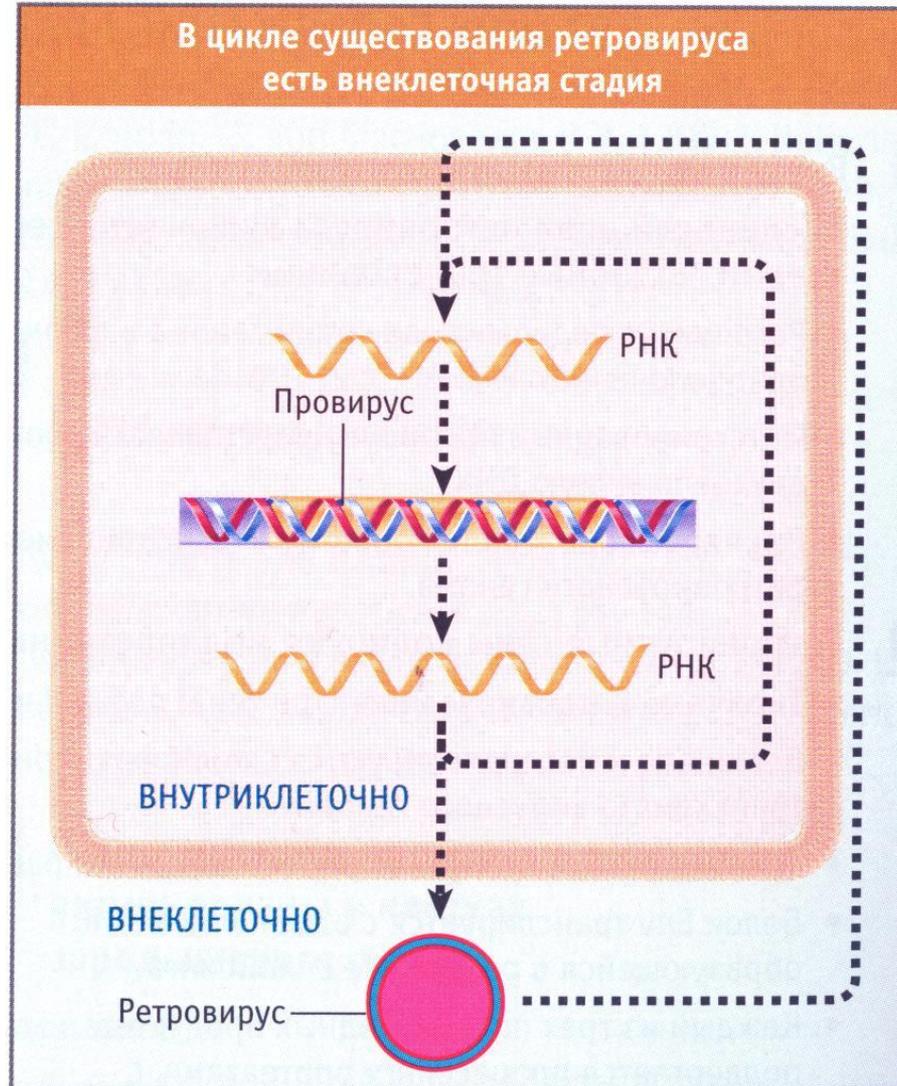
- Изменения регуляторных генов, приводящих к изменению времени и места включения в работу (экспрессии) генов. Активация гена на более ранних этапах онтогенеза вызывает и усиливает преяотропный эффект гена и, следовательно, обуславливает большее число его проявлений в виде нескольких признаков и свойств.

## Появление новых регуляторов

- В процессе эволюции млекопитающих разделение сумчатых и плацентарных в Меловом периоде Мезозойской эры сопровождалось возникновением более 20% уникальных некодирующих – регуляторных последовательностей у последних, которое в 20 раз превышало скорость появления структурных генов.

# Горизонтальный перенос

Один из способов горизонтального обмена генами – вирусный перенос



# Горизонтальный перенос

Один из способов горизонтального обмена генами – вирусный перенос.

Ретровирусы могут переносить клеточные последовательности.

Гены ретровируса, встроенного в геном предка узконосых обезьян свыше 40 млн лет назад, экспрессируются в плаценте обезьян и человека:

- управление слияния клеток наружного слоя плаценты (симпласт);
- защита эмбриона от иммунной системы матери;
- защита эмбриона от вирусных атак путем блокирования рецепторов клеточной поверхности.

