

Тема занятия: Проведение вирусологических методов исследования

1. Организация работы вирусологической лаборатории.
2. Методы вирусологических исследований.
3. Свойства бактериофагов, применение в медицине

- Камышева К.С. Основы микробиологии и иммунологии Уч. пособие. «Феникс», 2015 г. с.252-259

Устройство вирусологической лаборатории.

- Для организации диагностической лаборатории используют изолированный отсек, состоящий не менее чем из 5-6 комнат.

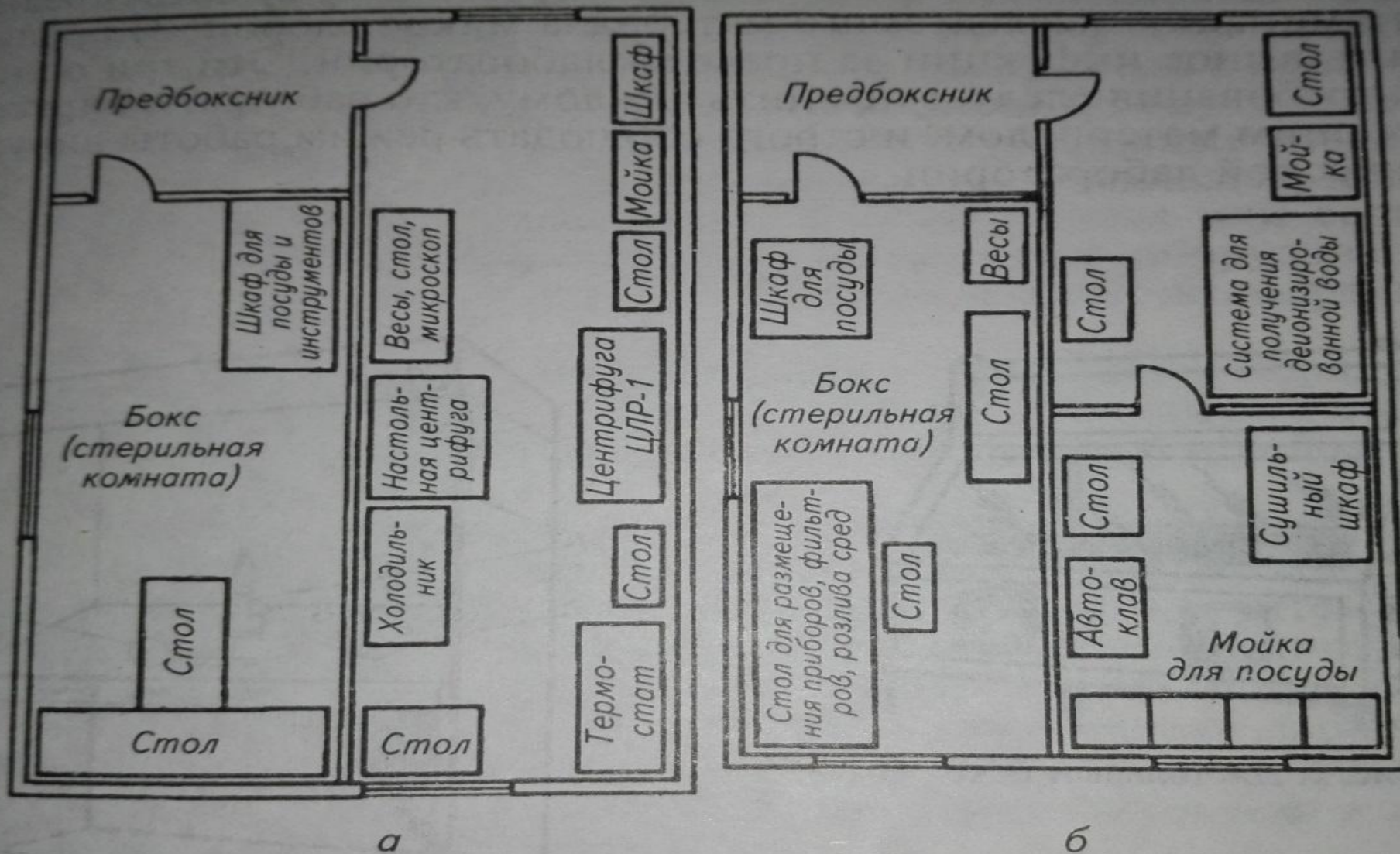


Рис. 1. Схема размещения оборудования:

а — для работы с культурами клеток; *б* — для изготовления сред и растворов для культур клеток

- Под лабораторию отводят светлое помещение.
- Комнаты для работы с вирусным материалом должны быть хорошо освещены и состоять из предбоксы и бокса, разделенных стеклянной перегородкой с дверьми.
- В боксах размещают только столы, стулья и принадлежности для работы.
- Поверхность столов покрывают нержавеющей сталью, пластиком или стеклом, а над рабочей поверхностью устанавливают бактерицидные лампы.

- У входа в бокс кладут резиновый губчатый дезковрик, пропитанный дезраствором.
- В предбокснике лежат стерильная одежда и оборудование, соответствующее назначению бокса.
- Лабораторию обеспечивают холодной и горячей водой и вентиляцией с подачей стерильного воздуха.

- Для регистрации поступающего патматериала предназначена **приемная**, где размещают несколько столов, обитых оцинкованной жестью, и емкости с дезрастворами (3% хлорамина, натрия гидроксида или 5% фенола).
- В комнате для предварительной обработки материала (**вскрывочной**) вскрывают трупы и отбирают материал для дальнейшего исследования.

- Комнаты-боксы оборудуют в зависимости от назначения.
- В автоклавной стерилизуют посуду, питательные среды, аппаратуру, питательные среды и обезвреживают инфекционный материал. Необходимо иметь два автоклава: для чистых материалов и для инфицированных.
- Моечная предназначена для мытья посуды, аппаратуры и приборов.

- Виварий должен иметь карантинное отделение, комнаты для здоровых и экспериментальных животных и подсобные помещения.
- Для вирусологической лаборатории любого типа обязательной частью лаборатории является настольный бокс или лучше бокс с ламинарной подачей воздуха.

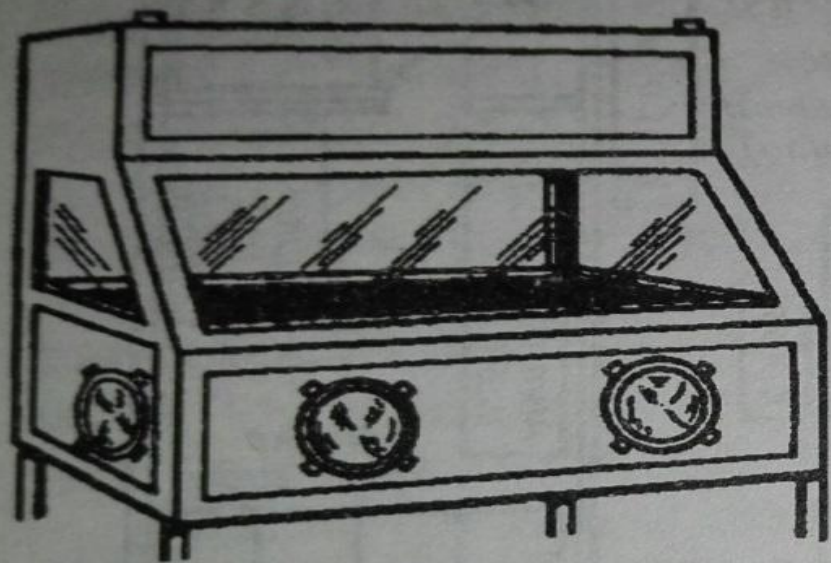


Рис. 2. Настольный бокс

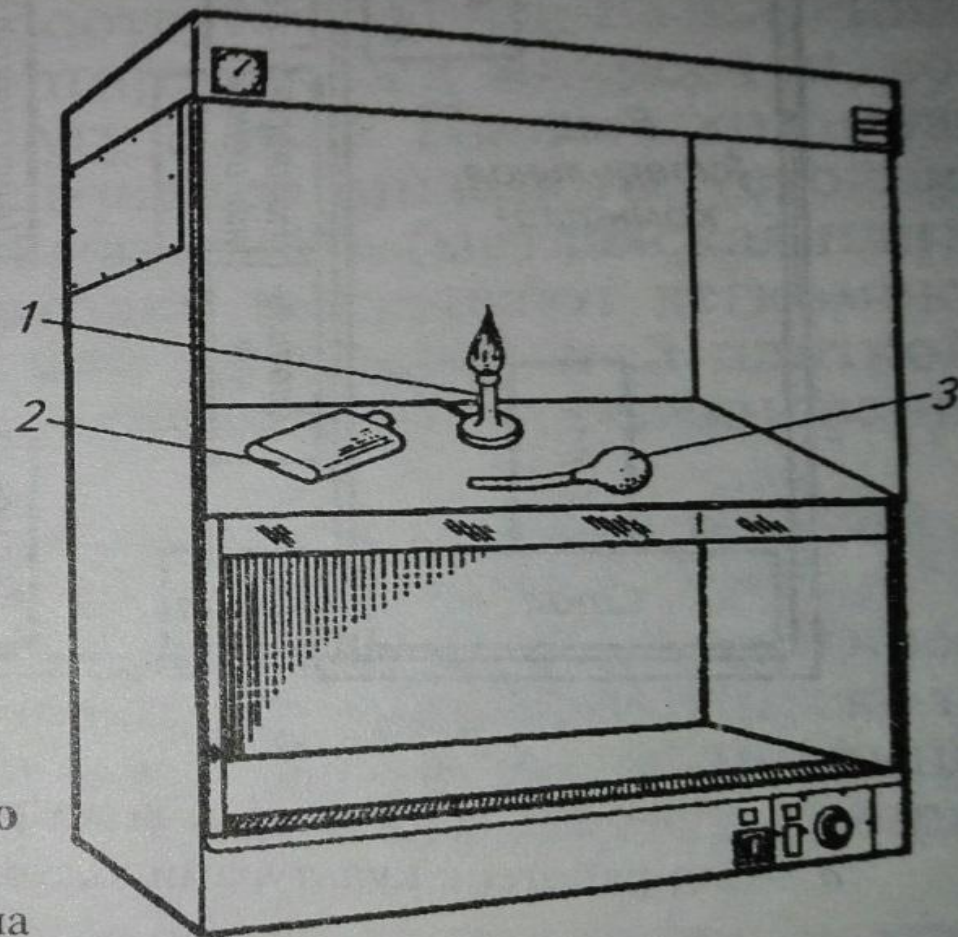


Рис. 3. Бокс с ламинарной подачей стерильного воздуха:

1 — газовая горелка; 2 — матрас; 3 — резиновая груша

- **ТРЕБОВАНИЯ К СБОРУ, ХРАНЕНИЮ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ МАТЕРИАЛА ДЛЯ ВИРУСОЛОГИЧЕСКИХ И СЕРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**
- Результаты вирусологических и серологических исследований в значительной степени зависят от правильного сбора, хранения и транспортировки проб в лабораторию.
- Сбор, хранение и транспортировка материала:
- При необходимости берут **мазки из зева и носа** обычными сухими стерильными тампонами, которыми пользуются для проведения исследования на дифтерию (не позже 5 дней от момента заболевания). Один тампон вводится сначала в одну ноздрю, вдоль носовой перегородки, а затем в другую. Тампон из носа удаляется не сразу, он должен впитать носовое отделяемое. Другим тампоном берется мазок с задней стенки глотки и миндалин. Мазки из зева рекомендуется делать до еды или через 2 часа после приема пищи. Оба тампона помещают в одну пробирку. В день взятия материал доставляется в лабораторию либо подвергается

- **Забор ликвора** для вирусологического исследования берется в стационаре одновременно со взятием его с лечебной целью или для проведения исследования в клинической или бактериологической лаборатории. Спинномозговая жидкость берется стерильно в количестве 2 - 3 мл в сухую стерильную пробирку.

- Для диагностического исследования необходимо две пробы крови больного (по 1 мл), 1 проба должна быть взята в день постановки первичного диагноза, 2 проба - через 2 - 3 недели после первой.
- **Забор крови** для серологического исследования на определение антител проводится в количестве 1 мл.
- Кровь забирается из пальца. Палец обрабатывают спиртом и прокалывают специальной стерильной иглой мякоть концевой фаланги. Прокол делают немного дальше от средней линии, ближе к боковой поверхности пальца (место прохождения более крупных сосудов пальца).

- Выступающие на месте прокола капли собирают краем чистой, стерильной, сухой пробирки так, чтобы они постепенно стекали на дно.
- Рекомендуется слегка массировать боковые стороны пальца по направлению от основания его к ногтевой фаланге.
- В холодное время года перед взятием крови необходимо прогреть кисть руки в теплой воде.
- На пробирки наклеивают этикетки и с направлением доставляют в вирусологическую лабораторию в день забора. На этикетке, кроме фамилии и имени, указывается, какая порция крови взята (1-я или 2-я).

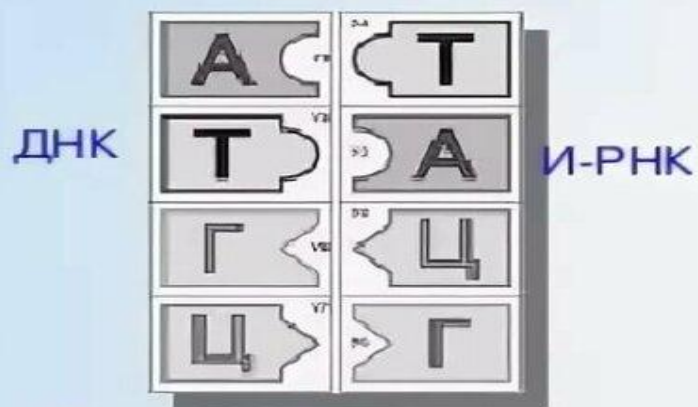
- В сопроводительном документе (направлении) к материалу, собранному для серологического исследования в вирусологическую лабораторию, необходимо указать:
- 1. Название учреждения, которое направляет материал на исследования, и телефон.
- 2. Фамилию и имя (больного) обследуемого.
- 3. Возраст.
- 4. Дату заболевания, контакта с больным.
- 5. Предполагаемый диагноз или повод к обследованию (у больного: кратко клинические данные).
- 6. Наличие или отсутствие прививок против кори, краснухи или эпидемического паротита.
- 7. Дату и подпись медицинского лица.

- **Вирусологические методы исследования** — методы изучения биологии вирусов и их идентификации.
- В вирусологии широко используются **методы молекулярной биологии**, с помощью которых удалось установить молекулярную структуру вирусных частиц, способы проникновения их в клетку и особенности репродукции вирусов, первичной структуры вирусных нуклеиновых кислот и белков.

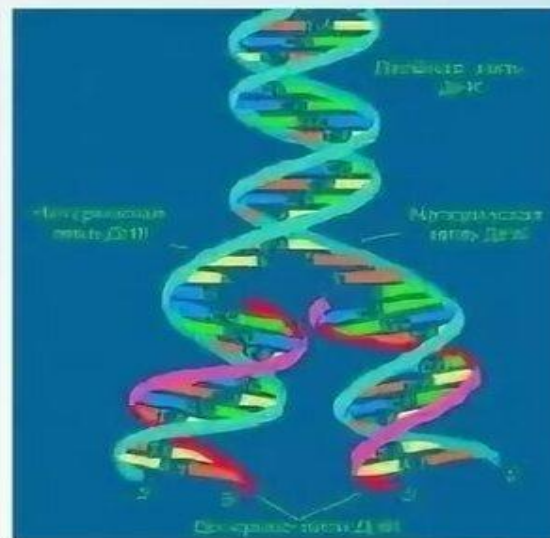
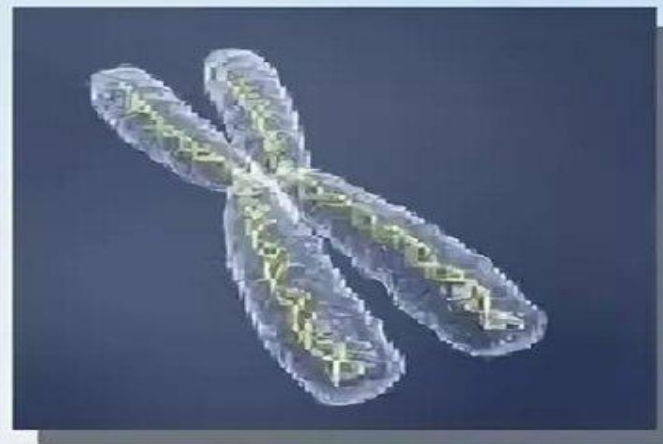
- Развиваются методы определения последовательности составляющих элементов вирусных нуклеиновых кислот и аминокислот белка.
- Появляется возможность связать функции нуклеиновых кислот и кодируемых ими белков с последовательностью нуклеотидов и установить причины внутриклеточных процессов, играющих важную роль в патогенезе вирусной инфекции.

Функции ДНК

- Хранение наследственной информации о первичной структуре белковой молекулы
- Синтез молекул РНК



- Передача наследственной информации из поколения в поколение благодаря редупликации



*** В природе встречаются 2 вида
нуклеиновых кислот: ДНК и РНК**

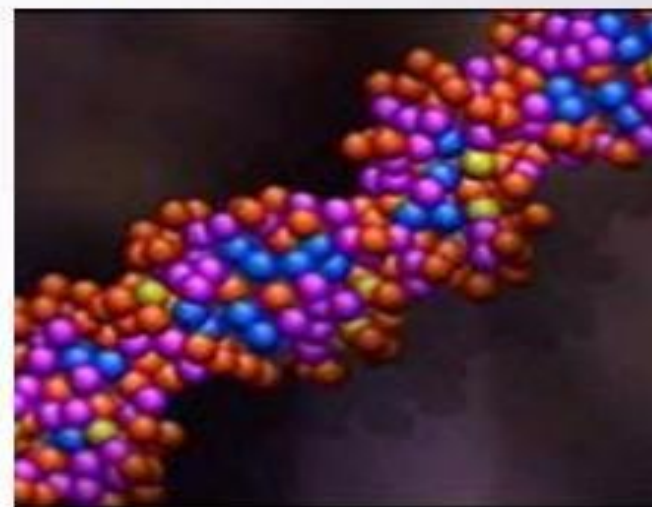
В прокариотических и эукариотических организмах генетические функции выполняют оба типа нуклеиновых кислот.

