

# ЛЕКЦИЯ №3

МОРФОЛОГИЯ ВИРУСОВ И  
БАКТЕРИОФАГОВ



**ВИРУСЫ** – НЕКЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ ЖИЗНИ, ОБЛАДАЮЩИЕ СОТСТВЕННЫМ ГЕНОМОМ, СПОСОБНОСТЬЮ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ В КЛЕТКАХ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ ИЛИ КЛЕТОЧНЫХ КУЛЬТУРАХ

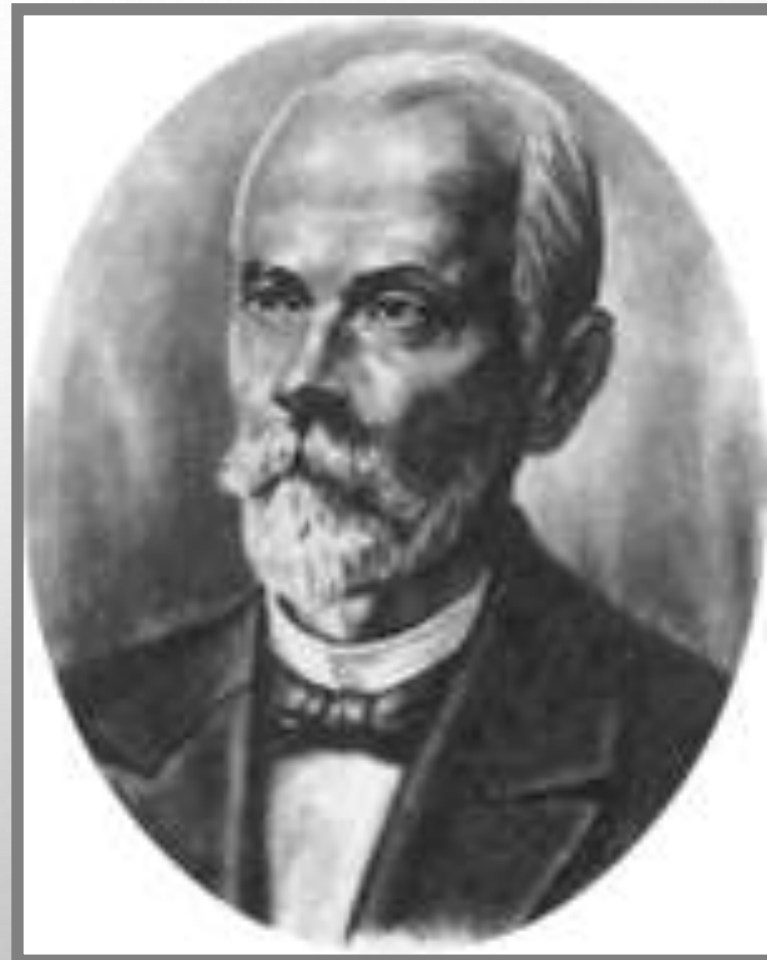
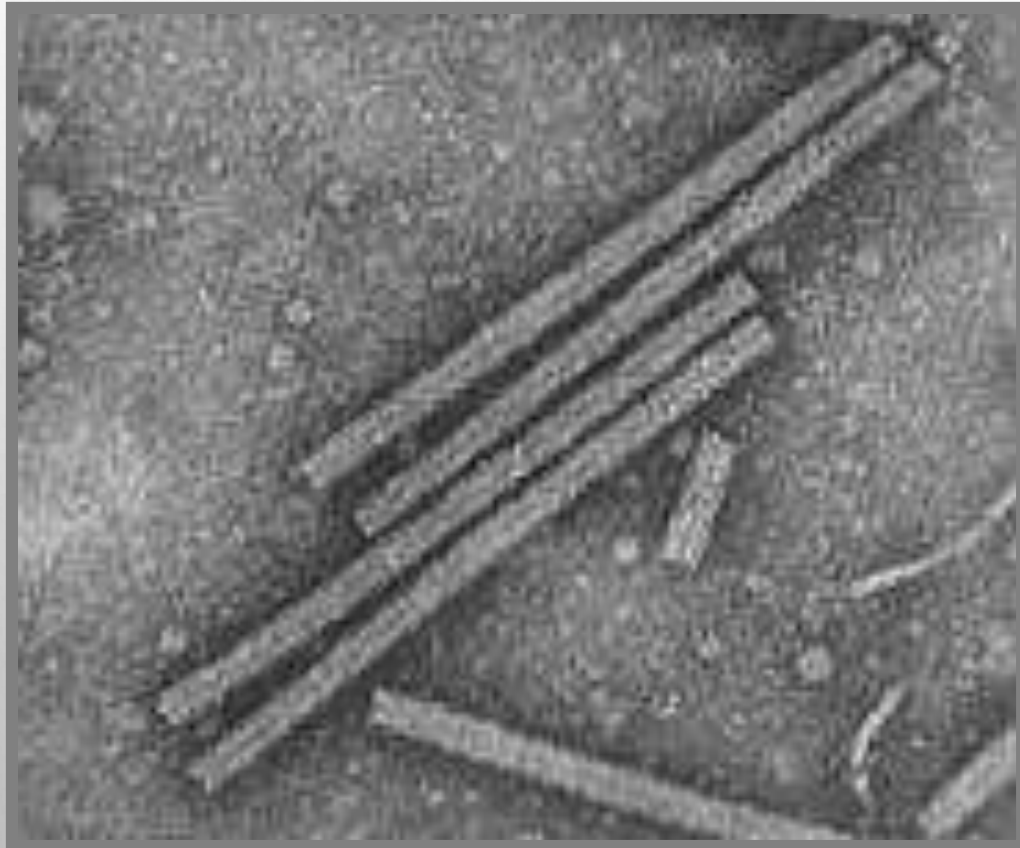
ВНЕКЛЕТОЧНЫЙ ВИРУС НАЗЫВАЮТ – **ВИРИОНОМ**. ФУНКЦИЯ СОХРАНЕНИЕ ВИРУСА ВО ВНЕШНЕЦ СРЕДЕ И ПЕРЕНОС ЕГО ИЗ ОДНОГО ОРГАНИЗМА В ДРУГОЙ.

ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЙ ВИРУС – **ВЕГЕТАТИВНЫЙ ВИРУС** – РЕПРОДУЦИРУЕТСЯ В ИНФИЦИРОВАННОЙ КЛЕТКЕ



# ВИРУСОЛОГИЯ – НАУКА О ВИРУСАХ

- 12 ФЕВРАЛЯ 1892 Д. И. ИВАНОВСКИЙ ОТКРЫЛ ВИРУС ТАБАЧНОЙ МОЗАИКИ (ВТМ)



# ОСНОВНЫЕ ОТКРЫТИЯ В ВИРУСОЛОГИИ

ГОД	АВТОР	ОТКРЫТИЕ	ЗНАЧЕНИЕ
1892	Дмитрий Иосифович <b>ИВАНОВСКИЙ</b>	вирус мозаичной болезни табака	<b>ОТКРЫТИЕ ВИРУСОВ</b>
1898	Ф. ЛЕФФЛЕР П. ФРОШ	вирус ящура	открытие вируса животных и человека
1911	П. РАУС	вирус куриной саркомы	открытие опухолеродных вирусов
1915 1917	Ф. ТВОРТ Д'ЭРЕЛЛЬ	бактериофаг	открытие вирусов бактерий
1931	А. ВУДРУФФ Э. ГУДПАСЧУР	культивирование вирусов в курином эмбрионе	созданы методические основы вирусологии
1948	Дж. ЭНДЕРС, Т. УЭЛЛЕР, Ф. РОББИНС	культивирование вирусов в культуре клеток	



