

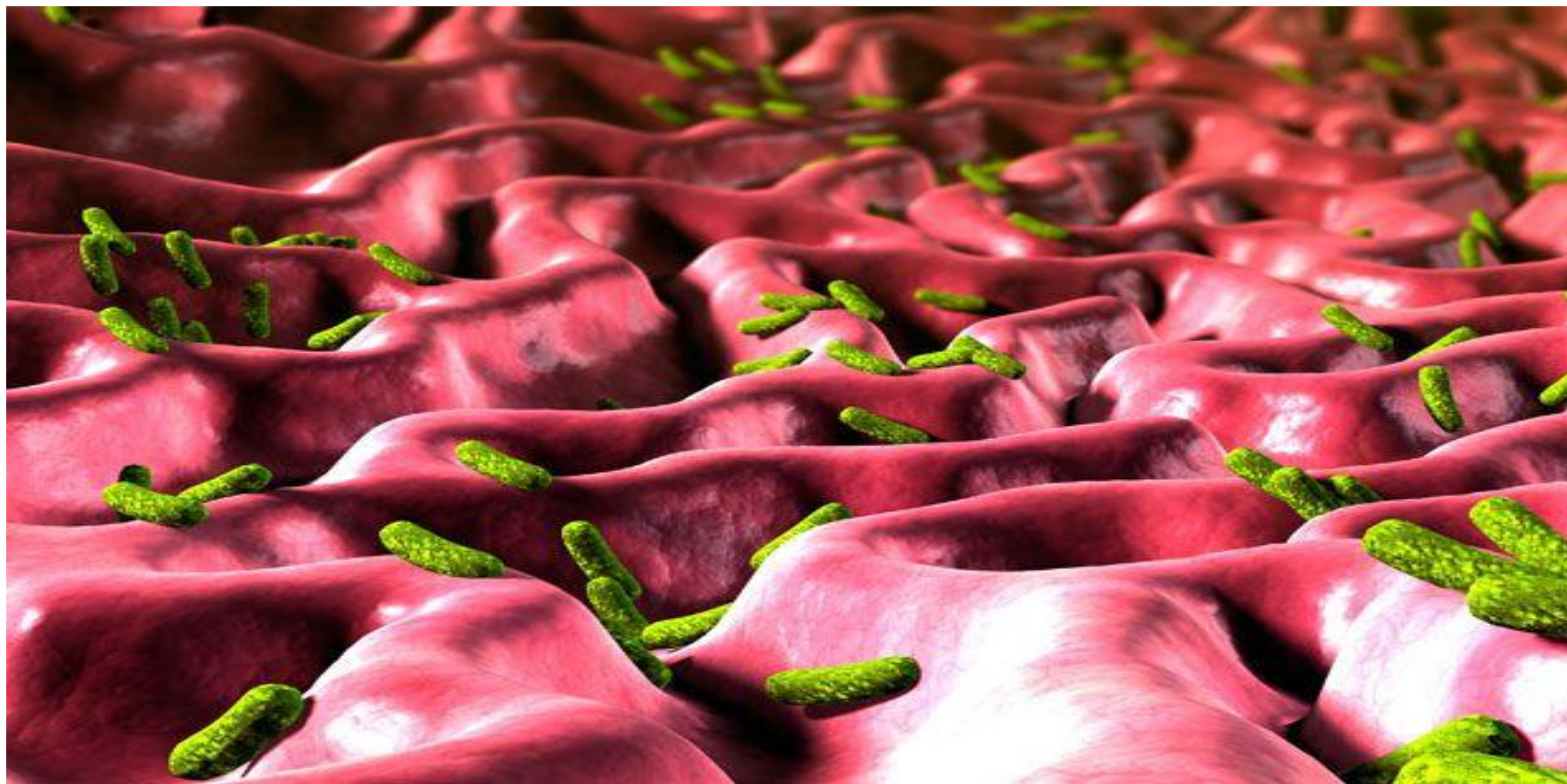
Тема заняття: Генетика микроорганізмів.

План:

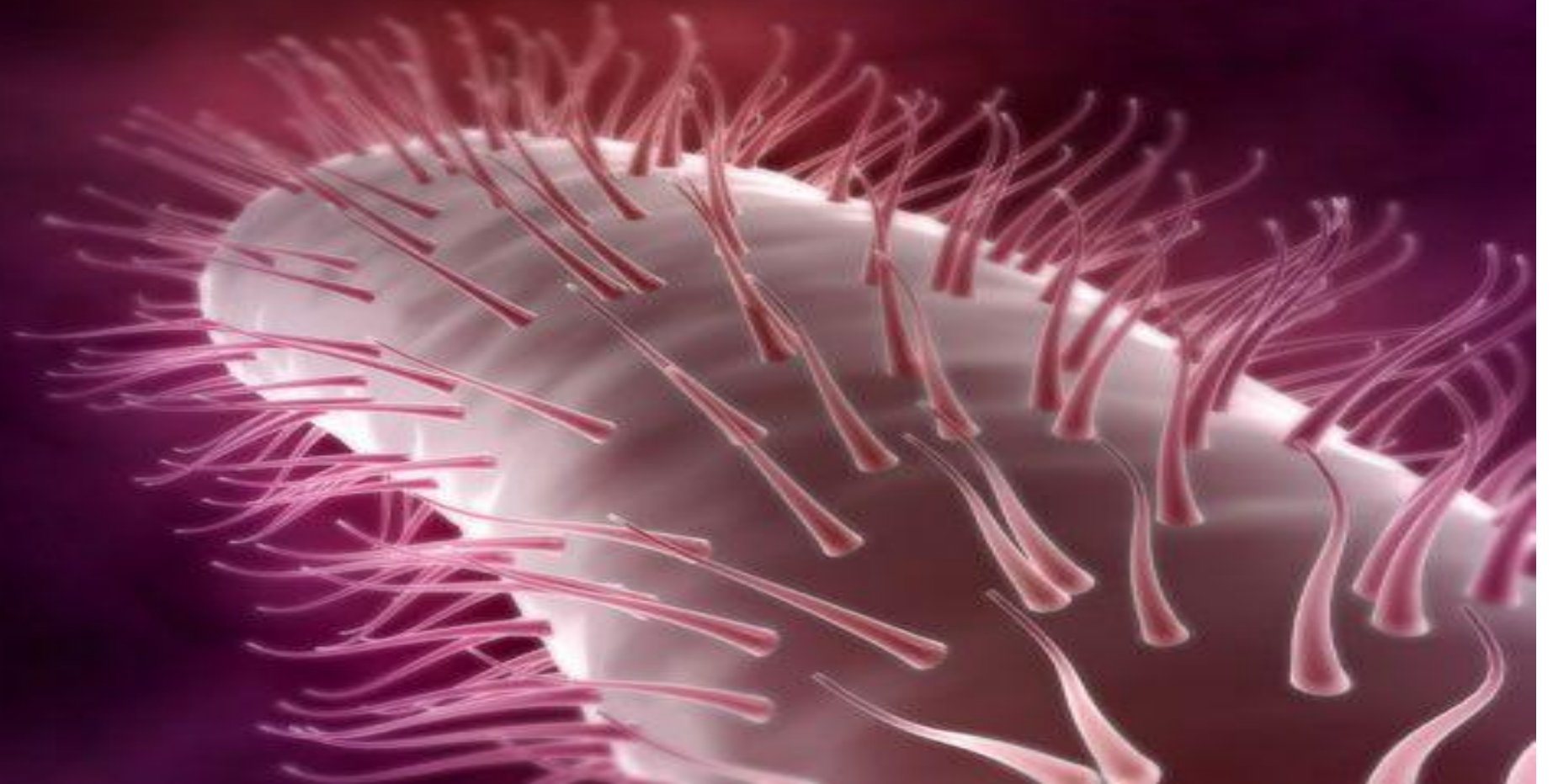
- Понятие о фенотипической и генотипической изменчивости микроорганизмов.
- Трансформация, конъюгация, трансдукция.
- Молекулярно-биологические технологии в медицине. Применение в диагностике инфекционных заболеваний.
- Биотехнологии. Генная инженерия.

- Бактерии - удобный материал для генетики. Их отличает:
- - относительная простота *генома* (совокупности нуклеотидов хромосом);
- - *гаплоидность* (один набор генов), исключая доминантность признаков;
- - различные интегрированные в хромосомы и обособленные *фрагменты ДНК*;
- - половая дифференциация в виде донорских и реципиентных клеток;
- - легкость культивирования, быстрота накопления биомассы