Вирусы всегда содержат либо

РНК

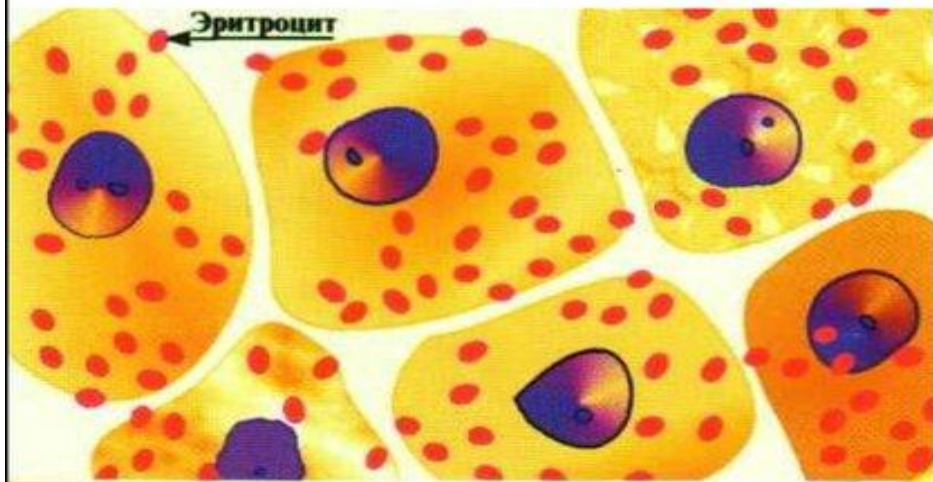
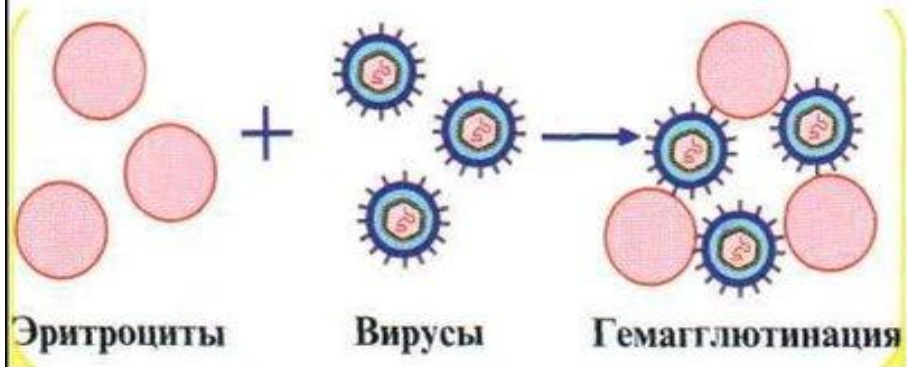
либо

ДНК



- Вирусологические методы исследования основаны также на иммунологических процессах (взаимодействие антигена с антителами), биологических свойствах вируса (способность к гемагглютинации, гемолизу, ферментативная активность), особенностях взаимодействия вируса с клеткой-хозяином (характер цитопатического эффекта, образование внутриклеточных включений и т.д.).

Индикация вирусов

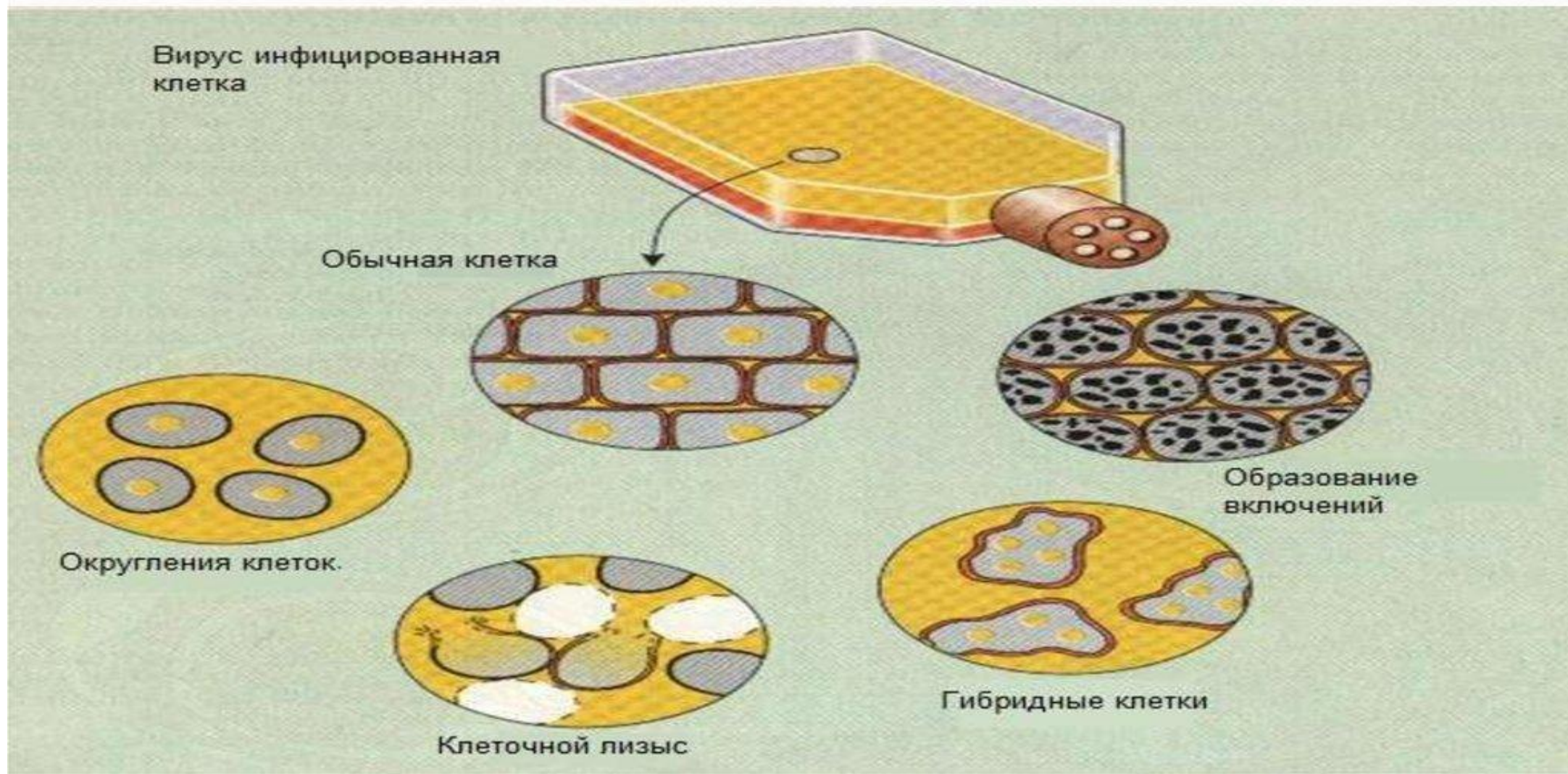


Реакция гемагглютинации основана на способности некоторых вирусов вызывать агглютинацию (склеивание) эритроцитов за счет вирусных гликопротеиновых шипов — гемагглютининов.

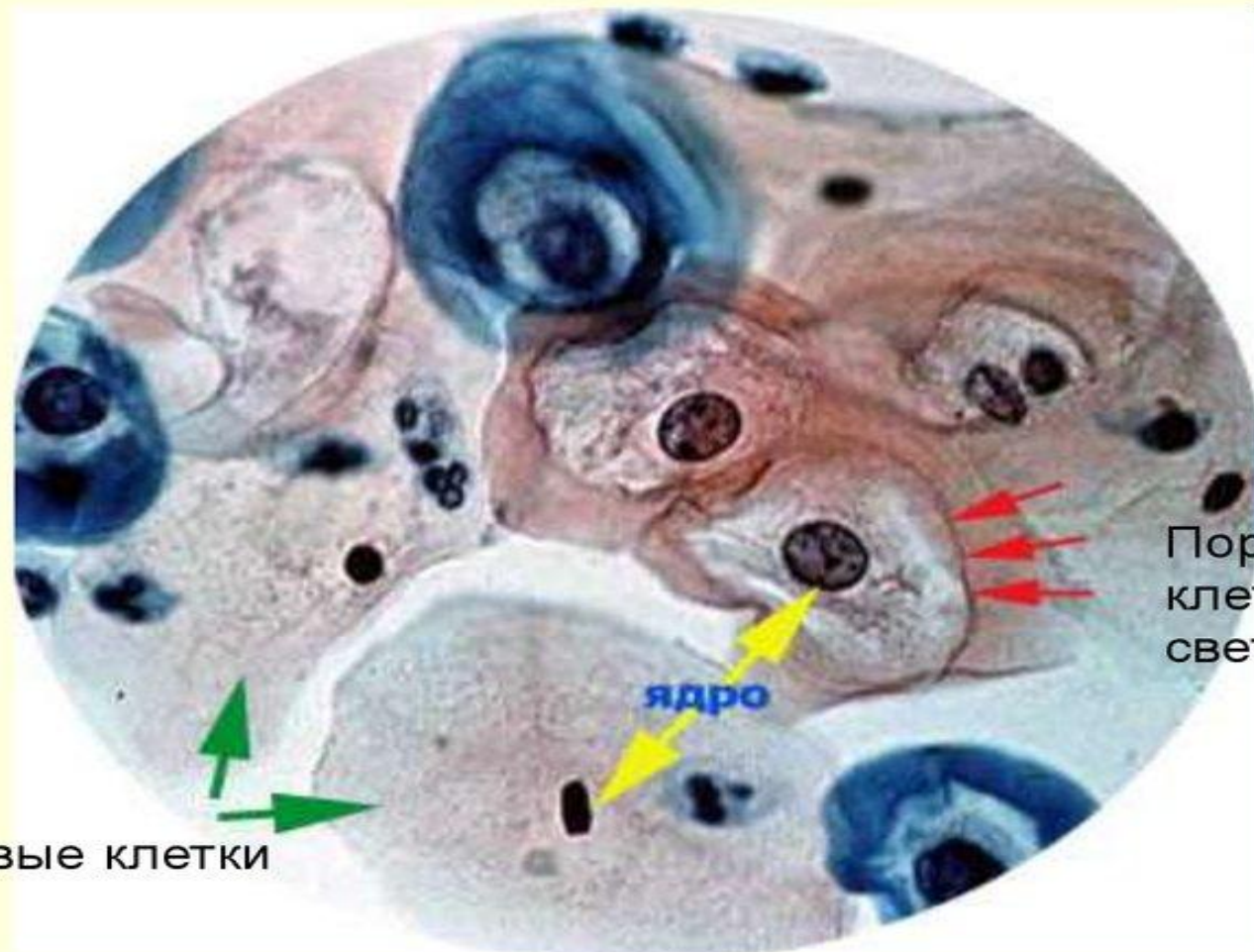
- Цитопатический эффект (ЦПЭ). Многие, но отнюдь не все вирусы убивают клетки, в которых они размножаются, и по мере того как вновь образующиеся вирионы захватывают все большее число клеток, в клетках инфицированного монослоя постепенно накапливаются изменения, которые можно выявить с помощью гистологических методик.
- Эти изменения называют цитопатическими эффектами (ЦПЭ), а вызывающие их вирусы — цитопатогенными.

Индикация вирусов

1. Цитопатическое действие (ЦПД)



Цитопатическое действие вируса папилломы человека



Здоровые клетки

ядро

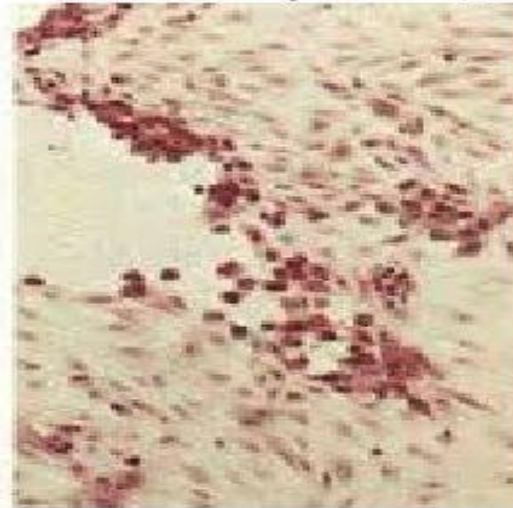
Пораженные вирусом
клетки с характерным
светлым ободком

Цитопатическое действие

- возникновение в клетках видимых морфологических дегенеративных изменений (литическая инфекция)



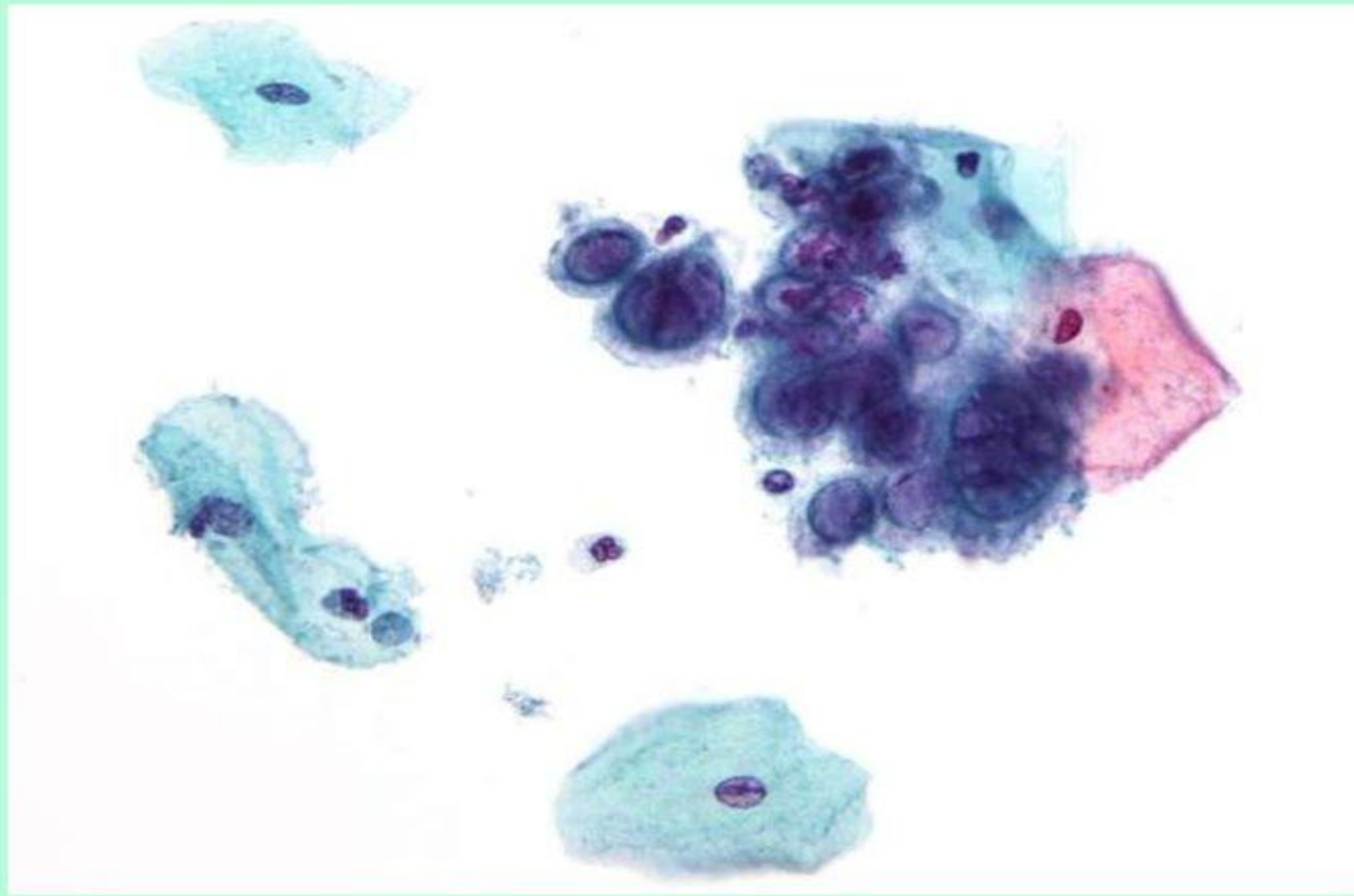
Нормальные клетки



ЦПД

Микроскопия препаратов с чистой культурой ткани и с культурой ткани с цитопатическим действием вируса полиомиелита (вакцинный штамм).

Цитопатическое действие вируса простого герпеса



ТИПЫ ВИРУСНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ



ВИРУС ОСПЫ



ВИРУС ГЕРПЕСА



АДЕНОВИРУС



ПАПОВАВИРУС SV40



РЕОВИРУС



ВИРУС БЕШЕНСТВА



ВИРУС ГРИППА



ВИРУС КОРИ

- В большинстве случаев ЦПЭ можно наблюдать в нефиксированных, неокрашенных культурах при малом увеличении микроскопа.
- ЦПЭ имеет важное значение при диагностике и выделении вирусов от больных людей или зараженных животных. Некоторые вирусы охотно размножаются в клеточных культурах при первичном выделении.

- Время появления первых отчетливых цитопатических изменений зависит отчасти от числа вирионов, которое содержала проба, однако в гораздо большей степени оно определяется скоростью размножения изучаемого вируса.
- Например, энтеровирусы и вирус простого герпеса, характеризующиеся коротким латентным периодом и дающие высокий урожай, обычно вызывают различимый ЦПЭ через 24—48 ч и полностью разрушают монослой примерно через 3 дня.

- Однако цитомегаловирусы, вирус краснухи и некоторые медленно растущие аденовирусы не вызывают ЦПЭ в течение нескольких недель. Поскольку за это время культуры клеток подвергаются неспецифической дегенерации, инфицированные клетки и культуральную среду необходимо перенести на свежий монослой.

- После такого «слепого пассажа» часто проявляется ЦПЭ, что может быть связано с увеличением титра вируса или отбором варианта, лучше адаптированного к данной культуре клеток.
- Внутриклеточные включения формируются в заражённых вирусом клетках — это места синтеза и сборки вирусных структур.
- Они являются продуктами взаимодействия вируса и клетки. Внутриклеточные включения могут быть в цитоплазме и в ядрах зараженных вирусом клетках.

Индикация вирусов

Тельца Гварниери



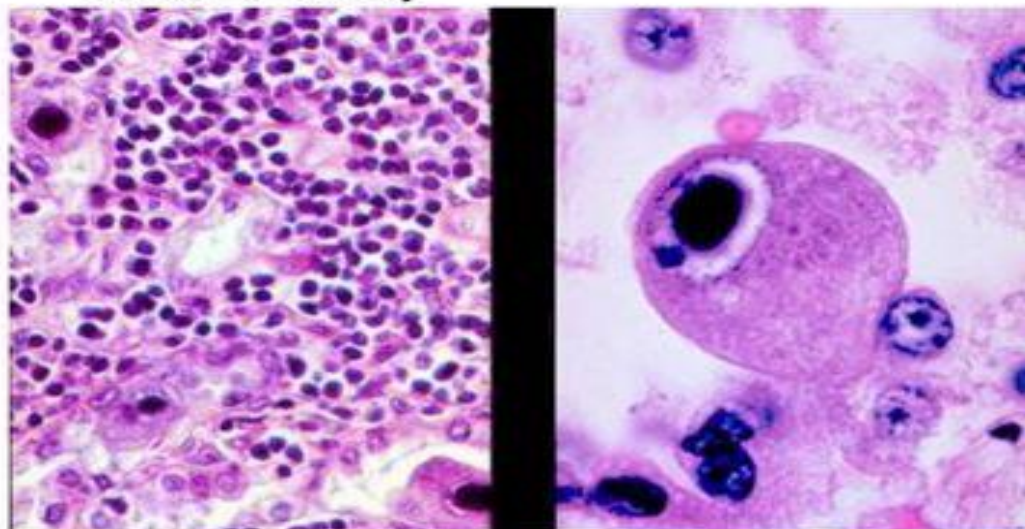
Включения - скопление вирионов или отдельных их компонентов в цитоплазме или ядре клеток, выявляемые под микроскопом при специальном окрашивании. Вирус натуральной оспы образует цитоплазматические включения - **тельца Гварниери**;

Цитомегаловирус (ЦМВ)

ВГЧ5.

- Гигантские или цитомегалические клетки размером 25-40 мкм с крупными внутриядерными включениями, ограниченными от ядерной мембраны бледным, не воспринимающим окраску ободком (совиный глаз).
- Медленная репликация.
- Низкая патогенность.
- Инфицирование ЦМВ распространено повсеместно, но редко проявляется клинически.

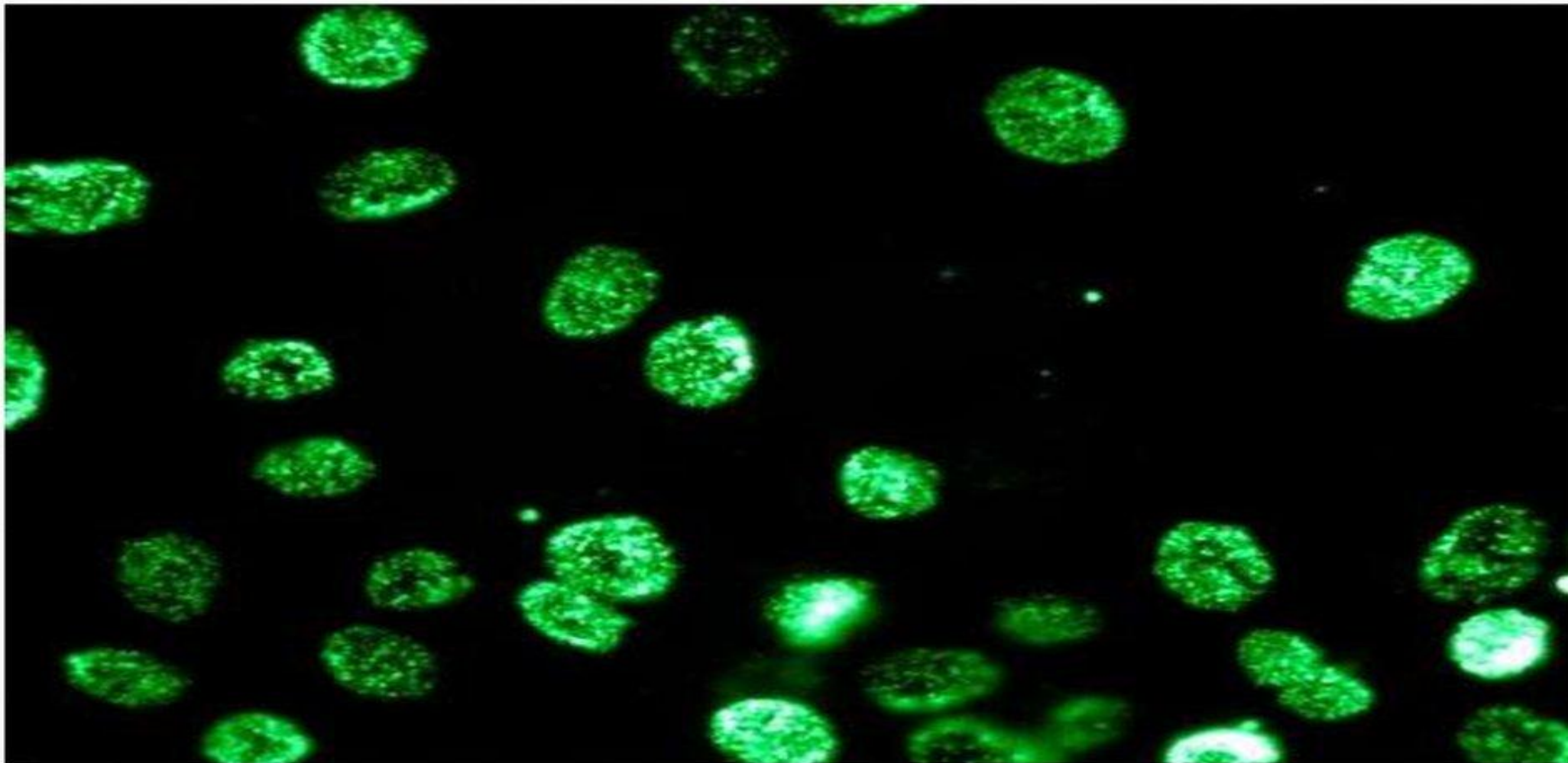
(cytos клетка + megas большой)



- По форме включения могут быть округлыми, кристаллоподобными, в виде тяжей и т.п.
- Для идентификации внутриклеточных включений (принадлежности к тому или другому вирусу) часто используют различные серологические реакции (РИФ, ИФА, РИА, ПЦР, метод молекулярной гибридизации, метод иммуноэлектронной микроскопии и др.).

- **Реакция иммунофлюоресценции (РИФ)** — это метод, с помощью которого можно выявить антитела к известным антигенам. Метод основан на микроскопии окрашенных специальным образом мазков и других образцов тканей. Применяется в основном для обнаружения возбудителей инфекций мочеполовых путей, таких как хламидии, микоплазмы, трихомонады, гонококки, вирус герпеса и пр.

Реакция иммунофлюоресценции



РЕАКЦИЯ ИММУНОФЛЮОРЕСЦЕНЦИИ (РИФ)

АГ + АТ + электролит =
светящийся в УФ - лучах
комплекс: микроорганизм +
сыворотка, меченная
флюорохромом.

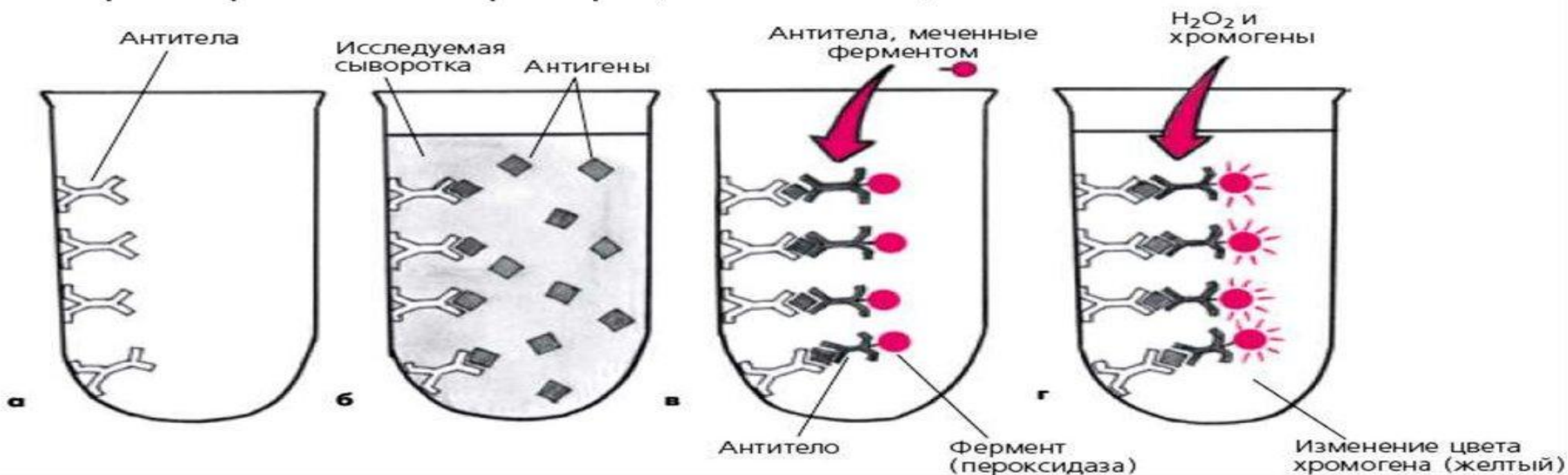
Краситель изотиоционат
флюоресциина (ФИТЦ),
люминесцентный микроскоп.



- **иммуноферментный анализ (ИФА)**
— **это** метод лабораторной диагностики, основанный на реакции «антиген-антитело», который позволяет выявить вещества белковой природы (в том числе ферменты, вирусы, фрагменты бактерий и другие компоненты биологических жидкостей).

Метод ИФА (иммуноферментный анализ)

- Используются высокоспецифичные АТ (АГ) меченные ферментами (пероксидаза), способными разлагать субстрат и образовывать окрашенные продукты
- Характеризуется высокой чувствительностью и быстротой получения результата (6 часов)
- Пример: ВИЧ-инфекция, гепатит В, С



Иммуноферментный анализ (ИФА)

- – выявление антигенов или антител с помощью соответствующих им антител, конъюгированных с ферментом-меткой (пероксидазой хрена, бета-галактозидазой или щелочной фосфатазой). После соединения антигена с меченой ферментом иммунной сывороткой в смесь добавляют субстрат / хромоген (субстрат для пероксидазы – перекись водорода, а хромоген – тетраметилбензидин, 5-аминосалициловая кислота, орто-фенилендиамин и др.). Субстрат расщепляется ферментом, что в конечном итоге приводит к изменению цвета продукта реакции: интенсивность окраски прямо пропорциональна количеству связавшихся молекул антигена и антител. Реакцию останавливают добавлением раствора серной кислоты.

- Радиоиммунный анализ (**РИА**), также радиоиммунологический или изотопный иммунологический анализ, (англ. Radioimmunoassay, **RIA**) — метод количественного определения биологически активных веществ в биологических жидкостях...

-



Радиоиммунный анализ (РИА)

- Метод основан на метке антител радиоизотопами, что обеспечивает высокую чувствительность в определении вирусного АГ. Определение маркеров HBV и других некультивируемых вирусов. К недостаткам метода относится необходимость работать с радиоактивными веществами и использования дорогостоящего оборудования (гамма-счетчиков).

- В диагностике вирусных инфекций, при культивировании, выделении и идентификации вирусов, а также при получении вакцинных препаратов широко применяют метод культуры ткани и клеток.
- Используют первичные, вторичные, стабильные перевиваемые и диплоидные клеточные культуры. **Первичные** культуры получают при диспергировании ткани протеолитическими ферментами (трипсином, коллагеназой).

Основные виды тканевых культур

Первичные

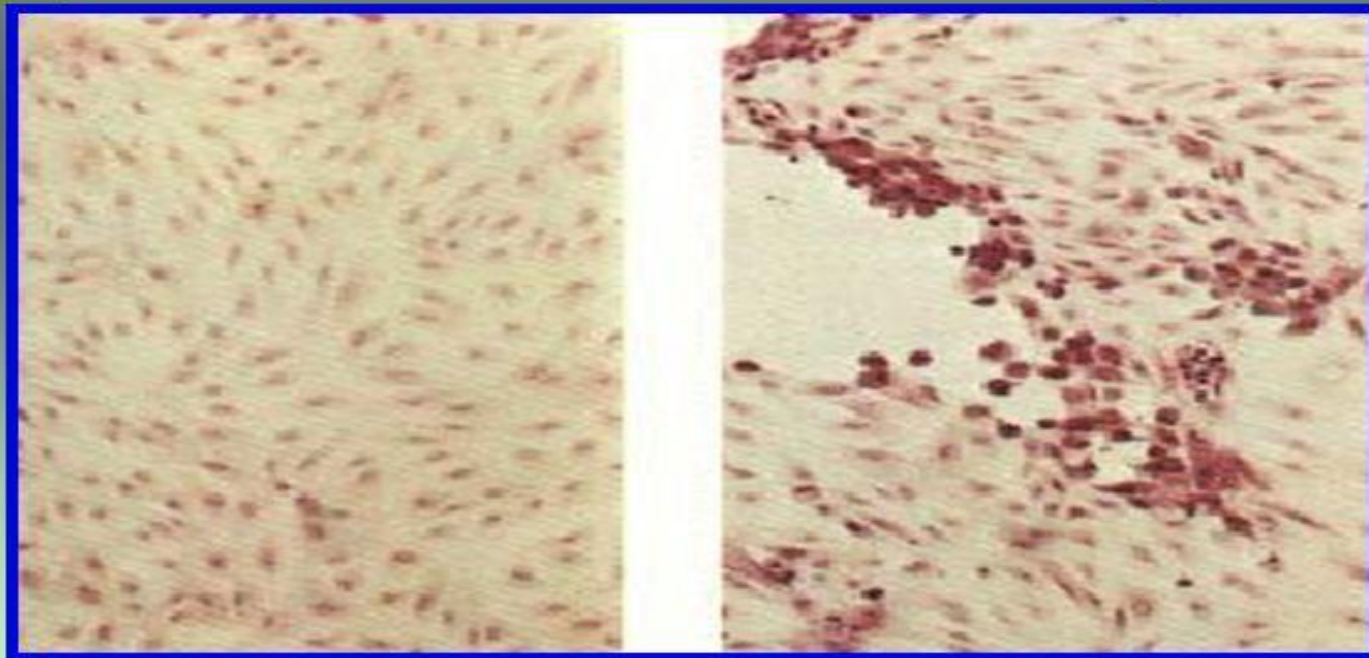
Культуры почек эмбриона человека, почек обезьян, свиней, фибробласты куриных эмбрионов

Перевиваемые

HeLa, Нер 2, KB, Детройт-6

Диплоидные

IMR-90, J



Цитопатическое действие (ЦПД) вирусов – совокупность различных изменений в клетках при размножении вирусов в тканевых культурах

- Источником клеток могут быть ткани и органы (чаще почки) эмбрионов человека и животных. Суспензию клеток в питательной среде помещают в так называемые матрацы, бутылки или чашки Петри, где после прикрепления к поверхности сосуда клетки начинают размножаться. Для заражения вирусами используют **обычно клеточный монослой**. Питательную жидкость сливают, вносят вирусную суспензию в определенных разведениях и после контакта с клетками добавляют свежую питательную среду, обычно без сыворотки.

- Клетки большинства первичных культур могут быть пересеяны, такая культура называется **вторичной**.
- При дальнейшем пассировании клеток формируется популяция фибробластоподобных клеток, способных к быстрому размножению, большая часть которых сохраняет исходный набор хромосом.
- Это так называемые диплоидные клетки.
- **Пассаж** - это заражение живой системы, с целью получения новой популяции вируса.

- Через три пассажа в клетках происходит накопление вируса, что сопровождается появлением признаков репродукции, видимых на уровне макроорганизма.
- При серийном культивировании клеток получают **стабильные перевиваемые клеточные культуры.**
- При пассажах появляются быстро делящиеся однородные клетки с гетероплоидным набором хромосом.

- Стабильные линии клеток могут быть однослойными и
- суспензионными.
- Однослойные культуры растут в виде сплошного слоя на поверхности стекла, суспензионные — в виде суспензий в различных сосудах с использованием перемешивающих устройств. Существует более 400 линий клеток, полученных от 40 различных видов животных (в т.ч. от приматов, птиц, рептилий, амфибий, рыб, насекомых) и человека.

- В искусственных питательных средах можно культивировать кусочки отдельных органов и тканей (органные культуры).
- Эти типы культур сохраняют структуру ткани, что особенно важно для выделения и пассирования вирусов, которые не репродуцируются в недифференцированных тканевых культурах (например, коронавирусы).

- В зараженных клеточных культурах вирусы можно обнаружить по изменению морфологии клеток, цитопатическому действию, которое может иметь специфический характер, появлению включений, путем определения вирусных антигенов в клетке и в культуральной жидкости; установления биологических свойств вирусного потомства в культуральной жидкости и титрования вирусов в культуре ткани, куриных эмбрионах или на чувствительных животных; путем выявления отдельных вирусных нуклеиновых кислот в клетках методом молекулярной гибридизации или скоплений нуклеиновых кислот цитохимическим методом с помощью люминесцентной микроскопии.

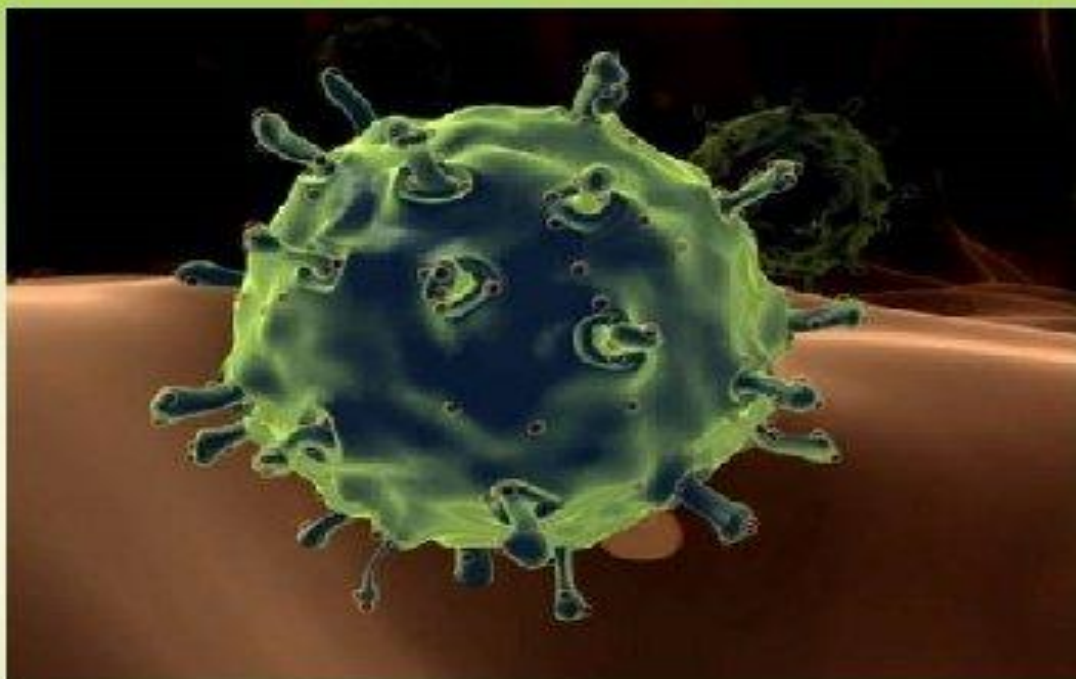
- **Выделение вирусов является трудоемким и длительным процессом. Его осуществляют с целью определения циркулирующего среди населения типа или варианта вируса (например, для идентификации сероварианта вируса [гриппа](#), дикого или вакцинного штамма вируса [полиомиелита](#) и т.д.);**
- в случаях, когда это необходимо для проведения срочных эпидемиологических мероприятий;
- при появлении новых типов или вариантов вирусов; при необходимости подтверждения предварительного диагноза;
- для индикации вирусов в объектах окружающей среды.

- При выделении вирусов учитывают возможность их персистирования в организме человека, а также возникновения смешанной инфекции, вызванной двумя и более вирусами.
- **Генетически однородная популяция вируса, полученная от одного вириона, называется вирусным клоном, а сам процесс получения его — клонированием.**

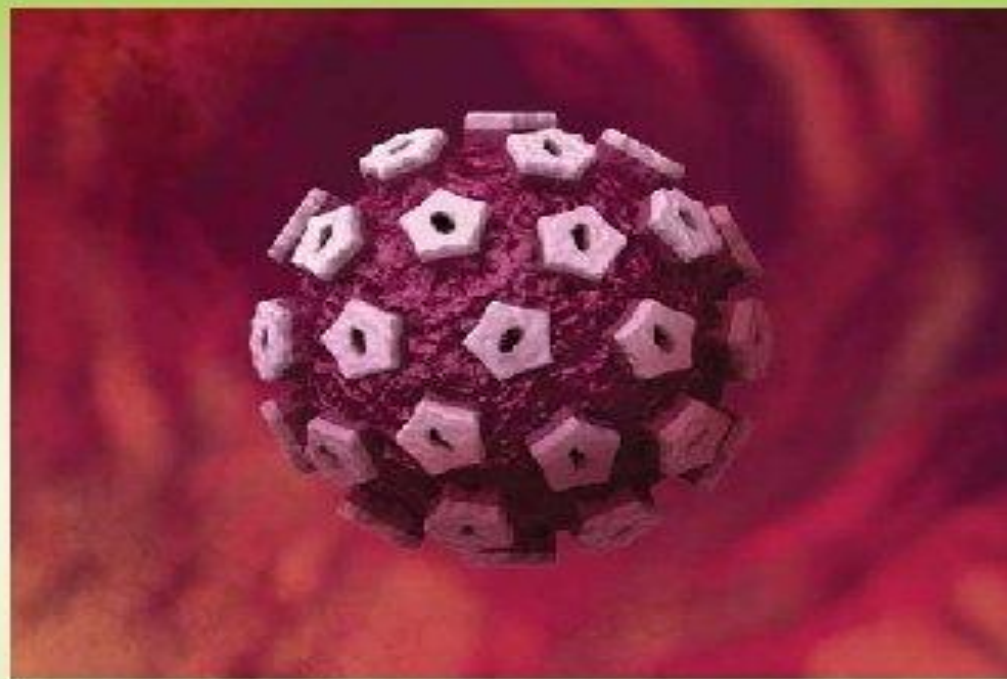
- Выбор метода лабораторной диагностики в каждом отдельном случае зависит от характера заболевания, периода болезни и возможностей лаборатории. Современная диагностика вирусных инфекций основана на **экспресс-методах**, позволяющих получить ответ через несколько часов после взятия клинического материала в ранние сроки после заболевания.
- К ним относятся электронная и иммунная электронная микроскопия,
- а также иммунофлюоресценция, метод молекулярной гибридизации, выявление антител класса IgM и др.

- **Электронная микроскопия** вирусов, окрашенных методом негативного контрастирования, позволяет дифференцировать вирусы и определять их концентрацию. Применение электронной микроскопии в диагностике вирусных инфекций ограничивается теми случаями, когда концентрация вирусных частиц в клиническом материале достаточно высокая (10^5 в 1 мл и выше).

Виды вирусов под электронным микроскопом



Вирус гриппа

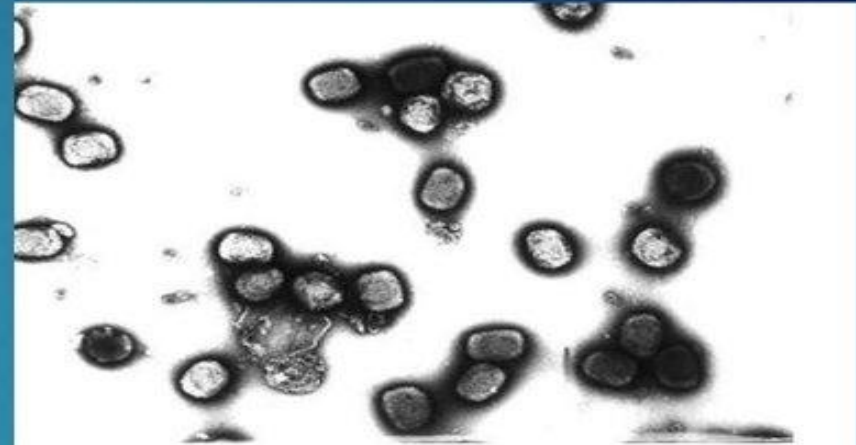


Вирус папилломы человека

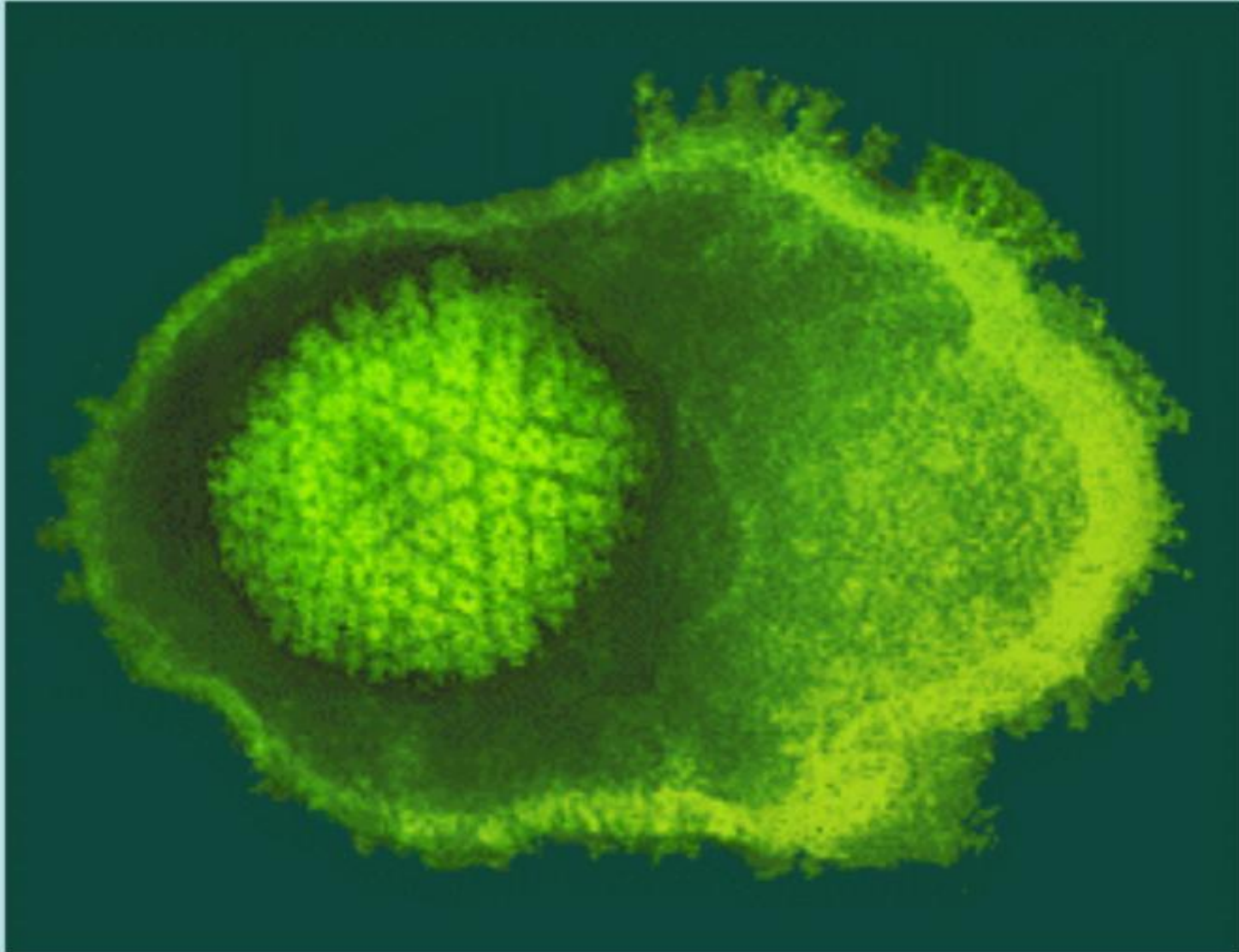
- Недостатком метода является невозможность отличать вирусы, принадлежащие к одной таксономической группе.
- Этот недостаток устраняется путем использования **иммунной электронной микроскопии**.
- Метод основан на образовании иммунных комплексов при добавлении специфической сыворотки к вирусным частицам, при этом происходит одновременная концентрация вирусных частиц, позволяющая идентифицировать их.

Иммунная электронная микроскопия (ИЭМ)

- ▶ - электронная микроскопия микробов, чаще вирусов, обработанных соответствующими антителами. Вирусы, обработанные иммунной сывороткой, образуют иммунные агрегаты (микропреципитаты). Вокруг вирионов образуется "венчик" из антител, контрастированный фосфорно-вольфрамовой кислотой или другими электроннооптически плотными препаратами.



Вирус оспы.
Иммуноэлектронная
микроскопия. Негативное
контрастирование.

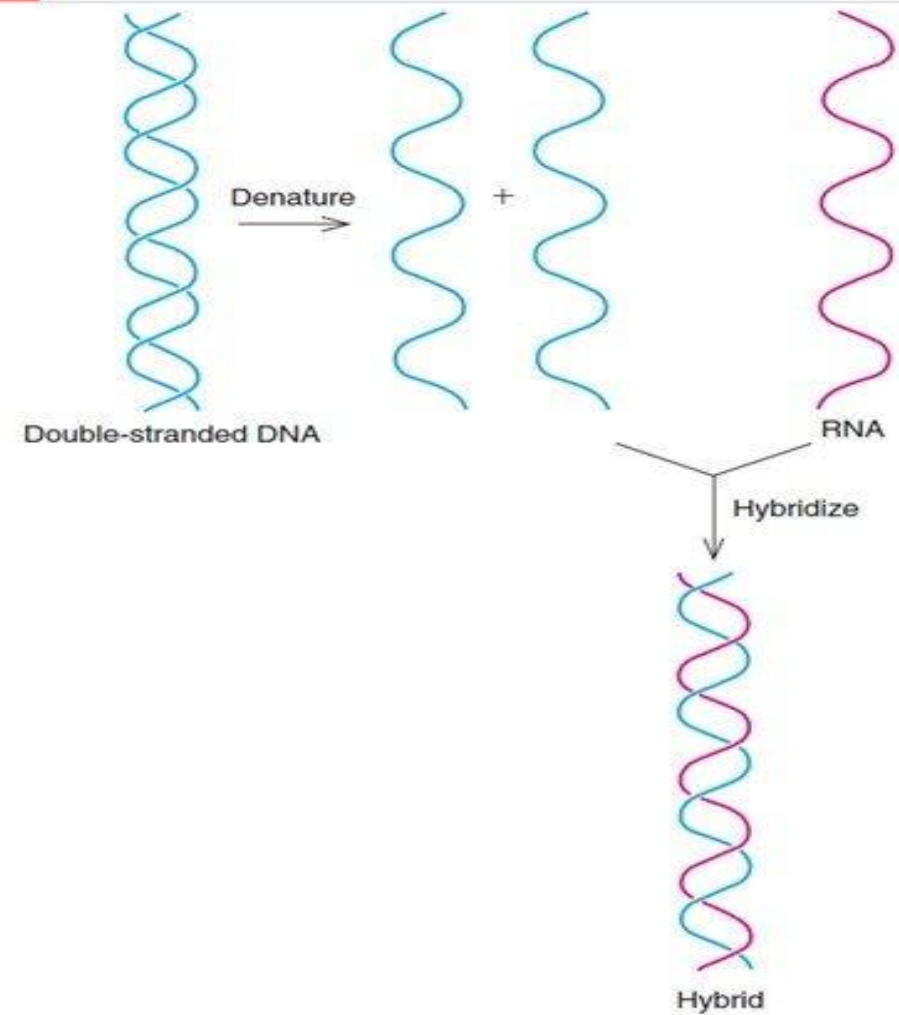


- Метод применяют также для выявления антител.
- В целях экспресс-диагностики проводят электронно-микроскопическое исследование экстрактов тканей, фекалий, жидкости из везикул, секретов из носоглотки.
- Электронную микроскопию широко используют для изучения морфогенеза вируса, ее возможности расширяются при применении меченых антител.

- **Метод молекулярной гибридизации**, основанный на выявлении вирусоспецифических нуклеиновых кислот, позволяет обнаружить единичные копии генов и по степени чувствительности не имеет себе равных.
- Реакция основана на гибридизации комплементарных нитей ДНК или РНК (зондов) и формировании двунитчатых структур.
- Наиболее дешевым зондом является клонированная рекомбинантная ДНК. Зонд метят радиоактивными предшественниками (обычно радиоактивным фосфором).

Молекулярная гибридизация

- Если свести вместе продукты денатурации целых молекул ДНК, лишь частично совпадающих по нуклеотидным последовательностям, то в условиях ренатурации будут возникать двуцепочечные молекулы не только из гомологичных цепей, но и из цепей разных ДНК. Этот процесс называют **молекулярной гибридизацией**.
- Чем ближе по первичной структуре сводимые ДНК, тем будет больше протяжённость спирализованных участков в гибридной молекуле. По доле последних можно количественно оценивать сходство нуклеотидных последовательностей ДНК разных организмов и таким образом судить о степени их генетической близости.



А.



Б.



- Перспективно использование колориметрических реакций. Существует несколько вариантов молекулярной гибридизации: точечная, блот-гибридизация, сэндвич-гибридизация, гибридизация *in situ* и др.
- Антитела класса IgM появляются раньше, чем антитела класса G (на 3—5-й день болезни) и исчезают через несколько недель, поэтому их обнаружение свидетельствует о только что перенесенной инфекции.
- Антитела класса IgM выявляют методом иммунофлюоресценции или с помощью иммуноферментного анализа, используя антисыворотки (сыворотки против тяжелых цепей IgM).

Гибридизация in situ между молекулами РНК и кДНК-зондами проводится на гистологических препаратах и является одним из наиболее эффективных методов анализа тканеспецифического распределения и внутриклеточной локализации мРНК.

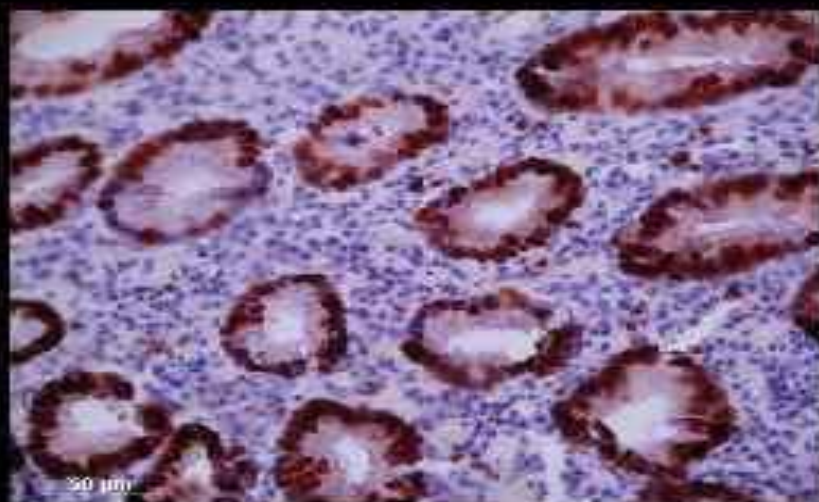


Рис.4. Экспрессия Ki-67 в ядрах опухолевых клеток при аденокарциноме желудка. Ув. 200. Окр.: иммуногистохимическая реакция с докраской гематоксилином Майера.

Аденовирусы (сем. Adenoviridae)

- семейство безоболочечных ДНК-содержащих вирусов, выделенных из ткани аденоидов;
- включает два рода - Mastadenovirus,
- Aviadenovirus.
- Аденовирусы вызывают острые респираторные инфекции, конъюнктивит, геморрагический цистит и гастроэнтерит.
- Известно около 100 серотипов, из которых 42 инфицируют людей.
- Онкогенными вирусами являются серотипы 12, 18, 31, но не у природных хозяев, а по отношению к другим видам животных.

- **Серологические методы в вирусологии** основаны на классических иммунологических реакциях (см. [Иммунологические методы исследования](#))
- Эти методы используют для идентификации вирусов с помощью набора известных сывороток и для серодиагностики с целью определения нарастания антител во второй сыворотке по сравнению с первой (первую сыворотку берут в первые дни после заболевания, вторую — через 2—3 нед.). Диагностическое значение имеет не менее чем четырехкратное нарастание антител во второй сыворотке.
- Если выявление антител класса IgM свидетельствует о недавно перенесенной инфекции,
- то антитела класса IgG сохраняются в течение нескольких лет, а иногда и пожизненно.

• Свойства бактериофагов

- В конце XX века стало ясно, что бактерии безусловно доминируют в биосфере Земли, составляя более 90% ее биомассы. У каждого вида имеется множество специализированных типов вирусов. По предварительным оценкам, число видов бактериофагов составляет около 10^{15} .
- Чтобы понять масштаб этой цифры, можно сказать, что если каждый человек на Земле будет каждый день открывать по одному новому бактериофагу, то на описание всех их понадобится 30 лет.
- Таким образом, бактериофаги – самые малоизученные существа в нашей биосфере. Большинство известных сегодня бактериофагов принадлежит к отряду Caudovirales – хвостатые вирусы.

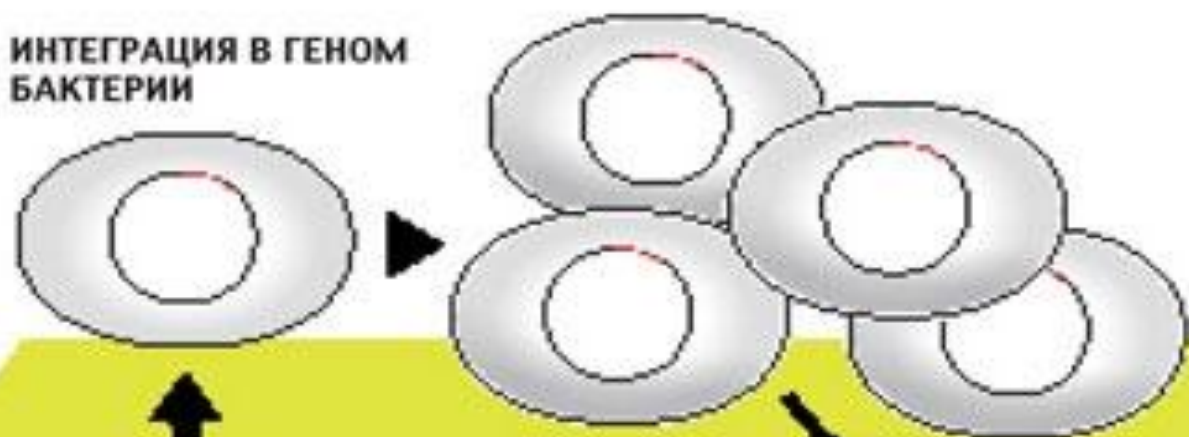
- Помимо постоянного эволюционного соревнования механизмов защиты у бактерий и нападения у вирусов, причиной сложившегося равновесия можно считать и то, что бактериофаги специализировались по своему инфекционному действию. Если имеется крупная колония бактерий, где своих жертв найдут и следующие поколения фагов, то уничтожение бактерий литическими (убивающими, дословно – растворяющими) фагами идет быстро и непрерывно.

- Если потенциальных жертв маловато или внешние условия не слишком подходят для эффективного размножения фагов, то преимущество получают фаги с лизогенным циклом развития.
- В этом случае после внедрения внутрь бактерии ДНК фага не сразу запускает механизм инфекции, а до поры до времени существует внутри клетки в пассивном состоянии, зачастую внедряясь в бактериальный геном.

- В таком состоянии профага вирус может существовать долго, проходя вместе с хромосомой бактерии циклы деления клетки.
- И лишь когда бактерия попадает в благоприятную для размножения среду, активируется литический цикл инфекции.
- При этом, когда ДНК фага освобождается из бактериальной хромосомы, часто захватываются и соседние участки бактериального генома, а их содержимое в дальнейшем может перенестись в следующую бактерию, которую заразит бактериофаг.
- Этот процесс (трансдукция генов) считается важнейшим средством переноса информации между прокариотами – организмами без клеточных ядер.

ЛИЗОГЕННЫЙ ЦИКЛ

ИНТЕГРАЦИЯ В ГЕНОМ
БАКТЕРИИ

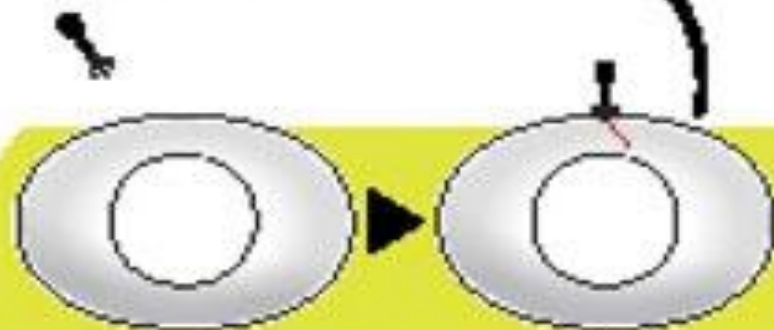


СОСТОЯНИЕ ПРОФАГА

ИНДУКЦИЯ
(ВОЗМОЖЕН ЗАХВАТ
БАКТЕРИАЛЬНОЙ ДНК)



ЛИТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ



ПРИСОЕДИНЕНИЕ

ИНФЕКЦИЯ



РАЗМНОЖЕНИЕ



СБОРКА



ЛИЗИС И ВЫХОД
БАКТЕРИОФАГОВ