# РАЗМЕРЫ ВИРУСОВ

**МЕЛКИЕ (17-25 НМ)**

**ПОЛИОМИЕЛИТ**

**СРЕДНИЕ (80-120 НМ)**

**ГРИПП**

**КРУПНЫЕ (300-400 НМ)**

**ОСПА**

Comparative Sizes of Viruses and Bacteria

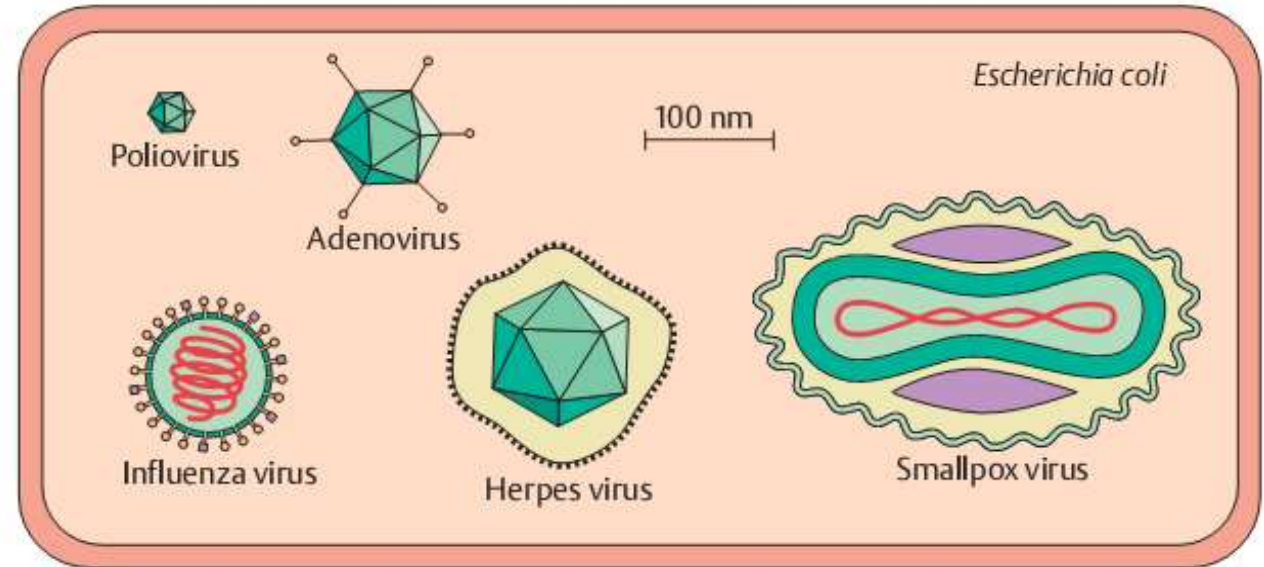


Fig. 7.1 Different virus species are shown here to scale inside an *E. coli* bacterium.

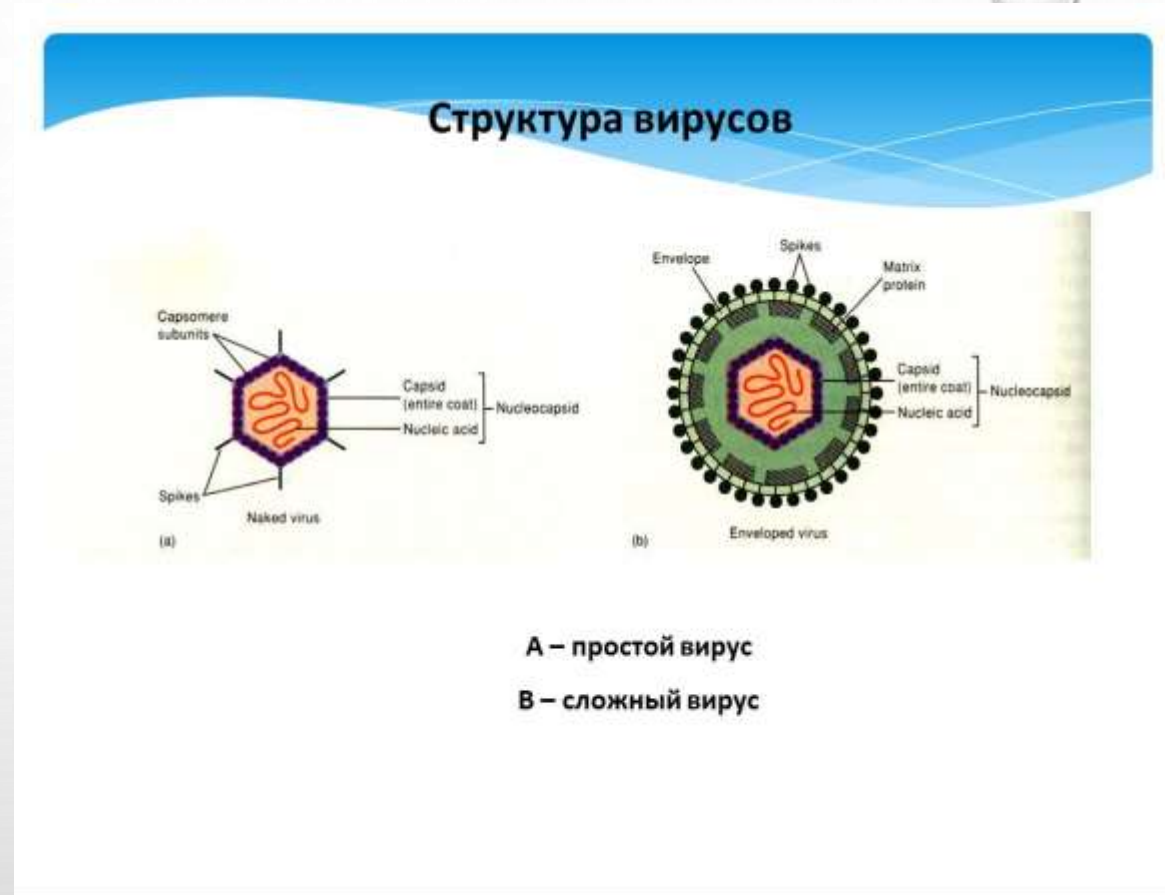
# МОРФОЛОГИЯ ВИРУСОВ

**ПРОСТЫЕ (БЕЗОБОЛОЧЕЧНЫЕ ВИРУСЫ)** – СОСТОЯТ ИЗ НЕКЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ, СВЯЗАННОЙ С ВНУТРЕННИМИ БЕЛКАМИ И КАПСИДОМ.

**СЛОЖНЫЕ ВИРУСЫ** СОСТОЯТ ИЗ НУКЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ, ВНУТРЕННИХ БЕЛКОВ, КАПСИДА И СУПЕРКАПСИДА.

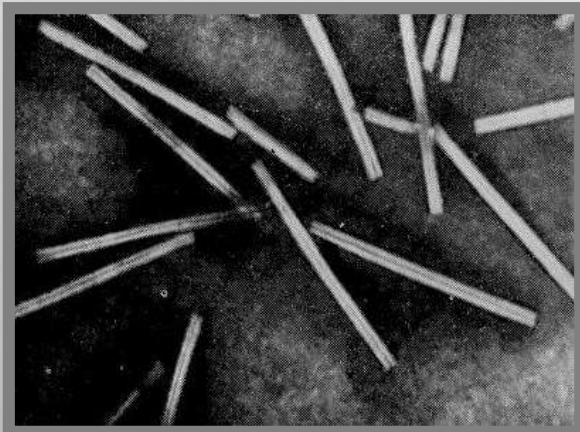
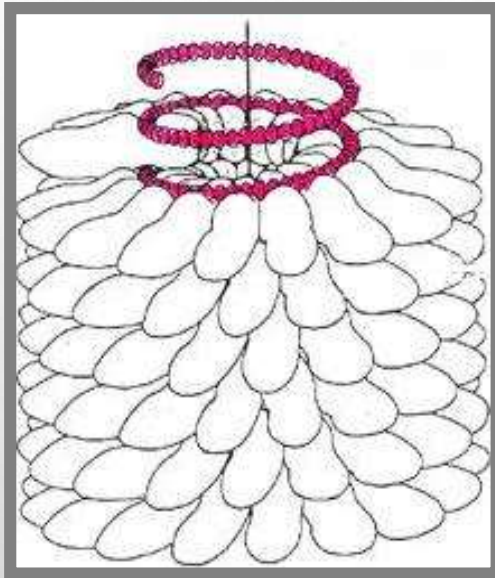
СУПЕРКАПСИД – МОДИФИЦИРОВАННАЯ МЕМБРАНА КЛЕТОЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ, В КОТОРУЮ ВИРУС «ОДЕВАЕТСЯ» ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ КЛЕТКИ.