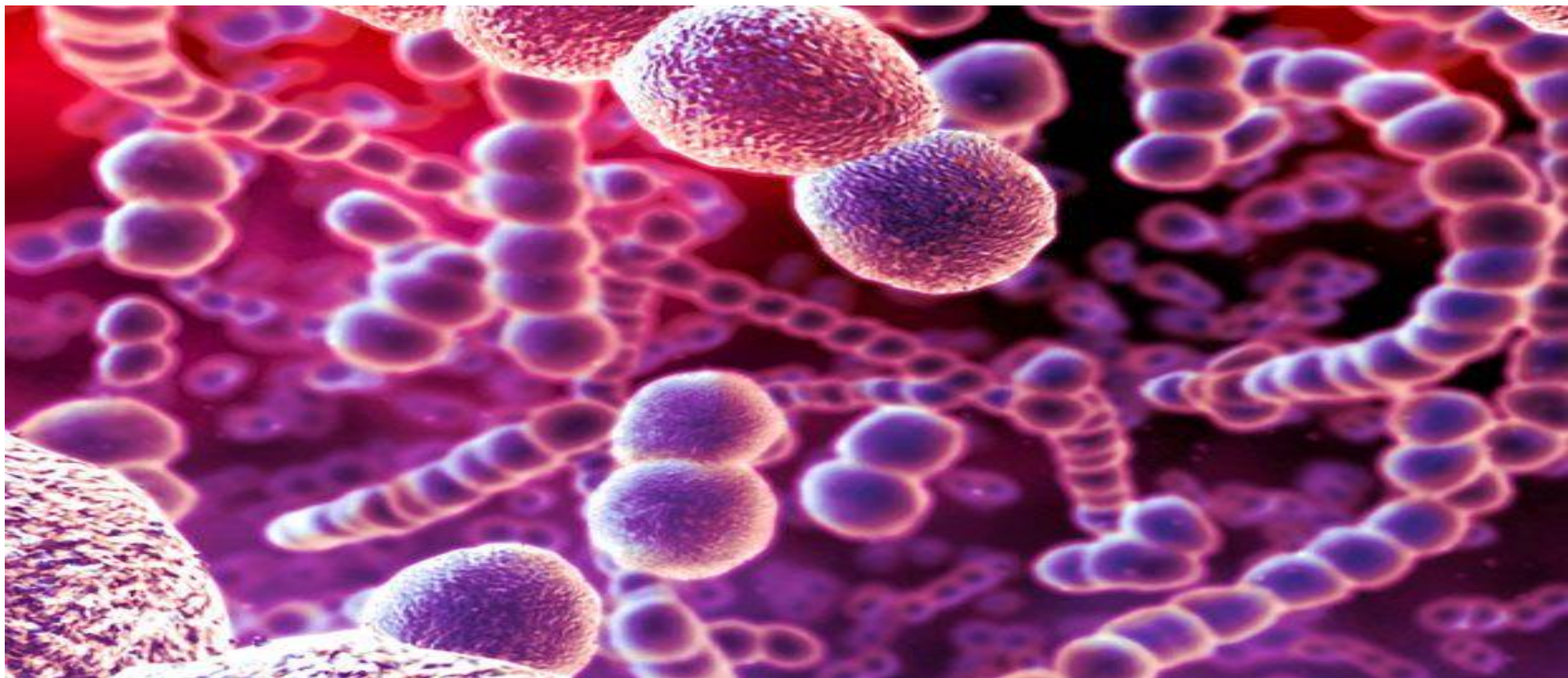
Helicobacter Pylori в желудке:



Полученное с помощью электронного микроскопа изображение *Helicobacter Pylori*.



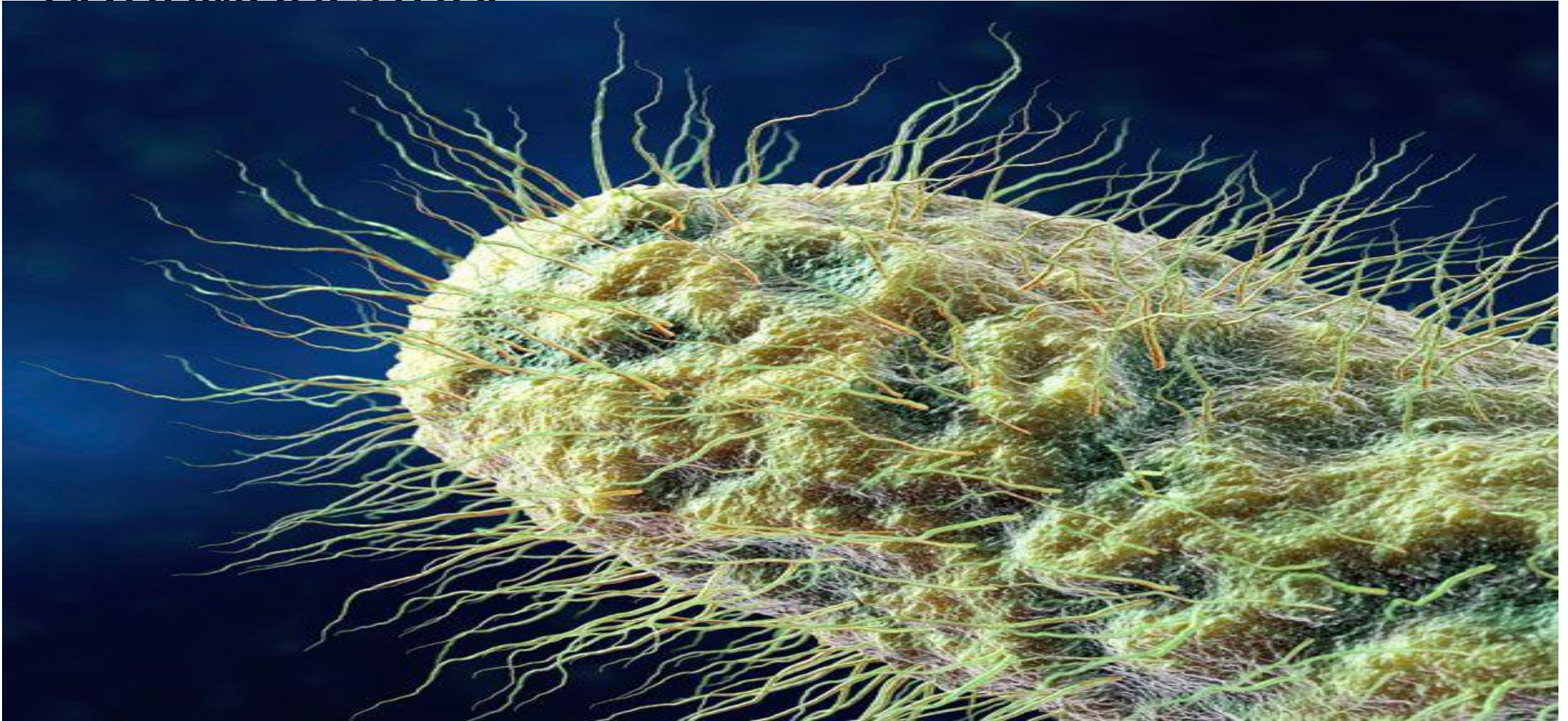
Streptococcus pneumoniae: ПНЕВМОНИИ



Бактерии кишечной палочки:



Ресничная палочковидная бактерия.
Типичные палочковидные бактерии
включают кишечную палочку и
сальмонеллы



В узкоспециальном плане ген чаще всего представляет структурную единицу ДНК, расположение кодонов в которой детерминирует первичную структуру соответствующей полипептидной цепи (белка). Хромосома состоит из особых функциональных единиц - *оперонов*.

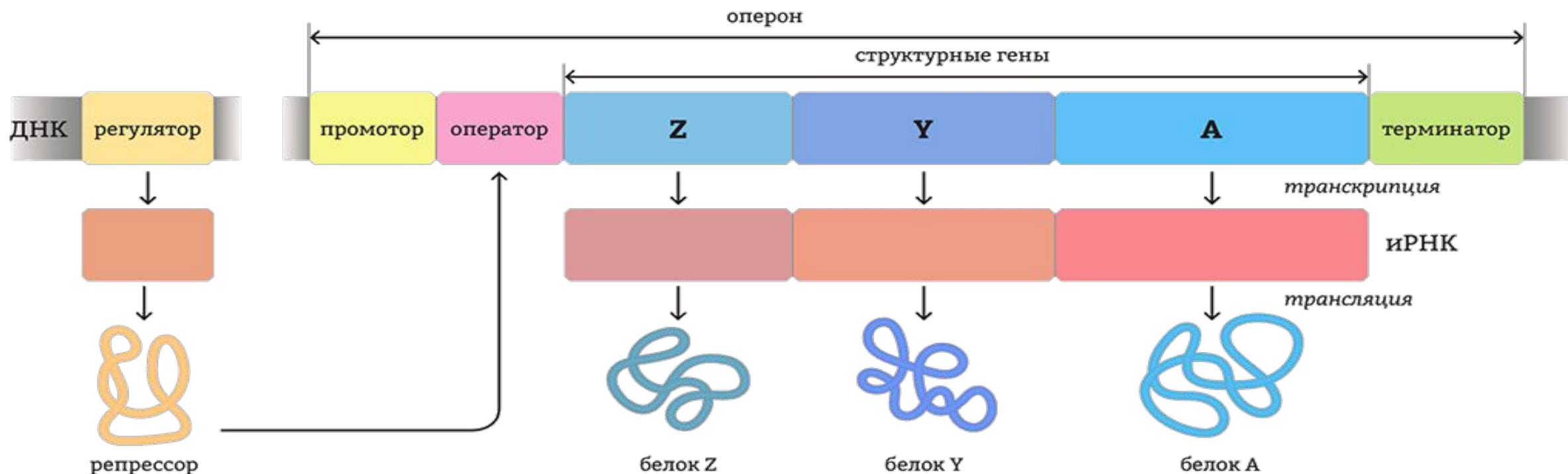
Основные этапы развития (усложнения) генетической системы можно представить в виде следующей схемы:

- кодон □ ген □ оперон □ геном вирусов и плазмид □ хромосома прокариот (нуклеоид) □ хромосомы эукариот (ядро).

Строение генов у прокариот

Общий план строения генов у прокариот и эукариот не отличается – и те, и другие содержат регуляторную область с промотором и оператором, единицу транскрипции с кодирующей и нетранслируемыми последовательностями и терминатор. Однако организация генов у прокариот и эукариот отличается.

Для прокариот характерно объединение нескольких генов в единую функциональную единицу – **оперон**.

