

# **ВАКЦИНЫ: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ**

**ВАКЦИНЫ – антигенные препараты или их аналоги для создания искусственного активного иммунитета с целью профилактики и лечения инфекционных и некоторых неинфекционных заболеваний**

# ОСНОВОПОЛОЖНИКИ ВАКЦИНОЛОГИИ



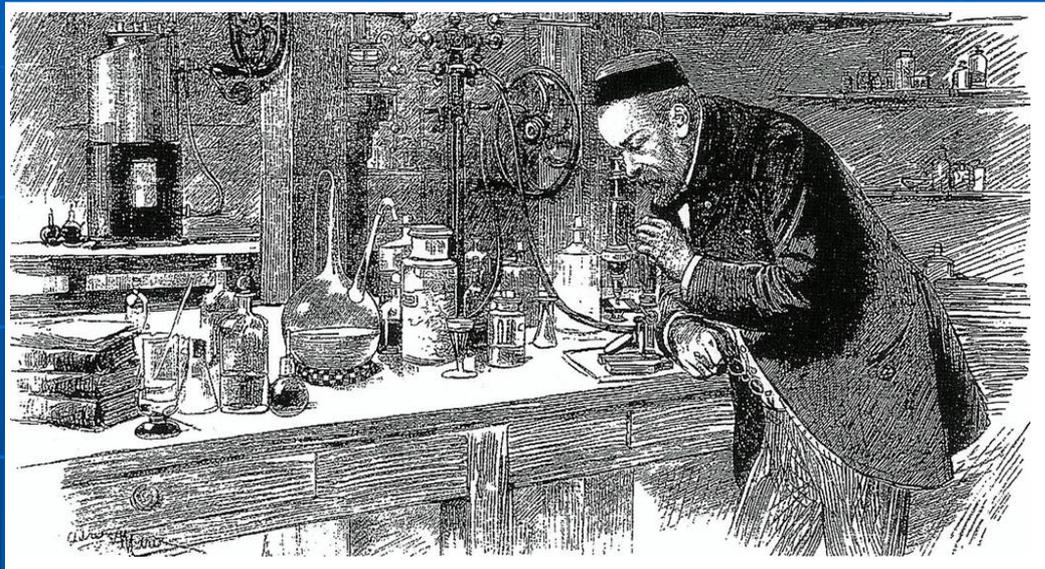
Эдвард Дженнер  
(1749-1823)



# ОСНОВОПОЛОЖНИКИ ВАКЦИНОЛОГИИ



Луи Пастер  
(1822-1895)