ГЛИКОПРОТЕИНЫ СУПЕРКАПСИДА УЧАСТВУЮТ В ПРИКРЕПЛЕНИИ, ПРОНИКНОВЕНИЕ В КЛЕТКУ И ОБЛАДАЮТ АНТИГЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ

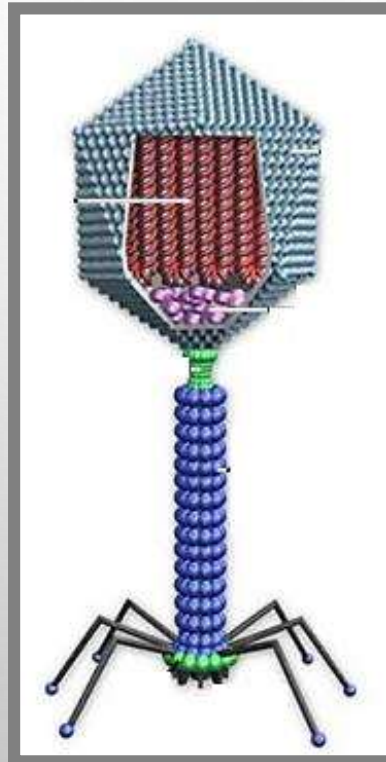


# СИММЕТРИЯ КАПСИДА

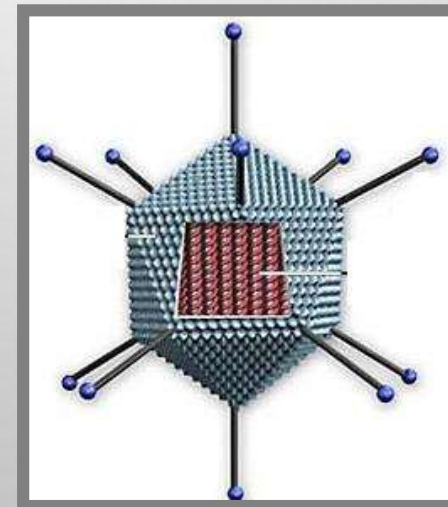
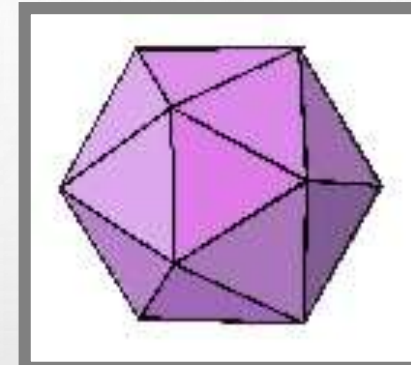
Спиральная



Смешанная



Кубическая  
(икосаэдрическая)



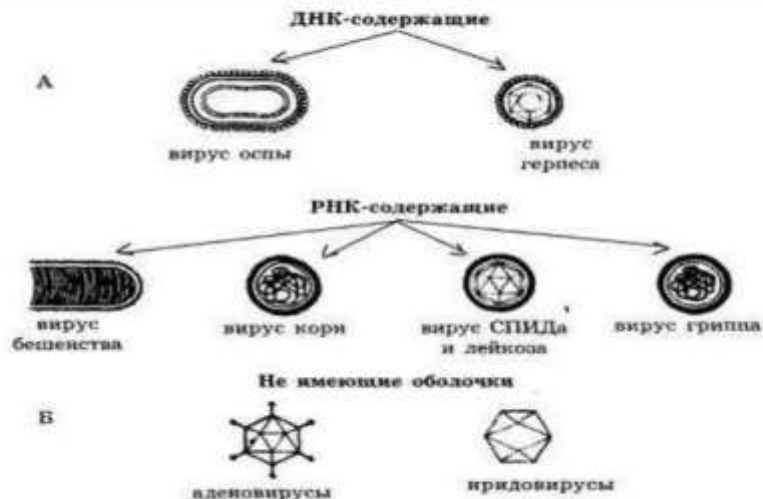


# ГЕНОМ ВИРИОНА

- ДНК
- ДВУНИТЕВАЯ, РЕЖЕ ОДНОНИТЕВАЯ
- ЛИНЕЙНАЯ ИЛИ КОЛЬЦЕВАЯ

- РНК
  - ОДНОНИТЕВЫЕ, РЕЖЕ ДВУНИТЕВЫЕ
  - ЦЕЛЬНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ, ФРАГМЕНТИРОВАННЫЕ, КОЛЬЦЕВЫЕ
  - МОЖЕТ БЫТЬ РНК+ И РНК-
- РНК+ ВЫПОЛНЯЕТ ФУНКЦИИ ГЕНОМА И ИНФОРМАЦИОННОЙ И-РНК

## Классификация вирусов





**Вирс**  
(примерный размер  
генома в тыс. н.п.  
или тыс. н.)

*ДНК-содержащие  
вирусы*

**Структура генома**

Вирс гепатита В(3)



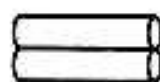
Частично одноцепочечная  
кольцевая ДНК

Паповавирусы (5)



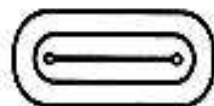
Сверхспиральная замкнутая  
кольцевая ДНК

Аденовирус (36)  
Вирс герпеса (200)



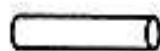
Линейный дуплекс

Вирс осповакцины (200)



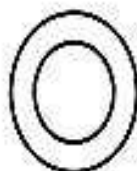
Линейный дуплекс с  
ковалентно сшитыми  
концами

Парвовирус (2)



Одноцепочечная  
линейная ДНК

Фаг фХ174 (5,3)  
Фаг М13 (6,0)



Одноцепочечное  
кольцо

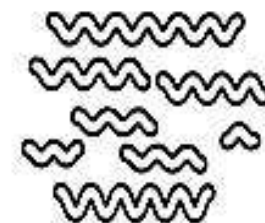
*РНК-содержащие  
вирусы*

Ретровирус (10)



Одноцепочечный  
диплоидный геном

Вирс гриппа (16)



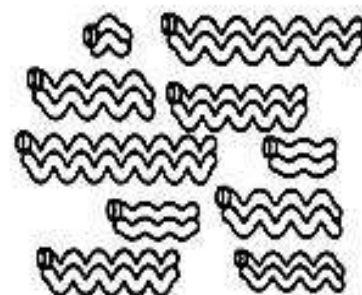
8 разных одноцепочечных  
молекул

Полиовирус (7)  
ВТМ (7000)



Одноцепочечная  
молекула

Реовирус (30)



10 разных двуцепочечных  
молекул

# ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВИРИОНА

- **ДНК/РНК**
- **ВИРУСНЫЕ БЕЛКИ**: СТРУКТУРНЫЕ, ВХОДЯЩИЕ В СОСТАВ ВИРИОНА И НЕСТРУКТУРНЫЕ – СИНТЕЗИРУЮТСЯ В ИНФЕЦИРОВАННОЙ КЛЕТКЕ В ПРОЦЕССЕ РЕПРОДУКЦИИ
- **ЛИПИДЫ** ПЕРЕХОДЯТ В СОСТАВ ВИРИОНОВ ПРИ ПОЧКОВАНИИ ИЗ КЛЕТКИ, ЧВЛЯЮТСЯ ОСНОВНЫМ КОМПОНЕТНОМ СУПЕРКАПСИДА
- **УГЛЕВОДЫ** ИМЕЮТ КЛЕТОЧНОЕ ПРОИСХОЖДЕНИЕ, ВХОДЯТ В СОСТАВ ГЛИКОПРОТЕИНОВ

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВИРУСА С КЛЕТКОЙ

**1. ПРОДУКТИВНЫЙ ТИП** - ВИРУЛЕНТНАЯ ВИРУСНАЯ ИНФЕКЦИЯ, ОБРАЗУЕТСЯ НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ВИРУСОВ.