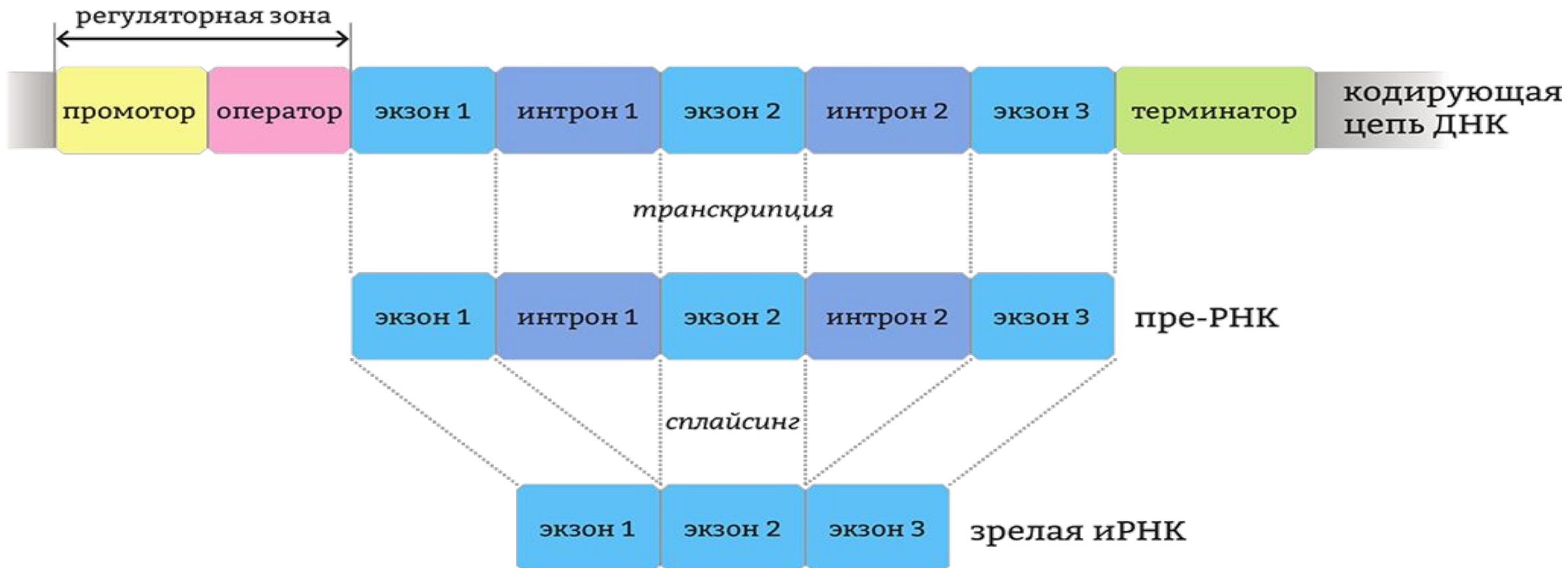


В начале и в конце оперона есть единые регуляторные области для нескольких структурных генов. С транскрибируемого участка оперона считывается одна молекула и-РНК, которая содержит несколько кодирующих последовательностей, в каждой из которых есть свой старт- и стоп-кодон. С каждого из таких участков синтезируется один белок. Таким образом, с одной молекулы и-РНК синтезируется несколько молекул белка.

Работу оперона могут регулировать другие гены, которые могут быть заметно удалены от самого оперона – **регуляторы**. Белок, транслируемый с этого гена называется **репрессор**. Он связывается с оператором оперона, регулируя экспрессию сразу всех генов, в нем содержащихся.

Строение генов у эукариот

У эукариот практически не встречается объединение генов в опероны. Однако кодирующая последовательность гена эукариот чаще всего разделена на транслируемые участки – **экзоны**, и нетранслируемые участки – **интроны**.



- Генетический материал бактерий.
- 1. *Ядерные структуры бактерий* - хроматиновые тельца или нуклеоиды (хромосомная ДНК). У бактерий одна замкнутая кольцевидная хромосома (до 4 тысяч отдельных генов). Бактериальная клетка гаплоидна, а удвоение хромосомы (репликация ДНК) сопровождается делением клетки. Вегетативная репликация хромосомной (и плазмидной) ДНК обуславливает передачу генетической информации по вертикали - от родительской клетки - к дочерней. Передача генетической информации по горизонтали осуществляется различными механизмами - в результате *конъюгации, трансдукции, трансформации, сексдукции.*

- *2. Внехромосомные молекулы ДНК* представлены плазмидами, мигрирующими генетическими элементами- транспозонами и инсервационными (вставочными) или IS- последовательностями.
- Плазмиды- экстрахромосомный генетический материал (ДНК), более просто устроенные по сравнению с вирусами организмы, наделяющие бактерии *дополнительными полезными свойствами*. По молекулярной массе плазмиды значительно меньше хромосомной ДНК, содержат от 40 до 50 генов.

ОСНОВНАЯ ДНК

ПЛАЗМИДЫ



КЛЕТКА БАКТЕРИИ

ПЛАЗМИДЫ

- внехромосомные факторы наследственности у бактерий,
 - двухцепочечные молекулы ДНК,
 - несут 40-50 генов,
 - не являются жизненно важными для бактерии,
 - обуславливают признаки, позволяющие лучше приспособиться к условиям обитания.
-
- **ВОЗМОЖНЫЕ СОСТОЯНИЯ**
 - **автономное** (в цитоплазме)
 - **интегрированное** (в нуклеоиде). В этом случае плаزمида называется **ЭПИСОМА**.

- Их объединение в одно царство жизни с вирусами связано с наличием ряда общих свойств - отсутствием собственных систем мобилизации энергии и синтеза белка, саморепликацией генома, абсолютным внутриклеточным паразитизмом.
- Их выделение в отдельный класс определяется существенными отличиями от вирусов.
- 1. Среда их обитания - только бактерии (среди вирусов, кроме вирусов бактерий - бактериофагов имеются вирусы растений и животных).
- 2. Плазмиды сосуществуют с бактериями, наделяя их дополнительными свойствами. У вирусов эти свойства могут быть только у умеренных фагов при лизогении бактерий, чаще же всего вирусы вызывают отрицательные последствия, лизис клеток.
- 3. Геном представлен двунитевой ДНК.
- 4. Плазмиды представляют собой "голые" геномы, не имеющие никакой оболочки, их репликация не требует синтеза структурных белков и процессов самосборки.

- Плазмиды могут распространяться по вертикали (при клеточном делении) и по горизонтали, прежде всего путем конъюгационного переноса. В зависимости от наличия или отсутствия механизма самопереноса (его контролируют гены *tra*-оперона) выделяют *конъюгативные и неконъюгативные плазмиды*. Плазмиды могут встраиваться в хромосому бактерий- *интегративные плазмиды* или находиться в виде отдельной структуры- автономные плазмиды (*эписомы*).

Плазмиды и свойства бактерий - носителей плазмид

Категории

F-плазмиды

R-плазмиды

Col-плазмиды

Ent-плазмиды

Н₂-плазмиды

Биодеградивные

плазмиды

Криптические плазмиды

Свойства

Донорные функции

Антибиотикоустойчивость

Синтез колицинов

Синтез энтеротоксинов

Синтез гемолизинов

Расщепление органических

и неорганических соединений

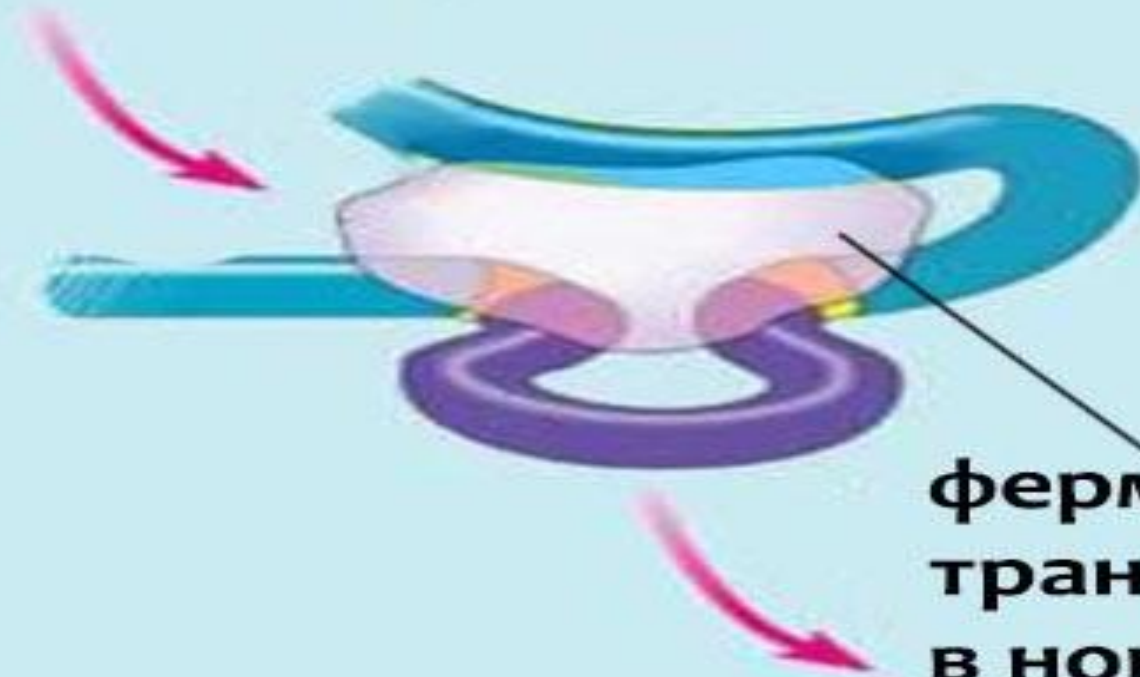
Неизвестны

- Близкородственные плазмиды не способны стабильно сосуществовать, что позволило объединить их по степени родства в Inc- группы (incompatibility-несовместимость).
- Биологическая роль плазмид многообразна, в том числе:
 - контроль генетического обмена бактерий;
 - контроль синтеза факторов патогенности;
 - совершенствование защиты бактерий.
- Бактерии для плазмид- среда обитания, плазмиды для них- переносимые между ними дополнительные геномы с наборами генов, благоприятствующих сохранению бактерий в природе.

