

«УТВЕРЖДАЮ»  
Декан биологического факультета МГУ

Академик

М.П.Кирпичников  
2015 г.



### Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля): «**СТРУКТУРА ВИРУСНЫХ ЧАСТИЦ**»
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки – **06.06.01 Биологические науки**. Направленность (профиль) программы – **Вирусология**.
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП (осенний семестр), спецкурс по выбору (читается на кафедре вирусологии)
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

<b>Формируемые компетенции (код компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
УК-1: Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<p><b>Владеть:</b> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p> <p><b>Код В1 (УК-1):</b> навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p> <p><b>Код В2 (УК-1):</b></p>

<p><b>УК-2</b></p> <p><i>Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.</i></p>	<p><b>Знать:</b></p> <p>методы научно-исследовательской деятельности Код 31 (УК-2)</p>
<p><b>УК-3:</b></p> <p><i>Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач</i></p>	<p><b>Владеть:</b></p> <p>технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке Код В2 (УК-3)</p>
<p><b>УК-4:</b></p> <p><i>Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языке</i></p>	<p><b>Владеть:</b></p> <p>навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках Код В1 (УК-4)</p> <p><b>Знать:</b></p> <p>стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках Код 32 (УК-4)</p>
<p><b>ОПК-1</b></p> <p><i>Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</i></p>	<p><b>Уметь:</b></p> <p>собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа</p>

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) приведены в Приложении.

6. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 академических часов, из которых 28 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (28 часов занятий лекционного типа) и 80 часов составляет самостоятельная работа аспиранта (выполнение домашних заданий и написание реферата).

## 7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

**ЗНАТЬ:** неорганическую и органическую химию, физическую химию, биохимию, основы молекулярной биологии, генной инженерии, клеточной биологии и вирусологии (на уровне программ специалиста/магистра), теоретические и методологические основы биологических научных исследований

УМЕТЬ: вырабатывать на основе рационального анализа экспериментальных результатов свою точку зрения в вопросах структуры вирусных частиц и отстаивать ее во время дискуссии со специалистами и неспециалистами; читать и рефериовать научную литературу в области структуры вирусных частиц, в том числе на иностранных языках, при условии соблюдения научной этики и авторских прав.

**ВЛАДЕТЬ:** современными информационно-коммуникационными технологиями, иностранным языком.

## 8. Образовательные технологии: классические лекционные технологии

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.

СТРУКТУРА И СБОРКА ВИРУСНЫХ КАПСИДОВ. Функции вирусной оболочки. Терминология. Понятие симметрии. Икосаэдр – основа структуры сферических вирусов. Самосборка икосаэдрических капсидов. Вирусные структуры, построенные на основе спиральной симметрии.	<b>18</b>	6					<b>6</b>	12		<b>12</b>
ИНФИЦИРОВАНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ КЛЕТКИ ФАГАМИ И ВЫХОД ИЗ КЛЕТКИ ДОЧЕРНИХ ФАГОВЫХ ЧАСТИЦ. Инфицирование бактериальной клетки фагами и выход из клетки дочерних фаговых частиц Инфицирование клетки фагом T4. Проникновение в бактериальную клетку нитевидных фагов	<b>16</b>	4					<b>4</b>	12		<b>12</b>
ПРОНИКНОВЕНИЕ ВИРУСОВ В ЭУКАРИОТИЧЕСКИЕ КЛЕТКИ, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ РАЗБОРКА И ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЙ ТРАНСПОРТ. Функции рецепторов. Роль эндоцитоза в проникновении вирусов в клетку. Липидные плоты как платформы для проникновения вирусов. Проникновение вируса в цитоплазму. Проникновение в клетку полиомавирусов и пикорнавирусов. Проникновение в клетку HIV-1: путь через плазматическую мембрану. Транспорт вирусов в ядро.	<b>48</b>	12					<b>12</b>	24	12	<b>36</b>

ВЫХОД ВИРУСОВ ИЗ КЛЕТКИ И МОРФОГЕНЕЗ ВИРИОНОВ. Клеточные механизмы экспорта из ядра. Выход из ядра ДНК-содержащих вирусов. Выход дочерних вирионов из клетки у вирусов, имеющих оболочку. Клеточные механизмы экспорта из ядра. Выход из ядра ДНК-содержащих вирусов. Выход дочерних вирионов из клетки у вирусов, имеющих оболочку. Формирование внешней оболочки вирусов с (-)РНК-геномом, коронавирусов, гепаднавирусов, герпесвирусов. Отделение почкающейся вирусной частицы от родительской мембранны		6						6	20		20
<b>Промежуточная аттестация - зачет</b>											
<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>28</b>						<b>28</b>	<b>68</b>	<b>12</b>	<b>80</b>

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Конспекты лекций, аудио- и видеозаписи лекций, файлы презентаций лекций, основная и дополнительная учебная литература (см. п.11)

11. Ресурсное обеспечение:

Основная литература

1. Fields Virology. Knipe D.M., Howley P.M. Lippincott Williams & Wilkins; Sixth edition. 2013
2. Calendar, R. The Bacteriophages. 2<sup>nd</sup> Edition. Oxford University Press, 2006.
3. Mahy, B. W. J. and van Regenmortel, M. H. V. Encyclopedia of General Virology. San Diego, CA, USA. Academic Press. 2009
4. Chiu W. and Johnson, J. (Eds.) Virus Structure. In Advances in Protein
5. Dimmock N. J., Easton, A. and Leppard, K. Introduction to Modern Virology. 5<sup>th</sup> Edition.UK Wiley-Blackwell, 2001

### Дополнительная литература

1. Alan Cann, Principles of Molecular Virology, Fourth Edition, ELSEVIER, Academic Press, 2005.
2. Granoff, A. and Webster, R. G. Encyclopedia of Virology. 2<sup>nd</sup> Edition. Academic Press, 1999.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:  
<http://www.ictvonline.org>,

Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Интернет-браузер, базы данных International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV). - <http://www.ictvonline.org>, PubMed (NCBI,  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), Protein Data Bank (Research Collaboratory for Structural Bioinformatics  
<http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do>)

Описание материально-технической базы.

Кафедра вирусологии биологического факультета МГУ располагает необходимым аудиторным фондом, компьютерами, проекторами и экранами, аудиоаппаратурой.

12. Язык преподавания: русский

13. Преподаватель: вед. н.с., д.б.н., проф. А.Г.Соловьев



**Приложение**

**Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Фитовирусология»  
на основе карт компетенций выпускников**

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю), баллы БРС</b>	<b>ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА</b>				
	1, 0	2 1-29	3 30-59	4 60-89	5 90-100	
<b>Владеть:</b> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях Код В1 (УК-1)						- индивидуальное собеседование, реферат, зачет
<b>Владеть:</b> навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях Код В2 (УК-1)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	-- индивидуальное собеседование, реферат, зачет
<b>Знать:</b> методы научно-исследовательской деятельности Код З1(УК-2)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат, зачет
<b>Владеть:</b> технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат, зачет

научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке Код В2(УК-3)						
<b>Знать:</b> стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках Код З2(УК-4)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат, зачет
<b>Владеть:</b> навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках Код В1(УК-4)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат, зачет
<b>Уметь:</b> собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат, зачет

## Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

### Примеры вопросов к промежуточному контролю (темы рефератов, вопросы для индивидуального собеседования):

1. Функции вирусной оболочки. Классификация вирусов на основании структуры вирионов.
2. Икосаэдрическая симметрия. Структура икосаэдрических капсидов, построенный из 60 белковых субъединиц; емкость таких капсидов. Преимущества икосаэдрического типа симметрии при построении вирусных капсидов.
3. Теория квазиэквивалентности. Построение квазиэквивалентных поверхностных решеток. Число триангуляции.
4. Нарушения и модификации теории квазиэквивалентности на примере строения капсидов бактериофагов и вирусов животных.
5. Сборка икосаэдрических капсидов: самосборка и сборка при помощи белков «строительных лесов».
6. Созревание икосаэдрических капсидов: механизм, функции.
7. Общие принципы упаковки ДНК в икосаэдрический капсид. Механизм упаковки за счет вращения коннектора.
8. Общие принципы и порядок сборки вириона фага T4.
9. Вирусные структуры, построенные на основе спиральной симметрии. Характеристики спирали.
10. Структура и самосборка вируса табачной мозаики.
11. Структура нуклеопротеинов вирусов с (-)РНК-геномом.
12. Структура капсида нитевидных фагов.
13. Инфицирование бактериальной клетки фагами семейств Myoviridae и Podoviridae.
14. Инфицирование бактериальной клетки нитевидными фагами.
15. Сборка частиц нитевидных фагов.
16. Фаговый лизис бактериальной клетки.
17. Клеточные рецепторы вирусов млекопитающих.
18. Роль сигнальных путей и эндоцитоза в проникновении вирусов в клетку.
19. Липидные плоты как платформы для проникновения вирусов в клетку.
20. Способы пересечения мембранных барьера при проникновении вирусов животных в цитоплазму.
21. Проникновение в клетку вируса гриппа. Механизм действия гемагглютинина в сравнении с другими белками слияния мембран.
22. Аденовирусы: рецепторы, эндоцитоз и механизм проникновения в цитоплазму.
23. Проникновение в клетку полиомавирусов и пикорнавирусов. Роль кавеол. Ретро-транслокация.
24. Рецепторы ВИЧ. Механизм проникновения ВИЧ в клетку. Роль рецепторов ВИЧ в развитии заболевания человека.
25. Внутриклеточный транспорт вирусов к ядру.
26. Транспорт в ядро вирусов с капсидами различных размеров (гепаднавирусы, парвовирусы, герпесвирусы, аденовирусы, вирус гриппа).
27. Транспорт ретровирусов в ядро: простые ретровирусы, лентивирусы. Механизм транспорта в ядро ВИЧ.
28. Экспорт из ядра несплайсированных вирусных РНК: ретровирусы, гепаднавирусы, герпесвирусы, аденовирусы.

29. Экспорт из ядра рибонуклеопротеинов вируса гриппа.
30. Выход из ядра дочерних вирионов на примере парвовирусов и герпесвирусов.
31. Формирование внешней оболочки альфавирусов
32. Формирование внешней оболочки ретровирусов на примере ВИЧ.
33. Формирование внешней оболочки вирусов с (-)РНК-геномом.
34. Формирование внешней оболочки коронавирусов.
35. Формирование внешней оболочки гепаднавирусов.
36. Формирование внешней оболочки герпесвирусов.
37. Общие принципы формирования внешней оболочки вирионов. Роль гликопротеинов оболочки, нуклеокапсида и матриксных белков в формировании внешней оболочки различных вирусов.
38. Отделение почкающейся вирусной частицы от родительской мембранны. Роль ESCRT-системы. Отпочковывание вирионов ВИЧ в Т-клетках и макрофагах.

**ПРОГРАММА**  
**Для зачета по спецкурсу «СТРУКТУРА ВИРУСНЫХ ЧАСТИЦ»**

**СТРУКТУРА И СБОРКА ВИРУСНЫХ КАПСИДОВ**

**Введение.** Функции вирусной оболочки. Вирусная частица как программа взаимодействия с клеткой. Способы классификация вирусов на основании структуры вирионов. Терминология. Понятие симметрии.

Икосаэдр – основа структуры сферических вирусов. Икосаэдрическая форма и икосаэдрическая симметрия. Свойства объекта, обладающего икосаэдрической симметрией: оси симметрии, ассиметричная структурная единица. Икосаэдрический капсид, построенный из 60 белковых субъединиц. Преимущества икосаэдрического типа симметрии. Емкость икосаэдрических капсидов, построенных из 60 белковых субъединиц. Строение капсидов большого размера. Теория квазиэквивалентности. Построение квазиэквивалентных поверхностных решеток разного размера. Число триангуляции. Модификации квазиэквивалентных капсидов на примере фагов T4 и ф29, HIV-1. Нарушения теории квазиэквивалентности, связанные с размером капсидов, на примере пикорнавирусов, комовирусов, паповавирусов и аденоавирусов.

Самосборка икосаэдрических капсидов.

Сборка при помощи белков «строительных лесов». Внешние и внутренние леса (фаги P22, фX174). Общие свойства и функции белков строительных лесов. Созревание как структурная перестройка капсидов. Созревание капсида на примере фага НK97 (стадии, механизм, инициация). Функции созревания в морфогенезе вирионов.

Упаковка ДНК в икосаэдрический капсид. Общие принципы упаковки у фагов с дДДНК. Различные типы нарезания конкатемера. Упаковка ДНК фага ф2: общая схема, молекулярный механизм. Упаковка ДНК фага ф29: взаимодействие коннектора, капсида и рРНА, модель упаковки ДНК за счет вращения коннектора

Сборка фага T4. Общие принципы и порядок сборки. Укладка капсидного белка gp23. Сборка про-капсида: последовательность событий, особенности строительных лесов, роль протеазы gp21. Упаковка ДНК и созревание головки. Сборка хвоста: базальная пластинка, комплекс gp5/gp27, сборка хвостовой трубки и футляра. Объединение головки и хвоста. Присоединение фибрill, роль белка Wac. Вирусные структуры, построенные на основе спиральной симметрии.

Характеристики спирали. Структура ВТМ. Самосборка ВТМ: ассоциаты белка оболочки, 20S-диск, взаимодействие с РНК, origin сборки, элонгация сборки в направлении 3'-конца и 5'-конца.

Спиральные нуклеопротеины вирусов с минус-РНК-геномом. Структура нуклеокапсида на примере вируса бешенства. Доменная структура белка N, межмолекулярные взаимодействия и взаимодействие с РНК. Природные формы нуклеокапсида, существующие в вирионе и вне вириона. Капсиды нитевидных фагов. Структура вириона, мажорный и минорные белки, укладка ДНК.

**ИНФИЦИРОВАНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ КЛЕТКИ ФАГАМИ И ВЫХОД ИЗ КЛЕТКИ ДОЧЕРНИХ ФАГОВЫХ ЧАСТИЦ.**

Инфицирование бактериальной клетки фагами и выход из клетки дочерних фаговых частиц. Инфицирование клетки фагом T4. Взаимодействие с рецепторами, изменение конформации базальной пластинки, сокращение хвостового футляра, функции gp5/gp27. Инфицирование бактериальной клетки фагами с несокращающимся хвостом на примере фага T7. Функции белков внутреннего кора.

Проникновение в бактериальную клетку нитевидных фагов. Проникновение в бактериальную клетку нитевидных фагов. Роль белка pIII, F-пилей и Tol-Pal-комплекса. Выход из бактериальной клетки нитевидных фагов. Сопряжение со сборкой вирусных частиц. Локализация структурных белков в мембранах, последовательность событий. Сходство вирионов нитевидных фагов с системами экспорта и пилиями типа IV. Фаговый лизис бактериальной клетки. Лизис как запрограммированное событие. Белки лизиса. Работа системы эндолизин/холин фага λ. Лизис с помощью одного белка у фагов с малыми одноцепочечными геномами.

## **ПРОНИКНОВЕНИЕ ВИРУСОВ В ЭУКАРИОТИЧЕСКИЕ КЛЕТКИ, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ РАЗБОРКА ВИРИОНОВ И ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЙ ТРАНСПОРТ.**

Проникновение вирусов в эукариотические клетки, последовательная разборка и внутриклеточный транспорт. Проникновение вирусов в эукариотические клетки, последовательная разборка и внутриклеточный транспорт. Рецепторы. Факторы прикрепления и истинные рецепторы. Первичные и вторичные рецепторы. Функции рецепторов. Роль эндоцитоза в проникновении вирусов в клетку, типы эндоцитоза. Преимущества эндоцитозного пути проникновения вирусов в клетку. Эндоцитоз как частный случай везикулярного транспорта. Клатриновый эндоцитоз и эндосомная система клетки; связь между рецепторными молекулами и эндоцитозом. Активация сигнальных путей и эндоцитоз вирусных частиц как результат их взаимодействия с рецепторами.

Липидные плоты как платформы для проникновения вирусов. Липидные плоты как платформы для проникновения вирусов. Состав и структура плотов. Функции плотов в клетке. Сигнальные молекулы в составе липидных плотов как вирусные рецепторы. Последовательное взаимодействие вирусных частиц с рецепторами и ко-рецепторами и активация сигнальных путей при проникновении вирусов через липидные плоты на примере цитомегаловируса, ротавирусов, вируса коксаки.

Проникновение вируса в цитоплазму. Проникновение вируса в цитоплазму – перенос через мембранный барьер; типы проникновения. Способы пересечения мембранныго барьера, характерные для вирусов, имеющих оболочку, и вирусов, лишенных оболочки. Проникновение вируса в цитоплазму через эндосомный путь. Снижение pH как триггер выхода вируса в цитоплазму. Проникновение в клетку вируса гриппа. Конститтивный и индуцируемый эндоцитоз. pH-зависимый выход вируса из эндосом. Гемагглютинин и слияние мембран, молекулярный механизм действия гемагглютинина. Клеточные SNARE-белки, механизм их действия в сравнении с гемагглютинином. Вирусные белки слияния классов I и II. Эндоцитоз адено-вирусов. Роль белка CAR и интегринов. Активация сигнальных путей. Выход адено-вируса из эндосом в цитоплазму.

Проникновение в клетку полиомавирусов и пикорнавирусов. Проникновение в клетку полиомавирусов (SV40, Ру) и пикорнавирусов (вирус ECHO-1). Эндоцитоз без участия кратиновых везикул. Кавеолы, динамика кавеол, рецепторы вирусов и кавеолы, внутриклеточный транспорт кавеол после эндоцитоза. Кавеолин-независимый эндоцитоз SV40. Выход полиомавирусов в цитоплазму: ретро-транслокация, сходство с холерным токсином, разворачивание полипептидной цепи субъединиц капсида.

Проникновение в клетку HIV-1: путь через плазматическую мембрану. Проникновение в клетку HIV-1: путь через плазматическую мембрану. Поверхностные гликопротеины вируса, белки gp41 и gp120. Рецепторы HIV-1: CD4 и CCR5/CXCR4. Двустадийная стратегия взаимодействия с рецепторами. Роль рецепторов HIV-1 в процессе развития инфекции и заболевания человека. Транспорт вирусов к ядру. Роль микротрубочек и моторов. Транспорт к центру организации микротрубочек на примере аденоовириуса: попаренное двунаправленное движение. Путь в агресомы. Транспорт от центра организации микротрубочек к ядру.

## **ТРАНСПОРТ ВИРУСОВ В ЯДРО**

Транспорт вирусов в ядро. Ядерный транспорт в жизненном цикле вируса. Стратегии проникновения в ядро. Комплекс ядерной поры. Механизм импорта в ядро через комплекс ядерной поры. Транспорт в ядро мелких вирусов. Гепаднавириусы: локализация NLS, роль созревания вирионов. Парвовирусы: сборка дочерних капсидов в ядре, путь транспорта, экспонирование NLS. Транспорт в ядро крупных вирусов. Герпесвириусы: путь к ядру, доставка от центра организации микротрубочек к ядерным порам, роль белков тегумента, транслокация ДНК из капсида в ядро.

Аденовирусы: перестройка и частичное раздевание вириона на пути к ядру, связывание с комплексом ядерной поры, механизм разборки вириона, транспорт ДНК в ядро.

Транспорт (-)РНК-содержащих вирусов в ядро. Вирус гриппа: роль белка M2, NLS белка NP. Транспорт ретровирусов в ядро: простые ретровирусы, лентивирусы. Транспорт в ядро HIV-1: комплекс обратной транскрипции, внутриклеточный транспорт, пре-интеграционный комплекс, роль специфической структуры ДНК и белков MA, IN и Vpr. Вырожденность сигналов импорта.

## **ВЫХОД ВИРУСОВ ИЗ КЛЕТКИ И МОРФОГЕНЕЗ ВИРИОНОВ.**

Клеточные механизмы экспорта из ядра. Выход из ядра ДНК-содержащих вирусов. Выход дочерних вирионов из клетки у вирусов, имеющих оболочку.

Клеточные механизмы экспорта из ядра: Crm1-зависимый и TAP-зависимый экспорт. Экспорт из ядра несплайсированных РНК ретровирусов. Сложные ретровирусы на примере HIV-1: роль Rev и RRE, молекулярный механизм. Простые ретровирусы на примере MPMV: роль СТЕ, путь экспорта. Экспорт из ядра несплайсированных РНК других вирусов: гепаднавириусы, герпесвириусы, аденоовириусы. Экспорт из ядра рибонуклеопротеинов вируса гриппа: разделение пуллов вРНП в ядре, роль в экспорте вирусных белков M1, NP и NEP, путь транспорта. Роль белков M1 и M2 в разделении пуллов вРНП в цитоплазме.

Выход из ядра ДНК-содержащих вирусов. Выход из ядра парвовирусов: два пути экспорта, роль фосфорилирования, роль белка NS2, отщепление NES. Экспонирование сигналов импорта в ядро и экспорт из ядра на разных этапах жизненного цикла вируса. Выход из ядра герпесвириусов: сборка вирионов в ядре, способ выхода в цитоплазму, ключевые белки, необходимые ферментативные активности.

Выход дочерних вирионов из клетки у вирусов, имеющих оболочку: сайты формирования оболочки, ее компоненты. Первая модель образования оболочки. Формирование внешней оболочки альфавирусов: два возможных способа, их экспериментальное подтверждение. Формирование внешней оболочки ретровирусов на примере HIV-1: структурные белки, функциональное значение доменов белка Gag, транспорт белка Env к плазматической мембране и его эндоцитоз, взаимодействие Gag и Env. Включение в вирион полипротеина Gag-Pol и вирусной РНК. Протеолиз белка Gag.

Формирование внешней оболочки вирусов с (-)РНК-геномом, коронавирусов, гепаднавирусов, герпесвирусов. Формирование внешней оболочки вирусов с (-)РНК-геномом. Рабдовирусы: структурные белки, роль белка M и белка G. Вирус гриппа: транспорт субоболочки, механизмы включения в состав частицы восьми геномных вРНП. Формирование внешней оболочки коронавирусов: особенности белка M с другими компонентами вириона, модель образования оболочки. Формирование внешней оболочки гепаднавирусов: гликопротеины оболочки, их топология в мембране, субвирусные частицы, роль белков S и L, включение капсидов в вирионы, роль белка C в отпочковывании вирионов. Формирование внешней оболочки герпесвирусов: сложное строение внешней оболочки, независимое формирование суб-структур внешней оболочки. Сборка внутренних белков тегумента, роль белков gM и UL11. Формирование зрелого вириона и его экспорт из клетки. Заключение по механизмам формирования внешней оболочки. Сравнение роли гликопротеинов оболочки, (альфавирусы, ретровирусы, коронавирусы, вирусы с (-)РНК-геномом).

Отделение почекующейся вирусной частицы от родительской мембранны. Идентификация и типы L-доменов ретровирусов. L-домены в структурных белках вирусов других групп. Участие ESCRT-системы и способы ее мобилизации в случае клеточных белков и вирусных белков, несущих L-домены. Отпочковывание вирионов HIV-1 в Т-клетках и макрофагах. Экзосомы.