**2. АБОРТИВНЫЙ ТИП** – ИНФЕКЦИЯ ПРЕРЫВАЕТСЯ НА ОДНОМ ИЗ ЭТАПОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ, НОВЫЕ ВИРИОНЫ НЕ ОБРАЗУЮТСЯ

**3. ИНТЕГРАТИВНЫЙ ТИП** – ВИРОГЕНИЯ, ИНТЕГРАЦИЯ(ВСТРАИВАНИЕ) ВИРУСНОЙ ДНК В ВИДЕ ПРОВИРУСА В ХРОМОСОМУ КЛЕТКИ ХОЗЯИНА. МЕХАНИЗМ ОНКОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

# РЕПРОДУКЦИЯ ВИРУСОВ

1. Адсорбция вируса на поверхности клетки

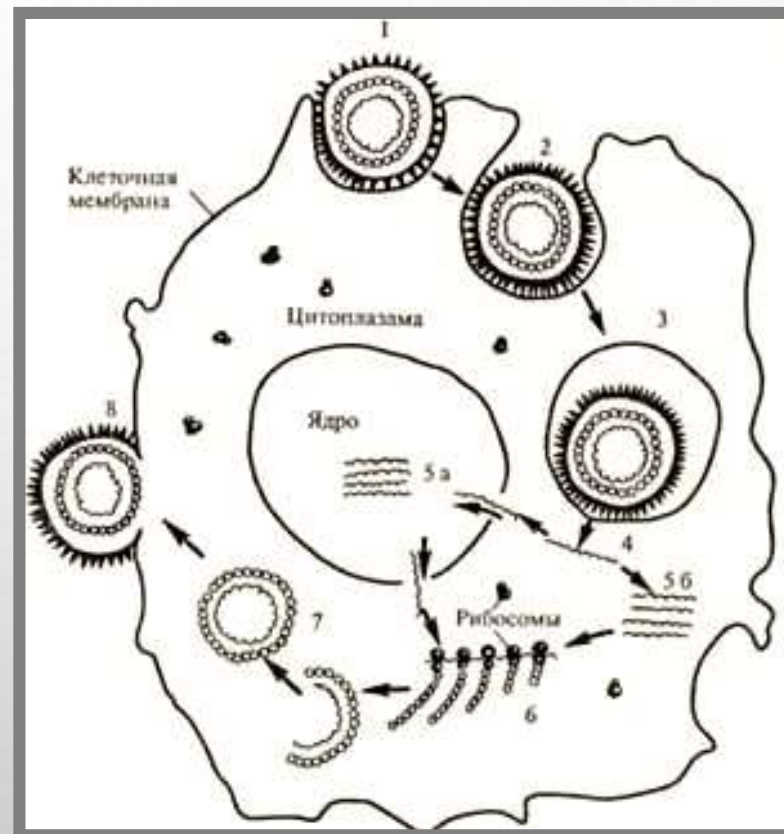
2. Проникновение внутрь

3. «Раздевание» вирионов

4. Синтез компонентов вириона

5. Сборка вириона

6. Выход вириона из клетки

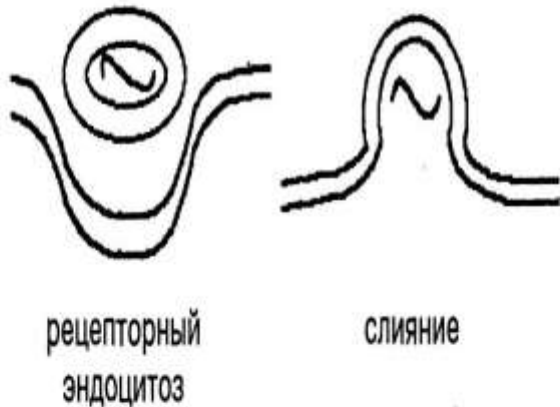




## 1. Адсорбция



## 2. Проникновение



## 3. «Раздевание»

В специализированных участках:

лизосомы, аппарат Гольджи, околядерное пространство, ядерные поры, ядерная мембрана — под действием ферментов: липазы и протеазы.

**АДСОРБЦИЯ** – ПРИКРЕПЛЕНИЕ ВИРУСОВ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ СПЕЦИФИЧЕСКИМИ РЕЦЕПТОРАМИ, КОТОРЫЕ РАСПОЗНАЮТ РЕЦЕПТОРЫ КЛЕТКИ.

**ТРОПИЗМ ВИРУСОВ** – ИЗБИРАТЕЛЬНОЕ ПОРАЖЕНИЕ КЛЕТОК ОПРЕДЕЛЕННОЙ ТКАНИ

- **ПРОНИКНОВЕНИЕ ВИРИОНОВ В КЛЕТКУ**
- ЭНДОЦИТОЗ (ВИРОПЕКСИС)
- СЛИЯНИЕ МЕМБРАН
- СМЕШАННЫЙ ТИП



# ЭКСПРЕССИЯ ВИРУСНОГО ГЕНОМА

## Репродукция вирусов

- **Транскрипция** — переписывание информации с ДНК или РНК вируса на и-РНК в соответствии со стратегией генома.
- **Трансляция** — процесс перевода генетической информации, содержащейся в и-РНК, на специфическую последовательность аминокислот и синтез вирусспецифических белков или их предшественников.
- **Репликация** — процесс синтеза молекул нуклеиновых кислот, гомологичных вирусному геному.