- Мигрирующие генетические элементы - отдельные участки ДНК, способные определять свой перенос между хромосомами или хромосомой и плазмидой с помощью фермента рекомбинации *транспозоны*. Простейшим их типом являются *инсерционные последовательности (IS-элементы)* или *вставочные элементы*, несущие только один ген транспозазы, с помощью которой IS-элементы могут встраиваться в различные участки хромосомы. Их функции- координация взаимодействия плазмид, умеренных фагов, транспозонов и генофора для обеспечения репродукции, регуляция активности генов, индукция мутаций. Величина IS-элементов не превышает 1500 пар оснований.

Консервативная транспозиция

ДНК транспозон



фермент вырезает
транспозон и вставляет
в новый участок ДНК



Транспозоны – участки ДНК, свободно перемещающиеся вдоль хромосомы бактерий и способные внедряться и выходить из неё. В своём составе они имеют гены, обеспечивающие транспозицию, и структурные гены.

Характеристика транспозонов.

1. Состоят из 2000 – 25000 пар нуклеотидов.
2. При включении в ДНК вызывают в ней дупликацию, а при перемещении – делеции и инверсии.
3. Могут находиться в свободном состоянии в виде кольцевой молекулы.
4. Реплицируются только в составе хромосомы бактерий.
5. Способны к перемещению с хромосомной ДНК в плазмиду и наоборот.



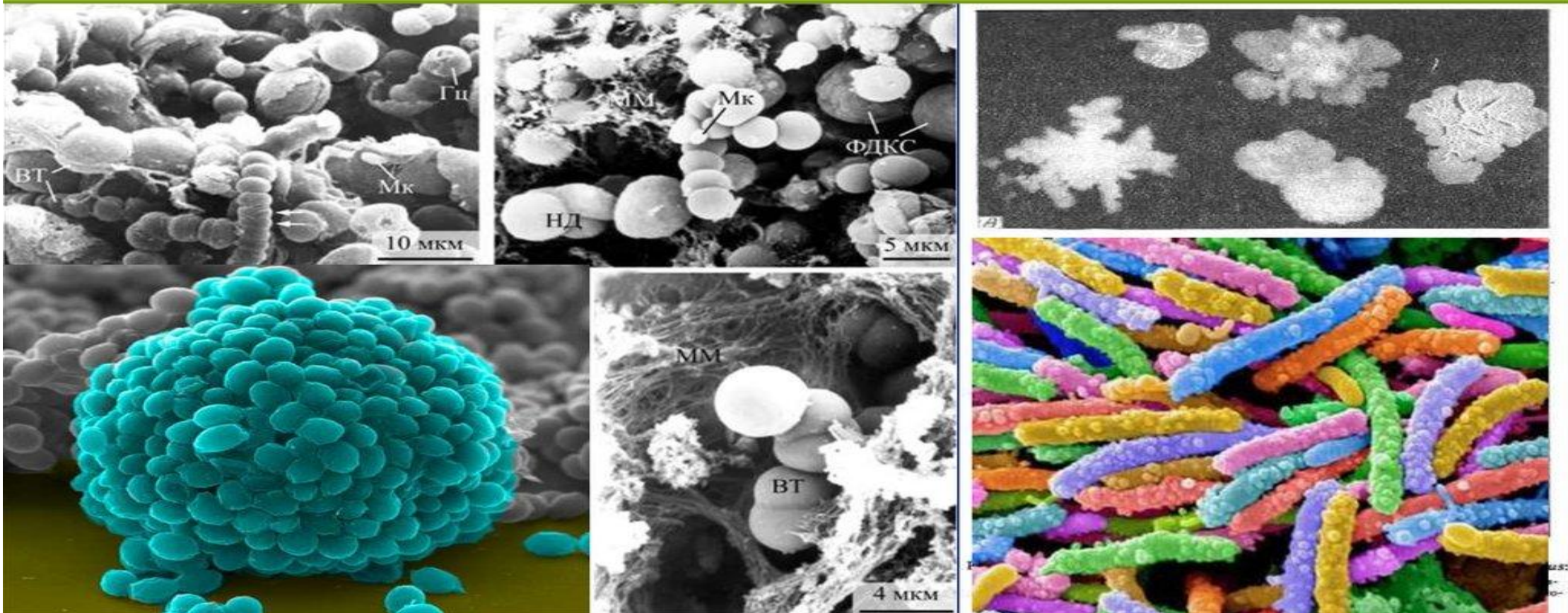
Виды транспозонов

- Инсерционные последовательности (IS) – содержат исключительно гены, предназначенные для работы самого транспозона – транспозазы и регуляторных элементов
- Сложные транспозоны содержат помимо этих генов еще и, например, гены устойчивости к антибиотикам

- *Транспозоны (Tn- элементы)* включают до 25 тысяч пар нуклеотидов, содержат фрагмент ДНК, несущий специфические гены, и два *Is*- элемента. Каждый транспозон содержит гены, приносящие важные для бактерии характеристики, как и плазмиды (множественная устойчивость к антибиотикам, токсинообразование и т.д.). Транспозоны-самоинтегрирующиеся фрагменты ДНК, могут встраиваться и перемещаться среди хромосом, плазмид, умеренных фагов, т.е. обладают потенциальной способностью распространяться среди различных видов бактерий.

- Понятие о генотипе и фенотипе.
- *Генотип*- вся совокупность имеющихся у организма генов.
- *Фенотип*- совокупность реализованных (т.е. внешних) генетически детерминированных признаков, т.е. индивидуальное (в определенных условиях внешней среды) проявление генотипа. При изменении условий существования фенотип бактерий изменяется при сохранении генотипа.
- *Изменчивость у бактерий* может быть ненаследуемой (*модификационной*) и генотипической (*мутации, рекомбинации*).

Изменчивость – это свойство всех живых организмов приобретать в процессе индивидуального развития новые признаки



- Временные, наследственно не закрепленные изменения, возникающие как адаптивные реакции бактерий на изменения окружающей среды, называются *модификациями* (чаще - морфологические и биохимические модификации). После устранения причины бактерии реверсируют к исходному фенотипу.
- Стандартное проявление модификации- распределение однородной популяции на две или более двух типов- *диссоциация*. Пример- характер роста на питательных средах: S- (гладкие) колонии, R- (шероховатые) колонии, M- (мукоидные, слизистые) колонии, D- (карликовые) колонии. Диссоциация протекает обычно в направлении S \square R. Диссоциация сопровождается изменениями биохимических, морфологических, антигенных и вирулентных свойств возбудителей.

Фенотипическая изменчивость бактерий

- Временные, наследственно не закрепленные изменения называются **модификациями**.
- **Диссоциация микробов:**
 $S \rightarrow R$, сопровождаются изменениями биохимических, морфологических, антигенных и патогенных свойств возбудителей.
- **Условия модификации:**
 - 1) определенность;
 - 2) общность изменений в популяции;
 - 3) обратимость.



Простые проявления **диссоциаций**, доступных для наблюдений - изменение вида и структуры колоний бактерий на твёрдых питательных средах.

Для обозначения таких колоний Аркрайт (1921) предложил первые буквы английских названий:

S - колонии [от англ. smooth, гладкий]

R-колонии [от англ. rough, шероховатый]

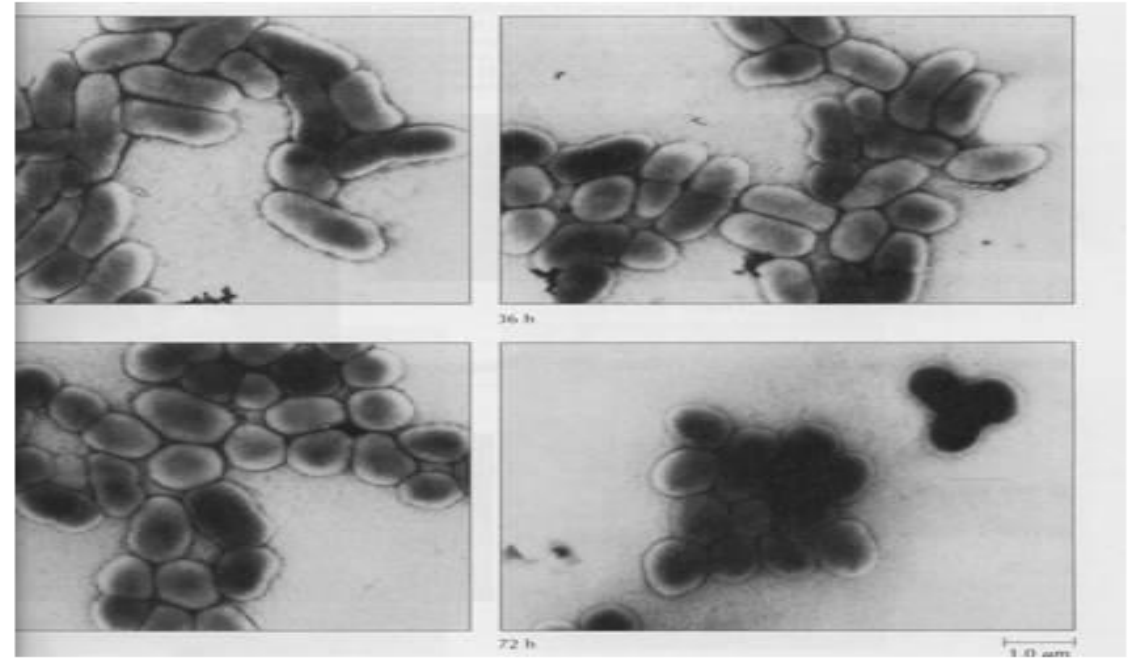
M-колонии [от англ. mucoid, слизистый]

D-колонии [от англ. dwarf карликовый].



