



<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>методы научно-исследовательской деятельности Код <b>31 (УК-2)</b></p>
<p><b>УК-3:</b> <i>Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач</i></p>	<p><b>Владеть:</b> технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке Код <b>В2 (УК-3)</b></p>
<p><b>УК-4:</b> <i>Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языке</i></p>	<p><b>Владеть:</b> навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках Код <b>В1 (УК-4)</b> <b>Знать:</b> стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках Код <b>32 (УК-4)</b></p>
<p><b>ОПК-1</b> <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> 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, вирусологии и физиологии растений (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 фитовирусологии и отстаивать ее во время дискуссии со специалистами и неспециалистами; читать и реферировать научную литературу в области фитовирусологии, 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.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРУСОВ РАСТЕНИЙ. Общая характеристика и классификация растительных вирусов. Пути проникновения вирусов растений в	24	8				8	16		16

клетку и круг хозяев. Репликация фитовирусов и транспорт фитовирусов по растению.										
<b>ОТВЕТ РАСТЕНИЯ НА ВИРУСНУЮ ИНФЕКЦИЮ.</b> Симптомы фитовирусных инфекций, неспецифические изменения при биотическом стрессе, модель ген-на-ген в применении к фитовирусам,, вирулентные и резистентные гены, гиперчувствительный ответ (ГО) при вирусной инфекции на физиологическом и молекулярном уровне.	<b>12</b>	4					4	8		8
<b>МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ВИРУСНЫХ ИНФЕКЦИЙ И СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗВИРУСНЫХ РАСТЕНИЙ.</b> Методы, основанные на биологической активности вирусов. , на физических особенностях вирионов, на свойствах вирусных белков. На свойствах вирусных нуклеиновых кислот. Критерии выбора метода детекции. Способы защиты от фитовирусов: превентивные меры и перспективы лечения. Подходы к получению устойчивых сортов растений	<b>12</b>	4					4	8		8
<b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИТОВИРУСОВ.</b> Синтез белков в растениях с помощью вирусных векторов. Конститутивная и временная экспрессия. Вирусные векторы второго поколения: «деконструированные» вирусы и	<b>12</b>	4					4	8		8

агроинокуляция.										
СУБВИРУСНЫЕ АГЕНТЫ В РАСТЕНИЯХ: ВИРОИДЫ, САТЕЛЛИТЫ И САТЕЛЛИТО-ПОДОБНЫЕ РНК. Вироиды. Основные представители, строение генома, внутриклеточная локализация и механизмы репликации. Вироидные рибозимы, механизм действия, регуляция рибозимной активности. Ретровироиды. Сателлитные вирусы и сателлитные нуклеиновые кислоты. Репликация вирусоидов, структура и особенности работы шпилечного рибозима. Сателлиито-подобные РНК. Особенности организации многокомпонентного генома вируса некротического пожелтения жилок свеклы. Розеточность арахиса: сложный комплекс патогенов. Возможные пути эволюции сателлитов. Сравнительная характеристика известных рибозимов	24	4					4	8	12	20
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРУСОВ РАСТЕНИЙ И НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ МИКРООРГАНИЗМОВ В НАНОТЕХНОЛОГИЯХ. Химическая биоконъюгация капсида вируса мозаики коровьего горошка с использованием генетически измененных капсидов. Применение вирусных наночастиц в биологии. Использование вирусов для создания гибридных наноматериалов.	24	4					4	4	16	20

Вирусы как матрицы для упорядочивания наноструктур – биотемплатов. Применение вирусных наночастиц в медицине: предпосылки для адресной доставки лекарств Использование вирусоподобных частиц как наноконтейнеров. Бактерии, используемые для синтеза наноструктур										
<b>Промежуточная аттестация - зачет</b>										
<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>28</b>					<b>28</b>	<b>52</b>	<b>28</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. Alan Cann, Principles of Molecular Virology, Fourth Edition, ELSEVIER, Academic Press, 2005.
2. Matthews' Plant Virology, Fourth Edition Hardcover – October 9, 2001, by Roger Hull (Author)
3. Noueir, A.O. and Ahlquist, P. 2003. Brome mosaic virus RNA replication: Revealing the role of the host in RNA virus replication. Annu. Rev. Phytopathol. 41: 77–98.
4. Атабеков И.Г. Применение вирусных структур в качестве инструментов нанотехнологий. Российские нанотехнологии, т.3.
5. Viruses and Nanotechnology. Edited by Manchester, Marianne & Steinmetz, Nicole F. Berlin Springer-Verlag, In: Current Topics in Microbiology and Immunology. 2009, v.327
6. Lang C, Schüler D, Faivre D. Synthesis of magnetite nanoparticles for bio- and nanotechnology: genetic engineering and biomimetics of bacterial magnetosomes. Macromolecular Bioscience, 2007, v.7
7. G. Destito, A. Schneemann, M. Manchester. Biomedical Nanotechnology Using Virus-Based Nanoparticles. Berlin Springer-Verlag, 2009. In: Current Topics in Microbiology and Immunology, v.327