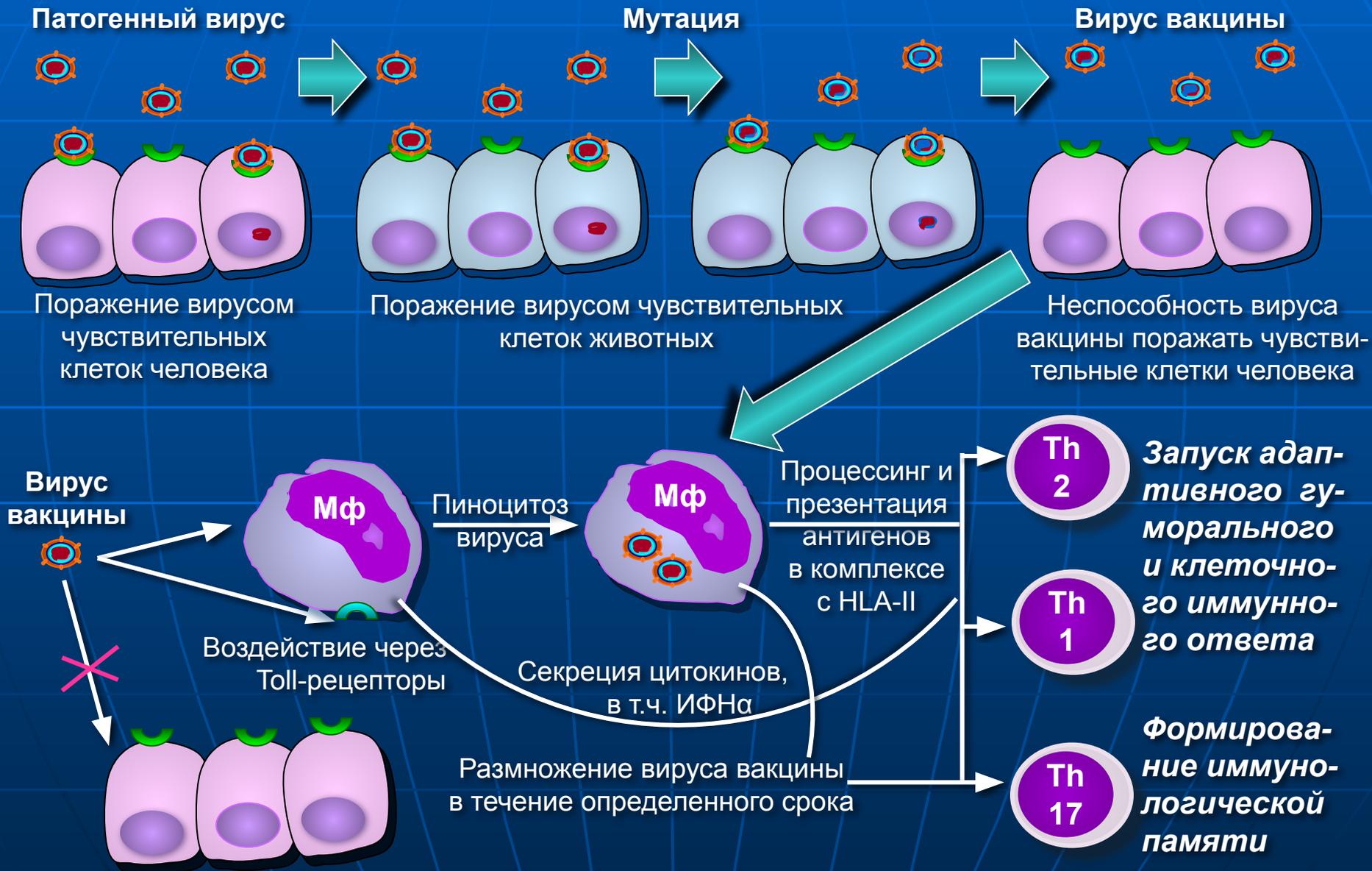
# ВИДЫ ВАКЦИН



# ЖИВЫЕ ВАКЦИНЫ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

- Живые вакцины изготавливают на основе ослабленных (аттенуированных) штаммов микроорганизма со стойко закрепленной авирулентностью (безвредностью)
- Вакцинный штамм после введения размножается в организме привитого и вызывает вакцинальный инфекционный процесс, который у большинства привитых протекает без выраженных клинических симптомов и приводит к формированию стойкого иммунитета
- Вакцинация производится, как правило, однократно только с профилактической целью
- У иммунокомпроментированных лиц живые вакцины могут проявлять реактогенность
- **Недостатки живых вакцин:** возврат патогенности, остаточная вирулентность, неполная инаktivация, часто содержат микробы-загрязнители (контаминанты), требуют специальных условий хранения и, как правило, парентерального введения
- Примеры: вакцины против краснухи (Рудивакс), кори (Рувакс), полиомиелита (Полио Сэбин Веро), туберкулеза (БЦЖ), паротита (Имовакс Орейон).