Виды модификаций

1. Морфологические модификации

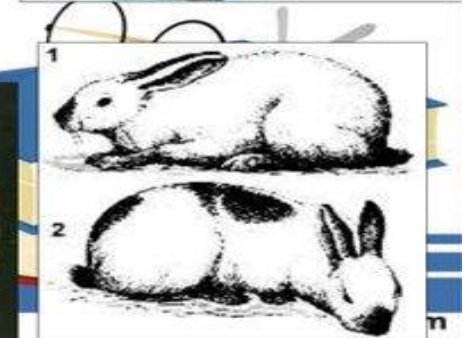
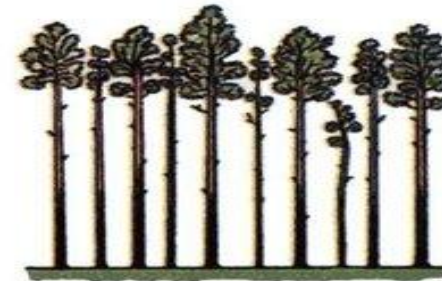


МОДИФИКАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ (НЕНАСЛЕДСТВЕННАЯ, ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ, ОПРЕДЕЛЕННАЯ, ГРУППОВАЯ)

ПРИЧИНА: ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СРЕДЫ

ПРИЗНАКИ :

- 1) НЕ ЗАТРАГИВАЮТ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ
- 2) ПРИЗНАКИ ИЗМЕНЯЮТСЯ ТОЛЬКО В ОПРЕДЕЛЕННЫХ ПРЕДЕЛАХ - НОРМЫ РЕАКЦИИ.
- 3) НОРМА РЕАКЦИИ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ГЕНОТИПОМ.
- 4) ИЗМЕНЧИВОСТЬ СХОДНО ПРОЯВЛЯЕТСЯ У ОСОБЕЙ ОДНОГО ВИДА.



- *Мутации*- скачкообразные изменения наследственного признака. Могут быть спонтанные и индуцированные, генные (изменения одного гена) и хромосомные (изменения двух или более двух участков хромосомы).
- Одновременно у бактерий имеются различные механизмы *репарации мутаций*, в том числе с использованием ферментов- эндонуклеаз, лигаз, ДНК- полимеразы.
- *Генетические рекомбинации*- изменчивость, связанная с обменом генетической информации. Генетические рекомбинации могут осуществляться путем *трансформации, трансдукции, конъюгации*,

- **Генотипическая изменчивость** затрагивает генотип. В основе ее лежат мутации и рекомбинации.
- **Мутации** – изменение генотипа, сохраняющееся в ряду поколений и сопровождающееся изменением фенотипа. Особенностями мутаций у бактерий является относительная легкость их выявления.

- **Мутации**

Мутация - изменение первичной структуры ДНК, проявляющееся наследственно закрепленной утратой или изменением какого-либо признака или группы признаков. Факторы, вызывающие мутации, известны как мутагены.

К появлению **спонтанных мутаций** приводят ошибки репликации, неправильное формирование пар оснований или структурные искажения ДНК под действием естественных мутагенов. **Индукцированные мутации** получают под влиянием каких-либо мутагенов (химические вещества, излучение, температура и др.) в эксперименте. По количеству мутировавших генов различают **генные** и **хромосомные** мутации.

Генетические рекомбинации

Бактерии способны обмениваться генетическим материалом и, по аналогии с половым размножением, давать начало потомству с новыми свойствами. При этом образуется ДНК, которая содержит гены обеих родительских клеток. Такую ДНК называют рекомбинантной. У потомства, или рекомбинантов, наблюдается заметное разнообразие признаков, вызванное смещением генов

• По локализации различают мутации:

• 1) генные (точечные);

• 2) хромосомные;

• 3) плазмидные.

• **Рекомбинации** – это обмен генетическим материалом между двумя особями с появлением рекомбинантных особей с измененным генотипом.

• У бактерий существует несколько механизмов рекомбинации:

• 1) конъюгация;

• 2) слияние протопластов;

• 3) трансформация;

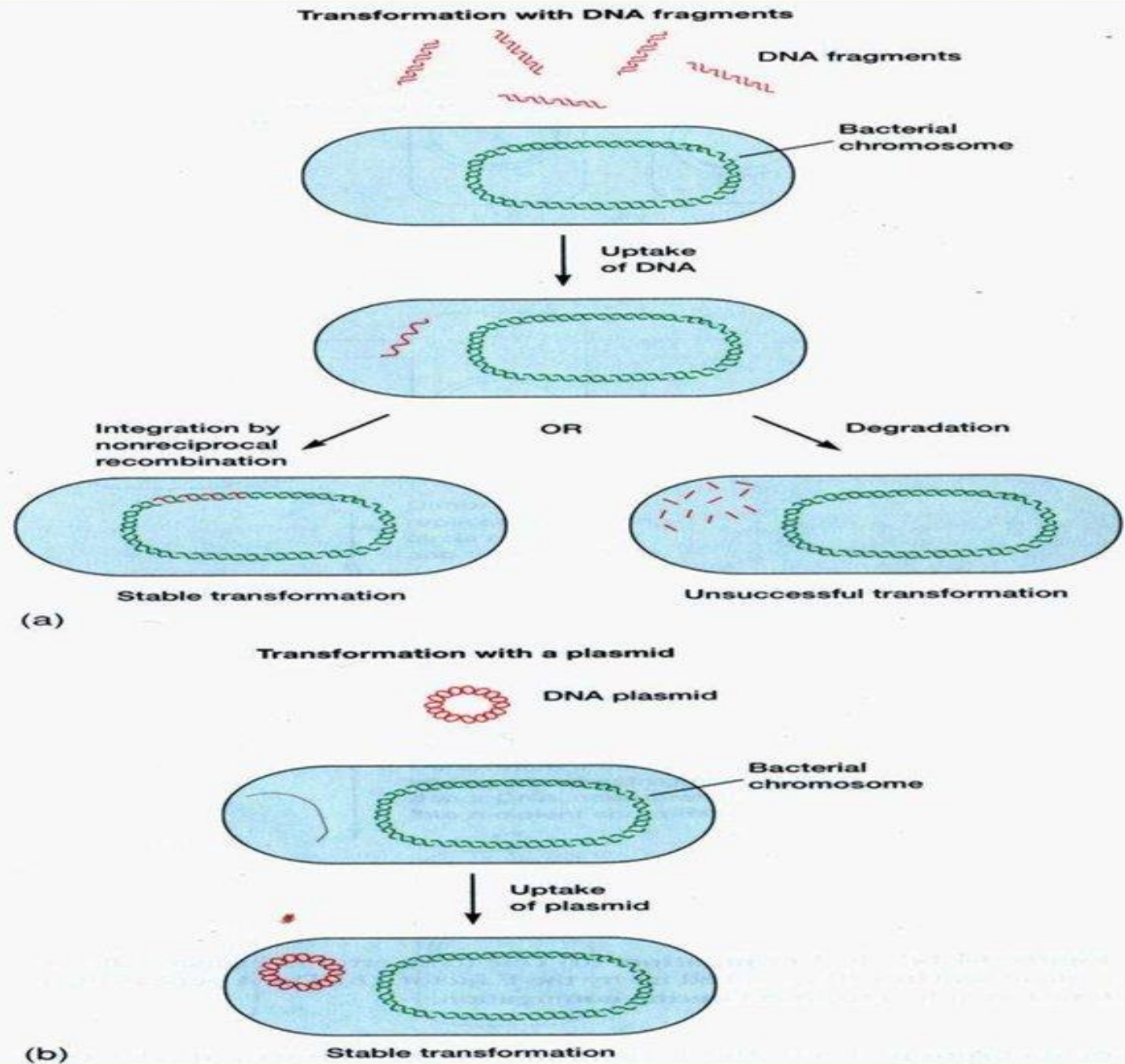
• 4) трансдукция.

- Рекомбинации подразделяют на законные и незаконные. Законная рекомбинация требует наличия протяженных, комплементарных участков ДНК в рекомбинируемых молекулах. Она происходит только между близкородственными видами микроорганизмов.
- Незаконная рекомбинация не требует наличия протяженных комплементарных участков ДНК.

- По происхождению мутации могут быть:
 - 1) спонтанными (мутаген неизвестен);
 - 2) индуцированными (мутаген неизвестен).

- 1. Трансформация- захват и поглощение фрагментов чужой ДНК и образование на этой основе рекомбинанта.
- 2. Трансдукция- перенос генетического материала фагами (умеренными фагами-специфическая трансдукция).
- 3. Конъюгация- при непосредственном контакте клеток. Контролируется tra (transfer) опероном. Главную роль играют конъюгативные F-плазмиды

Трансформация - transformatio (лат.) - преобразование, превращение: это форма генетической изменчивости, при которой бактерия - реципиент поглощает из внешней среды трофическим путем фрагменты ДНК бактерии - донора вследствие этого образуются рекомбинантные бактерии, обладающие отелльными свойствами донорской клетки.



ТРАНСДУКЦИЯ

Трансдукция – перенос ДНК одной бактерии в другую с помощью вируса.