# Горизонтальный перенос - МГЭ

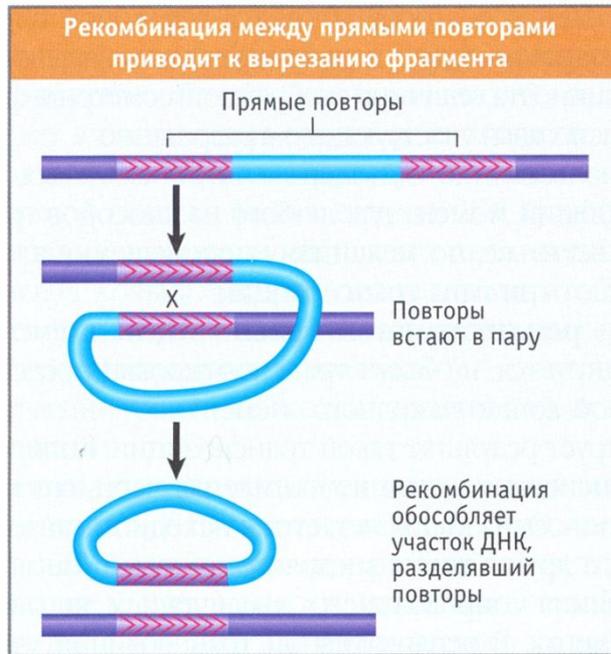
## Роль ретротранспозонов:

- Перемещение ретротранспозонов по геному создает нестабильность (пластичность) наследственного материала;
- Увеличение частоты мутирования генов;
- Повышение уровня полиморфизма (увеличение частоты транслокаций в стрессовых ситуациях – рецепторы стресса);
- Ген фермента (рибозим/энзим) **теломеразы**;
- Ген фермента **транспозазы** и его производные – гены семейства белков **RAG** (иммуноглобулины);
- Ген **PEG10** – один из генов, обеспечивающих развитие плаценты (приобретен предками плацентарных около 60 млн лет назад), обуславливает удлинение эмбрионального развития – увеличение размеров мозга.

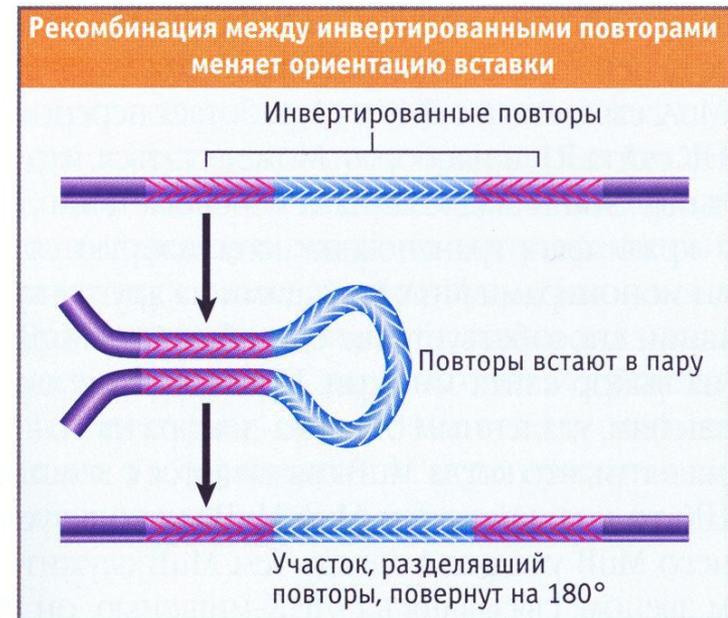
# Горизонтальный перенос - МГЭ

## Роль транспозонов:

- Перестройка генома хозяина



Реципрокная рекомбинация между прямыми повторами в ДНК эквивалентна вырезанию материала между этими повторами. Каждый продукт рекомбинации имеет одну копию повтора



Реципрокная рекомбинация между инвертированными повторами переворачивает материал, заключенный между повторами, относительно геномного окружения

## Горизонтальный перенос - МГЭ

Роль транспозонов:

- Деятельность в роли генов ***транскрипционных факторов (ТФ)***;
- Гены ***ТФ*** транспортных белков ***фитохрома А*** у цветковых растений (регулятор цветения);
- Более 16% регуляторных последовательностей – участки МГЭ.

# Горизонтальный перенос - МГЭ

Роль ретропсевдогенов:

- Не изучена;
- Нет промоторов;
- Эволюционный тупик.

# Альтернативный сплайсинг и наличие нескольких промоторов в кодирующей последовательности

- У более высокоорганизованных групп живых организмов в большей степени изменяется сам процесс реализации наследственной информации. В результате различного соединения экзонов он дает разные по последовательности нуклеотидов иРНК, синтезированные на одном и том же гене. Такие иРНК транслируются в неодинаковые белки – разные признаки. При изучении процессов реализации наследственной информации оказалось, что у круглого червя *C.elegans* альтернативный сплайсинг характерен лишь для 20% генов, в то время как у человека более 80% генома реализуется с участием этого процесса.