### • 1. ДНК ВИРУСЫ

ГЕНОМНАЯ ДНК – ТРАНСКРИПЦИЯ-И-РНК-ТРАНСЛЯЦИЯ – БЕЛОК

### 2. РНК+ ВИРУСЫ

ГЕНОМНАЯ РНК+ - ТРАНСЛЯЦИЯ – БЕЛОК

### 3. РНК- ВИРУСЫ

ГЕНОМНАЯ РНК- – ТРАНСКРИПЦИЯ-И-РНК-ТРАНСЛЯЦИЯ – БЕЛОК

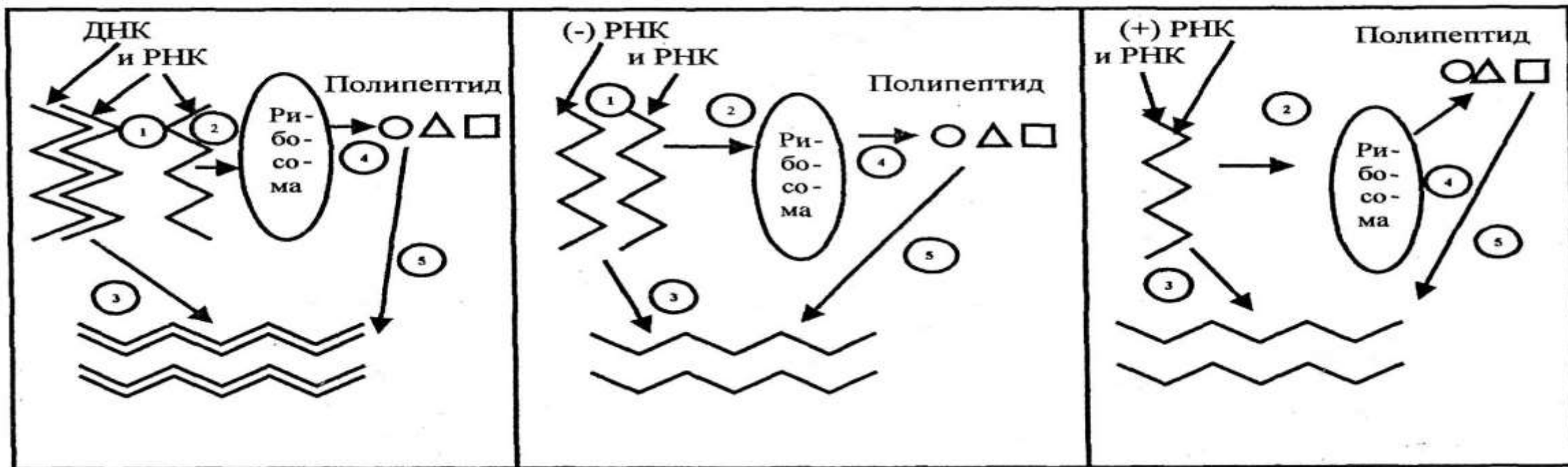
### 4. РЕТРОВИРУСЫ (ВИЧ)

ГЕНОМНАЯ РНК – КОМПЛЕМЕНТАРНАЯ ДНК (ПРОВИРУС)

-ТРАНСКРИПЦИЯ – И-РНК – ТРАНСЛЯЦИЯ - БЕЛОК

# РЕПЛИКАЦИЯ ВИРУСНОГО ГЕНОМА - СИНТЕЗ НА МАТРИЦЕ ИСХОДНОЙ РНК ИЛИ ДНК МНОЖЕСТВА КОПИЙ БУДУЩЕГО ГЕНОМА

## 4. Репродукция и сборка вириона



Транскрипция — 1, трансляция — 2, репликация — 3, синтез белка — 4, сборка — 5.

Сборка вируса происходит:

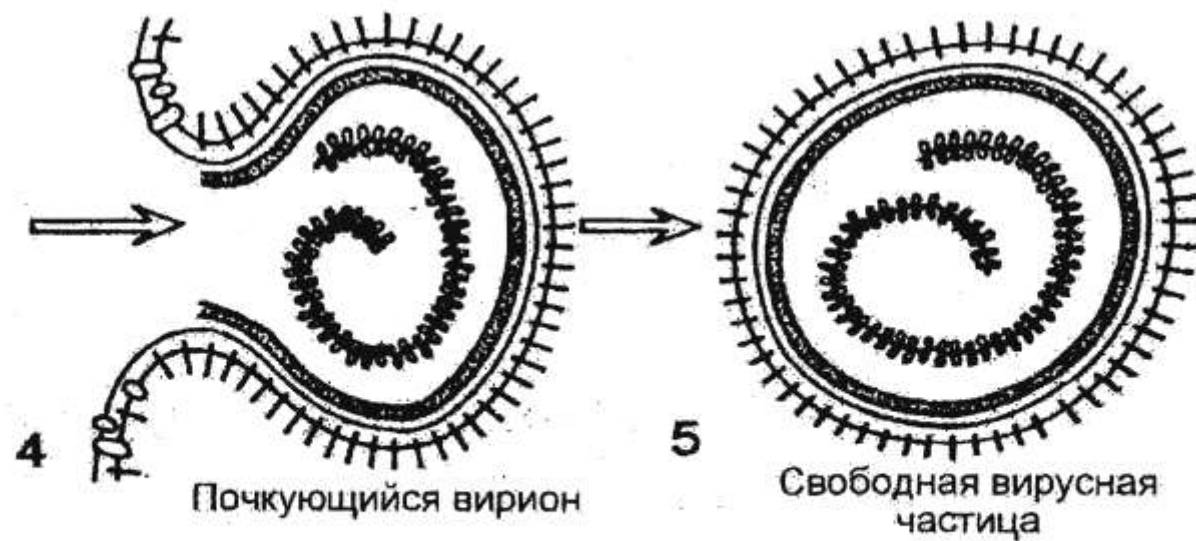
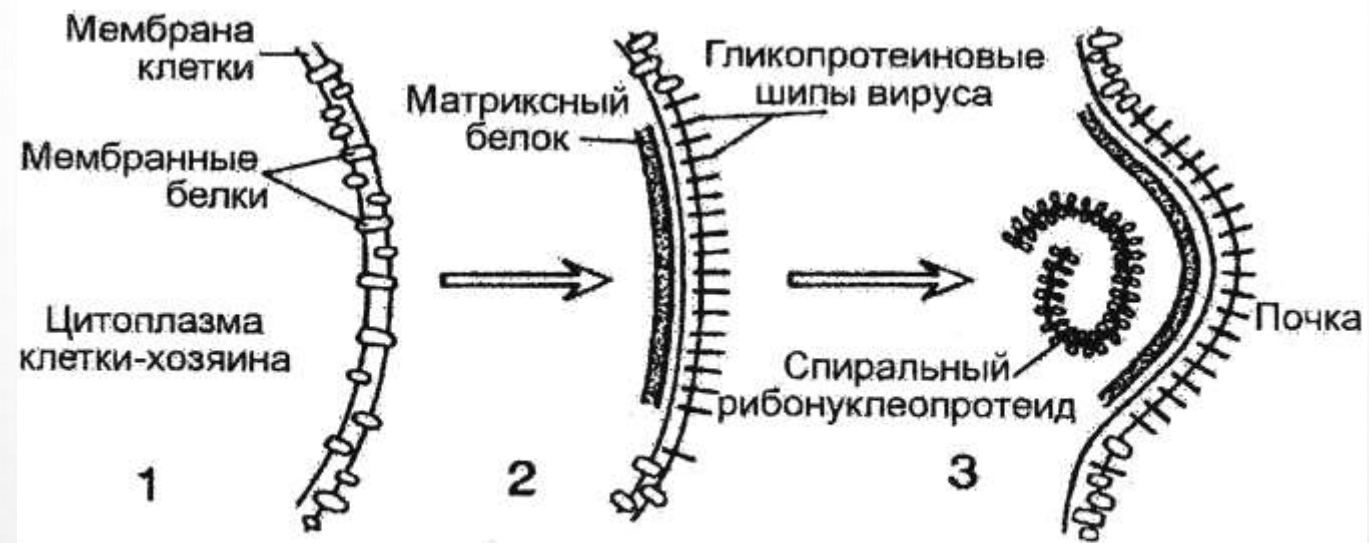
- а) РНК-содержащих — в цитоплазме
- б) ДНК-содержащих — в ядре (чаще всего).



# 5 ФОРМИРОВАНИЕ ВИРИОНОВ И ВЫХОД ИЗ КЛЕТКИ

- ПРОСТЫЕ ВИРУСЫ ОБРАЗУЮТСЯ ПУТЕМ САМОСБОРКИ. НУКЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА УПАКОВЫВАЕТСЯ В БЕЛКОВУЮ ОБОЛОЧКУ (КАПСИД). ВЫХОД ПО «ВЗРЫВНОМУ» ТИПУ С ЛИЗИСОМ КЛЕТКИ.
- СЛОЖНЫЕ ВИРУСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ МЕМБРАНАМИ КЛЕТКИ, ОДЕВАЮТСЯ СУПЕРКАПСИДНОЙ ОБОЛОЧКОЙ. ВЫХОД ПОЧКОВАНИЕМ, КЛЕТКА ПРИ ЭТОМ ПОГИБАЕТ НЕ СРАЗУ.