неспецифическая

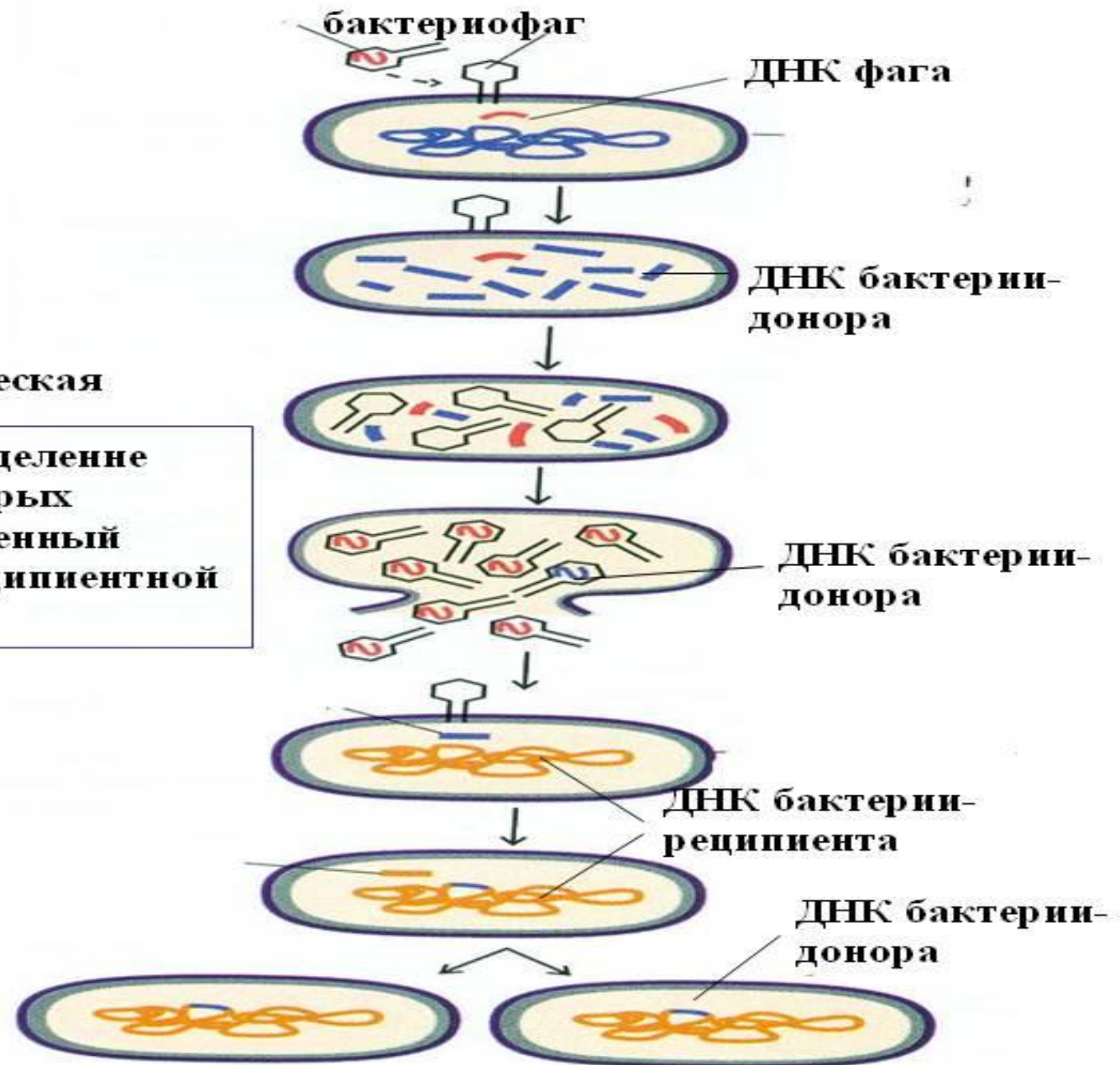
специфическая

Переносятся любые гены, захваченные бактериофагом

Переносятся определенные гены, вблизи которых встраивался умеренный бактериофаг в реципиентной клетке

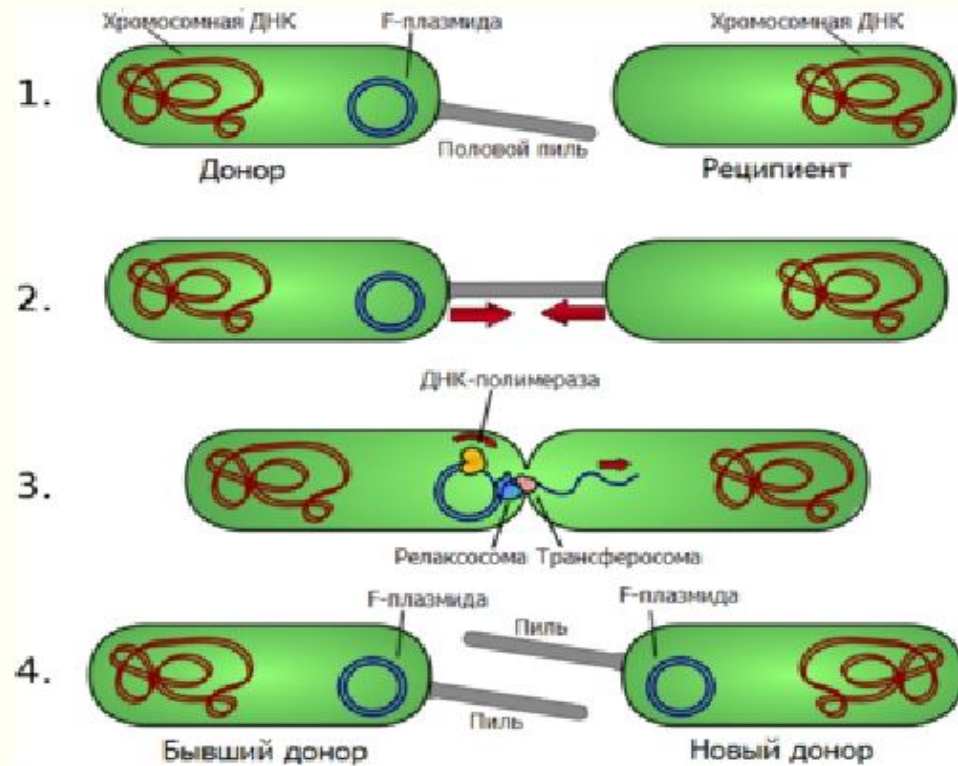
ЛИЗОГЕННАЯ КОНВЕРСИЯ

Изменение бактериального генотипа и фенотипа, благодаря интеграции генов умеренного бактериофага в хромосому бактерии.



- **Трансдукция** — процесс переноса бактериальной ДНК из одной клетки в другую бактериофагом.
- **Неспецифическая**: трансдуцирующие фаги являются только переносчиком генетического материала от одних бактерий к другим, поскольку сама фаговая ДНК не участвует в образовании рекомбинантов.
- **Специфическая**: характеризуется способностью фага переносить определенные гены от бактерии-донора к бактерии-реципиенту.
- **Абортивная**: принесенный фагом фрагмент ДНК бактерии донора не включается в хромосому бактерии реципиента, а располагается в цитоплазме.

Конъюгация у бактерий



Схематическое изображение конъюгации у бактерий.

1. Клетка-донор выпускает половой пиль.
2. Пиль прикрепляется к клетке-реципиенту, соединяя две клетки.
3. В мобильной плазмиде происходит односторонний разрыв, и одна цепь ДНК переходит в клетку-реципиент.
4. Обе клетки достраивают вторую цепь ДНК плазмиды, восстанавливая двуцепочечную кольцевую плазмиду, и образуют половые пили. Теперь обе клетки являются полноценными донорами.

