

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
биологический факультет



## ВРЕМЕННАЯ ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

### *1.5.10. Вирусология*

кафедра вирусологии биологического факультета МГУ

Шифр и наименование области науки: 1.5. Биологические науки

Наименование отраслей науки,

по которым присуждаются ученые степени: Биологические науки

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Ученым советом факультета  
(протокол № 4 от 31 марта 2022 г.)

## I. Описание программы:

Настоящая программа охватывает основополагающие разделы и области знания, в основе данной программы лежат следующие дисциплины:

Современные проблемы биологии по специальности (вирусология)

### 1. Особенности вирусологии как науки

1. История открытия вирусов. Место вирусов среди других биологических объектов.
2. Многообразие вирусов. Основные характеристики, которые используют при классификации вирусов. Принципиальные отличия между классификацией вирусов, приведенной на сайте ICTV (Международный Комитет по таксономии вирусов) и классификацией Балтимора.
3. Открытие новых вирусов: гигантские вирусы.

### 2. Структура вирусных частиц

1. Общие принципы структурной организации вирионов. Виды симметрии вирионов. Сложные вирионы. Липопротеидная оболочка. Функции гликопротеинов. Вирусы с комплексной симметрией: бактериофаги с хвостовым отростком, поксивирусы.
2. Структура капсидов с икосаэдрической симметрией.
3. Структура капсидов со спиральной симметрией.
4. Структура генетического материала вирусов. Многообразие вирусных нуклеиновых кислот. Особенности строения вирусных ДНК и РНК: повторы, концевые структуры, палиндромы,
5. Сборка вирусных капсидов. Созревание как структурная перестройка капсидов, функции созревания в морфогенезе вирионов.
6. Структурная перестройка вирионов при взаимодействии с клеткой-мишенью у бактериофагов.
7. Структурная перестройка вирионов при взаимодействии с клеткой-мишенью у вирусов животных.

### 3. Репликация и транскрипция геномов ДНК-содержащих вирусов.

1. Общая характеристика репликации вирусных ДНК. Способы инициации синтеза цепи ДНК. Вирус-специфические и клеточные ферменты, участвующие в репликации вирусной ДНК.
2. Транскрипция у ДНК-содержащих вирусов. Регуляция транскрипции у вирусов с ДНК-геномами. Значение регуляции транскрипции для репродукции вирусов. Основные мишени регуляции транскрипции: инициация, элонгация, терминация.
3. Семейство *Microviridae*. Классификация и структура генома. Транскрипция. Репликация: способы инициации (-) и (+) цепей ДНК, механизмы элонгации, схема «разматывающегося рулона», синтез двуцепочечных и одноцепочечных молекул, механизм циркуляции. Сборка вирусных частиц.
4. Семейство *Geminiviridae*. Генетическая карта генома. Транскрипция: промоторы и терминаторы транскрипции, ранние и поздние гены, регуляция транскрипции. Репликация:

- элементы генома и вирусные белки, вовлеченные в репликацию. Схема репликации генома геминивирусов. Транспорт геминивирусов в зараженном растении.
5. Семейство *Nanoviridae*. Общая характеристика. Генетическая карта генома, промотеры и терминаторы транскрипции, ранние и поздние гены, регуляция транскрипции. Гены, ассоциированные с репликацией генома, белок оболочки, транспортные гены.
  6. Семейство *Polyomaviridae*. Организация геномов SV40 и вируса полиомы. Репликация кольцевой двуцепочечной ДНК по схеме Кэрнса. Роль Т-антитела. Особенности транскрипции у SV-40 – клеточные факторы, регуляторные элементы в последовательности ДНК, ранний и поздний промоторы, Т-антитела как транскрипционный фактор, взаимодействующий с вирусным и клеточным геномом.
  7. Семейство *Papillomaviridae*. Структура генома и строение вирионов на примере HPV-16. Транскрипция с раннего и позднего промоторов. Два сигнала полиаденилирования, альтернативный сплайсинг. Трансляция полицистронных матриц. Зависимость экспрессии генома и репликации HPV от клеточного цикла. Папилломавирусы и канцерогенез, взаимодействие с p53.
  8. Семейство *Parvoviridae*. Автономные и аденоассоциированные парвовирусы. Структура генома, функции белков. Экспрессия генов: альтернативная инициация транскрипции, сплайсинг. Репликация парвовирусов с помощью самозатравочного механизма, использование концевых повторов в репликации.
  9. Семейство *Podoviridae*. Структура генома Т-нечетных фагов. Последовательность экспрессии генов при заражении клетки. Опероны, транскрибируемые клеточной и фагоспецифической РНК-полимеразами. Модификации клеточной РНК полимеразы при инфекции. Фаговая реплисома. Механизм репликации ДНК. Конкатемеры.
  10. Семейство *Muoviridae*. Особенности ДНК фага T4. Механизмы инициации репликации. Репликативный аппарат. Образование и нарезание конкатемеров. Синтез субстратов для синтеза фаговой ДНК. Регуляция транскрипции у фага T4: Особенности ранних, средних и поздних промоторов и механизмов их узнавания. Модификация клеточной РНК-полимеразы. Белок Mot и другие фаговые белки, участвующие в регуляции транскрипции.
  11. Семейство *Siphoviridae*. Бактериофаг лямбда. Регуляция транскрипции у фага λ. Установление лизогении и индукция профага. Репликация фага λ. Использование бактериофага λ в генно-инженерных исследованиях.
  12. Семейство *Hepadnaviridae*. Строение вирионов. Организация генома. Образование ковалентно замкнутой кольцевой ДНК. Белки, кодируемые гепаднавирусами. Белок X. Транскрипция: образование специфических мРНК и прегеномной РНК, экспорт из ядра. Белок P. Репликация генома: инициация обратной транскрипции, сопряжение репликации с формированием вириона.
  13. Семейство *Adenoviridae*. Структура вириона. Организация генома. Репликативный цикл. Регуляция транскрипции. Рекомбинация у адено-вирусов, дефектные и недефектные адено-вирусные гибриды. Аденовирусный онкогенез.

14. Семейство *Herpesviridae*. Структура вириона. Организация генома и репликативный цикл вируса простого герпеса. Особенности репликации других герпесвирусов (вирус Эпштейна-Барр, цитомегаловирус, вирус ветрянки-зостера, онкогенные герпесвирусы).
15. Поксвирусы. Семейство *Poxviridae*. Структура вириона вируса осповакцины. Вирусные полипептиды, ферменты и ДНК вириона. Организация генома. Репликативный цикл. Вирусные белки - антагонисты иммунной системы. Онкогенные поксвирусы.
16. Использование ДНК содержащих вирусов зукариот в качестве векторов. Генно-инженерные рекомбинанты покс-, адено- и бакуловирусов. Принципы конструирования, системы суперэкспрессии. Использование рекомбинантных вирусов (вакцины, генотерапия, решение научных задач).

