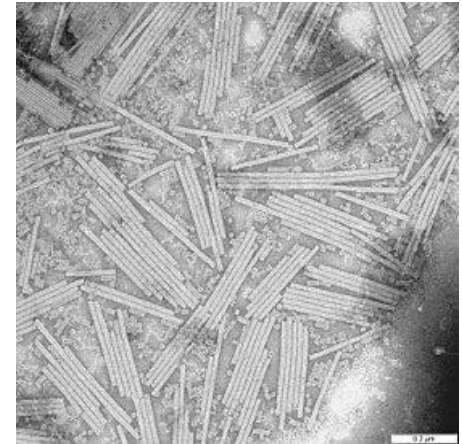


# Вирусы

# Немного

## ИСТОРИИ

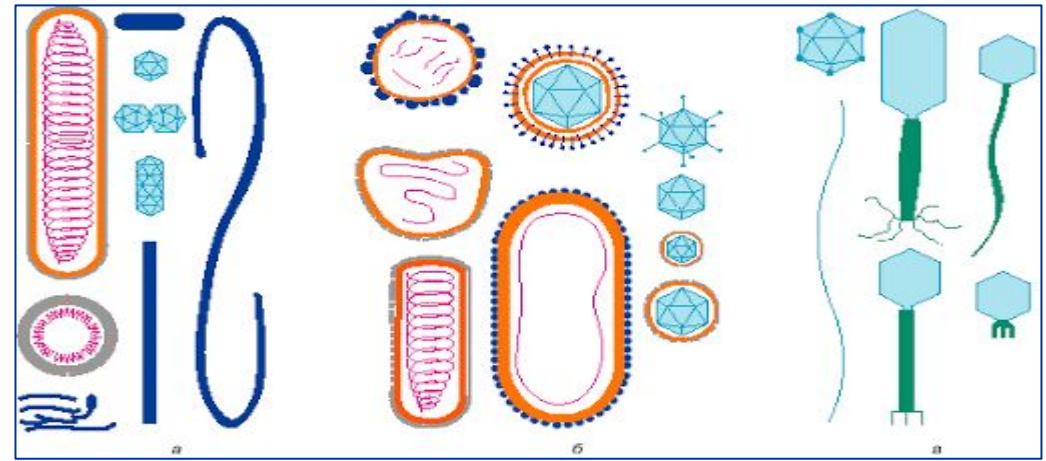
- **1892** г.: **Дмитрий Ивановский** опубликовал статью о неизвестном патогене небактериальной природы, который поражает листья табака и проходит через мельчайшие поры фильтра, непроницаемые для бактерий.
- **1898** г.: **Мартин Бейеринк** независимо от Ивановского провел те же эксперименты по фильтрации экстрактов из зараженных растений табака. В дальнейшем он показал, что патоген способен репродуцироваться и распространяться в клетках хозяина, но не может быть культивирован в питательной среде подобно бактериям.
- **1935** г.: **Уэнделл Стэнли** получил первый очищенный кристаллический препарат ВТМ из зараженного растения табака
- **1939** г.: появились первые электронные микрофотографии ВТМ



**ВТ**  
**М**

# Классификации вирусов

1. По группам организмов,  
клетки которых они заселяют



Вирусы  
растени  
й

Вирусы  
животных

Вирусы  
бактерий  
= фаги

2. По структуре  
генома

ДНК-

вирусы

оцДНК  
(ssDNA)

дцДНК  
(dsDNA)

РНК-

вирусы

оцРНК  
(ssRNA)

дцРНК  
(dsRNA)

+оцРНК  
К  
(ssRNA)

-  
оцРНК  
(ssRNA)

+оцРНК  
ретро-  
вирусы

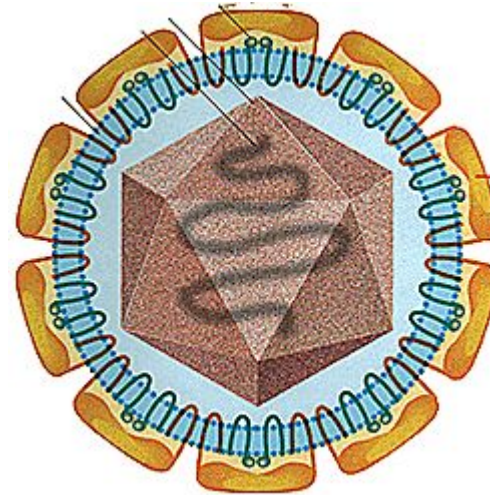
# Что собой представляют

— это **паразитические вирусные комплексы**.

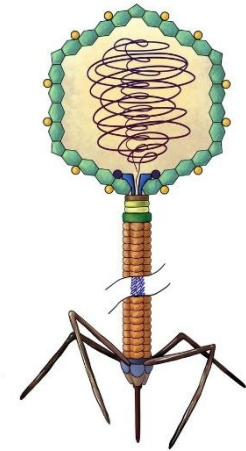
Наиболее простые вирусы имеют в своем составе одну или несколько молекул нуклеиновой кислоты: ДНК или РНК (но НЕ обе вместе) и оболочку из молекул белка – капсид. Более сложные вирусы поверх капсида покрыты липопротеиновой мембраной, сходной с мембранами клеток

С точки зрения молекулярной биологии, вирусы – это **репликаторы**, которые в современном мире способны реплицировать (размножать) свой геном **только внутри клеток**.

Чтобы лучше понять, как они это делают, нужно вспомнить некоторые «азы» процессов матричного синтеза, проходящих в клетке

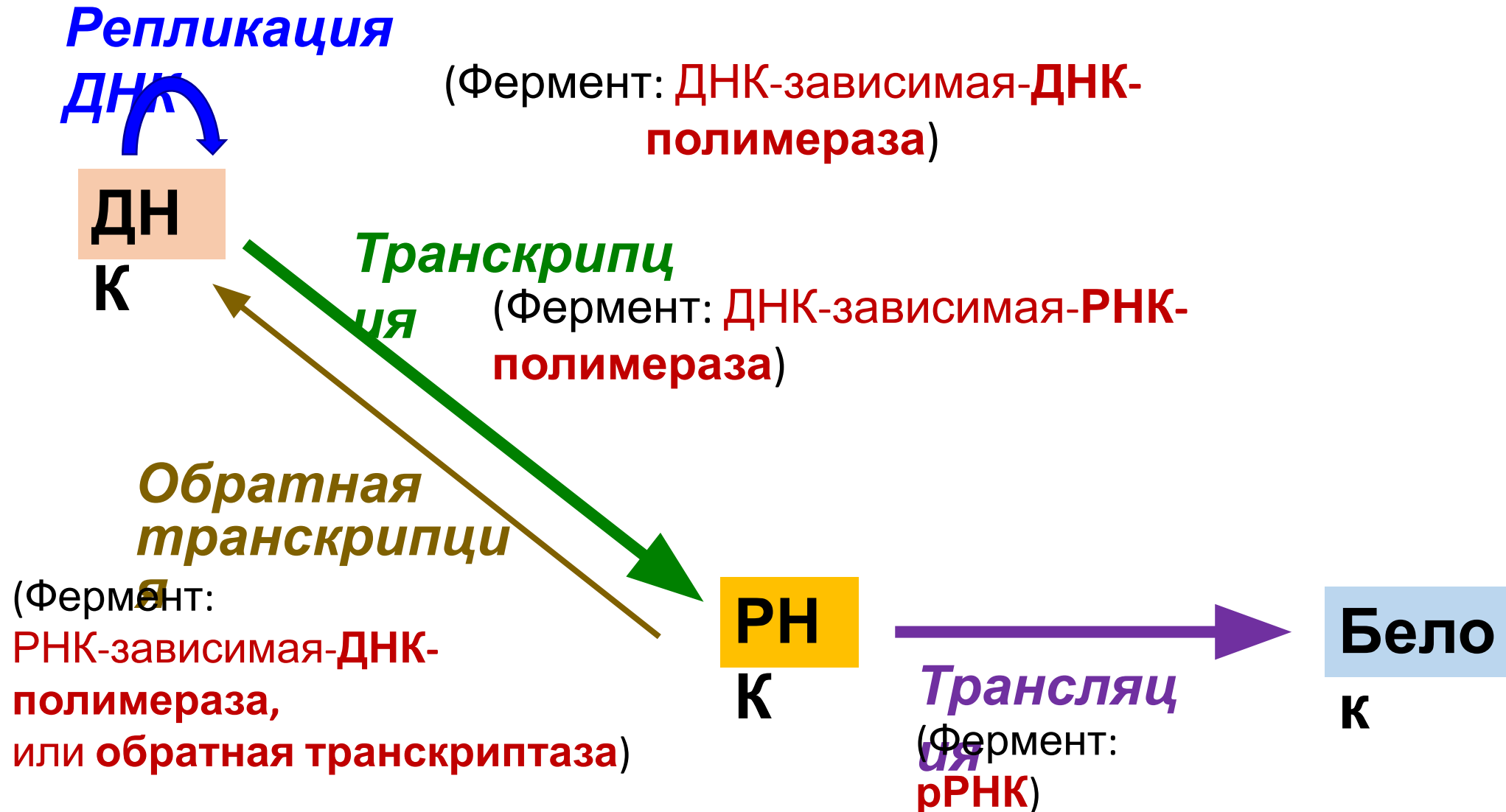


**Вирус  
клещевого  
энцефалита**



**Фаг  
лямбда**

# Передача генетической информации в клетке



# Передача генетической информации у вирусов

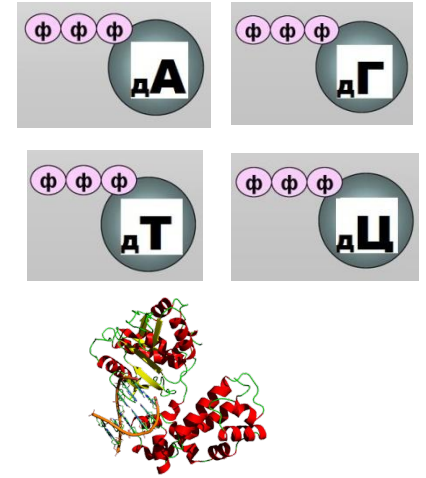


# Для размножения (репликации) ДНК, как и для синтеза РНК, необходимы:

- **Сырьё:** 4 вида нуклеотидов

- **Энергия:** нуклеотиды должны быть энергетически активированы (иметь на 5'-конце три фосфата с макроэргическими связями)

- **Катализаторы:** белки-ферменты, т.к. без них процесс идет крайне медленно



Живая **клетка** – это **специальная система, возникшая для создания условий репликации ДНК**. В ходе обмена веществ клетка производит **нуклеотиды**, добывает **энергию** и синтезирует **ферменты**. Всё это делается с помощью различных **белков**, строение которых закодировано в **генах** самой **молекулы-репликатора – ДНК**.

**По сути, клетки (и многоклеточные организмы) – это лишь аппараты, обслуживающие репликацию своей ДНК**

У вирусов, в отличие от клеток, нет ничего (или почти ничего), что могло бы обеспечить их размножение: ни сырья, ни энергии, ни (за редким исключением) необходимых ферментов. **Всё это вирусы получают из «приютившей» их клетки**

# Вирусы – живые существа или неживые саморазмножающиеся молекулы?

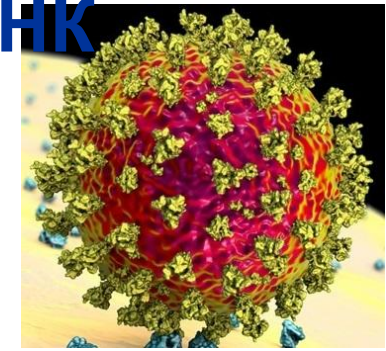
Чтобы ответить на этот вопрос, надо прежде всего определить, **какие системы мы относим к живым.**

Если считать живой систему, состоящую из биополимеров (белков и нуклеиновых кислот), способную к репликации своего генома и эволюционирующую путем мутаций и отбора – то вирусы, безусловно, живые.

Если же считать живыми только те системы, которые, наряду с перечисленным, **сами способны обеспечить** размножение своих геномов, добывая для этого вещества и энергию – то вирусы нельзя считать живыми существами. Как, например, мы не относим к живым системам молекулы ДНК или РНК, размножающиеся в пробирке



# Вирусы с РНК-геномами. Варианты: +оцРНК, -оцРНК, дцРНК



Вирусы с +оцРНК-геномами – примеры:  
полиовирус, вир. клещ. энцефалита,  
коронавирусы, ВТМ

## Общая схема размножения +оцРНК-вирусов

Проникнов. в  
клетку



**Фермент репликаза закодирован в геноме  
вируса**

Синтез фермента РНК-завис. РНК-полимеразы  
(репликазы)



**+оцРНК**  
**К**

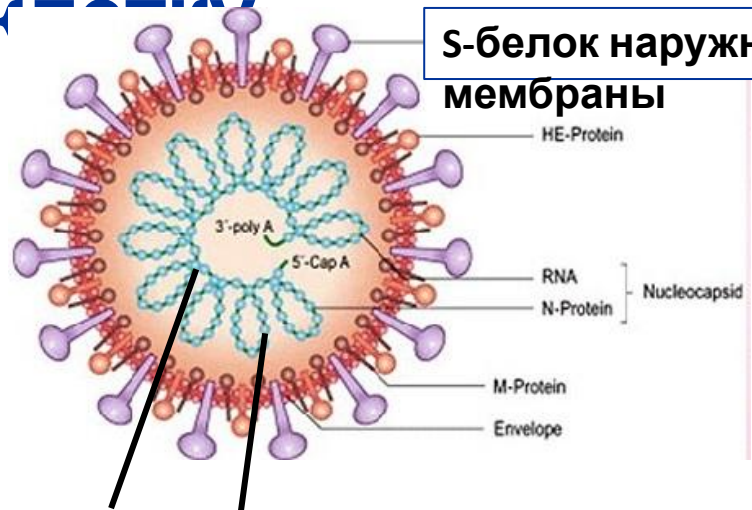
=  
**мРНК**

Репликация –РНК, а с неё обратно  
+РНК

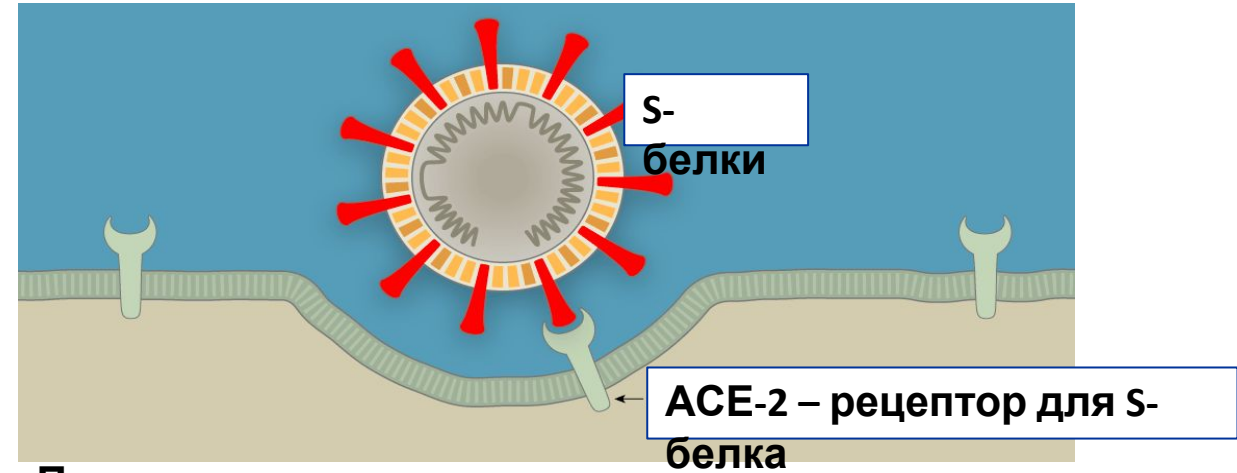
Параллельно – синтез вирусных белков для капсида и  
оболочки

# Коронавирусы: строение и проникновение в

клетку



оцРНК + N-белки =  
нуклеокапсид



Проникновение вируса в клетку путем рецептор-опосредованного эндоцитоза

**Наиболее значимые для человека коронавирусы (геномы (+)ssRNA):**

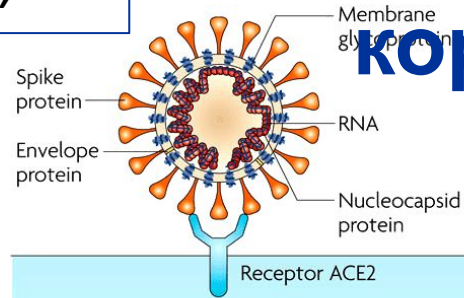
**SARS-CoV**, вызывающ. тяжелый острый респираторный синдром (*Severe acute respiratory syndrome*). Эпидемия 2002–2004

**MERS-CoV**, вызывающ. Ближневосточный респираторный синдром (*Middle East respiratory syndrome*). 2012-2015

**SARS-CoV-2** – сейчас. Вызывает COVID-19.

# Размножение коронавирусов

1. Адгезия на клет. мембране с помощью S-белка «короны»



2. Проникновение вируса в клетку (эндоцитоз)

3. Выход мРНК из капсида

4. Трансляция длинного вирусного белка на рибосомах клетки по мРНК

5. Разрезание (протеолиз) длинного белка. Один из кусочков – репликаза

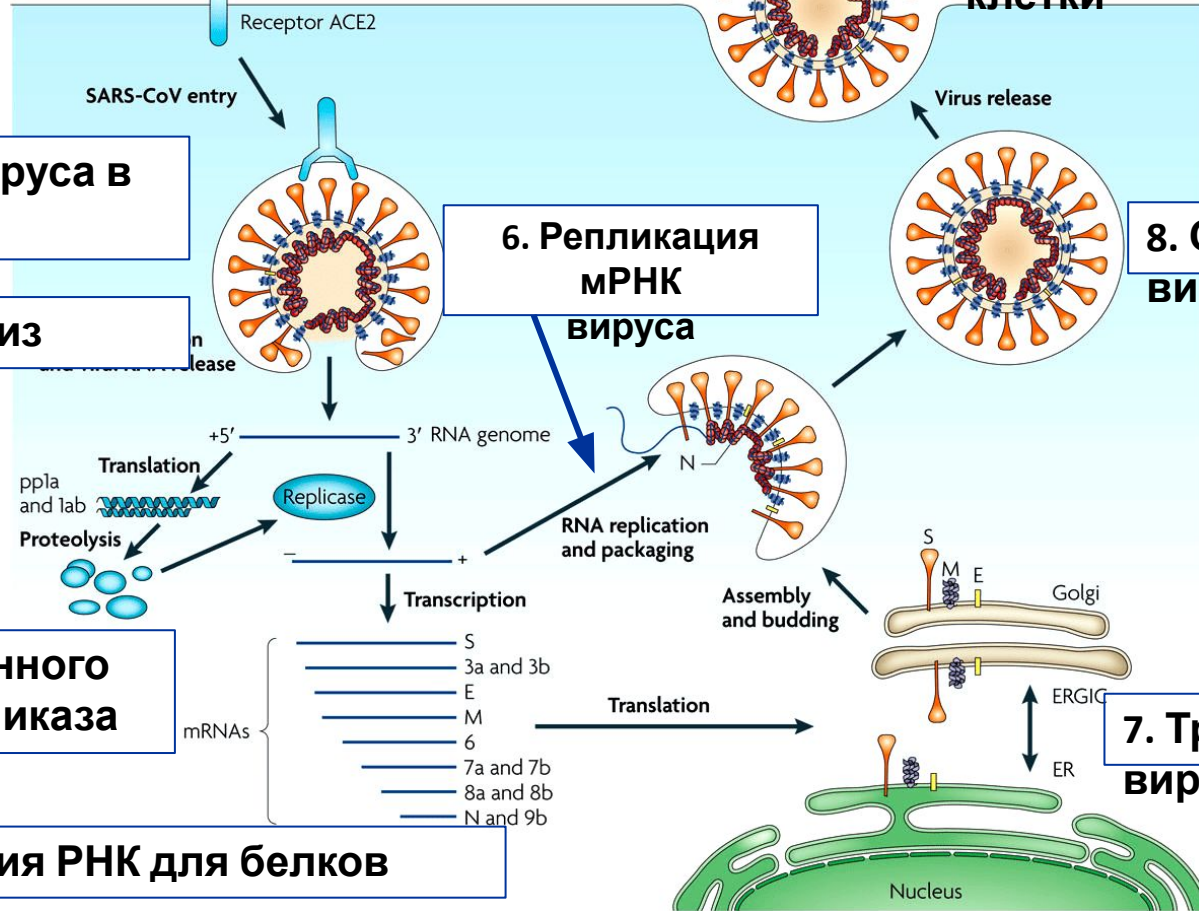
6. Транскрипция РНК для белков капсида

6. Репликация мРНК вируса

9. Выход из клетки

8. Сборка новых вирионов

7. Трансляция белков вируса



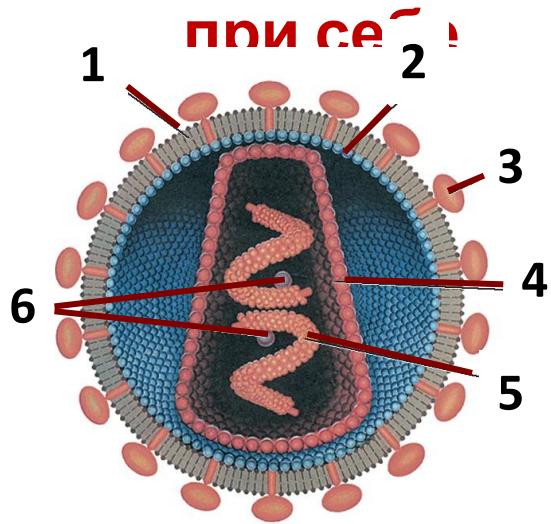
# Вирусы с РНК-геномами, вариант +оцРНК- ретровирусы

Пример:  
ВИЧ

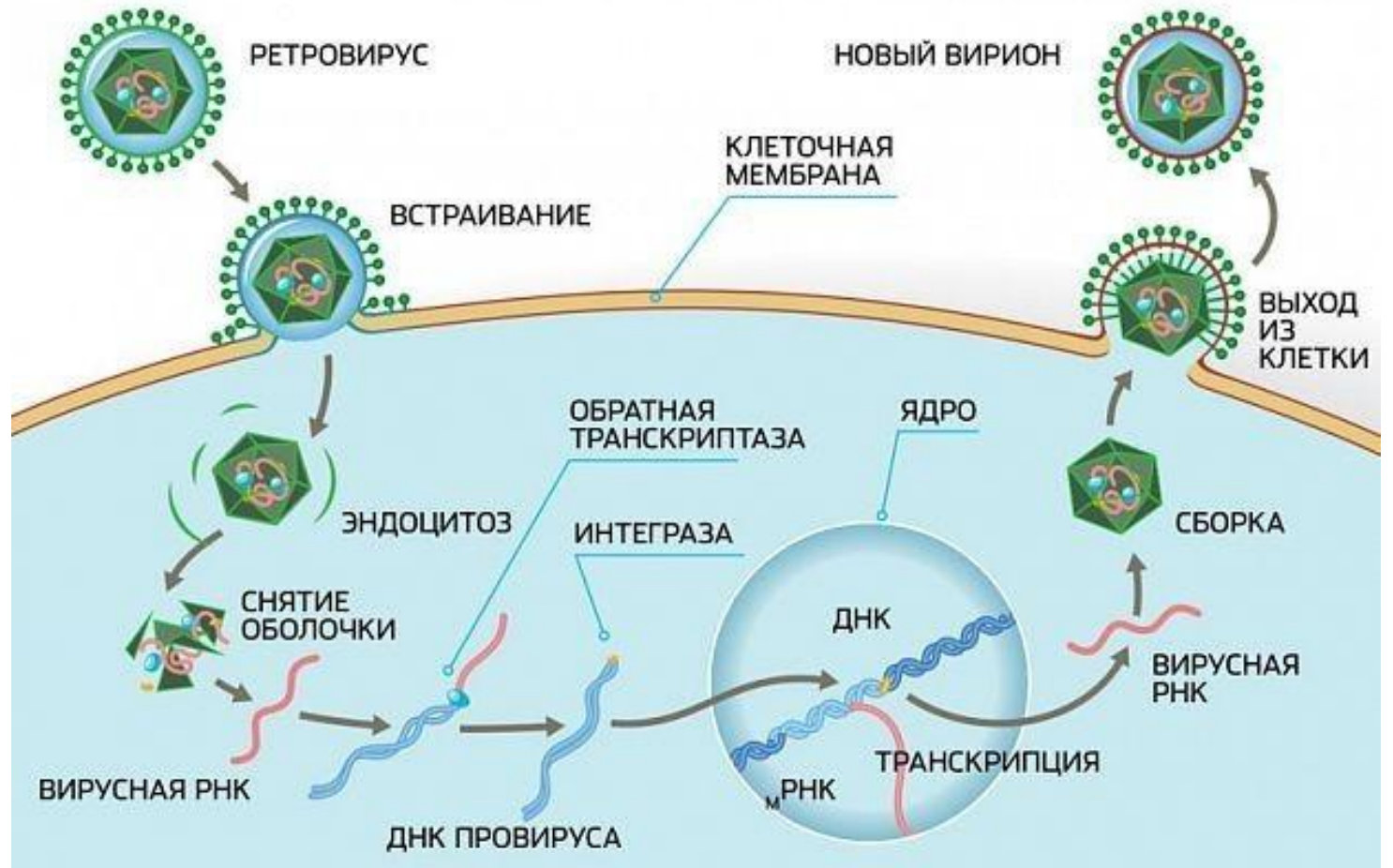
Схема размножения включает обратную

Фермент обратную транскриптазу вирус уже имеет при себе!

транскрипцию



- 1 – липопротеиновая оболочка; 2 – белковый матрикс;
- 3 – гликопротеин;
- 4 – капсид;
- 5 – молекула РНК, окружённая нуклеокапсидным белком;
- 6 – обратная транскриптаза

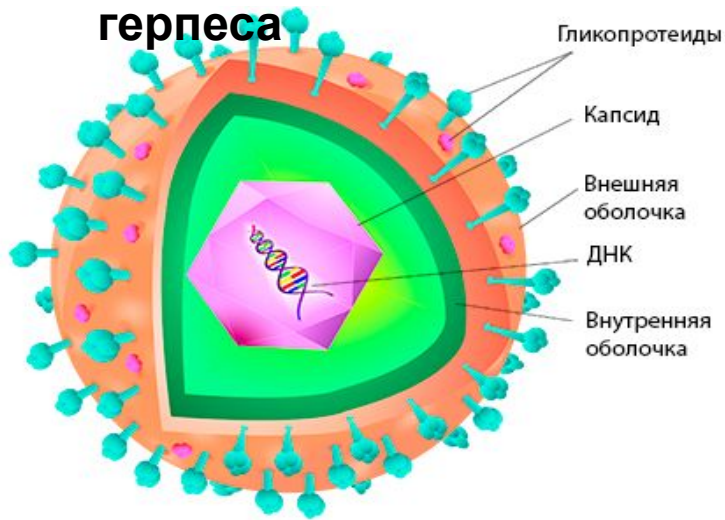


# Вирусы с геномом

ДНК

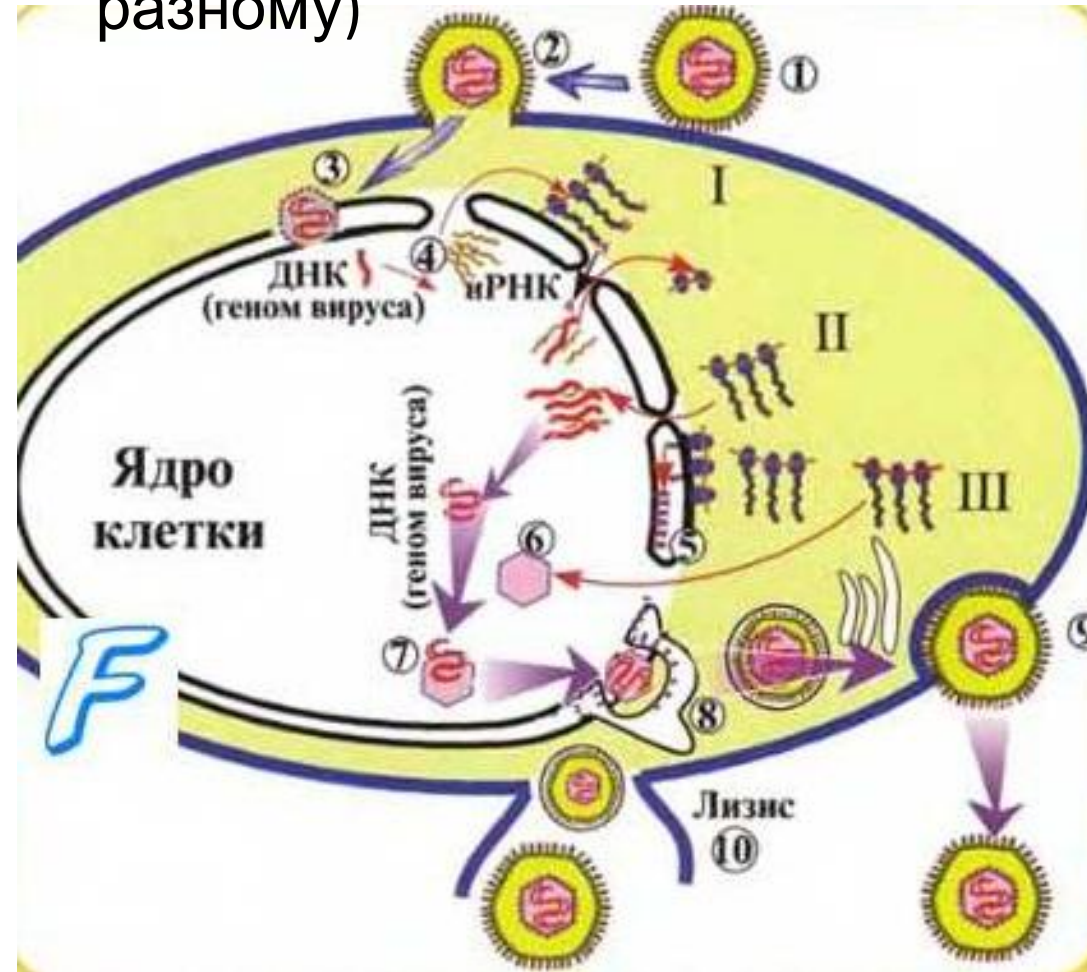
Примеры: вирус герпеса,  
оспы

Строение вируса  
герпеса

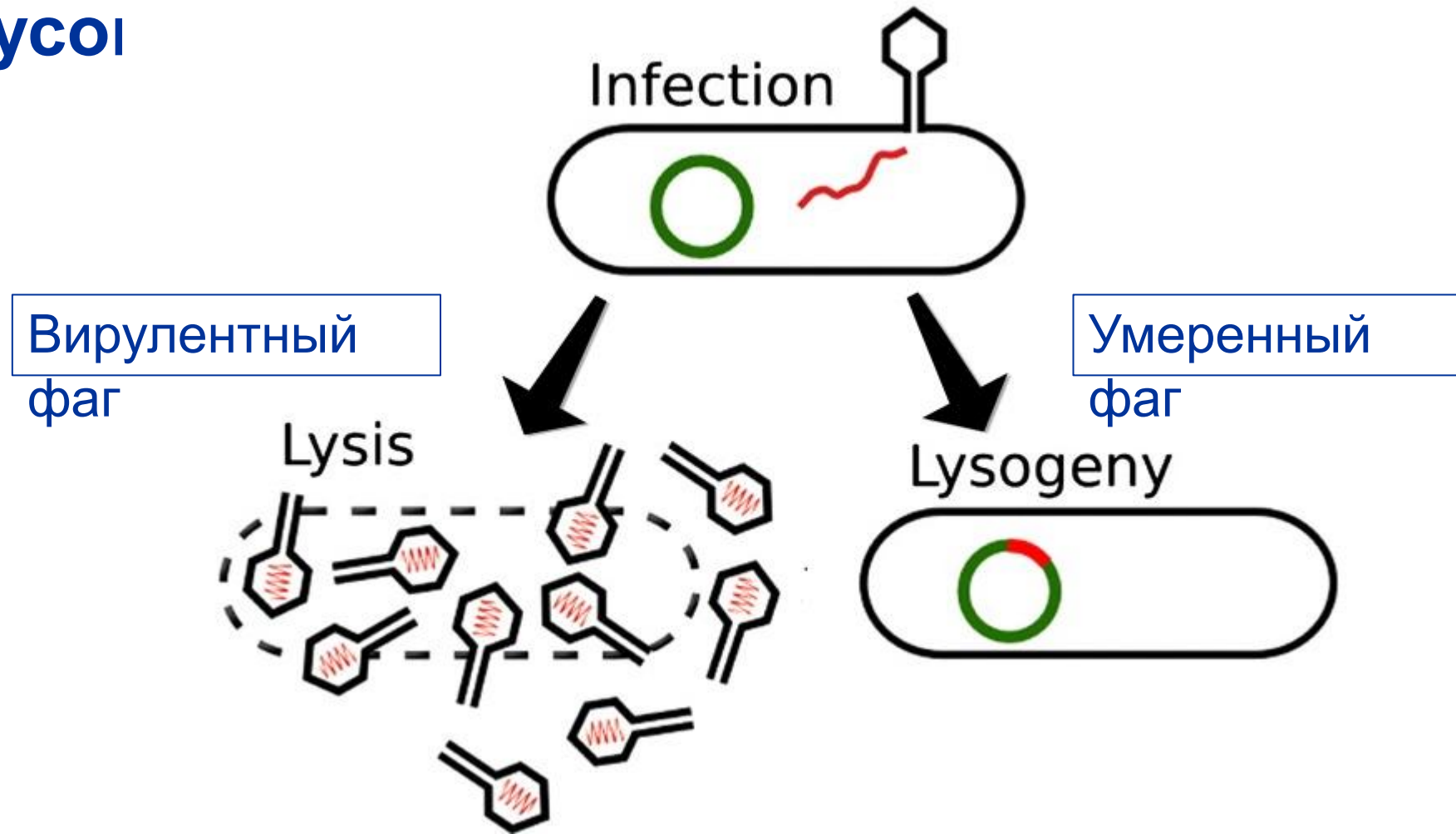


Особенности цикла размножения:

- У эукариот происходит в ядре клетки
- **Фермент – ДНК-полимераза**; используется либо клеточная, либо вирусная (у разных по-разному)



# Литический и лизогенный циклы существования вирусов



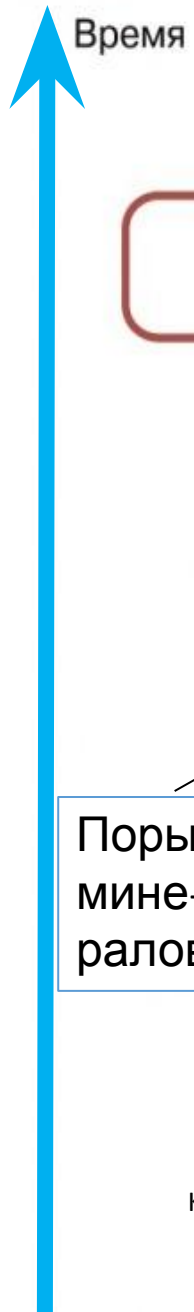
Аналогичные типы стратегий размножения встречаются не только у фагов, но и у вирусов высших организмов

# Происхождение

## Виробовые гипотезы:

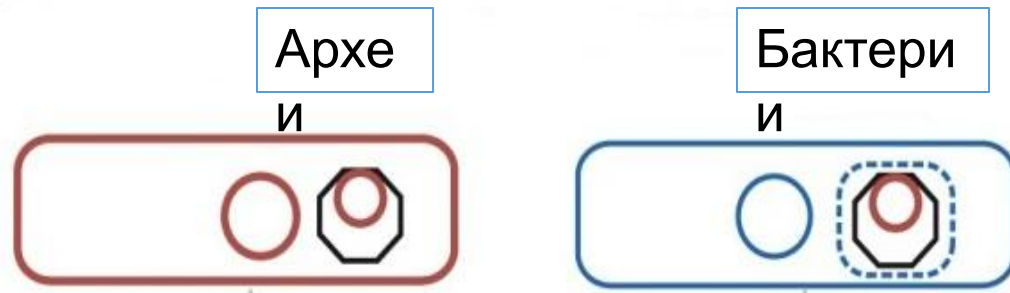
- **Клеточное** происхождение: вирусы – это «сбежавшие гены», которые «выпали» из клеточного генома и переключились на паразитический образ жизни
- **Регрессивная** гипотеза: вирусы – это дегенерировавшие одноклеточные паразиты
- Гипотеза **доклеточного происхождения**: вирусы возникли еще в РНК-мире, до появления клеток, и именно они впервые «ввели в употребление» ДНК-геном вместо РНК

Разработка гипотезы о «мире РНК», открытие новых форм вирусов и успехи в геномике делают наименее популярную в прошлом гипотезу **доклеточного происхождения все более весомой**. И то, что некоторые вирусные белки не обнаруживают гомологии с белками бактерий, архей и эукариот, свидетельствует об очень давнем обособлении этой группы



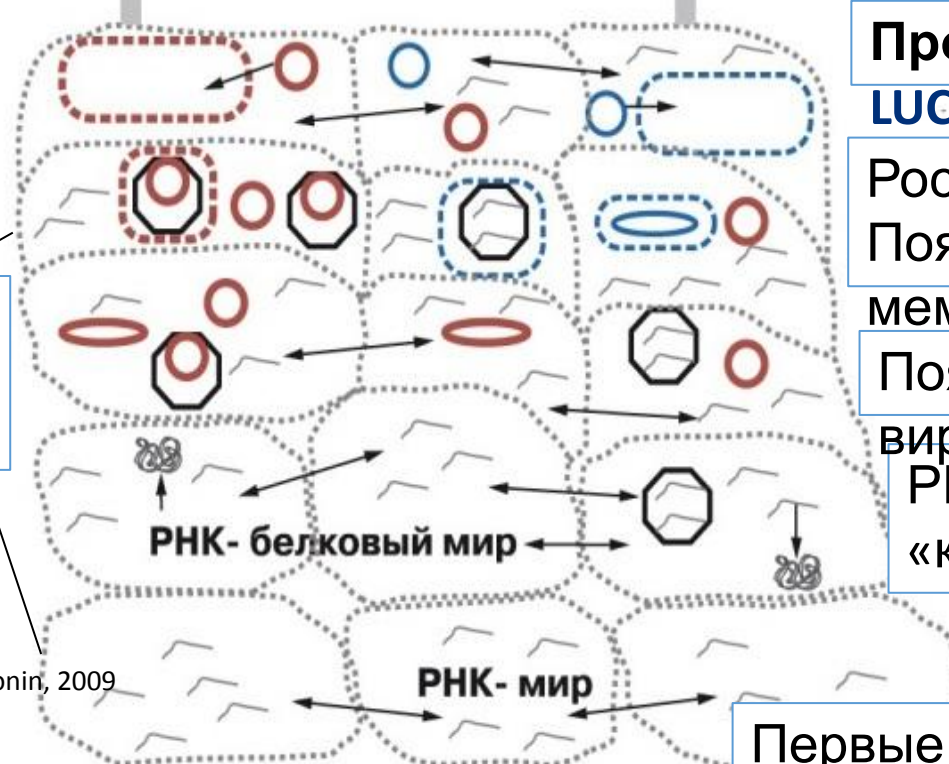
# Гипотеза «Вирусного мира», перехода к ДНК и происхождения первых клеток

(Koonin, 2009)



Поры  
минералов

Koonin, 2009



Протоклетки с мембранами –  
**LUCA**

Рост разнообразия вирусов.  
Появление вирусов с  
мембранами

Появление ДНК-  
вирусов

РНК-вирусы и  
«кооперация эгоистов»

Первые генетические  
элементы