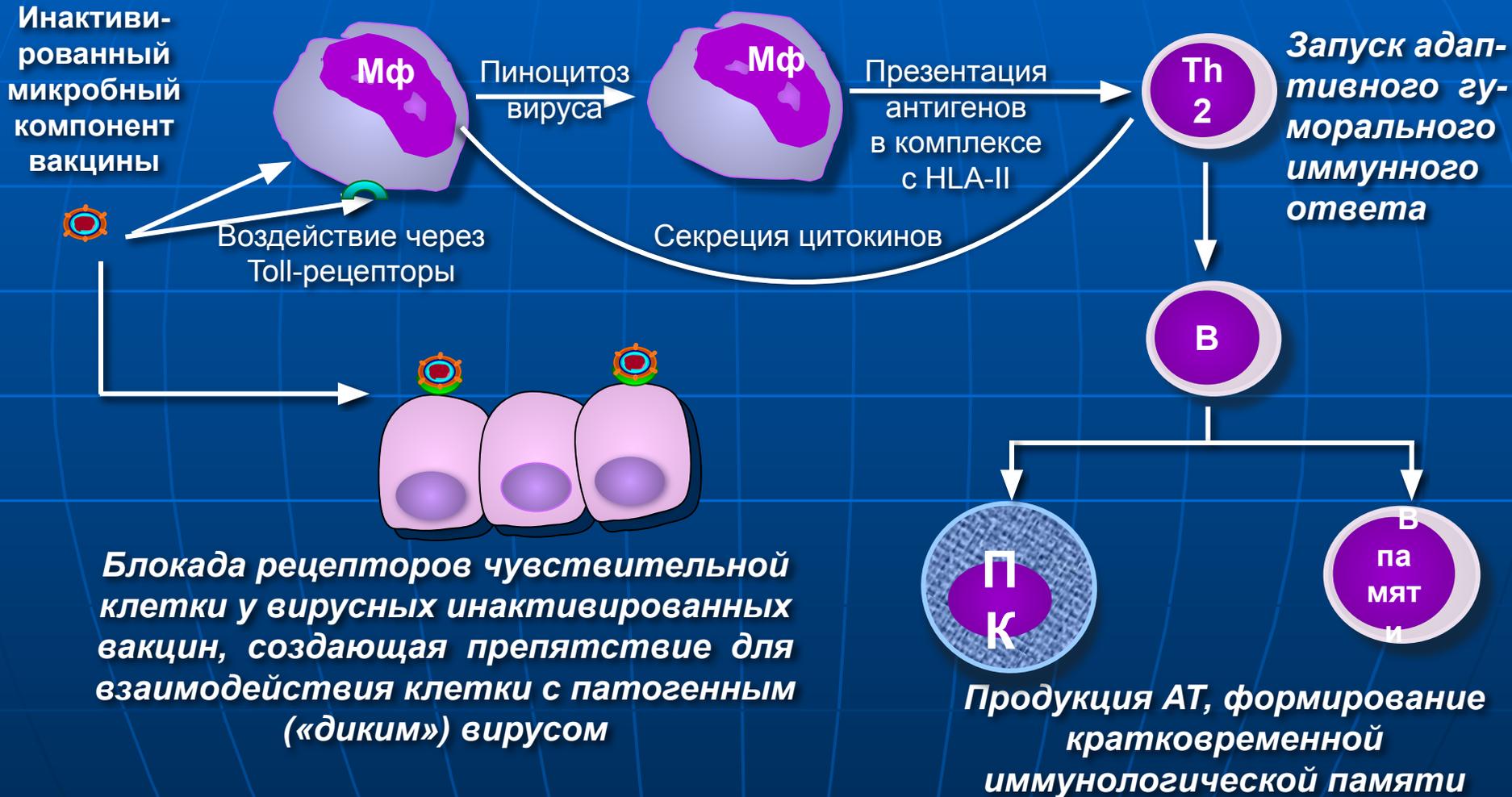
# ЖИВЫЕ ВАКЦИНЫ: СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ИММУННЫЙ ОТВЕТ



# ИНАКТИВИРОВАННЫЕ ВАКЦИНЫ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

- Инактивированные (убитые) вакцины представляют собой бактерии или вирусы, инактивированные химическим (формалин, спирт, фенол) или физическим (тепло, радиация, ультрафиолетовое облучение) воздействием, либо содержат компоненты клеточной стенки или др. частей возбудителя
- **Положительные стороны:** корпускулярные убитые вакцины легче дозировать, лучше очищать, они длительно хранятся и менее чувствительны к температурным колебаниям, возможно применение не только для профилактики, но и для лечения
- **Отрицательные стороны:** вакцина может содержать до 99 % балласта и поэтому реактогенна, она нередко содержит агент, используемый для инактивации микробных клеток (фенол и др.), микробный штамм не приживляется, поэтому вакцинация проводится в 2 или 3 приема (бустерные иммунизации), требует частых ревакцинаций (АКДС)
- Иммунный ответ на инактивированную вакцину **качественно** отличается от такового на живую вакцину
- Примеры: коклюшная (как компонент АКДС и Тетракок), антирабическая, лептоспирозная, гриппозные цельновирионные, вакцины против энцефалита, против гепатита А (Аваксим), инактивированная полиовакцина (Имовакс Полио или как компонент вакцины Тетракок)

# ИНАКТИВИРОВАННЫЕ ВАКЦИНЫ: ХАРАКТЕРИСТИКА ИММУННОГО ОТВЕТА



# АНАТОКСИНЫ

Анатоксины — препараты, полученные из бактериальных экзотоксинов, полностью лишённые токсических свойств, но сохранившие антигенные и иммуногенные свойства

**Адсорбированные**

**анатоксины**

## Нативные анатоксины (по Рамону)

Культивирование бактерий, продуцирующих экзотоксины, в жидкой питательной среде. Фильтрование через бактериальные фильтры для удаления микробных тел. Инкубирование с 0,3—0,4% раствором формалина в термостате при 37—40°C в течение 3—4 недель. Высокое содержание компонентов питательной среды, которые являются балластными и могут способствовать развитию нежелательных реакций организма.

Для очищения нативных анатоксинов они подвергаются обработке различными физическими и химическими методами (ионообменная хроматография, кислотное осаждение и др.), в результате которых получается концентрированный препарат, который адсорбируется на адьювантах. Активность анатоксина определяется в реакции флоккуляции и выражает-

ся в единицах флоккуляции, или в реакции связывания анатоксинов и выражается в единицах связывания (ЕС).

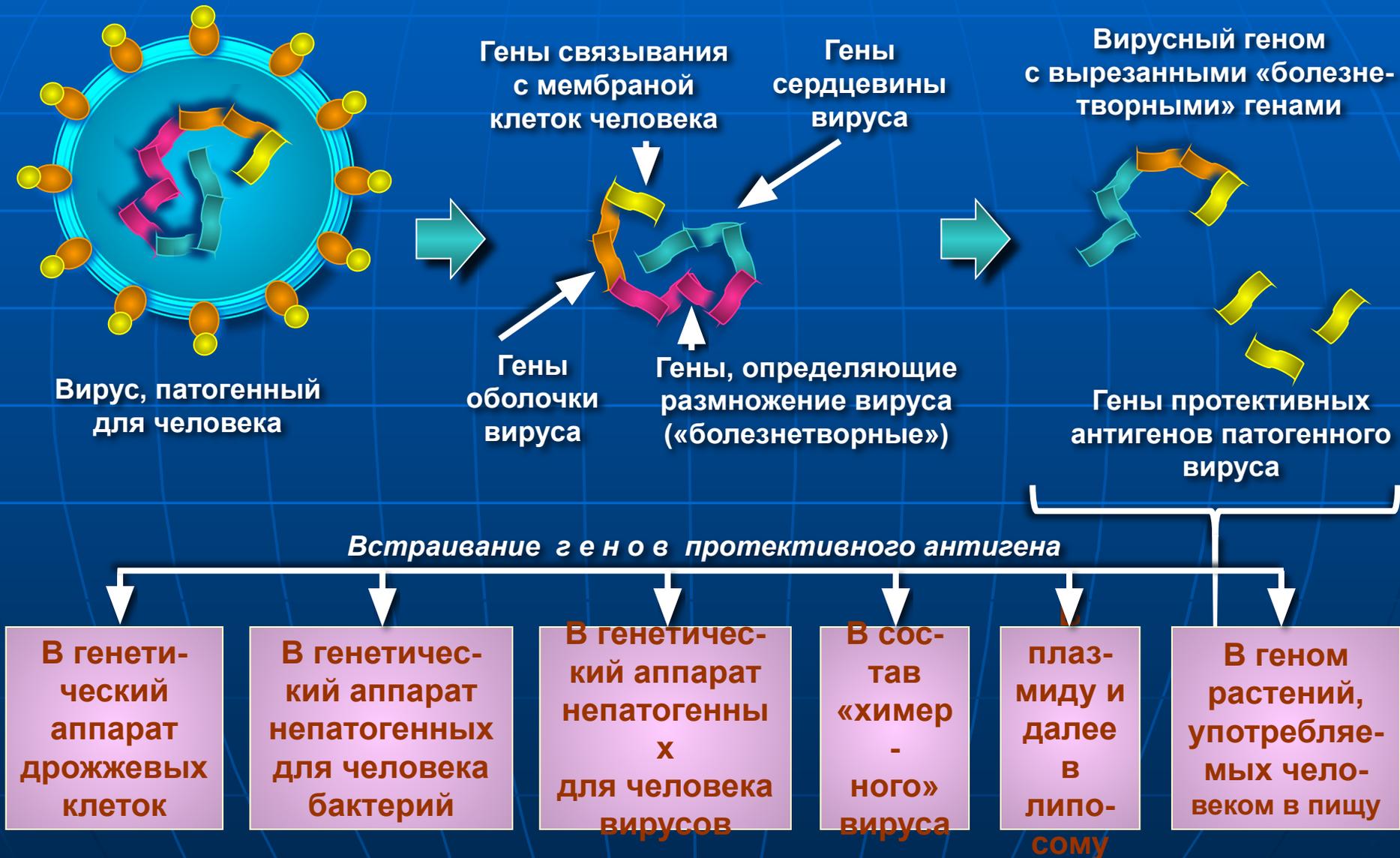
**ПРИМЕРЫ:** Анатоксины применяются для профилактики и, реже, лечения токсинемических инфекций (дифтерии, газовой гангрены, ботулизма, столбняка, холеры и некоторых заболеваний, вызванных стафилококками)

# ХИМИЧЕСКИЕ ВАКЦИНЫ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

- Химические вакцины создаются из антигенных компонентов, извлеченных из микробной клетки
- Химические вакцины не содержат «балласта» и **наименее реактогенны**
- Примеры: **полисахаридные** вакцины против менингококковой инфекции групп А и С (Менинго А+С), гемофилюс инфлюэнца типа b (Акт-ХИБ), пневмококковой инфекции (Пневмо 23), вакцина с Vi-антигеном брюшнотифозных бактерий (Тифим Ви), ацеллюлярные коклюшные вакцины
- Бактериальные полисахариды являются **тимуснезависимыми** антигенами, неспособными к формированию Т-клеточной иммунологической памяти (особенно у детей), в связи с чем используют их конъюгаты с белковым носителем (дифтерийным или столбнячным анатоксином в количестве, не стимулирующем выработку соответствующих антител, или с белком самого микроба, например, наружной оболочки пневмококка) – это **конъюгированные вакцины**

**Примечание:** конъюгированные вакцины не следует путать с препаратами **ассоциированных вакцин**, содержащих и анатоксины, и инактивированные вакцины в иммуногенных дозировках (например, АКДС)

# ГЕНОИНЖЕНЕРНЫЕ ВАКЦИНЫ: ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ



# ВИДЫ ГЕННОИНЖЕНЕРНЫХ ВАКЦИН

## ГЕН ПРОТЕКТИВНОГО АНТИГЕНА

В составе генетического аппарата дрожжевых клеток

В составе генетического аппарата непатогенных бактерий для человека

В составе генетического аппарата непатогенных вирусов для человека

В составе «химерного» вируса

В составе плазмиды, введенной в липосому

В составе генома растений, употребляемых человеком в пищу

Культивирование дрожжей с накоплением в среде целевого антигена, выделение его, очистка, приготовление вакцины путем связывания с адъювантом

Введение трансформированного микроорганизма (сальмонелл, осповакцины, вирусов птичьей оспы, аденовирусов) в организм человека, продукция ими целевого антигена в самом организме

Введение плазмиды с геном протективного антигена внутрь клеток макроорганизма с последующим синтезом этого антигена в организме (около года)

Употребление в пищу трансгенных растений, не требующих термической обработки и содержащих ген протективного антигена

**РЕКОМБИНАНТНЫЕ СУБЪЕДИНИЧНЫЕ ВАКЦИНЫ**

**РЕКОМБИНАНТНЫЕ ВЕКТОРНЫЕ ВАКЦИНЫ**

**ДНК-ВАКЦИНЫ**

**РАСТИТЕЛЬНЫЕ ВАКЦИНЫ**

Примеры: вакцины против гепатита В, вируса папилломы человека (ВПЧ), ротавирусов

Примеры: вирус коровьей оспы применен для создания вакцины против ВИЧ-инфекции; сальмонеллы использованы как носители антигенов вируса гепатита В

Примеры: на стадии испытаний вакцины против гепатитов В и С, гриппа, лимфоцитарного хориоменингита, бешенства, ВИЧ, энцефалита, сальмонеллеза, туберкулеза, лейшманиоза, малярии

Примеры: «картофельные» вакцины, содержащие HBsAg, В-субъединицу холерного анатоксина, антигены патогенной кишечной палочки

# ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНОИНЖЕНЕРНЫХ ВАКЦИН

Многие рекомбинантные вакцины вызывают слабый иммунный ответ, возможно, из-за того, что в таких препаратах содержится «голый» белок и отсутствуют другие молекулярные структуры, часто необходимые для запуска иммунного ответа – отсюда потребность в веществах-усилителях (адъювантах)

Не все ясно с безопасностью ДНК-вакцин:

- необходимо исключить онкогенную опасность, так как недостаточно изучено, может ли вводимая ДНК встраиваться в геном клетки человека и вызывать риск развития рака;
- образование антигена в организме может продолжаться длительное время (до нескольких месяцев), а это может привести к развитию различных форм иммуно-  
супрессии и других патологических явлений;
- чужеродная ДНК может вызвать образование анти-ДНК-антител, которые

Существует немало опасений и сомнений в отношении "съедобных растительных вакцин" способны индуцировать различные формы аутоагрессии и иммунопатологии;

- насколько интенсивным будет иммунный ответ на пищевые продукты;
- сохранится ли антиген в кислой среде желудка,
- как избежать риска для "созревания" растительных вакцин,
- способны ли антигены переносить хранение пищевых продуктов,
- как оптимально дозировать препарат

# ВАКЦИНЫ, ПРОИЗВОДИМЫЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

<i>Виды вакцин</i>	<i>Инфекции, для профилактики которых применяются вакцины</i>
<b>Живые вакцины</b>	Бруцеллез, грипп, корь, лихорадка Ку, желтая лихорадка, эпидемический паротит, полиомиелит, сибирская язва, туберкулез, сыпной тиф, туляремия, чума
<b>Инактивированные и субъединичные вакцины</b>	Бешенство, брюшной тиф, грипп, клещевой энцефалит, коклюш, холера, лептоспироз, гепатит А, сыпной тиф, герпес I и II типа
<b>Химические вакцины</b>	Менингококковая инфекция, холера, брюшной тиф
<b>Анатоксины</b>	Дифтерия, столбняк, гангрена, ботулизм, холера, стафилококковые и синегнойные инфекции
<b>Рекомбинантные вакцины</b>	Гепатит В (Эувакс В)
<b>Вакцины с искусственным адъювантом</b>	Гриппозная вакцина с полиоксидонием, вакцина гепатита А с полиоксидонием

# СИНТЕТИЧЕСКИЕ ВАКЦИНЫ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

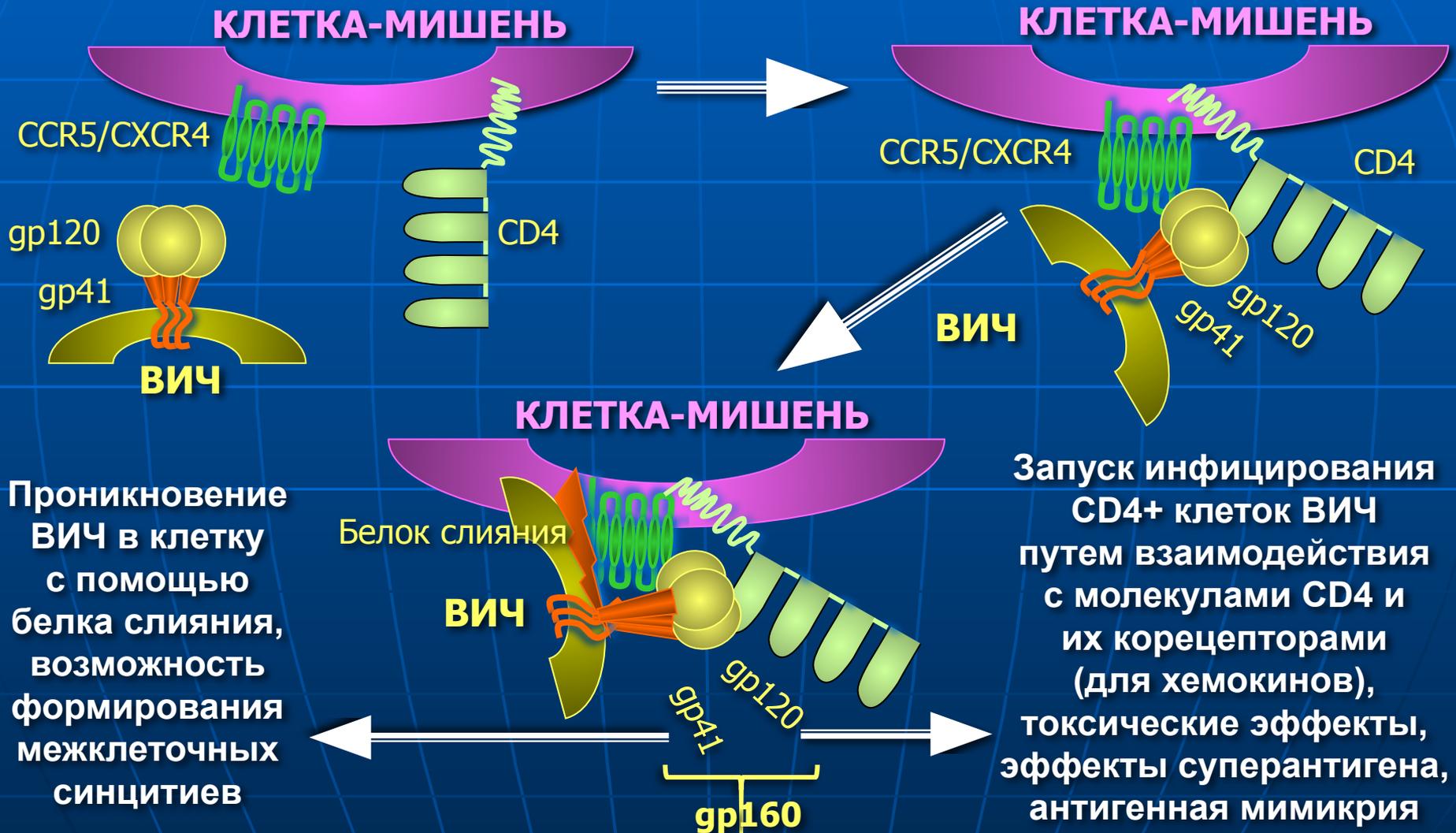
- Синтетические вакцины представляют собой синтезированные из аминокислот пептидные фрагменты, которые соответствуют аминокислотной последовательности тем структурам вирусного (бактериального) белка, которые распознаются иммунной системой и вызывают иммунный ответ
- **Положительные стороны:** у синтетических пептидов нет недостатков, характерных для живых вакцин (возврат патогенности, остаточная вирулентность, неполная инаktivация и т.п.). Синтетические вакцины обладают высокой степенью стандартности, они слабо реактогенны и безопасны
- **Отрицательные стороны:** синтетические вакцины менее эффективны, по сравнению с традиционными, т.к. дают меньшую иммуногенность, нежели нативные микробные антигены. Однако, сочетанное использование одного или двух иммуногенных белков в составе синтетической вакцины обеспечивает формирование иммунологической памяти

Примеры: экспериментальные синтетические вакцины получены против дифтерии, холеры, стрептококковой инфекции, гепатита В, гриппа, ящура, клещевого энцефалита, пневмококковой и сальмонеллезной инфекций

# АНТИИДИОТИПИЧЕСКИЕ ВАКЦИНЫ: ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

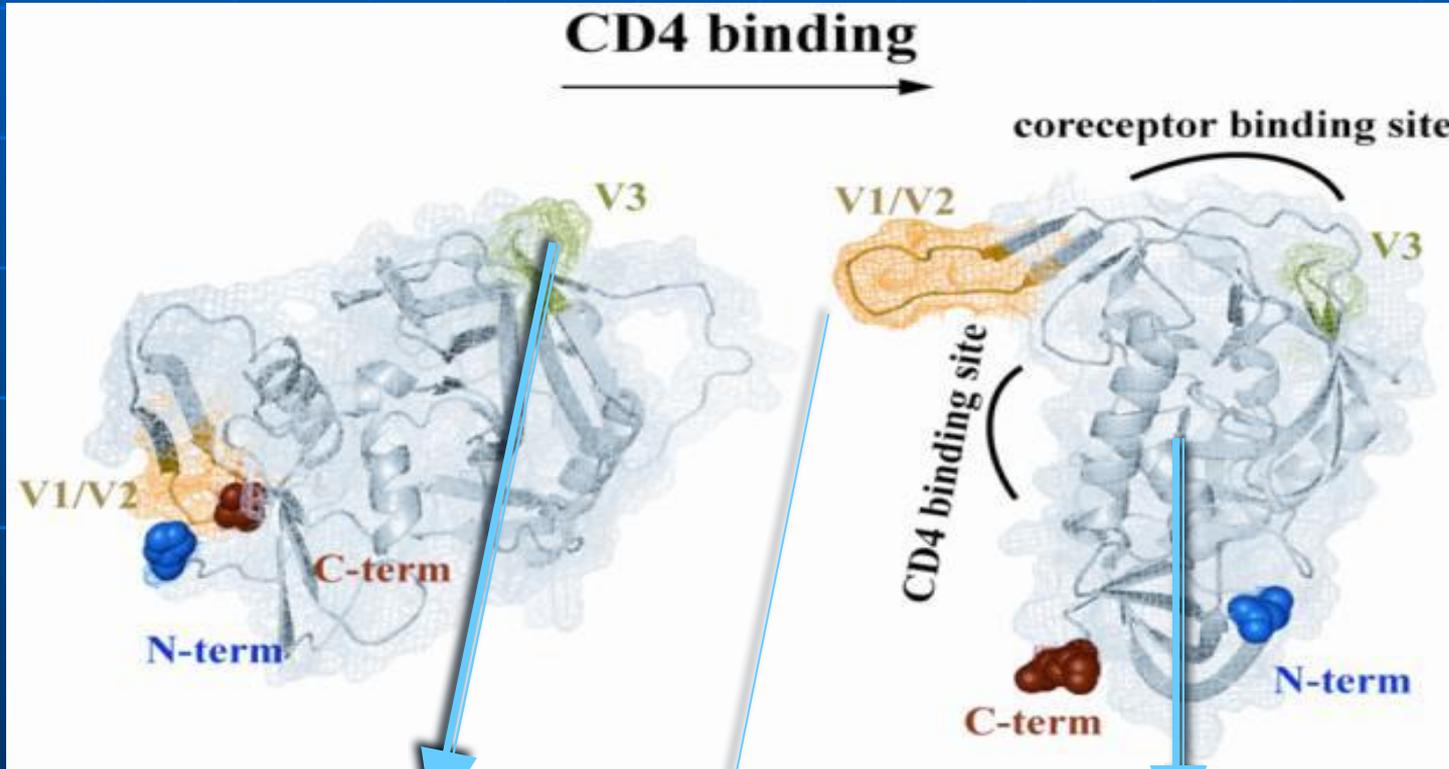


# ПРОЦЕСС ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИЧ С РЕЦЕПТОРАМИ КЛЕТКИ-МИШЕНИ – CD4



# СТРУКТУРА gp120 И КОНФИГУРАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭТОГО БЕЛКА В ПРОЦЕСС ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИЧ С CD4 РАЗНЫХ КЛЕТОК

До взаимодействия с CD4



После взаимодействия с CD4

Активация В-лимфоцита суперантигеном gp120

Изменчивость ВИЧ

Инфицирование Т-лимфоцита и моноцита/макрофага через gp120

# НЕАНТИГЕННЫЕ ВАКЦИНЫ

Неантигенные вакцины содержат клетки организма человека в состоянии иммунизации или их отдельные компоненты, а также компоненты клеток микроорганизмов, отвечающих за образование антигенов

## ДЕНДРИТНЫЕ ВАКЦИНЫ

### Принцип получения:

Из крови больного выделяют предшественники дендритных клеток и культивируют в лабораторных условиях. Одновременно из опухоли пациента выделяют белки-антигены и добавляют к дендритным клеткам. Дендритные клетки в состоянии презентации опухолевых антигенов возвращают в организм больного для более эффективной борьбы с опухолью.

### Примеры:

У мышей дендритные вакцины помогают предупредить повторное развитие карциномы после удаления опухоли. Испытания этих вакцин на людях с IV стадией заболевания показали их безвредность и, реже, – поло-

## РИБОСОМАЛЬНЫЕ ВАКЦИНЫ

### Принцип получения:

Вакцины получают в форме рибосом, имеющих в каждой клетке и продуцирующих белки в соответствии с матрицей – информационной РНК.

В состав вакцины входят рибосомы бактерий разных видов

### Примеры:

Вакцины для профилактики и лечения инфекционных процессов респираторного тракта (ИРС-19, Рибомунил, бронхомунал), а также дизентерийная вакцина

# ВАКЦИНЫ ДЛЯ БОРЬБЫ С НЕИНФЕКЦИОННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

За последние годы методами генной инженерии разработаны вакцины:

- Для терапии – против *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, провоцирующей астму и атеросклероз *Chlamydia pneumoniae*
- Для терапии и хирургии: завершено доклиническое изучение вакцины из цельных клеток *Helicobacter pylori* для профилактики язвы желудка и двенадцатиперстной кишки
- Для стоматологии – против бактерии *Porphyromonas gingivalis*, вызывающей воспаление десен

Полным ходом идет разработка препаратов для иммунопрофилактики и иммунотерапии онкологических заболеваний. В опухоль можно вводить разные гены в составе ДНК-вакцин: те, что кодируют раковые антигены, гены цитокинов и иммуномодуляторов, гены «уничтожения» клетки. Все эти гены можно использовать одновременно, организуя массивную атаку вакцинами разных видов

Есть надежда, что в XXI веке вакцины помогут снизить заболеваемость диабетом, миокардитом, атеросклерозом и другими «неинфекционными» болезнями. В перспективе — создание средств иммунологической защиты от наркозависимости и курения, конструирование вакцин для лечения и предупреждения аллергии, аутоиммунных заболеваний

# ВОЗМОЖНЫЕ МАЛОИЗУЧЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ВАКЦИНАЦИИ

Вакцинация детей в США против паротита проявила нечаянный «побочный» эффект: резко снизилась заболеваемость эндокардитом. Обследование подтвердило, что большинство больных, страдающих этим тяжелым заболеванием, приводящим к порокам сердца, в раннем детстве перенесли паротит

При инфицировании человека ретровирусами, реовирусами, цитомегаловирусом и вирусом Эпштейна—Барр, происходит формирование антител, которые атакуют клетки поджелудочной железы, что может привести к развитию инсулинозависимого диабета. Ожидает ли человека тот же эффект при вакцинации этими вирусами?

У 10–20% пациентов с синдромом врожденной краснухи, то есть у детей, матери которых переболели краснухой в последнем триместре беременности, развиваются нарушения углеводного обмена, не связанные с прямым действием возбудителя. Наблюдаются ли эти явления при вакцинации против краснухи?

**ВАКЦИНАЦИЯ – одно из величайших достижений человечества в области медицины и сохранения здоровья человека в глобальном масштабе. Перспективы развития вакцинологии безграничны, но им сопутствует огромное число как прикладных, так и фундаментальных проблем.**