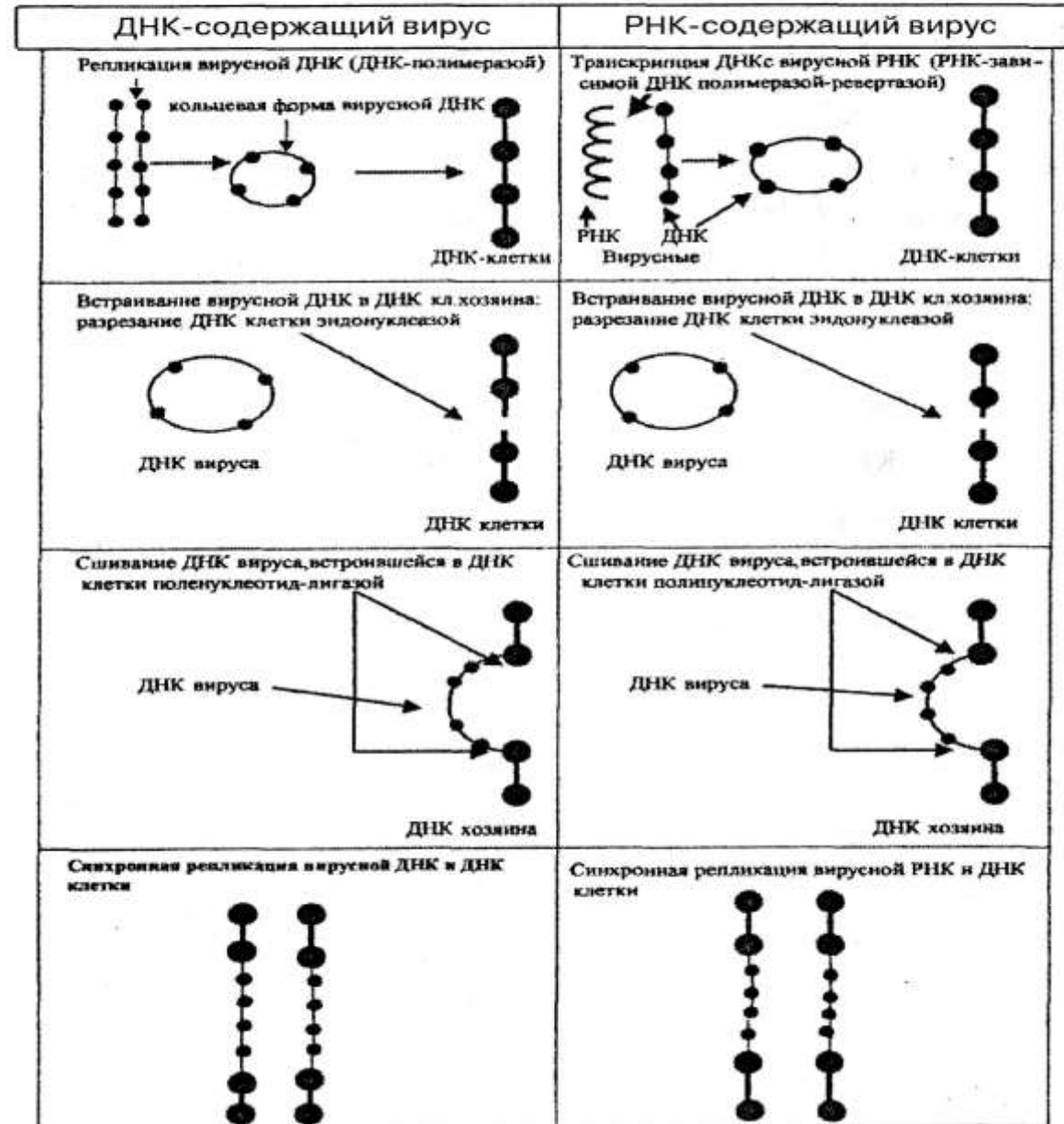




**СХЕМА ВЫХОДА ИЗ КЛЕТКИ ВИРУСА ГРИППА ПУТЕМ ПОЧКОВАНИЯ**

# ИНТЕГРАТИВНАЯ ФОРМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИРУСА С КЛЕТКОЙ

Схематическое изображение интегративной формы взаимодействия вириона и клетки хозяина (виrogenия)



# ТАКСОНОМИЯ ВИРУСОВ

ЦАРСТВО **VIRA**

ПОРЯДОК – **VIRALES**

СЕМЕЙСТВО – **VIRIDAE**

ПОДСЕМЕЙСТВО – **VIRINAE**

РОД – **VIRUS**

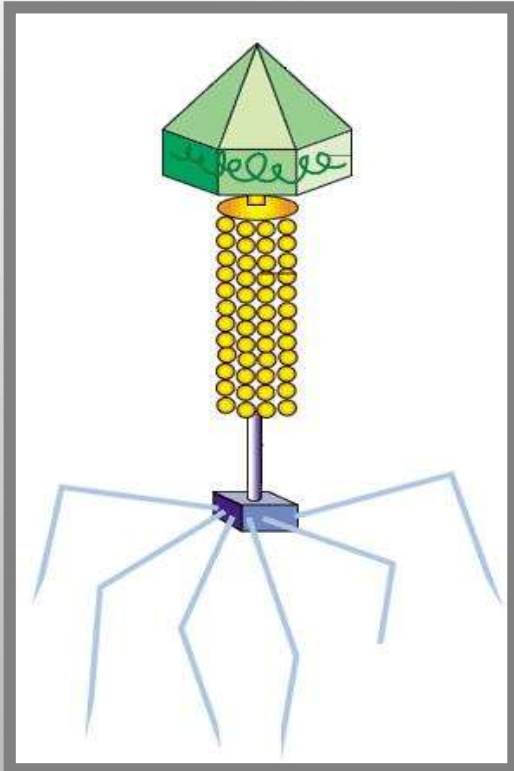
ВИД (ТИП) – **VIRUS**

ПОДТИПЫ, СЕРОВАРИАНТЫ, ШТАММЫ

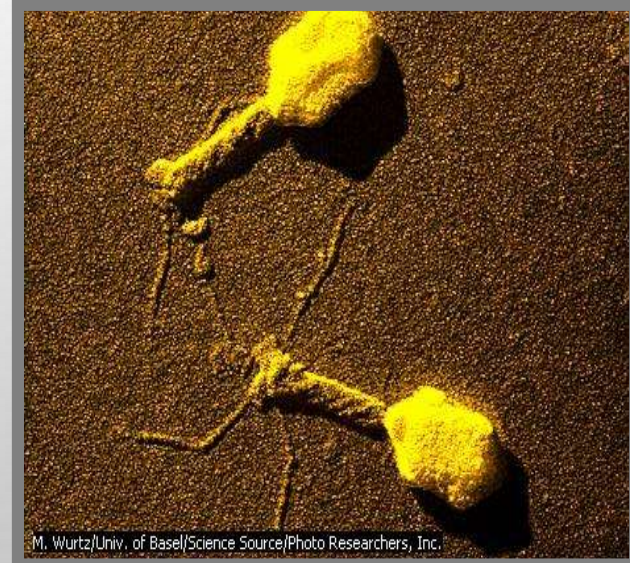
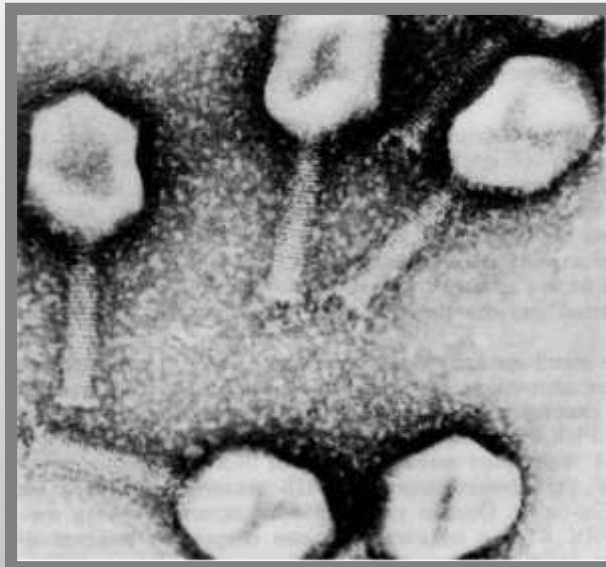
ПАТОГЕННЫЕ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА ВИРУСЫ: 22 СЕМЕЙСТВИ (8 ДНК, 14 РНК)

# БАКТЕРИОФАГИ – ВИРУСЫ БАКТЕРИЙ

- 1915 Ф. ТУОРТ – ПЕРВЫЙ, КТО ОПИСАЛ.
- 1917 Д'ЭРЕЛЛЬ – ВВЕЛ ТЕРМИН «БАКТЕРИОФАГ» (PHAGOS – ПОЖИРАЮЩИЙ).