#### **4. Репликация и транскрипция геномов РНК-содержащих вирусов**

1. РНК-содержащие бактериофаги. Структура генома, цис-элементы репликации, схема репликации. Структура репликазы фагов. Функции клеточных и фагоспецифических субъединиц. Низкомолекулярные реплицирующиеся РНК фагов. Модель синтеза свободных (-) и (+) цепей.
2. Пикорнавирусы. Структура генома, репликативные элементы РНК, клеточные сайты репликации. Схема репликации. Сигналы цис-1, цис-2 и цис-3 (oriL, oriI и oriR), РНК-белковые взаимодействия при инициации синтеза (-) цепи и (+)цепи. Пикорна-подобные вирусы.
3. Альфавирусы. Структура генома, репликативные элементы, схема репликации и транскрипции. Сопряжение процессинга предшественника репликативных белков и синтеза (-)РНК, (+)РНК и срРНК. Биохимические активности белков NS1-4. Синтез субгеномной РНК на матрице полноразмерной (-)РНК. Субгеномный промотор альфавирусов.
4. Альфа-подобные вирусы растений. Однокомпонентные и разделенные геномы. Цис-сигналы репликации. Субгеномные промоторы и синтез срРНК. Функции тРНК-подобных структур в вирусных геномах. Схема репликации бромовирусов.
5. Роль дальних РНК-РНК взаимодействий в РНК геномах при репликации и транскрипции томбусвирусов и диантовирусов. Абортная транскрипция (синтез укороченных (-)РНК матриц для срРНК).
6. Структура генома, репликация и транскрипция у коронавирусов и артериовирусов. Принцип прерывистой транскрипции. Вторая РНК полимераза (праймаза), NU-эндонуклеаза, экзонуклеаза и другие уникальные белки, входящие в репликативный комплекс.
7. Вирусы с негативным однокомпонентным РНК-геномом. Транскрипция и репликация генома рабдовирусов (вируса везикулярного стоматита) и парамиксовирусов. Редактирование при синтезе мРНК парамиксовирусов. «Правило шести». Репликация и транскрипция генома борнавирусов.
8. Вирусы с негативным разделенным РНК-геномом. Репликация и транскрипция генома вируса гриппа. Семейство буньявирусов. Репликация и транскрипция по принципу

«затравление-перестройка». Вирусы с двусмысленными геномными РНК. Транскрипция и репликация генома флебовирусов и аренавирусов.

9. Вирусы с двунитчатым РНК-геномом. Репликация и транскрипция генома цистовирусов (фаг phi6) и реовирусов. Механизм синтеза РНК в прокапсидах. Упаковка компонентов генома в прокапсиды у цистовирусов. Транскрипция и репликация реовирусов.

### 5. Трансляция вирусных РНК

1. Отличия систем трансляции у прокариот и эукариот. Скорость трансляции, стабильность мРНК, наборы факторов инициации и терминации в прокариотических и эукариотических системах. Доступность внутренних генов в мРНК для трансляции.
2. Прокариотические системы. Экспрессия геномов РНК бактериофагов семейства Leviviridae (Qbeta, R17, MS2). Регуляция инициации трансляции генов A, CР и POL с помощью элементов вторичной и третичной структуры РНК и взаимодействий РНК-белок. Регуляция взаимоисключающих процессов репликации и трансляции фаговых РНК.
3. Эукариотические системы. Роль 5' и 3' концевых структур РНК в пре-трансляционных событиях. Циклизация молекул эукариотических РНК через взаимодействие кеп-eIF4E-eIF4G-поли(A)-связывающий белок. Альтернативные варианты циклизации вирусных мРНК на примере лютесвирусов, тобамовирусов, реовирусов и вируса мозаики люцерны.
4. Роль 5'-нетранслируемой области (НТО) в трансляции вирусных мРНК. Сканирование и контекст инициаторного кодона. Правило Козак. Слабое сканирование и регуляция трансляции одной открытой рамки трансляции (OPT), перекрывающихся генов и раздельных генов в вирусных РНК. Роль вышележащих малых OPT. Использование «неканонических» инициаторных кодонов при трансляции гена Р парамиксовирусов и потексвирусов.
5. Механизм шунтирования у парапретровирусов. Доступ к внутренним AUG кодонам - реинициация у парапретровирусов и калицивирусов. Молекулярные механизмы реинициации.
6. Неканонические механизмы инициации трансляции вирусных РНК - использование IRES-элементов. IRES типа I, II, III и IV (пикорнавирусы, вирус гепатита С, дицистровирусы).
7. Неканонические механизмы инициации с помощью 3'-концевых энхансеров кеп-независимой трансляции (3'-CITE) (тобмусвирусы, кармовирусы, лютеовирусы).
8. Доступ к внутренним OPT с помощью неортодоксальных механизмов элонгации и терминации. Супрессия слабого терминатора, рибосомальный сдвиг рамки считывания, механизм остановки-продолжения (stop - carry on). Детерминанты супрессии и сдвига рамки считывания в вирусных РНК. Скользящая последовательность, псевдоузлы, голодные кодоны. Клеточные детерминанты неканонических событий при элонгации трансляции (редкие tРНК).
9. Транскрипционный сдвиг рамки считывания при экспрессии транспортного белка потивируса гравировки табака.
10. Посттрансляционные события - процессинг вирусных полипептидов протеиназами. Типы вирусных протеиназ - аспартиловые, химотрипсин-подобные и папаин-подобные. Механизмы процессинга у РНК-содержащих вирусов эукариот - ретровирусов,