Физиология бактерий

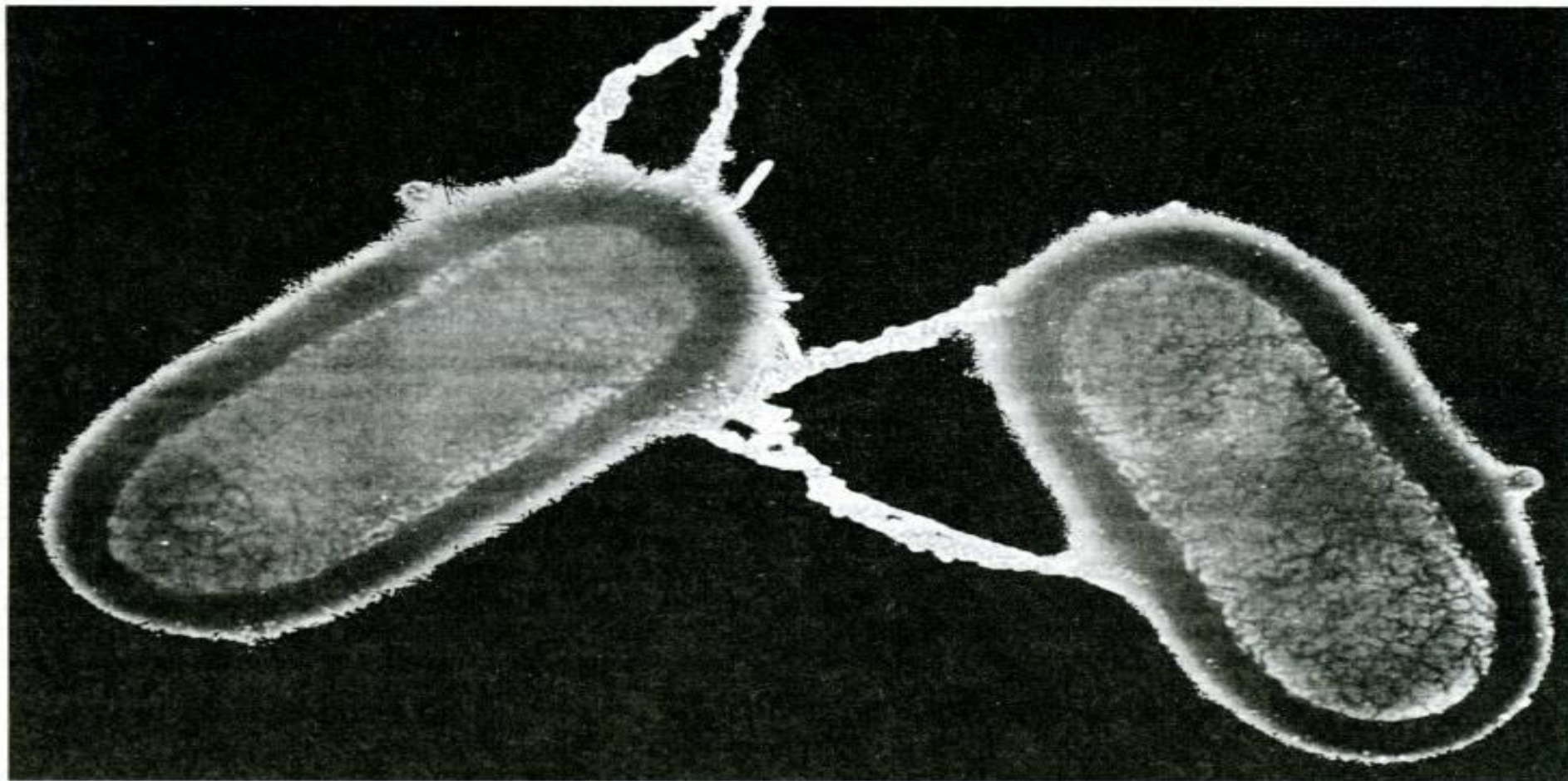
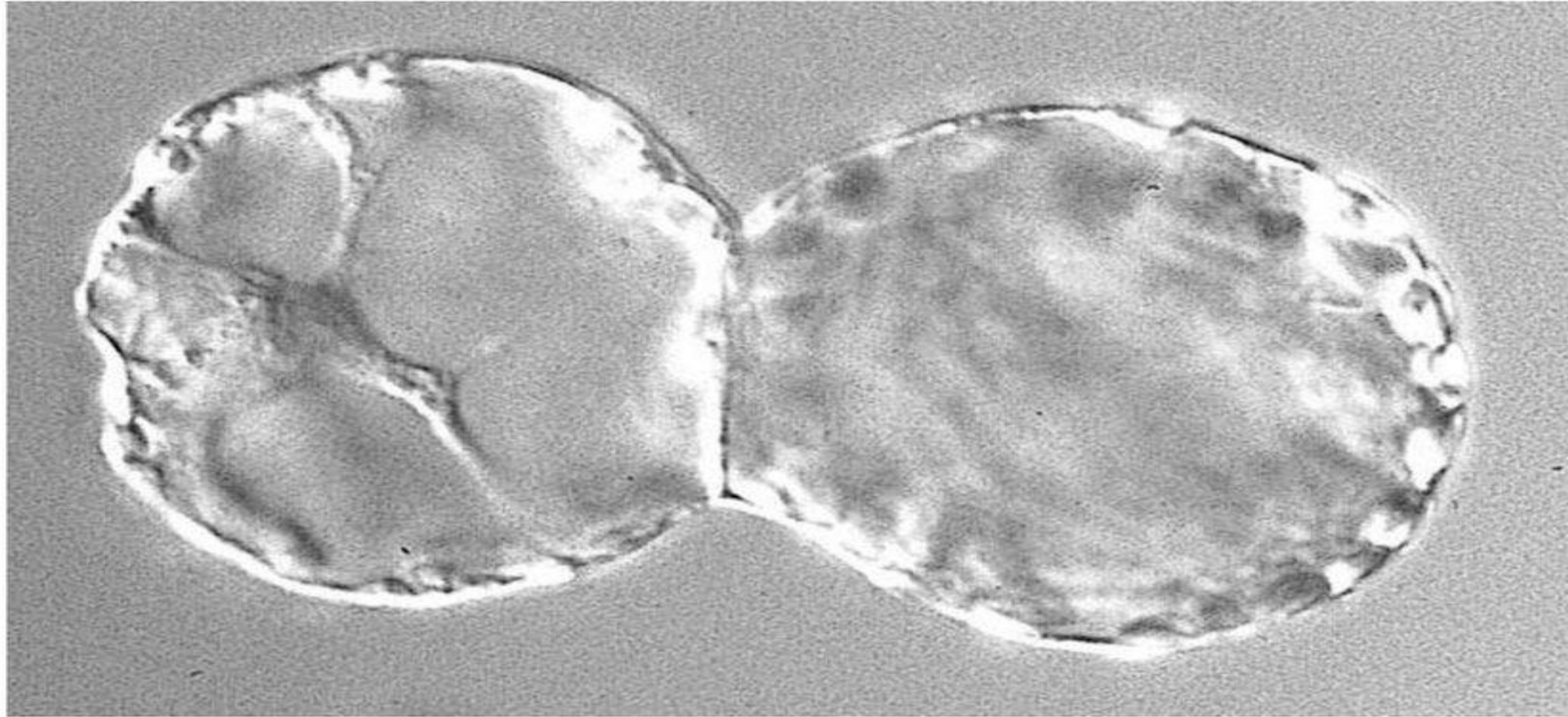


Рис. 2.12. Конъюгация у бактерий. Одна мужская клетка (слева) конъюгирует с двумя «женскими» клетками ($\times 19\,475$). Второй «женской» клетке на фотографии не видно, так как она находится сверху за пределами фотографии.

- **Слияние протопластов** – механизм обмена генетической информацией при непосредственном контакте участков цитоплазматической мембраны у бактерий, лишенных клеточной стенки.

слияние протопластов



Техника получения протопласта

1. Выбор биообъектов.

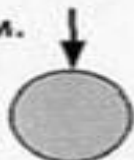


прокариот

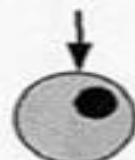


эукариот

2. Обработка клеточных стенок ферментами.



протопласт прокариота



протопласт эукариота

3. Стабилизация протопластов.

4. Слияние протопластов.

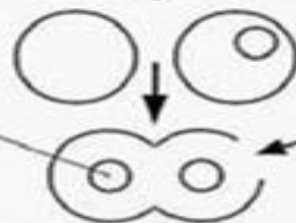


E. coli



Acrimonium chrysogenum

ДНК от прокариота



диплоид

Вставка генетического маркера. Несет ген фермента бета-лактамазы ДНК от эукариота



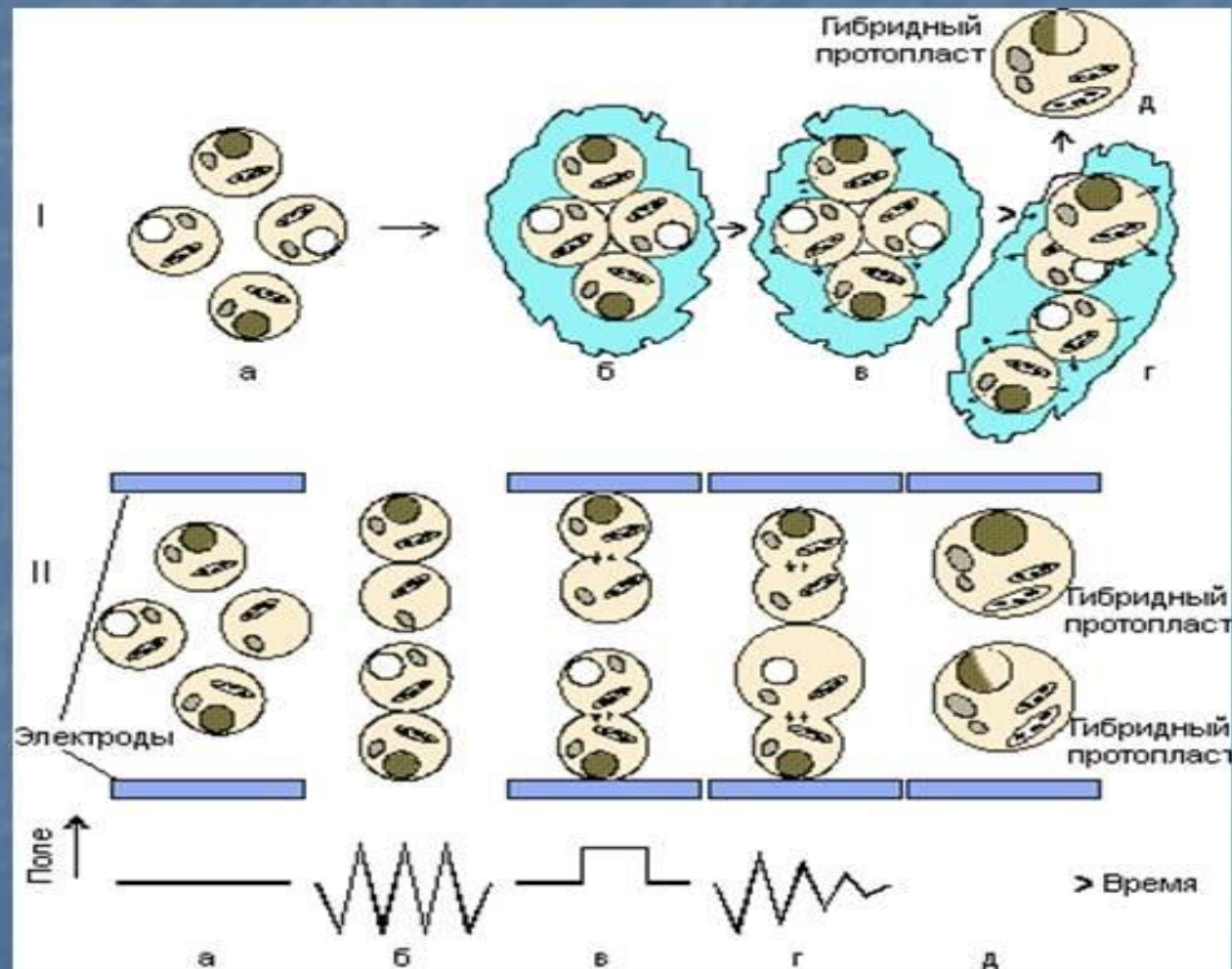
большой гибрид

5. Регенерация (восстановление стенки протопластов).

6. Хранение гибридов новых продуцентов.

Биотехнология растений

Слияние протопластов растений под действием ПЭГ (I) и электрополя (II)) (Х. Борман, 1991)



• Генетика вирусов.

- Геном вирусов содержит или РНК, или ДНК (РНК- и ДНК- вирусы соответственно). Выделяют позитивную (+) РНК, обладающую матричной активностью и соответственно- инфекционными свойствами, и негативную (-) РНК, не проявляющую инфекционные свойства, которая для воспроизводства должна *транскрибироваться* (превращаться) в +РНК. Механизмы репродукции различных вирусов очень сложные и существенно отличаются.

- Генофонд вирусов создается и пополняется из четырех основных источников:
- двух внутренних (мутации, рекомбинации) и двух внешних (включение в геном генетического материала клетки хозяина, поток генов из других вирусных популяций).
- *Комплементация*- функциональное взаимодействие двух дефектных вирусов, способствующее их репликации и горизонтальной передаче.

- *Фенотипическое смешивание*- при заражении клетки близкородственными вирусами с образованием вирионов с гибридными капсидами, кодируемыми геномами двух вирусов.
- *Популяционная изменчивость* вирусов связана с двумя разнонаправленными процессами - мутациями и селекцией, связанными с внешней средой как индуктором мутаций и фактором стабилизирующего отбора. Гетерогенность вирусных популяций- адаптационный генетический механизм, способствующий пластичности (устойчивости, приспособляемости) популяций, фактор эволюции и сохранения видов во внешней среде.

- Генофонд вирусных популяций сохраняется за счет нескольких механизмов:
 - восстановления изменчивости за счет мутаций;
 - резервирующих механизмов (возможность перехода любых, даже негативных мутаций в следующую генерацию)- комплементация, рекомбинация;
 - буферных механизмов (образование дефектных вирусных частиц, иммунных комплексов и др.), способствующие сохранению вируса в изменяющихся внешних условиях.

Генная инженерия — совокупность приёмов, методов и технологий получения рекомбинантных РНК и ДНК, выделения генов из организма (клеток), осуществления манипуляций с генами и введения их в другие организмы.

- Биотехнология представляет собой область знаний, которая возникла и оформилась на стыке микробиологии, молекулярной биологии, генетической инженерии, химической технологии и ряда других наук. Рождение биотехнологии обусловлено потребностями общества в новых,
- более дешёвых продуктах для народного хозяйства, в том числе медицины и ветеринарии, а также в принципиально новых технологиях.

Биотехнология (от греч. bios - - жизнь, tekhnē -

- - искусство, мастерство, logos -наука, умение, мастерство) . это получение продуктов из биологических объектов или с применением биологических объектов

- В качестве биологических объектов могут быть использованы организмы животных и человека (например, получение иммуноглобулинов из сывороток вакцинированных лошадей или людей; получение препаратов крови доноров), отдельные органы (получение гормона инсулина из поджелудочных желез крупного рогатого скота и свиней) или культуры тканей (получение лекарственных препаратов).
- Однако в качестве биологических объектов чаще всего используют одноклеточные микроорганизмы, а также животные и растительные клетки.

- Выбор этих объектов обусловлен следующими причинами:
- О клетки являются своего рода [биофабриками], вырабатывающими в процессе жизнедеятельности разнообразные ценные продукты (белки, жиры, углеводы, витамины, аминокислоты, антибиотики, гормоны, антитела, антигены, ферменты, спирты и пр.). Эти продукты, крайне необходимые в жизни человека, пока недоступны для получения [небиотехнологическими] способами из-за сложности технологии процессов или
- экономической нецелесообразности, особенно в

- клетки чрезвычайно быстро воспроизводятся, что позволяет за относительно короткое время искусственно нарастить на сравнительно дешевых и недефицитных питательных средах в промышленных масштабах огромные количества биомассы микробных, животных или растительных клеток;
- - биосинтез сложных веществ (белков, антибиотиков, антигенов, антител и др.) значительно экономичнее и технологически доступнее, чем химический синтез. Коэффициент полезного действия [работы] клетки равен 70 %, а самого совершенного технологического процесса . значительно
- ниже;

- возможность проведения биотехнологического процесса в промышленных масштабах, т.е. наличие соответствующего технологического оборудования и аппаратуры, доступность сырья, технологии переработки и др.
- Клетки животных и растений, микробные клетки в процессе жизнедеятельности (ассимиляции и диссимиляции) образуют новые продукты и выделяют метаболиты, обладающие разнообразными
- физико-химическими свойствами и биологическим действием.

- Обычно продукты жизнедеятельности одноклеточных делят на 4 категории:
- - сами клетки как источник целевого продукта. Например, выращенные бактерии или вирусы используют для получения живой или убитой корпускулярной вакцины;
- - дрожжи - как кормовой
- белок или основу для получения гидролизатов питательных сред и т.д.;
- - крупные молекулы (макромолекулы), которые синтезируются клетками в процессе выращивания: ферменты, токсины, антигены, антитела, пептидогликаны и др.;
- - первичные метаболиты . низкомолекулярные вещества, необходимые для роста клеток (аминокислоты, витамины, нуклеотиды, органические кислоты);
- - вторичные метаболиты (идиолиты) . низкомолекулярные соединения, не требующиеся для роста клеток (антибиотики, алкалоиды, токсины, гормоны).

- Биотехнология использует эту продукцию клеток как сырье, ! которое в результате технологической обработки превращается в конечный продукт. С помощью биотехнологии получают множество продуктов, используемых в различных отраслях:



- Важным подходом в селекционной работе с микроорганизмами является получение рекомбинантов путем слияния протопластов, или гибридизации, разных штаммов бактерий. Слияние протопластов позволяет объединить генетические материалы таких микроорганизмов, которые в естественных условиях не скрещиваются.



Трансгенные продукты: за и против

- ✎ В мире уже зарегистрировано несколько десятков съедобных трансгенных растений. Это сорта сои, риса и сахарной свеклы, устойчивых к гербицидам; кукурузы, устойчивой к гербицидам и вредителям; картофеля, устойчивого к колорадскому жуку; кабачков, почти несодержащих косточек; помидоров, бананов и дынь с удлинённым сроком хранения; рапса и сои с изменённым жирнокислотным составом; риса с повышенным содержанием витамина А.
- ✎ Генетически модернизированные источники могут встречаться в колбасе, сосисках, мясных консервах, пельменях, сыре, йогуртах, детском питании, кашах, шоколаде, конфетах мороженом.





Перспективы развития биотехнологии

- ✓ Все шире на промышленной основе применяется метод вегетативного размножения сельскохозяйственных растений **культурой тканей**. Он позволяет не только быстро размножить новые перспективные сорта растений, но и получить незараженный вирусами посадочный материал.
- ✓ Биотехнология позволяет получать **экологически чистые виды топлива** путем биопереработки отходов промышленного и сельскохозяйственного производств. Например, созданы установки, в которых используются бактерии для переработки навоза и других органических отходов. Из 1 т навоза получают до 500 м³ биогаза, что эквивалентно 350 л бензина, при этом качество навоза как удобрения улучшается.
- ✓ Биотехнологические разработки находят все большее применение в добыче и переработке полезных ископаемых.

Так, для извлечения металлов из сточных вод могут широко использоваться штаммы бактерий, способные накапливать уран, медь, кобальт. Другие бактерии родов *Rhodospirillum* и *Nocardia* с успехом применяют для эмульгирования и сорбции углеводородов нефти из водной среды. Они способны разделять водную и нефтяную фазы, концентрировать нефть, очищать сточные воды от примесей нефти. Ассимилируя углеводороды нефти, такие микроорганизмы преобразуют их в белки, витамины из группы В и каротины. Некоторые из штаммов галобактерий с успехом применяют для удаления мазута с песчаных пляжей. Получены также генно-инженерные штаммы, способные расщеплять октан, камфару, нафталин, ксилол, эффективно утилизировать сырую нефть.



Большое значение имеет использование методов биотехнологии для защиты растений от вредителей и болезней.

- Одной из причин сахарного диабета является недостаток в организме инсулина – гормона поджелудочной железы. Инъекции инсулина, выделенного из поджелудочных желёз свиней и крупного рогатого скота, спасают миллионы жизней, однако у некоторых пациентов приводят к развитию аллергических реакций. Оптимальным бы решением было бы использование человеческого инсулина. Методами генной инженерии ген инсулина был встроен в ДНК кишечной палочки. Бактерия начала активно синтезировать инсулин. В 1982 году инсулин человека стал первым фармацевтическим препаратом, полученным с помощью методов генной инженерии. Основное