**20-200 нм**




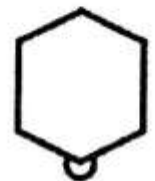
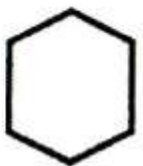

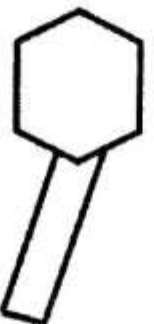
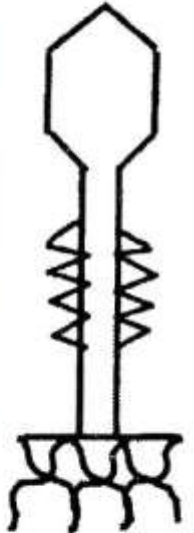


## Особенности бактериофагов

- геном представлен либо ДНК, либо РНК;
- геном заключен в белковую оболочку – капсид;
- структурные субъединицы уложены по типу либо спиральной, либо кубической симметрии;
- крупные фаги, имеющие хвостик, устроены по типу бинарной симметрии;
- размеры фагов от 20 до 200 нм, средний диаметр головки 60-100 нм, длина отростка 100-200 нм

# ФОРМА И УЛЬТРАСТРУКТУРА ФАГОВ

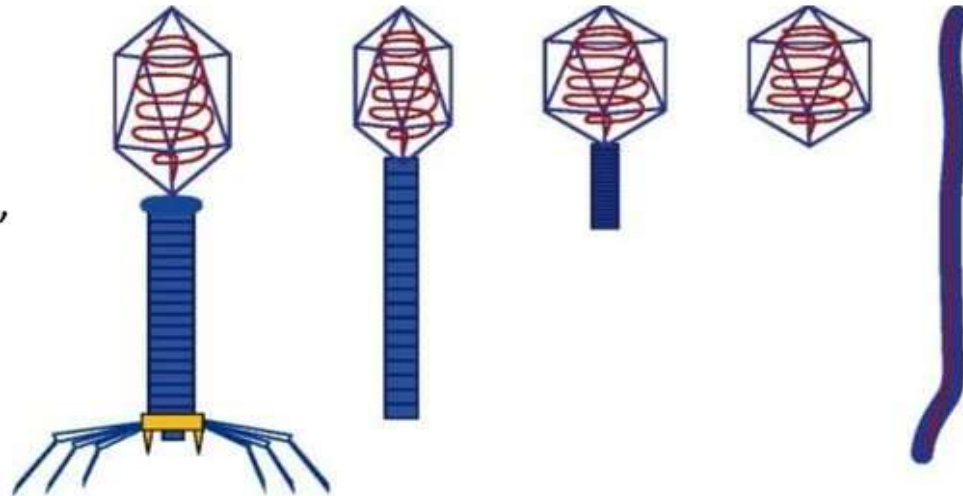
## КЛАССИФИКАЦИЯ ФАГОВ ПО ФОРМЕ

1	2	3	4	5	6
					
НИТЕВИДНЫЕ	С АНАЛОГОМ ОТРОСТКА	БЕЗ ОТРОСТКА	С КОРОТКИМ ОТРОСТКОМ	С ДЛИННЫМ ОТРОСТКОМ	С ДЛИННЫМ ОТ- РОСТКОМ И СО- КРАЩАЮЩИМ- СЯ ЧЕХЛОМ

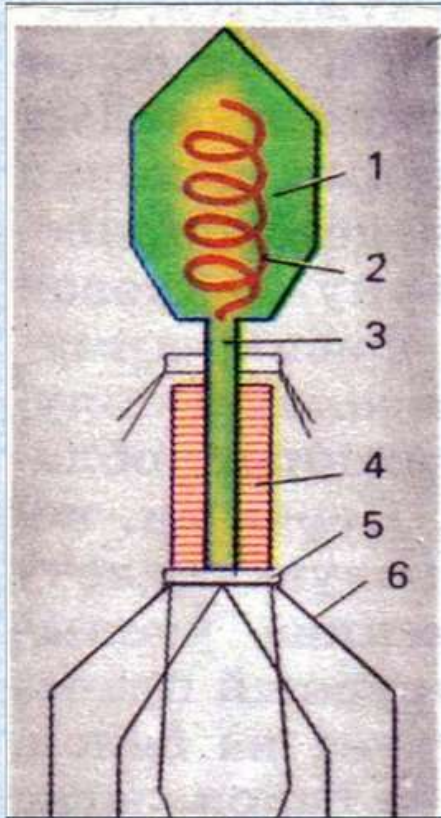


# Бактериофаги

- **Бактериофаги** состоят из белка - капсида, имеющего один тип нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК, одноили двунитевой).
- Различают бактериофаги:
  - с длинным отростком,
  - имеющие сокращающийся или не сокращающийся чехол,
  - бактериофаги с короткими отростками, с аналогами отростков,
  - без отростков
  - нитевидные



## Строение бактериофага 5 типа



- 1 – головка бактериофага
- 2 – суперспирализованная ДНК
- 3 – отросток – полый стержень
- 4 – чехол отростка из сократительного белка (чехол содержит АТФ, лизоцим)
- 5 – базальная пластинка
- 6 – фибриллы



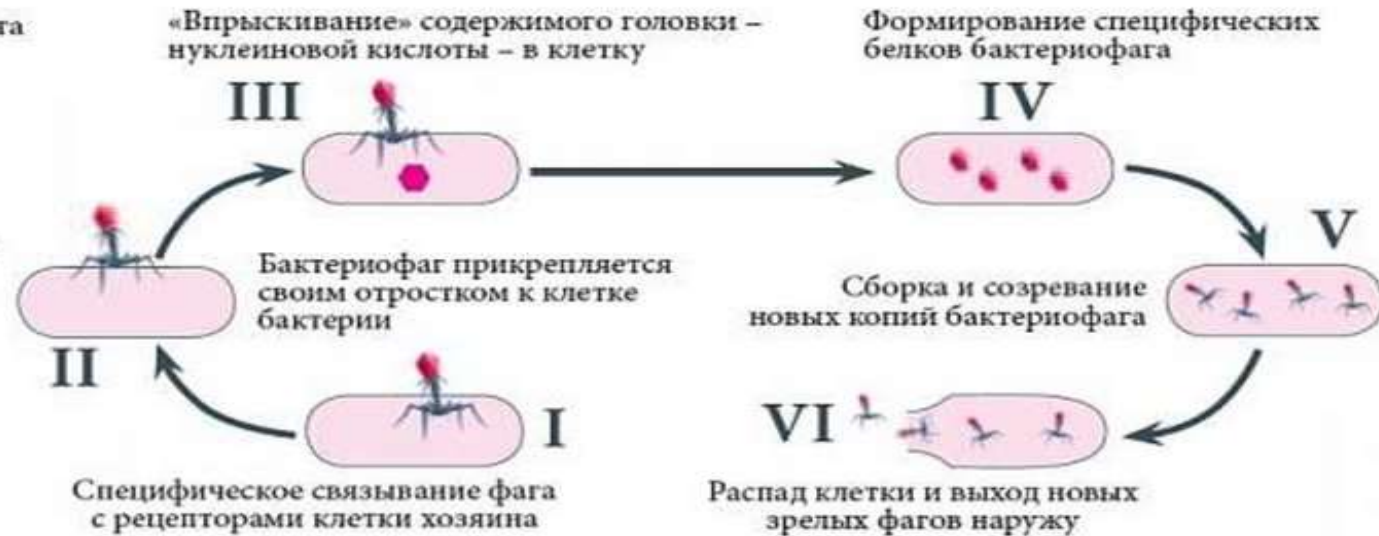
# Бактериофаги

По механизму взаимодействия с клеткой выделяют:

- **Вирулентные** (реплицируются в клетке, вызывая её гибель);
- **Умеренные** (взаимодействуют с клеткой по интегративному типу). Могут быть дефектными, т.е., не способны давать фаговое потомство.
- По специфичности действия различают:
  - **поливалентные фаги**, способные взаимодействовать с родственными видами бактерий,
  - **моновалентные фаги**, взаимодействующие с бактериями определенного вида,
  - **типовые фаги**, взаимодействующие с отдельными вариантами (типами) данного вида бактерий.