#### Дополнительная литература

1. Nanobiotechnology: BioInspired Devices and Materials of the Future Edited by Oded Shoseyov & Ilan Levy. USA Humana Press 2008
2. David S. Goodsell. Bionanotechnology: Lessons from Nature. England. Wiley-Liss, Inc. 2004

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»  
<http://pvo.bio-mirror.cn/refs.htm>

Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):  
Интернет-браузер, базы данных Plant Viruses Online <http://pvo.bio-mirror.cn/refs.htm>, базы данных 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 (преподаватели): научный сотрудник кафедры вирусологии, к.б.н. Р.А.Зиновкин



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

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю), баллы БРС					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	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)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- 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 научных и научно-образовательных задач, в	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- индивидуальное собеседование, реферат, зачет

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 32(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. Основные и дополнительные критерии классификации растительных вирусов.
2. Механическое заражение растений вирусами в природе и в лабораторных условиях.
3. Агроинокуляция как разновидность механического заражения фитовирусами. Использование агробактерий в фитовирусологии.
4. Перенос фитовирусов семенами и пылью.
5. Перенос фитовирусов при вегетативном размножении инфицированных растений и растениями-паразитами.
6. Перенос фитовирусов векторами-переносчиками: виды переносчиков, их биология.
7. Типы взаимодействия векторов с вирусами: неперсистентный, полуперсистентный и персистентный.
8. Полуперсистентный перенос фитовирусов на примере кластеро- и каулимовирусов
9. Особенности персистентного переноса фитовирусов на примере фиторео-, и лютеовирусов.
10. Нематоды и грибы как переносчики фитовирусов. Особенности такого переноса.
11. Методы изучения репликации фитовирусов *in vivo* и *in vitro*.
12. Сигналы репликации на матрице вирусной РНК.
13. Механизм репликации вируса мозаики ковра: изучение репликации в дрожжевой системе.
14. Неспецифические изменения в растениях при биотическом стрессе.
15. Первичные и вторичные элиситоры. Элиситоры белковой, липидной и олигосахаридной природы.
16. Модель ген-на-ген, вирулентные и резистентные гены. Модели индукции резистентности.
17. Группы белков резистентности, их доменная структура. ВТМ и ген N.
18. Основные сигнальные пути в растениях, активирующихся при вирусной инфекции.
19. Гиперчувствительный ответ (ГО) на физиологическом и молекулярном уровне. Функции PR-белков. Роль салициловой кислоты в ГО.
20. Симптомы вирусной инфекции: макроскопические, механизмы их возникновения; гистологические; цитологические.
21. Влияние штамма вируса и сорта растения на развитие инфекции. Примеры зависимости симптоматики от внешних факторов.
22. Методы диагностики фитовирусных инфекций. Методы, основанные на свойствах вирусных белков.
23. Методы диагностики фитовирусных инфекций. Методы, основанные на свойствах вирусных нуклеиновых кислот.
24. Способы защиты растений от фитовирусов.
25. Синтез белков в растениях с помощью вирусных векторов.
26. Классификация субвирусных патогенов растений.
27. Вироиды. Классификация, строение генома типичных представителей.
28. Вироиды. Вироидные рибозимы, механизм их работы.
29. Классификация сателлитов. Сателлитные вирусы на примере сателлита вируса некроза табака.
30. Сателлитные нуклеиновые кислоты. Вирусоиды.

31. Вируссоиды, их репликация и рибозимы.
32. Сателлитоподобные РНК на примере вируса некротического пожелтения жилок свеклы.
33. Сателлитоподобные РНК на примере заболевания розеточности арахиса.
34. Особенности функционирования рибозима вируса гепатита дельта.
35. Сравнительная характеристика рибозимов.
36. Особенности вирусов, используемые в нанотехнологии.
37. Особенности генетических манипуляций с вирусами.
38. Гибридные наноматериалы и растительные вирусы: ячейка памяти на основе ВТМ.
39. Использование вирусов для создания биотемплатов: фаг М13 и электроды литий-ионных батарей.
40. Метод генетической комбинаторики (фаговый дисплей).
41. Адресная доставка лекарств вирусными наночастицами (метод *in vivo* biopanning). Применение вирусных наночастиц в медицине.
42. Токсичность и иммуногенность вирусных наночастиц.
43. Бактерии, применяющиеся для синтеза наноструктур.
44. Биотемплаты и наносенсоры на основе порина MspA.
45. Использование S-layer для создания ДНК-чипов и белковых чипов.
46. Магнетобактерии и магнитные наночастицы (МНЧ). Использование МНЧ в медицине и биологии.
47. Магнетобактерии и магнитные наночастицы (МНЧ). Механизмы образования МНС в магнетобактериях.

## ПРОГРАММА

### Для зачета по спецкурсу «ФИТОВИРУСОЛОГИЯ»

#### Общая характеристика и классификация растительных вирусов.

Неоднозначность понятия «фитовирусы», классификация, пути распространения в природе, круг хозяев, циклы репликации, ближний и дальний транспорт по растению.

Основные критерии классификации: структура вирионов, тип генетического материала и гомология аминокислотных последовательностей консервативных доменов вирусных белков. Дополнительные критерии классификации: серологическое родство, физико-химические свойства вирионов, пути переноса, симптоматика и круг хозяев. Значимость критериев классификации.

#### Пути проникновения вирусов растений в клетку и круг хозяев.

Механический путь проникновения: его экспериментальные и природные варианты, влияние условий окружающей среды на эффективность заражения; кинетика инфекции. Агроинокуляция: агробактерии, Ti-плазмиды, использование агробактерий в фитовирусологии. Путь переноса фитовирусов семенами: пути попадания вируса в семена, эффективность переноса у различных вирусов. Перенос растительных вирусов пылью: особенности такого типа переноса. Перенос вирусов при вегетативном размножении инфицированных растений и растениями-паразитами; экспериментальное использование таких подходов.

Перенос фитовирусов векторами-переносчиками – их биология и типы взаимодействия с вирусами: непersistентный, полупersistентный и persistентный (пропагативный и непропагативный варианты), молекулярные механизмы процессов переноса на примере поти-, кластеро-, каулимо-, фиторео-, и лютеовирусов.

Круг хозяев фитовирусов. Определения: хозяин, локальный хозяин, системный хозяин, иммунное растение. Детерминанты круга хозяев: «раздевание» вириона, репликация, межклеточный транспорт и ответ растения на инфекцию.

#### Репликация фитовирусов и транспорт фитовирусов по растению.

Репликация фитовирусов: методы изучения *in vivo* и *in vitro*, их преимущества и недостатки. Ферментативные активности вирусной репликазы. Механизм репликации вируса мозаики костра: изучение репликации в дрожжевой системе, функции и локализация белков 1a и 2a, сигналы в РНК, необходимые для репликации. Особенности синтеза (+) и (-) цепей, хозяйские белки, участвующие в репликации: eIF-3, Ydj1, Lsm1p. Сходство репликации ВМК и ретровирусов. Модель для изучения рекомбинации РНК вируса мозаики костра. Ближний и дальний транспорт вирусов по растению на примерах табако- и комовирусов.

#### Ответ растения на инфекцию.

Неспецифические изменения при биотическом стрессе. Токсины. Первичные и вторичные элиситоры. Элиситоры белковой, липидной и олигосахаридной природы. Модель ген-на-ген, вирулентные и резистентные гены. Модели индукции резистентности. Группы белков резистентности, их доменная структура. Примеры: вирус табачной мозаики и N-ген, X-вирус картофеля и ген Rx. Рецепторы элиситоров. G-белки растений. Растительные протеинкиназы и протеинфосфатазы. Особенности функционирования сигнальных систем растений при

биотическом стрессе: Аденилатциклазной, МАР-киназной, Фосфатидатной, Кальциевой, Липоксигеназной, НАДФН-оксидазной, NO-синтазной, Протонной.

Гиперчувствительный ответ (ГО) 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.

Симптомы вирусной инфекции: макроскопические (локальные и системные), механизмы их возникновения; гистологические; цитологические; вирусоспецифические образования. Влияние штамма вируса и сорта растения на развитие инфекции. Латентные инфекции. Примеры зависимости симптоматики от внешних факторов.

#### **Методы диагностики вирусных инфекций растений и способы получения безвирусных растений.**

Методы диагностики вирусных инфекций. Методы, основанные на биологической активности вирусов. Методы, основанные на физических особенностях вирионов. Методы, основанные на свойствах вирусных белков. Методы, основанные на свойствах вирусных нуклеиновых кислот. Критерии выбора метода детекции.

Способы защиты от фитовирусов: превентивные меры и перспективы лечения. Подходы к получению устойчивых сортов растений

#### **Практическое использование фитовирусов: синтез целевых белков в растениях с использованием векторов на основе геномов вирусов растений.**

Синтез белков в растениях с помощью вирусных векторов. История вопроса, основные стратегии. Конститутивная и временная экспрессия, достоинства и недостатки подходов. Вирусные векторы второго поколения: «деконструированные» вирусы и агроинокуляция.

#### **Субвирусные агенты в растениях: вироиды, сателлиты, сателлиито-подобные РНК.**

Вироиды. Основные сведения. Классификация, основные представители, строение генома, внутриклеточная локализация и механизмы репликации. Молекулярный механизм патогенеза при виroidной инфекции. Вироидные рибозимы, механизм действия, регуляция рибозимной активности. Ретровироиды.

Сателлиты. Классификация сателлитов: сателлитные вирусы и сателлитные нуклеиновые кислоты. Сателлитные вирусы на примере сателлита вируса некроза табака. Сателлитные нуклеиновые кислоты: оцДНК, дцРНК, и оцРНК (большие, малые линейные и кольцевые РНК, вирусоиды). Репликация вирусоидов, структура и особенности работы шпилечного рибозима.

Сателлиито-подобные РНК. Особенности организации многокомпонентного генома вируса некротического пожелтения жилок свеклы.

Розеточность арахиса: сложный комплекс патогенов. Возможные пути эволюции сателлитов. Вирус гепатита дельта. Особенности функционирования рибозима вируса гепатита дельта. Сравнительная характеристика известных рибозимов

#### **Нанотехнология и вирусология.**

Особенности вирусов, позволяющие их использование в нанотехнологических целях.

Особенности генетических манипуляций с вирусами: преимущества и недостатки. Практическое применение генетически изменённых вирусов. Цели и способы структурной модификации вирусов. Химическая биоконъюгация капсида вируса мозаики коровьего горошка с использованием генетически изменённых капсидов. Применение вирусных наночастиц в биологии.

Использование вирусов для создания гибридных наноматериалов. Примеры гибридных наноматериалов с использованием вирусов: нанопровода и ячейки памяти на основе ВТМ.

Вирусы как матрицы для упорядочивания наноструктур – биотемплатов. Практическое использование бактериофага М13 для упорядочивания квантовых точек и нанопроводов. Получение электродов для литий-ионных батарей на основе М13.

Поиск высокоаффинных пептидных лигандов к рецептору с помощью метода генетической комбинаторики (фаговый дисплей). Селекция пептидов с высокой аффинностью к различным полупроводникам для направленной сборки нанокристаллов. Адресная доставка лекарств вирусными наночастицами (метод *in vivo* biopanning).

Применение вирусных наночастиц в медицине: предпосылки для адресной доставки лекарств. Основные лиганды для адресной доставки лекарств: трансферрин и фолиевая кислота. Использование вирусоподобных частиц как наноконтейнеров. Токсичность и иммуногенность вирусных наночастиц. Вирусология и нанотехнологии: Вирусы как матрицы для упорядочивания наноструктур – биотемплатов. нерешённые проблемы. Нанотехнологии против вирусных заболеваний.

#### **Бактерии и нанотехнологии.**

Бактерии, используемые для синтеза наноструктур. Микобактерии: особенности строения внешней оболочки. Бактериальный порин MspA. Биотемплаты и наноканалы порина MspA на графитовой поверхности. Наносенсоры на основе порина MspA. Поверхностная оболочка бактерий (S-layer): строение, типы симметрии, самосборка. Использование S-layer для создания ДНК-чипов и белковых чипов.

Биоминерализация как контролируемое образование биоконструктов. Магнетобактерии и магнитные наночастицы (МНЧ). Биология магнетобактерий. Магнетотаксис и магнетосомы. Метаболизм железа магнетобактерий: основные стадии и роль белка Mms6. Биоконтроль размеров МНЧ с помощью Mat белков. Сборка цепей магнетосом: организация и структура цепей магнетосом; цитоскелетные филаменты магнетосом. Геномика магнетобактерий. Использование МНЧ в медицине и биологии.