пикорнавирусов и пикорна-подобных вирусов, альфа-подобных вирусов. Роль ступенчатого процессинга и белковых интермедиатов на примере вируса Синдбис и вируса леса Семлики. Лидерные протеиназы. Вирус-кодируемые кофакторы протеолиза (на примере комовирусов).

## 6. Ретровирусы.

1. История открытия ретровирусов. Строение вириона генома вируса иммунодефицита человека (HIV). Трансформирующие и нетрансформирующие ретровирусы. Ген src.
2. Онкогенные ретровирусы. Особенности геномной организации и репликации онкогенсодержащих ретровирусов. Вклад ретровирусологии в понимание механизмов вирусного канцерогенеза.
3. Цикл репликации ретровирусов. Проникновение в клетку. Неспецифические и специфические рецепторы. SU и TM субъединицы белка оболочки. Проникновение в цитоплазму. Конформационные изменения субъединиц белка оболочки. Слияние оболочки вируса и клеточной мембранны. Схема синтеза двуцепочечного ДНК-провируса.
4. Развитие ретровирусной инфекции в клетке. Транспорт к ядру, интеграция в геномную ДНК, экспрессия интегрированного генома. Сборка вирионов, созревание внутренних белков после отпочковывания.
5. Ретровирусные векторы. Цис- и транс-элементы ретровирусного генома и принцип конструирования ретровирусных векторов. Типы ретровирусных векторов, самоинактивирующиеся векторы. Системы переноса и экспрессии генов на основе ретровирусных векторов. Упаковывающие клетки.
6. Сложные ретровирусы. Лентивирусы и их система регуляции экспрессии. Вирусы иммунного дефицита человека и животных. Поиск эффективных ингибиторов/блокаторов HIV.

## 7. Вирусы растений.

1. Пути проникновения вирусов растений в клетку, транспорта по растению и выхода во внешнюю среду. Круг хозяев. Симптомы вирусной инфекции.
2. Репликация фитовирусов. Ферментативные активности вирусной репликации. Механизм репликации вируса мозаики костра: изучение репликации в дрожжевой системе. Близкий и дальний транспорт вирусов по растению на примерах тобамо- и комовирусов.
3. Ответ растения на инфекцию. Модель ген-на-ген, вирулентные и резистентные гены. Группы белков резистентности, их доменная структура. Примеры: вирус табачной мозаики и N-ген, X-вирус картофеля и ген Rx.
4. Гиперчувствительный ответ (ГО) растения на физиологическом и молекулярном уровне. Функции PR-белков. Роль салициловой кислоты в ГО, механизмы действия. Изменение профиля экспрессии генов растений, инфицированных вирусами. Влияние вирусной инфекции на стабильность генома растения-хозяина.

- Практическое использование фитовирусов. Синтез белков в растениях с помощью вирусных векторов (деконструированные векторы). Конститутивная и временная экспрессия, достоинства и недостатки подходов. Использование вирусов растений в качестве носителей при создании микроэлектронных устройств и вакцин.

### **8. Арбовирусы**

- Общая характеристика арбовирусов и их переносчиков, общая схема циркуляции переносимых насекомыми и клещами арбовирусов. Особенности клиники и эпидемиологии, специфическая и неспецифическая профилактика арбовирусных инфекций.
- Общая характеристика и классификация семейства *Flaviviridae*. Структура вириона, цикл репликации. Роль неструктурных белков flavивирусов в подавлении противовирусного иммунитета. Антителозависимое усиление инфекции при flavивирусной инфекции. Возможные механизмы, роль цитокинов. Разработка препаратов для профилактики и лечения flavивирусных инфекций.
- Вирус клещевого энцефалита (ВКЭ). Циркуляции в природе, ареал распространения, пути передачи, клиника клещевого энцефалита (КЭ) сопутствующие инфекции невирусной природы. Вакцины против КЭ: инактивированные, живые, нетрадиционные.
- Переносимые комарами flavивирусы. Вирус Денге, вирус японского энцефалита, вирус лихорадки Западного Нила, вирус желтой лихорадки. Особенности вызываемых ими заболеваний.
- Особенности микрозволюции арбовирусов. Факторы, определяющие состав вирусной популяции. Понятие квазивида. Порог фенотипического проявления для мутантов. Особенности микрозволюции популяции переносимых комарами и клещами арбовирусов.

### **9. Вирусы, вызывающие социально значимые инфекции**

- Вирус натуральной оспы. Механизм заражения, клиника. Особенности эпидемической активности *Variola major* и *Variola minor*. Открытие вакцины против оспы Э.Дженером. Четыре главных принципа возможности искоренения вирусных болезней. Искоренение натуральной оспы. Оспа обезьян – источник, заболевание, профилактика.
- Вирус полиомиелита. Механизм заражения, клиника. Распространение полиомиелита в мире. Вакцины против полиомиелита, профилактика, полиомиелит, ассоциированный с вакцинацией.
- Вирусы гриппа. Систематическое положение. Механизм заражения. Строение вириона, антигены оболочки. Иммунитет к гриппу. Роль изменчивости вируса в преодолении иммунитета. Антигенный дрейф и антигенный шифт. Пандемии. Вакцина против гриппа и профилактика гриппа.
- Корь. Клиника, механизм заражения, заболеваемость, вакцины, элиминация. Диагностика.
- Краснуха. Механизм заражения, заболеваемость, диагностика. Синдром врожденной краснухи, вакцина, эффективность, элиминация. Диагностика.
- Паротит. Механизм заражения, клиника, заболеваемость, вакцина, элиминация. Диагностика.

7. Вирусы – возбудители острых респираторных заболеваний. Представители. Пути заражения. Причины контагиозности. Проблемы профилактики. Диагностика. Вакцины и противовирусные препараты.
8. Вирусы – возбудители острых кишечных инфекций. Ротавирусная инфекция. Норовирусная инфекция. Механизм заражения, инкубация, клиника. Диагностика. Вакцины.
9. Вирусы герпеса. Типы вирусов герпеса человека. Механизм заражения. Клиника. Диагностика. Профилактика. Вакцинация.
10. Особо опасные вирусные инфекции. Распространение. Механизмы заражения и передачи. Эпидемиология. Диагностика. Профилактика и лечение. Вакцинация.
11. Вирусный канцерогенез. Понятие вирус-индуцируемой и вирус-ассоциированной опухоли у человека. Онкогенные вирусы человека. Общие принципы реализации онкогенного потенциала у РНК-содержащих и ДНК-содержащих вирусов.
12. Вирусные гепатиты. Вирус гепатита В (HBV). Механизм заражения, клиника, распространение, эпидемиология, эндемичные страны. Хронический гепатит В – виды, распространение, лечение, профилактика, вакцинирование. Роль белка Hbx в возникновении опухоли. Гепатит Е. Гепатит дельта. Гепатит С.
13. Вирус папилломы человека (HPV). Структура вириона и генома. Онкогенный потенциал HPV (рак шейки матки и другие онкологические заболевания). Связь инфекции с пролиферацией эпителиальных клеток. Систематика Papillomaviridae, Типы HPV. Путь передачи. Роль белков E6 и E7 в возникновении опухоли. Вакцина против рака шейки матки.
14. Вирус Эпштейна-Барр (EBV) и различные сценарии его взаимодействия с клеткой. Роль вирусных генов EBNA-1, EBNA-2, LMP1 в трансформации клеток. Герпес-вирус человека 8-го типа (HHV-8) и роль гомологов клеточных генов в стимуляции опухолевой трансформации. Виды опухолей, ассоциированных с инфекцией вирусом Эпштейна-Барр и герпес-вирусом 8 типа.
15. Вирус Т-клеточного лейкоза человека (HTLV). Систематическое положение. Геном. Роль продуктов гена tax. Заболевания, ассоциированные с HTLV. География заболеваний. Тканевый тропизм. Изменения в инфицированных клетках. Возможный способ реализации онкогенного потенциала. Отличие от других онкогенных ретровирусов.

#### **10. Субвирусные инфекционные агенты**

1. Вироиды. Понятие вироида. Семейства Pospiviroidae и Avsunviroidae. Структура вироида веретеновидности клубней картофеля. Внутриклеточная локализация и репликация вироидов: симметричная и асимметричная. Молекулярный механизм патогенеза. Распространение вироидов.
2. Сателлитные вирусы и сателлитные нуклеиновые кислоты. Сателлитные вирусы на примере сателлита вируса некроза табака. Сателлитные нуклеиновые кислоты. Сателлито-подобные РНК. Особенности организации многокомпонентного генома вируса некротического пожелтения жилок свеклы. Розеточность арахиса: сложный комплекс патогенов.

3. Прионы. Губчатые (спонгиформные) энцефалопатии. Структура и свойства клеточного белка PrP<sup>c</sup>. Изменение характера укладки полипептидной цепи при превращении белка PrP<sup>c</sup> в прион PrP<sup>Sc</sup>; механизм копирования конформации. Структура гена PRNP. Прионные заболевания человека: наследственные, инфекционные, спорадические; межвидовой барьер, диагностика.

### **11. Противовирусная защита**

1. Интерфероны (ИФ) как семейство цитокинов. Гены, кодирующие ИФ у позвоночных. Индукторы синтеза ИФ. Участие рецептора TLR3 с аффинностью к днРНК в синтезе интерферонов первого типа. Участие хеликаз RIG-I и MDA5, активирующихся днРНК. Молекулярный механизм действия ИФ. Гены, активирующиеся при действии ИФ.
2. ИФ терапия. Использование ИФ в медицине как антивирусных, иммуномодулирующих и антитуморогенных агентов. Побочные эффекты при лечении ИФ. Препараты – индукторы синтеза ИФ. Онкологические вирусы. Механизмы действия, взаимодействие с ИФ системой.
3. Понятие сайленсинга. Открытие явления сайленсинга генов (РНК-интерференции). Основные механизмы РНК-интерференции в незараженных растениях.
4. Понятие о siRNA, miRNA, ta-siRNA. Химическая структура. Пути синтеза. Ферменты биогенеза. Функции siRNA, miRNA и ta-siRNA. Вирус-кодируемые miRNA. Использование miRNA в генной терапии.
5. Роль РНК-интерференции в онтогенезе растений. Системы регуляции, основанные на явлении сайленсинга.
6. Супрессоры умолкания генов у вирусов растений. Разнообразие супрессоров умолкания генов у вирусов растений. Механизмы действия супрессоров умолкания генов и их влияние на эндогенный пул siRNA и miRNA.
7. CRISPR/Cas как адаптивный иммунитет бактерий и архей. Общий принцип и основные стадии функционирования системы.
8. Систематика CRISPR/Cas систем. Различные варианты интерфирирующего комплекса: Cascade, Csm/Cmr, Cas9, C2c2. Особенности функционирования этих комплексов.
9. Вирусные механизмы преодоления CRISPR/Cas системы. Нетипичные функции CRISPR/Cas.
- 10.Практическое применение CRISPR/Cas. Использование Cas9 для нокаутирования генов, вставки целевых последовательностей в геном. Смысл понятия sgRNA. Технология Gene drive. Методы увеличения селективности связывания комплекса (Cas9:sgRNA) с целевой последовательностью. Понятие о dCas9 и dC2c2, разнообразие возможностей их применения в научных исследованиях.
- 11.Вакцины и противовирусные препараты. Виды противовирусных вакцин: Аттенуированные, субъединичные, VNP-, VLP- вакцины, ДНК вакцины, антидиотипические и пептидные вакцины.
- 12.Противовирусные препараты. Основные проблемы создания. Этапы жизненного цикла вируса, которые могут стать мишенью для противовирусных препаратов. Механизм

действия ацикловира, рибовирина, осельтамивира, антиретровирусных препаратов. Стимуляторы/модуляторы иммунной системы. Терапевтический индекс противовирусного препарата.

## II. Критерии оценивания

<b>Критерии и показатели оценивания ответа на экзамене</b>			
1	2	3	4
<b>Неудовлетворительно</b>	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Отлично</b>
Фрагментарные знания по всем заданным вопросам, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов вирусологии	Неполные знания по некоторым заданным вопросам, слабое ориентирование в материале, определенные трудности в сопоставлении и анализе сведений из нескольких разделов вирусологии	Полные знания, но содержащие отдельные пробелы в областях вирусологии, незначительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.	Исчерпывающие знания по всем заданным вопросам, свободное владение материалом, грамотные сопоставление и анализ сведений из различных тем по вирусологии в широком смысле.

## III. Рекомендуемая основная литература:

1. Аграновский А.А.Репликация вирусных РНК. Товарищество научных изданий КМК. Москва, 165 с.
2. Карлова О.В., Градова Н.Б. Основы вирусологии для биотехнологов, Москва, ДеЛи плюс, 2012.
3. Летаров А.В. Современные концепции биологии бактериофагов. М. Дели-плюс. 2019
4. Соловьев А.Г. Структура икосаэдрических вирусов. 2021. ООО Издательство Перо. Москва, 203 с.
5. Alan Cann, Principles of Molecular Virology, Fourth Edition, ELSEVIER, Academic Press, 2005.
6. Fields Virology, 6th Edition Edited by David M. Knipe and Peter M. Howley. Philadelphia, PA, USA. Lippincott Williams & Wilkins, 2013.

## IV. Дополнительная литература:

1. Инге-Вечтомов С.Г., Борхсениус А.С., Задорский С.П. Белковая наследственность: конформационные матрицы и эпигенетика. Вестник ВОГиС, 2004, Том 8, № 2, стр. 60-66
2. Канцерогенез, руководство под ред. Д.Г.Заридзе, Москва, Медицина, 2004, 574 стр.
3. Карамов Э.В.Новая вакцинология. Вакцины против ВИЧ. Издательство МИА, 2008, 368 стр.
4. Львов Д.К.Медицинская вирусология. МИА, Москва. 2008. 656 стр.
5. Сирин П.В., Вильгельм А.Э., Прасолов В.С. Лентивирусные векторы. Молекулярная биология, 2008. 42(5), 913-926.

6. Шкундина И.С., Тер-Аванесян М.Д. Прионы. Успехи биологической химии, т. 46, 2006, с. 3-42

V. Авторы временной программы:

1. Карнова Ольга Вячеславовна, д.б.н., профессор *Карнова*  
2. Борисова Ольга Викторовна, к.б.н., старший преподаватель *Борисова*