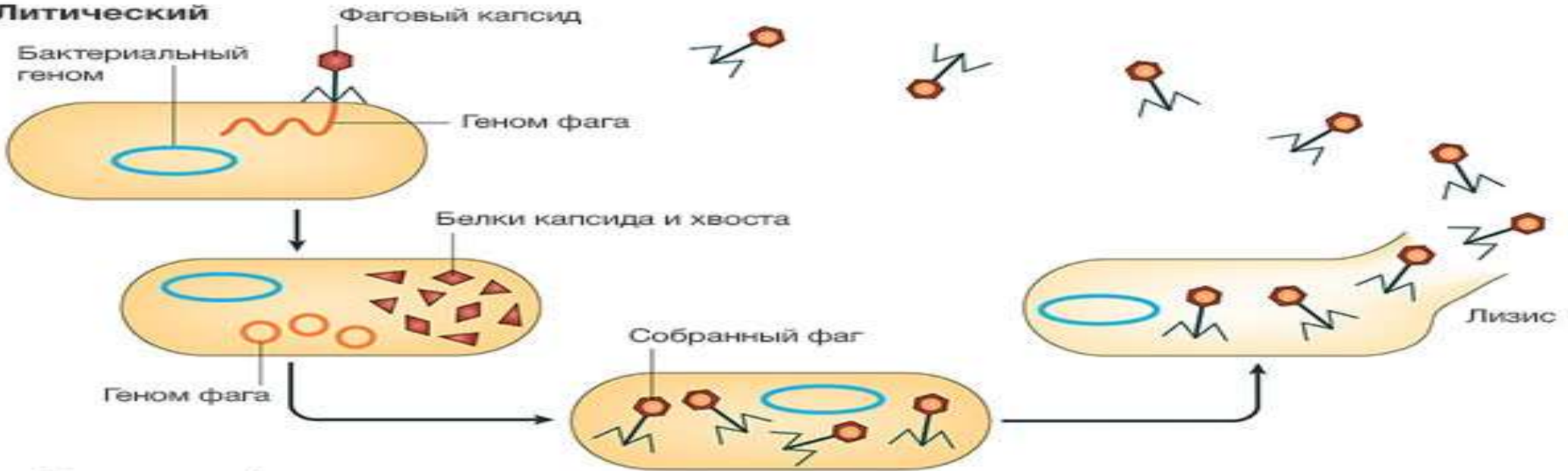
# Основные этапы взаимодействия фагов и бактерий

- 1. **Адсорбция** (взаимодействие специфических рецепторов) (I-II).
- 2. **Внедрение вирусной ДНК** (инъекция фага) осуществляется за счет лизирования веществами типа лизоцима участка клеточной стенки, сокращения чехла, вталкивания стержня хвоста через цитоплазматическую мембрану в клетку, впрыскивание ДНК в цитоплазму (III).
- 3. **Репродукция фага (IV-V).**
- 4. **Выход дочерних популяций (VI).**

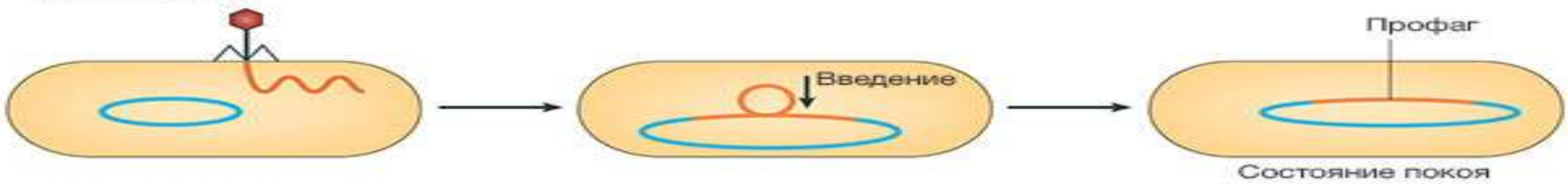




### Литический



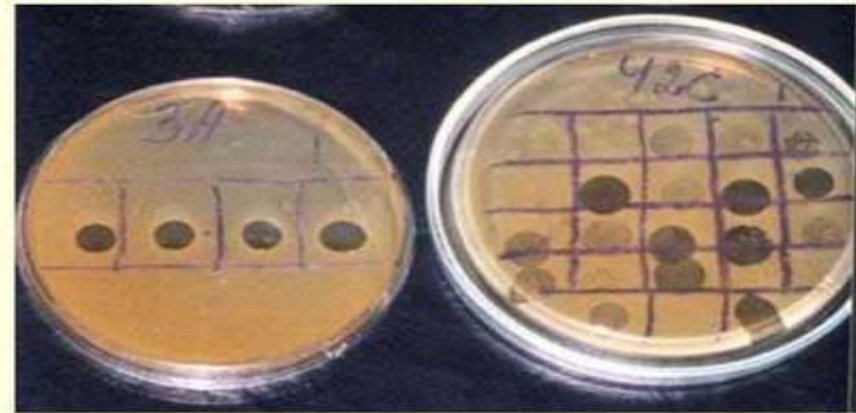
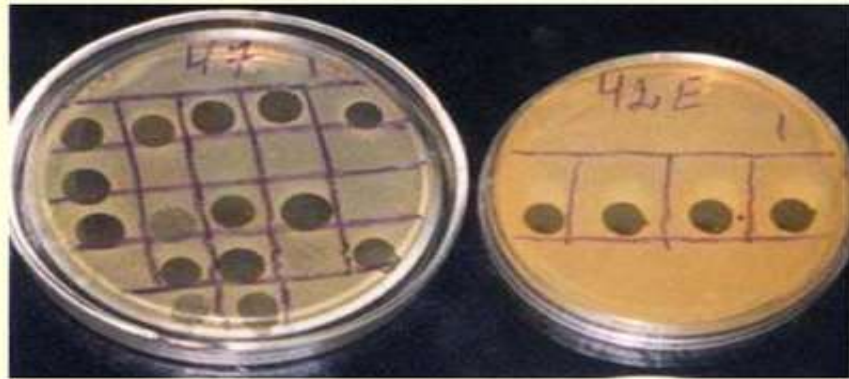
### Лизогенный



### Псевдолизогенный



Бактериофаги применяют для профилактики, лечения инфекций, в генной инженерии, а также для диагностики (например, для фаготипирования с целью выявления источника инфекции) и в генной инженерии.



### **Фаготипирование и титрование стафилококковых бактериофагов.**

На засеянные "газоном" стафилококки наносятся капли взвеси стафилококковых бактериофагов. Через сутки после инкубации в термостате видны стерильные зоны отсутствия роста бактерий (стерильные "бляшки") в результате размножения бактериофагов, вызывающих лизис этих бактерий.





**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ**