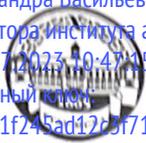


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Шитикова Александра Васильевна  
Должность: И.о. директора института агrobiотехнологий  
Дата подписания: 17.07.2023 10:47:45  
Уникальный программный код:  
fcd01ecb1fdf76898cc51f248ad12b5f716ce658



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт Агrobiотехнологий  
Кафедра Биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ:  
И. о. директора института  
Агrobiотехнологий  
Белопухов С.Л.

“29” августа 2022 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Б1.В.09 ОСНОВЫ БИОНАНОТЕХНОЛОГИЙ

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО 3++

Направление: 19.03.01 Биотехнология

Направленность: Биотехнология

Курс 4

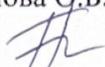
Семестр 8

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2022

Москва, 2022

Разработчик: Поливанова О.Б., кандидат биологических наук

 «29» августа 2022г.

Рецензент: Балабанов В.И. – д. техн. н., профессор, заведующий кафедрой организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ



«29» августа 2022г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология.

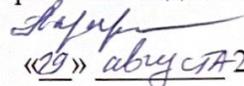
Программа обсуждена на заседании кафедры Биотехнологии  
протокол № 41 от «29» 08 2022г.

И. о. зав. кафедрой Чередниченко М.Ю., кандидат биологических наук, доцент

 «29» 08 2022г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической комиссии института Агробиотехнологий Лазарев Н.Н., доктор с.-х. наук, профессор кафедры растениеводства и луговых экосистем

 «29» августа 2022г.

И. о. заведующего выпускающей кафедрой Биотехнологии Чередниченко М.Ю., кандидат биологических наук, доцент

 «29» 08 2022г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

  
\_\_\_\_\_ (подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ .....</b>	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>5</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>5</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	5
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	8
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ/ ЗАНЯТИЯ .....	14
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>22</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>23</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	23
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	34
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>35</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	35
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	35
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....</b>	<b>36</b>
<b>9. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....</b>	<b>36</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ..</b>	<b>37</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий .....	37
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>38</b>

## Аннотация

### **рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.09 Основы бионанотехнологий для подготовки бакалавров по направлению 19.03.01 Биотехнология направленности Биотехнология**

**Цель освоения дисциплины:** формирование у обучающихся системы знаний о физико-химических и биологических свойствах наноструктур и их применении в различных областях, таких как медицина, сельское хозяйство, защита окружающей среды и научные исследования и разработки.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина «Основы бионанотехнологий» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений учебного плана 19.03.01 Биотехнология. На курсе «Основы бионанотехнологий» базируется изучение таких дисциплин, как «Основы биотехнологии животных клеток», «Основы системной биологии», «Основы микробной биотехнологии» и эффективная научно-исследовательская работа, в том числе над дипломной работой.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.

**Краткое содержание дисциплины:** в рамках изучения дисциплины рассматриваются прикладные аспекты использования многообразных современных наноматериалов в областях, связанных с биологическими науками, такими как медицина, сельское хозяйство, защита окружающей среды, производство продуктов питания, редактирование генома и др. В ходе курса студенты знакомятся с классификацией современных наноматериалов, методами их получения и способами анализа и характеристики наноструктур. В связи с растущим интересом и расширением области применения, отдельно рассматриваются вопросы безопасности применения наноматериалов, их влияния на организм человека, растений, животных и окружающую среду.

**Общая трудоемкость дисциплины/в т.ч. практическая подготовка:**  
108/4 часа (3 зачетных единицы)

**Промежуточный контроль:** экзамен

#### **1. Цель освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Основы бионанотехнологий» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность к решению различных прикладных задач в рамках исследований в области биологических дисциплин с применением нанотехнологий и наноматериалов. Также обучающиеся должны иметь представление о многообразии применяемых в настоящее время наноматериалах, способах их получения и актуальных методах анализа. На основании полученных результатов о физических и поверхностных свойствах наноматериалов, обучающиеся должны уметь делать выводы о возможных областях применения для решения тех или иных задач в рамках биологического исследования. В ходе освоения дисциплины предусмотрено применение цифровых технологий и инструментов, прежде всего работа с ба-

зами данных научной литературы и публикаций на тему получения и применения наноматериалов.

## **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Основы бионанотехнологий» относится к формируемой участниками образовательных отношений части учебного плана. Дисциплина «Основы бионанотехнологий» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 19.03.01 Биотехнология.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Основы бионанотехнологий» являются «Физика», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Биохимия», «Основы молекулярной биологии». Дисциплина «Основы бионанотехнологий» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Основы биотехнологии животных клеток», «Основы системной биологии», «Основы микробной биотехнологии».

Особенностью дисциплины является ознакомление обучающихся с многообразием применимых в настоящее время наноматериалов, способами их получения, методами из анализа и установления физико-химических характеристик. Всё это помогает проследить связь структуры того или иного наноматериала с его функциональными особенностями, а также связь способа получения с такими характеристиками как форма, размер, поверхностный заряд, пористость и др., что так же определяет возможную область применения наноматериала. Дисциплина является наукоемкой и комплексной, требующей базовых знаний по органической и неорганической химии, физике, физической и коллоидной химии, общей биологии. Рабочая программа дисциплины «Основы бионанотехнологий» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

## **4. Структура и содержание дисциплины**

### **4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. (108 часов), их распределение по видам работ семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ПКос-1	способен участвовать в проведении научных исследований в области биотехнологии с применением цифровых средств и технологий	ПКос-1.1	теоретические основы клеточной и генетической инженерии, вирусологии, иммунологии и эмбриологии, а также принципы использования цифровых средств и технологий	планировать исследования в области клеточной и генетической инженерии, вирусологии, иммунологии и эмбриологии с привлечением цифровых средств и технологий	методами исследований в области клеточной и генетической инженерии, вирусологии, иммунологии и эмбриологии,
			ПКос-1.2	основные направления исследований в области биотехнологий и бионанотехнологий в производстве пищевых продуктов, лекарственных средств, кормов	под руководством специалиста более высокой квалификации участвовать в проведении экспериментальных исследований в области разработки новых биотехнологических продуктов и биоматериалов, пищевых, кормовых и лекарственных средств, природоохранных (экологических) технологий сохранения природной среды и здоровья человека	методами оценки и усовершенствования новых биотехнологических продуктов и биоматериалов, пищевых, кормовых и лекарственных средств, природоохранных (экологических) технологий сохранения природной среды и здоровья человека
			ПКос-1.5	основные направления развития современных агrobiотехнологий	формулировать гипотезу и планировать эксперимент	владеет современными лабораторными методами исследований в

						области агrobiотехнологий
4.	Пкос-2	Способен применять современные знания об основах биотехнологических и микробиологических производств, геной инженерии, нанобиотехнологии, молекулярной биологии и осуществляет контроль качества на всех этапах технологического процесса для организации его рационального ведения	Пкос-2.1	методы исследования растительных, животных и клеток микроорганизмов	проводить культивирование растительных, животных и клеток микроорганизмов	методами работы с растительными и животными клетками, а также клетками микроорганизмов
			Пкос-2.2	современные приемы и методы генетической инженерии	создавать генно-инженерно-модифицированных организмов (бактерии, вирусы, растения, животные)	методами генетической инженерии, а также методами исследования и идентификации генно-инженерно-модифицированных организмов (бактерии, вирусы, растения, животные)

**ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ**

Таблица 2

**Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Вид учебной работы	Трудоёмкость
	час. всего/*
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>108/4</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>72,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	
<i>в том числе:</i>	
<i>лекции (Л)</i>	28
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	28
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	14/4
<i>курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)</i>	
<i>консультации перед экзаменом</i>	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>35,6</b>
<i>реферат/эссе (подготовка)</i>	
<i>курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)</i>	
<i>расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)</i>	
<i>контрольная работа</i>	
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)</i>	11
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	24,6
<i>Подготовка к зачёту/ зачёту с оценкой (контроль)</i>	
<b>Вид промежуточного контроля:</b>	<b>Экзамен</b>

\* в том числе практическая подготовка (см учебный план)

**4.2 Содержание дисциплины**

**ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ**

Таблица 3

**Тематический план учебной дисциплины**

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/С всего/*	ЛР всего/*	ПКР	
<b>Введение в нанотехнологии и бионанотехнологии</b>	5	1	1	2/1		1
<b>Раздел 1 «Основы биологических систем и бионанотехнологий»</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>4</b>			<b>2</b>
Тема 1. ДНК как материал в бионанотехнологиях	3	1	1			1
Тема 2. Белки и пептиды в бионанотехнологиях	2	1	1			
Тема 3. Биологические системы элементов	3	1	1			1

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/С всего/*	ЛР всего/*	ПКР	
Тема 4. Информационные потоки в биологических системах	2	1	1			
<b>Раздел 2 «Производство бионаноматериалов»</b>	<b>13/2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6/2</b>		<b>1</b>
Тема 5. Химические и физические способы получения наноматериалов	4	1	1	2/1		
Тема 6. Синтез наноматериалов с использованием живых организмов	5	1	1	2/1		1
Тема 7. Вопросы безопасности при получении наноматериалов	4	1	1	2		
<b>Раздел 3 «Взаимодействие наноматериалов с биологическими системами»</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>1</b>
Тема 8. Взаимодействие наноматериалов с биологическими системами	5	1	1	2		1
Тема 9. Применение наноматериалов к биологическим системам	2	1	1			
<b>Раздел 4 «Биологическая самосборка»</b>	<b>15/1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2/1</b>		<b>3</b>
Тема 10. Самосборка ДНК	3	1	1			1
Тема 11. Самосборка белков и пептидов	2	1	1			
Тема 12. Самосборка структур поверхностного слоя	3	1	1			1
Тема 13. Самосборка фосфолипидных мембран	4/1	1	1	2/1		
Тема 14. Самосборка вирусов	3	1	1			1
<b>Раздел 5 «Бионанороботы»</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>			<b>1</b>
Тема 15. Бионаномолекулярные машины	3	1	1			1
Тема 16. Дизайн и контроль бионанороботизированных систем	2	1	1			
<b>Раздел 6 «Аналитические методы, применяемые в бионанотехнологии»</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>		<b>2</b>
Тема 17. Использование биомолекул в качестве сенсоров	3	1	1			1
Тема 18. Рентгеновская кристаллография и ЯМР в анализе бионаноструктур	2	1	1			
Тема 19. Методы микроскопии в анализе наноматериалов	3	1	1			1
Тема 20. Другие широко применимые методы анализа бионаноматериалов	4	1	1	2		
<b>Раздел 7 «Бионанотехнологии в науке и промышленности»</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>7</b>			
Тема 21. Бионанотехнологии в медицине	2	1	1			
Тема 22. Бионанотехнологии в фармацевтике	2	1	1			
Тема 23. Бионанотехнологии в сельском хозяйстве	2	1	1			
Тема 24. Бионанотехнологии в производстве продуктов питания и косметических средств	2	1	1			

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/С всего/*	ЛР всего/*	ПКР	
Тема 25. Бионанотехнологии в научных исследованиях	2	1	1			
Тема 26. Бионанотехнологии в защите окружающей среды	2	1	1			
Тема 27. Этические вопросы применения бионанотехнологий и безопасность	2	1	1			
<i>консультации перед экзаменом</i>	2				2	
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4				0,4	
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	24,6					24,6
<b>Всего за 8 семестр</b>	<b>108/4</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>14/4</b>	<b>2,4</b>	<b>35,6</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>108/4</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>14/4</b>	<b>2,4</b>	<b>35,6</b>

\* в том числе практическая подготовка

### **Введение в нанотехнологии и бионанотехнологии**

1. Понятие нанотехнологий
2. Предыстория и определение нанотехнологий и бионанотехнологий
3. Перспективы бионанотехнологий

### **Раздел 1. Основы биологических систем и бионанотехнологий**

#### **Тема 1. ДНК как материал в бионанотехнологиях**

4. ДНК оригами
5. Устройства на основе ДНК оригами

#### **Тема 2. Белки и пептиды в бионанотехнологиях**

6. Супрамолекулярная структура белков и пептидов
7. Сенсоры на основе белков и пептидов

#### **Тема 3. Биологические системы элементов**

8. Наличие, распространение и загрязнение химическими элементами в окружающей среде
9. Межэлементные корреляции
10. Интерпретация и объяснение функциональных корреляций в биологических процессах
11. Системы химических элементов и их различные свойства

#### **Тема 4. Информационные потоки в биологических системах**

12. Транскрипция
13. Трансляция
14. Регуляция экспрессии генов

### **Раздел 2. Производство бионаноматериалов**

#### **Тема 5. Химические и физические способы получения наноматериалов**

15. Подходы к получению наноматериалов
16. Подходы «Снизу вверх»
17. Подходы «Сверху вниз»
18. Химические способы получения наноматериалов
19. Физические способы получения наноматериалов

#### **Тема 6. Синтез наноматериалов с использованием живых организмов**

20. Синтез наноматериалов с использованием бактерий
21. Синтез наноматериалов с использованием грибов

22. Синтез наноматериалов с использованием растительных экстрактов
23. Синтез наночастиц с использованием хитозана, декстрана и других органических соединений

#### **Тема 7. Вопросы безопасности при получении наноматериалов**

24. Определение нанотоксикологии
25. Риски, связанные с воздействием наноматериалов при их производстве
26. Биомаркеры токсического эффекта наноматериалов и модели для изучения нанотоксичности *in vitro* и *in vivo*
27. Основные методы изучения нанотоксичности
28. Токсический эффект углеродных наноматериалов и наночастиц серебра
29. Физико-химические характеристики наноматериалов, определяющие их токсический эффект

#### **Раздел 3. Взаимодействие наноматериалов с биологическими системами**

##### **Тема 8. Взаимодействие наноматериалов с биологическими системами**

30. Связывание белков
31. Лиганд-опосредованные взаимодействия
32. Взаимодействия во время внутриклеточного процессинга

##### **Тема 9. Применение наноматериалов к биологическим системам**

33. Анализ с использованием биоштрихкодов
34. Контрастные агенты для визуализации клеток
35. Тераностические наночастицы
36. Таргетная терапия
37. Комбинированная лекарственная терапия

#### **Раздел 4. Биологическая самосборка**

##### **Тема 10. Самосборка ДНК**

38. Феномен биологической самосборки
39. Самосборка на основе ДНК-плиток
40. Самосборка на основе ДНК-блоков
41. Самосборка на основе ДНК-оригами

##### **Тема 11. Самосборка белков и пептидов**

42. Причины самосборки белков и пептидов
43. Наборы инструментов из разработанных супрамолекулярных интерфейсов
44. Распознавание рецепторов-лигандов
45. Электростатические взаимодействия и их роль в самосборке белков
46. Координация с ионами металлов и ее роль в самосборке белков
47. Биофункционализация поверхности белков

##### **Тема 12. Самосборка структур поверхностного слоя**

48. Возникновение и положение поверхностных слоев
49. Ультратруктура поверхностного слоя
50. Генетическая инженерия белков поверхностного слоя
51. Повторная сборка белков поверхностного слоя

### **Тема 13. Самосборка фосфолипидных мембран**

52. Свойства липидных мембран

53. Самосборка липидных мембран

54. Области применения наноструктур на основе липидных мембран

### **Тема 14. Самосборка вирусов**

55. Сборка палочковидных вирусов «голова к хвосту» для разработки одномерных материалов

56. Самостоятельная сборка вирусных частиц на интерфейсе

57. Прямое нанесение вирусных частиц на плоскую твердую поверхность

58. Конвективная сборка

59. Сыпучие материалы на основе вирусов

### **Раздел 5. Бионанороботы**

#### **Тема 15. Бионаномолекулярные машины**

60. АТФазные моторы

61. Кинезиновые и миозиновые моторы

62. Флагеллярные моторы

63. Другие типы моторов

64. Молекулярные машины на основе ДНК

#### **Тема 16. Дизайн и контроль бионанороботизированных систем**

65. Бионаноконпоненты

66. Собранные био-нанороботы

67. Распределительный интеллект, программирование и управление

68. Автоматические машины для производства и обработки информации

69. Архитектура проектирования био-нанороботизированных систем

70. Архитектура управления био-нанороботизированными системами

### **Раздел 6. Аналитические методы, применяемые в бионанотехнологии**

#### **Тема 17. Использование биомолекул в качестве сенсоров**

71. Классификация и роль бионаносенсоров

72. Применение наносенсоров в сельском хозяйстве

73. Наносенсоры для определения тяжелых металлов

74. Наносенсоры для детекции патогенов

#### **Тема 18. Рентгеновская кристаллография и ЯМР в анализе бионаноструктур**

75. Рентгеновская кристаллография

76. ЯМР-спектроскопия

#### **Тема 19. Методы микроскопии в анализе наноматериалов**

77. Электронная микроскопия

78. Сканирующая электронная микроскопия

79. Просвечивающая электронная микроскопия

80. Атомно-силовая микроскопия

#### **Тема 20. Другие широко применимые методы анализа бионаноматериалов**

81. Методы определения термических свойств наночастиц

82. Изучение распределения наночастиц по размеру

- 83. Методы определения формы и размера наночастиц
- 84. Изучение химии поверхности наночастиц
- 85. Определение заряда поверхности наночастиц
- 86. Определение концентрации наночастиц

## **Раздел 7. Бионанотехнологии в науке и промышленности**

### **Тема 21. Бионанотехнологии в медицине**

- 87. Применение бионанотехнологий в диагностике
- 88. Нанопоры
- 89. Кантилеверы
- 90. Микрочипы и наночипы
- 91. Типы наночастиц, применяемые в диагностике
- 92. Применение бионанотехнологий в терапии
- 93. Нанособирающиеся системы, применяемые в контролируемой доставке лекарств
- 94. Нановакцины
- 95. Наночастицы в терапии рака

### **Тема 22. Бионанотехнологии в фармацевтике**

- 96. Типы наночастиц, применяемые в фармацевтике
- 97. Мицеллы в контролируемой доставке лекарств
- 98. Мицеллы в доставке генов
- 99. Липосомы и их клиническое применение
- 100. Липосомы для доставки белков и пептидов
- 101. Применение липидных наночастиц и углеродных нанотрубок в фармацевтике

### **Тема 23. Бионанотехнологии в сельском хозяйстве**

- 102. Бионанопестициды
- 103. Бионаноудобрения
- 104. Нанотехнологии в ветеринарии
- 105. Нанотехнологии в разведении и в кормлении животных

### **Тема 24. Бионанотехнологии в производстве продуктов питания и косметических средств**

- 106. Нанотехнологии и безопасность пищевых продуктов
- 107. Нанотехнологии и упаковка пищевых продуктов
- 108. Наночастицы в производстве косметических средств

### **Тема 25. Бионанотехнологии в научных исследованиях**

- 109. Разделение и очистка биологических молекул с использованием нанотехнологий
- 110. Выявление белков с использованием нанотехнологий
- 111. Выявление патогенов с использованием нанотехнологий
- 112. Тканевая инженерия и бионанотехнологии
- 113. Клеточная инженерия и бионанотехнологии
- 114. Генетическая инженерия и бионанотехнологии
- 115. Биомеханика и бионанотехнологии

### **Тема 26. Бионанотехнологии в защите окружающей среды**

- 116. Получение экологичных наноматериалов, заменяющих пластик

117. Наноматериалы на основе целлюлозы, хитозана и других природных органических материалов

118. Очистка воды с использованием нанотехнологий

119. Очистка почв с использованием нанотехнологий

**Тема 27. Этические вопросы применения бионанотехнологий и безопасность**

120. Применение нанотехнологий и безопасность окружающей среды

121. Применение нанотехнологий и безопасность здоровья человека и животных

**4.3 Лекции/лабораторные/практические/ занятия**

**ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ**

Таблица 4

**Содержание лекций/лабораторного практикума/практических занятий и контрольные мероприятия**

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов/ из них практическая подготовка
1.	<b>Введение в нанотехнологии и бионанотехнологии</b>				<b>4/1</b>
	Введение	Лекция № 1. Введение в нанотехнологии и бионанотехнологии	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 1. Перспективы бионанотехнологии	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Устный опрос	1
		Лабораторная работа № 1. Техника безопасности при работе с наноматериалами	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Защита лабораторной работы	2/1
2.	<b>Раздел 1. Основы биологических систем и бионанотехнологий</b>				<b>8</b>
	Тема 1. ДНК как материал в бионанотехнологиях	Лекция № 2. ДНК как материал в бионанотехнологиях	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 2. ДНК как материал в бионанотехнологиях	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1;	Тестирование	1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов/ из них практическая подготовка
			ПКос-2.2.		
	Тема 2. Белки и пептиды в бионанотехнологиях	Лекция № 3. Белки и пептиды в бионанотехнологиях	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.		1
		Практическая работа № 3. Белки и пептиды в бионанотехнологиях	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.	Ответы на вопросы	1
	Тема 3. Биологические системы элементов	Лекция № 4. Биологические системы элементов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.		1
		Практическая работа № 4. Биологические системы элементов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.	Ответы на вопросы	1
	Тема 4. Информационные потоки в биологических системах	Лекция № 5. Информационные потоки в биологических системах	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.		1
		Практическая работа № 5. Информационные потоки в биологических системах	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.	Ответы на вопросы	1
3.	<b>Раздел 2. Производство бионаноматериалов</b>				<b>12/2</b>
	Тема 5. Химические и физические способы получения наноматериалов	Лекция № 6. Химические и физические способы получения наноматериалов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.		1
		Практическая работа № 6. Химические и физические способы получения наноматериалов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.	Ответы на вопросы	1
		Лабораторная работа №2. Получение наночастиц золь-гель методом	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.	Защита лабораторной работы	2/1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов/ из них практическая подготовка
	Тема 6. Синтез наноматериалов с использованием живых организмов	Лекция № 7. Синтез наноматериалов с использованием живых организмов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 7. Синтез наноматериалов с использованием живых организмов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Ответы на вопросы	1
		Лабораторная работа №3. Получение наночастиц методом «зелёного синтеза»	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Защита лабораторной работы	2/1
	Тема 7. Вопросы безопасности при получении наноматериалов	Лекция № 8. Вопросы безопасности при получении наноматериалов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 8. Вопросы безопасности при получении наноматериалов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Ответы на вопросы	1
		Лабораторная работа №4. Оценка влияния наночастиц на жизнеспособность клеток	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Защита лабораторной работы	2
4.	<b>Раздел 3. Взаимодействие наноматериалов с биологическими системами</b>			<b>6</b>	
	Тема 8. Взаимодействие наноматериалов с биологическими системами	Лекция № 9. Взаимодействие наноматериалов с биологическими системами	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 9. Взаимодействие наноматериалов с биологическими системами	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Ответы на вопросы	1
		Лабораторная работа №5. Оценка влияния наночастиц на рост, развитие и биохимические показатели проростков сельскохозяйственных растений	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Защита лабораторной работы	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов/ из них практическая подготовка
	Тема 9. Применение наноматериалов к биологическим системам	Лекция № 10. Применение наноматериалов к биологическим системам	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 10. Применение наноматериалов к биологическим системам	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Ответы на вопросы	1
5.	<b>Раздел 4. Биологическая самосборка</b>				<b>12</b>
	Тема 10. Самосборка ДНК	Лекция № 11. Самосборка ДНК	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 11. Самосборка ДНК	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Ответы на вопросы	1
	Тема 11. Самосборка белков и пептидов	Лекция № 12. Самосборка белков и пептидов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 12. Самосборка белков и пептидов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Ответы на вопросы	1
	Тема 12. Самосборка структур поверхностного слоя	Лекция № 13. Самосборка структур поверхностного слоя	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 13. Самосборка структур поверхностного слоя	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Ответы на вопросы	1
	Тема 13. Самосборка фосфолипидных мембран	Лекция № 14. Самосборка фосфолипидных мембран	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 14. Самосборка фосфолипидных	ПКос-1.1; ПКос-1.2;	Ответы на вопросы	1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов/ из них практическая подготовка
		мембран	ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		
		Лабораторная работа №6. Получение липосом и их характеристика	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Защиты лабораторной работы	2
	Тема 14. Самосборка вирусов	Лекция № 15. Самосборка вирусов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 15. Самосборка вирусов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Ответы на вопросы	1
6.	<b>Раздел 5. Бионанороботы</b>				<b>4</b>
	Тема 15. Бионаномолекулярные машины	Лекция № 16. Бионаномолекулярные машины	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 16. Бионаномолекулярные машины	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Ответы на вопросы	1
	Тема 16. Дизайн и контроль бионанороботизированных систем	Лекция № 17. Дизайн и контроль бионанороботизированных систем	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 17. Дизайн и контроль бионанороботизированных систем	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Ответы на вопросы	1
7.	<b>Раздел 6. Аналитические методы, применяемые в бионанотехнологии</b>				<b>10</b>
	Тема 17. Использование биомолекул в качестве сенсоров	Лекция № 18. Использование биомолекул в качестве сенсоров	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 18. Использование биомолекул в	ПКос-1.1; ПКос-1.2;	Ответы на вопросы	1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов/ из них практическая подготовка
		качестве сенсоров	ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		
	Тема 18. Рентгеновская кристаллография и ЯМР в анализе бионаноструктур	Лекция № 19. Рентгеновская кристаллография и ЯМР в анализе бионаноструктур	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 19. Рентгеновская кристаллография и ЯМР в анализе бионаноструктур	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Ответы на вопросы	1
	Тема 19. Методы микроскопии и в анализе наноматериалов	Лекция № 20. Методы микроскопии в анализе наноматериалов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 20. Методы микроскопии в анализе наноматериалов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Ответы на вопросы	1
	Тема 20. Другие широко применимые методы анализа бионаноматериалов	Лекция № 21. Другие широко применимые методы анализа бионаноматериалов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 21. Другие широко применимые методы анализа бионаноматериалов	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Ответы на вопросы	1
		Лабораторная работа № 7. Определение пика плазмонного резонанса наночастиц серебра	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Защита лабораторной работы	2
8.	<b>Раздел 7. Бионанотехнологии в науке и промышленности</b>				<b>14</b>
	Тема 21. Бионанотехнологии в медицине	Лекция № 22. Бионанотехнологии в медицине	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 22. Бионанотехнологии в медицине	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5;	Ответы на вопросы	1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов/ из них практическая подготовка
			ПКос-2.1; ПКос-2.2.		
	Тема 22. Бионанотехнологии в фармацевтике	Лекция № 23. Бионанотехнологии в фармацевтике	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.		1
		Практическая работа № 23. Бионанотехнологии в фармацевтике	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.	Ответы на вопросы	1
	Тема 23. Бионанотехнологии в сельском хозяйстве	Лекция № 24. Бионанотехнологии в сельском хозяйстве	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.		1
		Практическая работа № 24. Бионанотехнологии в сельском хозяйстве	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.	Ответы на вопросы	1
	Тема 24. Бионанотехнологии в производстве продуктов питания и косметических средств	Лекция № 25. Бионанотехнологии в производстве продуктов питания и косметических средств	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.		1
		Практическая работа № 25. Бионанотехнологии в производстве продуктов питания и косметических средств	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.	Ответы на вопросы	1
	Тема 25. Бионанотехнологии в научных исследованиях	Лекция № 26 Бионанотехнологии в научных исследованиях	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.		1
		Практическая работа № 26. Бионанотехнологии в научных исследованиях	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.	Ответы на вопросы	1
	Тема 26. Бионанотехнологии в защите окружающей среды	Лекция № 27. Бионанотехнологии в защите окружающей среды	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; ПКос-2.1; ПКос-2.2.		1
		Практическая работа № 27.	ПКос-1.1;	Ответы на во-	1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов/ из них практическая подготовка
		Бионанотехнологии в защите окружающей среды	ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	просы	
	Тема 27. Этические вопросы применения бионанотехнологий и безопасность	Лекция № 28. Этические вопросы применения бионанотехнологий и безопасность	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.		1
		Практическая работа № 28. Этические вопросы применения бионанотехнологий и безопасность	ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2.	Ответы на вопросы	1

## ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 5

### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Введение в нанотехнологии и бионанотехнологии</b>		
1.	Введение	Предыстория и определение нанотехнологий и бионанотехнологий (ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2)
<b>Раздел 1. Основы биологических систем и бионанотехнологий</b>		
2.	Тема 1. ДНК как материал в бионанотехнологиях	Устройства на основе ДНК оригами (ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2)
3.	Тема 3. Биологические системы элементов	Наличие, распространение и загрязнение химическими элементами в окружающей среде (ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2)
<b>Раздел 2. Производство бионаноматериалов</b>		
4.	Тема 6. Синтез наноматериалов с использованием живых организмов	Синтез наноматериалов с использованием бактерий Синтез наноматериалов с использованием грибов (ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2)
<b>Раздел 3. Взаимодействие наноматериалов с биологическими системами</b>		
5.	Тема 8. Взаимодействие наноматериалов с биологическими системами	Связывание белков (ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2)
<b>Раздел 4 «Биологическая самосборка»</b>		
6.	Тема 10. Самосборка ДНК	Феномен биологической самосборки (ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2)
7.	Тема 12. Самосборка структур поверх-	Возникновение и положение поверхностных слоев (ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2)

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	ностного слоя	
8.	Тема 14. Самосборка вирусов	Сыпучие материалы на основе вирусов (ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2)
<b>Раздел 5. Бионанороботы</b>		
9.	Тема 15. Бионаномолекулярные машины	Молекулярные машины на основе ДНК (ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2)
<b>Раздел 6. Аналитические методы, применяемые в бионанотехнологии</b>		
10.	Тема 17. Использование биомолекул в качестве сенсоров	Классификация и роль бионаносенсоров (ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2)
11.	Тема 19. Методы микроскопии в анализе наноматериалов	Электронная микроскопия (ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-1.5; Пкос-2.1; Пкос-2.2)

## 5. Образовательные технологии

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Тема 1. ДНК как материал в бионанотехнологиях	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
2.	Тема 3. Биологические системы элементов	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
3.	Тема 4. Информационные потоки в биологических системах	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
4.	Тема 7. Вопросы безопасности при получении наноматериалов	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
5.	Тема 8. Взаимодействие наноматериалов с биологическими системами	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
6.	Тема 9. Применение наноматериалов к биологическим системам	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
7.	Тема 10. Самосборка ДНК	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
8.	Тема 11. Самосборка белков и пептидов	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
9.	Тема 12. Самосборка структур поверхностного слоя	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
10.	Тема 14. Самосборка вирусов	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
			дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
11.	Тема 15. Бионаномолекулярные машины	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
12.	Тема 16. Дизайн и контроль бионанороботизированных систем	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
13.	Тема 18. Рентгеновская кристаллография и ЯМР в анализе бионаноструктур	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
14.	Тема 21. Бионанотехнологии в медицине	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов
15.	Этические вопросы применения бионанотехнологий и безопасность	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, учебная дискуссия в ходе просмотра обучающих видеоматериалов

## **6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

### **6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

#### **Вопросы и задания к введению**

1. Какие две наноразмерные углеродные структуры были обнаружены в начале эры нанотехнологий?

2. В чем недостаток атомно-силового микроскопа (АСМ)?

3. Отметьте верные утверждения:

(а) Инженерные материалы в наномасштабе могут иметь как преимущества, так и недостатки.

(б) Специфическое связывание антител и антигенов является примером макромасштабного поведения, где ключевую роль играет межфазная ориентация.

(в) Биотехнологию можно определить как «Использование живых и неживых организмов, клеток или клеточных компонентов для производства соединений или точного генетического улучшения живых и неживых существ на благо человека».

(г) Термин «бионанотехнология» здесь описывается как нанотехнология, которая вдохновляется и управляется биологическими системами, в отличие от нанобиотехнологии, которая использует нанотехнологические инструменты и принципы для изучения биологического мира.

4. Заполните пропуски ниже:

(а) Важнейшей вехой в истории нанотехнологий стало изобретение \_\_\_\_\_, принадлежащих к семейству СЗМ, в 1980-х годах.

(б) Зонд \_\_\_\_\_ АСМ колеблется на резонансной частоте и заданной амплитуде, пока \_\_\_\_\_ проходит по поверхности образца. Этот тип АСМ позволяет реконструировать топографическое изображение.

(в) Сущности Biopano могут быть функционализированы \_\_\_\_\_ для облегчения диагностического и терапевтического применения.

### **Вопросы и задания к разделу 1. «Основы биологических систем и бионанотехнологий»**

1. Назовите четыре типа азотистых оснований, входящих в структуру ДНК?

2. Какова основная роль нуклеиновых кислот в биологической системе? Отметьте верные утверждения

(а) Хранение и передача генетической информации

(б) Молекулярное распознавание

(в) Регуляция экспрессии генов и катализ

(г) Ничего из перечисленного

3. В чем различие азотистых оснований по строению?

4. Что такое метод ДНК-оригами? Назовите пять этапов метода ДНК-оригами?

5. Каково определение транскрипции?

(а) Процесс, при котором двойная цепь ДНК переносит информацию к новой молекуле матричной РНК (мРНК).

(б) Первый шаг в процессе экспрессии генов

(в) Транскрипция осуществляется под действием фермента, РНК-полимеразы и вспомогательных белков.

(г) Всё из вышеперечисленного

6. В чем основное отличие процесса транскрипции и трансляции?

### **Вопросы и задания к разделу 2. «Производство бионаноматериалов»**

1. Какие виды реагентов можно использовать для биосинтеза НЧ?

2. Почему растительные экстракты используются в синтезе НЧ?

(а) Они содержат восстановители и стабилизаторы для биосинтеза.

(б) Они содержат различные вещества, включая фенольную кислоту, алкалоиды, сапены, стероиды и терпеноиды в качестве восстановителей для биосинтеза.

(в) Обладают антимикробной активностью.

(г) И а, и б верны.

3. Какие утверждения, касающиеся синтеза НЧ на основе микроорганизмов, являются верными?

(а) Среди микроорганизмов для биосинтеза в основном используются бактерии, грибы, дрожжи.

(б) Биологические и ферментативные реакции играют важную роль в создании НЧ.

(в) Оксидаза микроорганизма превращает ион металла в менее токсичные соли металлов или нульвалентные металлы.

(г) НАДФН является наиболее популярной редуктазой окислительно-восстановительной реакции в биосинтезе.

4. В чем преимущества синтеза НЧ на основе полисахаридов по сравнению с другими классами биополимеров?
5. Какие из утверждений являются верными?
- (а) Только гидрогеназа Hyd-1 отвечает за восстановление наночастиц Pd(II) до Pd(0) с использованием генно-инженерной *E. coli*.
- (б) Синтетические НЧ из растительных экстрактов экологически безопасны, эффективны в борьбе с окислительным стрессом, повреждением ДНК и связанными с апоптозом изменениями, вызванными НЧ в клеточных линиях.
- (в) Биосинтетические НЧ полезны для биомедицинских и фармакологических применений.
- (г) Декстран представляет собой полисахарид, состоящий из цепей различной длины, в которых многие молекулы глюкозы связываются друг с другом посредством  $\alpha$ -1,6-гликозидных и  $\alpha$ -1,4-связей, происходящих из прямых и разветвленных цепей.
- (д) Механизм синтеза НЧ на основе бактерий может включать систему оттока, изменение окислительно-восстановительного потенциала ионов металлов на менее токсичные соли металлов или нульвалентные металлы, внеклеточную комбинацию и снижение проницаемости мембран.

### Вопросы и задания к разделу 3. «Взаимодействие наноматериалов с биологическими системами»

1. Каков размер наноматериалов, которые могут быть поглощены клетками:
- (а) < 10 нм.  
 (б) 10–50 нм.  
 (в) 50–200 нм.  
 (г) 200 нм.
2. Биомаркеры могут быть:
- (а) Мутантные гены.  
 (б) ДНК и РНК.  
 (в) Белки.  
 (г) Липиды.  
 (д) Всё вышеперечисленное.
3. Заполните пробелы ниже:  
 «Жесткий коронарный разряд» — это \_\_\_\_\_ связывание белков, а «мягкий коронарный разряд» — это \_\_\_\_\_ связывание белков.
4. Что такое персонализированная медицина?
5. Каковы три типа взаимодействия между наноматериалами и молекулами в живых системах?
6. Опишите два коммерческих продукта, в которых для функционализации поверхности использовался ПЭГ.
7. Наноматериалы могут взаимодействовать с мишенью через поверхностный лиганд. Существует два типа мишеней: вездесущие мишени (существуют во всех тканях) и клеточно-специфические мишени (существуют только в пораженных тканях). Приведите примеры вездесущих мишеней и клеточно-специфических мишеней.
8. Каковы пути эндоцитоза для переноса НЧ в клетки?

9. Приведите пример применяемой технологии, основанной на взаимодействии между наноматериалами и молекулами в живых системах.
10. В чем разница между тераностикой НЧ, таргетной терапией и комбинированной лекарственной терапией?

#### **Вопросы и задания к разделу 4. «Биологическая самосборка»**

1. В чем разница между прямой сборкой и техникой самостоятельной сборки?
2. Взаимодействия молекулярных субъединиц на основе самосборки в архитектуре включают:
  - (а) Электростатическое взаимодействие, силы Ван-дер-Ваальса, гидрофильно-гидрофобные взаимодействия, химические связи.
  - (б) Электростатическое взаимодействие, водородные связи, силы Ван-дер-Ваальса,  $\sigma$ -связь.
  - (в) Водородные связи, сила Ван-дер-Ваальса, гидрофильно-гидрофобные взаимодействия,  $\pi$ -эффекты.
  - (г) Электростатическое взаимодействие, ковалентные связи, водородные связи, силы Ван-дер-Ваальса.
3. Формирование трехмерных (3D) структур пептидов и белков контролируется за счет:
  - (а) Последовательностью пептида
  - (б) Значением pH и концентрации
  - (в) Временем и температурой
  - (г) Все варианты ответов верны
4. Как молекулы фосфолипидов организуются и самособираются в замкнутую структуру в водном растворе?
5. Какие утверждения, касающиеся вируса табачной мозаики (ВТМ), верны?
  - (а) ВТМ собой вирус с одноцепочечной РНК с отрицательным смыслом.
  - (б) Вирусная частица ВТМ содержит ~2130 идентичных белковых субъединиц.
  - (в) ВТМ не стабилен при изменении температуры
  - (г) На ВТМ влияют значения pH 2–10.

#### **Вопросы и задания к разделу 5. «Бионанороботы»**

1. Что такое нанороботы и бионанороботы?
2. Перечислите некоторые подходы в области бионанороботов.
3. Какие существуют типы биомолекулярных двигателей?
4. Опишите два биомиметических принципа, связанных с бионанороботами.
5. Каковы успехи в разработке био-нанороботизированных систем?
6. Сопоставьте возможности, приложения и коды био-нано в правильных группах.
  - (а) обработка информации/разведка; зондирование; сигнализация; хранение энергии; репликация; механическое срабатывание; поведение роя; хранение информации.
  - (б) Связывание с другими бионанороботами (распределенное восприятие, интеллект и функции) — усиление сенсорных данных, передаваемых биосистемам/микроконтроллерам. Выявление их местонахождения. Визуализация — хранение информации, собранной датчиком, для передачи сигналов или ис-

пользования в будущем. Чтение сохраненных данных для выполнения запрограммированных функций - точное перемещение и ориентация модулей (механическое связывание с целевыми объектами, перемещение их в желаемые места) - самовоспроизведение в зависимости от ситуации (на целевом сайте) - возможность программируемых алгоритмов; принятие решений и выполнение интеллектуальных функций - хранение энергии из различных источников, таких как солнечные и химические, обеспечивает необходимую энергию - обнаружение в различных областях. Оценка и обнаружение цели.

(в) Бионанокоды: M; E; W; G; S; I; R; F.

7. Определите характеристики био-нано-роботизированной системы, которые закодированы и представлены в виде био-нано-кода: EIWR-M-S-FG?

8. Заполните пробелы ниже:

Сочетание \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_ привело к развитию \_\_\_\_\_. Эта система использует различные \_\_\_\_\_ с такими функциями, как \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_ или \_\_\_\_\_, чтобы составить био-нано-роботическую систему с различными функциями, соответствующими определенным требованиям задачи.

9. Что НЕ является биомолекулярным двигателем:

(а) Молекулярные наномшины на основе ДНК

(б) Кинезин и миозин

(в) Жгутики

(г) Ничто не является

10. Каковы правильные соответствующие кодировки предполагаемых био-нано-модулей с возможностями «Механическое срабатывание — Сенсоризация — Хранение информации — Информация — Репликация — Хранение энергии — Сигнализация — Поведение роя»:

(а) M – E – I – F – R – S – W – G

(б) M – S – I – F – E – G – W – R

(в) M – S – F – I – R – E – G – W

(г) M – S – F – I – R – E – W – G

(д) Ничего из вышеперечисленного

### **Вопросы и задания к разделу 6. «Аналитические методы, применяемые в бионанотехнологии»**

1. Каковы основные методы определения молекулярной структуры в биологии?

2. Как рентгеновская кристаллография может предоставить атомные структуры?

3. Как работает ЯМР-спектроскопия для получения атомных структур?

4. Каковы различия между типами электронной микроскопии?

5. Опишите, как атомно-силовая микроскопия исследует поверхность биомолекул?

6. Соедините приведенные ниже слова в группах, которые часто встречаются вместе при упоминании:

(а) Дифракционная картина; Магнитный; Сканирование и передача; Поверхность.

(б) Рентгеновская кристаллография; ЯМР-спектроскопия; Электронная микроскопия; Атомно-силовая микроскопия.

7. Какая из перечисленных техник является техникой электронной микроскопии?

- (а) ТЭМ
- (б) СЭМ
- (в) Крио-ЭМ
- (г) Всё из перечисленного
- (д) Ничего из перечисленного

### **Вопросы и задания к разделу Раздел 7. «Бионанотехнологии в науке и промышленности»**

1. Скорость секвенирования системы обнаружения на основе нанопор с помощью процесса электронной подписи может достигать:

- (а) Более одной пары оснований в миллисекунду
- (б) Более двух пар оснований в миллисекунду
- (в) Более трех пар оснований в миллисекунду
- (г) Более четырех пар оснований в миллисекунду

2. ДНК-микрочипы имеют следующие преимущества:

- (а) Специфика
- (б) Чувствительность
- (в) Способность обнаруживать новые организмы
- (г) Всё из перечисленного

3. Выберите верные утверждения

- (а) КТ непривлекательна для одновременной визуализации многих видов с высоким разрешением.
- (б) Ограничения КТ могут возникать из-за стабильности структуры оболочки ядра.
- (в) Свойство мигания на уровне одной точки КТ чрезвычайно влияет на диагностическую визуализацию.
- (г) Дендримеры могут различаться по поверхности, размеру, форме, топографии, но не по гибкости.
- (д) Человеческий сывороточный альбумин использовался в качестве средства доставки лекарств из-за его необычайно длительного периода полувыведения, составляющего примерно 19 дней в организме человека.

4. Заполните пробелы ниже:

Благодаря своим уникальным \_\_\_\_\_, механическим и \_\_\_\_\_ свойствам УНТ были предложены в качестве многообещающего инструмента для обнаружения экспрессии типичных \_\_\_\_\_ на ранней стадии рака.

5. Каковы преимущества нанопор?

6. Как наночастицы могут быть полезны для доставки диагностических и терапевтических агентов?

7. Назовите основные области применения бионанотехнологии в фармацевтике?

8. Что отличает архитектурные компоненты дендримеров?

9. Назовите основные типы биосенсоров с использованием дендримеров?

10. Каковы преимущества и недостатки дендримеров в доставке генов?
11. Назовите методы, которые используются для включения лекарств в мицеллы?
12. Каковы проблемы применения мицелл ДНК *in vivo*?
13. Назовите основные типы липосом в зависимости от размера?
14. Чем привлекательны биологические свойства липосом в бионанотехнологиях?
15. Опишите белковый микрочип и его работу при обнаружении белков.
16. Каковы правильные суждения о применении бионанотехнологий в тканевой инженерии?
  - (а) Как правило, наноматериалы для тканевой инженерии включают керамику, природные и синтетические полимеры, обладающие превосходной биосовместимостью без каких-либо проблем для человеческого организма.
  - (б) Бионанотехнология применяется для изготовления биосовместимых каркасов в наномасштабе и контроля пространственного высвобождения биологических элементов, напоминающих нативный внеклеточный матрикс, для управления поведением клеток и, в конечном итоге, для создания тканей имплантата.
  - (в) Нативные ткани на основе биоматериалов можно имитировать с помощью электроспиннинга, мягкой литографии, фотолитографии и микрофлюидного моделирования.
  - (г) Процесс тканевой инженерии заключается в следующем: (1) собирают клетки из источников человека/животных и размножают их *in vitro*; (2) готовят каркасы семенных клеток без включения биомолекул; (3) имплантация клеточных каркасов в месте повреждения; (4) происходит заживление (дифференцируются клетки и формируются ткани).
17. Опишите контрастные вещества на основе НЧ для оптико-акустической (ОА) визуализации.
18. Выберите верные ответы:
  - (а) Радиоактивная маркировка может быть нанесена только на поверхность или ядро НЧ.
  - (б) Радиомеченные НЧ обладают большей радиоактивной стабильностью в физиологических условиях и легче определяют биологическое распределение НЧ в живых объектах по сигналам излучения, испускаемым радиоизотопами.
  - (в) Нанокapsулы могут защищать инкапсулированные молекулы от биологических сред, таких как ферментативное расщепление, а также предотвращать эти среды от неблагоприятного воздействия инкапсулированных молекул для приложений биомедицинской визуализации.
  - (г) В системах микрочипов наноматериалы иммобилизуются на плоской поверхности для улучшения свойств связывания субстрата, уменьшения фонового сигнала и улучшения репортерных систем для более чувствительных анализов.
  - (д) Генная инженерия применима только к животным системам и невозможна для растительных систем.
19. Каковы общие методы биовизуализации для биомедицинских приложений?
20. Каковы преимущества НМ в применении пестицидов?
21. Что такое биосенсоры?

- (а) Аналитическое устройство построено на основе комбинации принципа FET элемента химического или физического преобразования сигнала и элемента биологического распознавания.
  - (б) Устройство для обнаружения присутствия химического вещества с высокой селективностью и специфичностью
  - (в) Устройство с высокой скоростью автоматизации
  - (г) Верны все утверждения
22. Каков антимикробный механизм действия НЧ?
23. Что такое липосома? Отметьте верные утверждения.
- (а) Потенциальный биосовместимый двухслойный носитель
  - (б) Структура с нестабильными физико-химическими свойствами
  - (г) Она изготавливается путем простого смешивания других компонентов (масла, воды и поверхностно-активного вещества).
  - (г) Носитель для питательных веществ и фармацевтических препаратов или активного вещества в зависимости от требований пользователя.
24. Каковы преимущества НЧ металлов и оксидов металлов в косметических целях?
- (а) Противовоспалительные и заживляющие свойства
  - (б) Антивозрастное свойство
  - (в) Антибактериальные и противогрибковые свойства
  - (г) Отражение и рассеяние УФ-излучения
  - (д) Всё из вышеперечисленного
25. Биополимеры это:
- (а) Органические полимеры, синтезируемые живыми организмами.
  - (б) Органические полимеры, синтезированные путем химического синтеза.
  - (в) Органические полимеры, полученные из природных продуктов
  - (г) Всё из вышеперечисленного
26. Каково мировое потребление биопластика?
- (а) 500000 тонн/год
  - (б) 750000 тонн/год
  - (в) 1000000 тонн/год
  - (г) 1500000 тонн/год
27. Каковы силы связывания между оксидом графена и биополимерами для образования гелей оксидом графена?
- (а) Ван дер Ваальсовы силы
  - (б) водородные связи
  - (в)  $\pi$ - $\pi$ -стекинг
  - (г) Всё из вышеперечисленного
28. Каковы ограничения при использовании хитозановых структур?
- (а) Низкое сродство к катионам
  - (б) Стоимость производства
  - (в) Чувствителен к изменению pH
  - (г) б и в
  - (д) а и в
29. Каковы характеристики целлюлозных наноматериалов?

- (а) биосовместимость, гидрофильность и малотоксичность
  - (б) биосовместимость, гидрофобность и высокотоксичность
  - (в) биосовместимость, гидрофильность и высокотоксичность
  - (г) биосовместимость, гидрофобность и малотоксичность
30. Верно ли, что преимуществом полимолочной кислоты является ее высокая паро- и кислородопроницаемость?
31. Что такое «Способность к биоразложению»?
32. Опишите три типа биополимеров?
33. Опишите три разных способа получения полимолочной кислоты путем химического синтеза? Каковы преимущества и недостатки метода химического синтеза?

### **Вопросы к экзамену**

1. Понятие нанотехнологий
2. Предыстория и определение нанотехнологий и бионанотехнологий
3. Перспективы бионанотехнологий
4. ДНК оригами
5. Устройства на основе ДНК оригами
6. Супрамолекулярная структура белков и пептидов
7. Сенсоры на основе белков и пептидов
8. Наличие, распространение и загрязнение химическими элементами в окружающей среде
9. Межэлементные корреляции
10. Интерпретация и объяснение функциональных корреляций в биологических процессах
11. Системы химических элементов и их различные свойства
12. Транскрипция
13. Трансляция
14. Регуляция экспрессии генов
15. Подходы к получению наноматериалов
16. Подходы «Снизу вверх»
17. Подходы «Сверху вниз»
18. Химические способы получения наноматериалов
19. Физические способы получения наноматериалов
20. Синтез наноматериалов с использованием бактерий
21. Синтез наноматериалов с использованием грибов
22. Синтез наноматериалов с использованием растительных экстрактов
23. Синтез наночастиц с использованием хитозана, декстрана и других органических соединений
24. Определение нанотоксикологии
25. Риски, связанные с воздействием наноматериалов при их производстве
26. Биомаркеры токсического эффекта наноматериалов и модели для изучения нанотоксичности *in vitro* и *in vivo*
27. Основные методы изучения нанотоксичности

28. Токсический эффект углеродных наноматериалов и наночастиц серебра
29. Физико-химические характеристики наноматериалов, определяющие их токсический эффект
30. Связывание белков
31. Лиганд-опосредованные взаимодействия
32. Взаимодействия во время внутриклеточного процессинга
33. Анализ с использованием биотрихкодов
34. Контрастные агенты для визуализации клеток
35. Тераностические наночастицы
36. Таргетная терапия
37. Комбинированная лекарственная терапия
38. Феномен биологической самосборки
39. Самосборка на основе ДНК-плиток
40. Самосборка на основе ДНК-блоков
41. Самосборка на основе ДНК-оригами
42. Причины самосборки белков и пептидов
43. Наборы инструментов из разработанных супрамолекулярных интерфейсов
44. Распознавание рецепторов-лигандов
45. Электростатические взаимодействия и их роль в самосборке белков
46. Координация с ионами металлов и ее роль в самосборке белков
47. Биофункционализация поверхности белков
48. Возникновение и положение поверхностных слоев
49. Ультратруктура поверхностного слоя
50. Генетическая инженерия белков поверхностного слоя
51. Повторная сборка белков поверхностного слоя
52. Свойства липидных мембран
53. Самосборка липидных мембран
54. Области применения наноструктур на основе липидных мембран
55. Сборка палочковидных вирусов «голова к хвосту» для разработки одномерных материалов
56. Самостоятельная сборка вирусных частиц на интерфейсе
57. Прямое нанесение вирусных частиц на плоскую твердую поверхность
58. Конвективная сборка
59. Сыпучие материалы на основе вирусов
60. АТФазные моторы
61. Кинезиновые и миозиновые моторы
62. Флагелярные моторы
63. Другие типы моторов
64. Молекулярные машины на основе ДНК
65. Бионанокomпоненты
66. Собранные био-нанороботы
67. Распределительный интеллект, программирование и управление

68. Автоматические машины для производства и обработки информации
69. Архитектура проектирования био-нанороботизированных систем
70. Архитектура управления био-нанороботизированными системами
71. Классификация и роль бионаносенсоров
72. Применение наносенсоров в сельском хозяйстве
73. Наносенсоры для определения тяжелых металлов
74. Наносенсоры для детекции патогенов
75. Рентгеновская кристаллография
76. ЯМР-спектроскопия
77. Электронная микроскопия
78. Сканирующая электронная микроскопия
79. Просвечивающая электронная микроскопия
80. Атомно-силовая микроскопия
81. Методы определения термических свойств наночастиц
82. Изучение распределения наночастиц по размеру
83. Методы определения формы и размера наночастиц
84. Изучение химии поверхности наночастиц
85. Определение заряда поверхности наночастиц
86. Определение концентрации наночастиц
87. Применение бионанотехнологий в диагностике
88. Нанопоры
89. Кантилеверы
90. Микрочипы и наночипы
91. Типы наночастиц, применяемые в диагностике
92. Применение бионанотехнологий в терапии
93. Нанособирающиеся системы, применяемые в контролируемой доставке лекарств
94. Нановакцины
95. Наночастицы в терапии рака
96. Типы наночастиц, применяемые в фармацевтике
97. Мицеллы в контролируемой доставке лекарств
98. Мицеллы в доставке генов
99. Липосомы и их клиническое применение
100. Липосомы для доставки белков и пептидов
101. Применение липидных наночастиц и углеродных нанотрубок в фармацевтике
102. Бионанопестициды
103. Бионаноудобрения
104. Нанотехнологии в ветеринарии
105. Нанотехнологии в разведении и в кормлении животных
106. Нанотехнологии и безопасность пищевых продуктов
107. Нанотехнологии и упаковка пищевых продуктов
108. Наночастицы в производстве косметических средств
109. Разделение и очистка биологических молекул с использованием нанотехнологий

110. Выявление белков с использованием нанотехнологий
111. Выявление патогенов с использованием нанотехнологий
112. Тканевая инженерия и бионанотехнологии
113. Клеточная инженерия и бионанотехнологии
114. Генетическая инженерия и бионанотехнологии
115. Биомеханика и бионанотехнологии
116. Получение экологичных наноматериалов, заменяющих пластик
117. Наноматериалы на основе целлюлозы, хитозана и других природных органических материалов
118. Очистка воды с использованием нанотехнологий
119. Очистка почв с использованием нанотехнологий
120. Применение нанотехнологий и безопасность окружающей среды
121. Применение нанотехнологий и безопасность здоровья человека и животных

## 6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине может применяться **традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

### Критерии оценивания результатов обучения

Таблица 7

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку <b>«отлично»</b> заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.</b>
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку <b>«хорошо»</b> заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку <b>«удовлетворительно»</b> заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</b>

Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</b>
---	---

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Будкевич, Е. В. Биомедицинские нанотехнологии : учебное пособие для вузов / Е. В. Будкевич, Р. О. Будкевич. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-9164-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/187746> (дата обращения: 02.12.2022).

2. Введение в нанотехнологию : учебное пособие / В. И. Марголин, В. А. Жабрев, Г. Н. Лукьянов, В. А. Тупик. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-1318-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/209636> (дата обращения: 02.12.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 7.2 Дополнительная литература

1. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур, Лабораторный практикум по нанотехнологиям, Мишина Е.Д., Шерстюк Н.Э., Евдокимов А.А., 2021
2. Наноструктуры в биомедицине, Гонсалвес К., Хальберштадт К., Лоренсин К., Наир Л., 2020
3. Нанобиотехнологии, Практикум, Рубин А.Б., 2015
4. Introduction to Bionanotechnology Young-Chul Lee, Ju-Young Moon, 2020

### Перечень журналов по профилю дисциплины.

1. Журнал Nature nanotechnology (<https://www.nature.com/nnano/>) (открытый доступ).
2. Журнал Nano Letters (<https://pubs.acs.org/journal/nalefd>) (открытый доступ).
3. Журнал Advanced Materials (<https://onlinelibrary.wiley.com/journal/15214095>) .
4. Журнал Nano Today (<https://www.sciencedirect.com/journal/nano-today>) (открытый доступ).
5. Журнал ACS Nano (<https://pubs.acs.org/journal/ancac3>) (открытый доступ).
6. Журнал Advanced Functional Materials (<https://onlinelibrary.wiley.com/journal/16163028>) (открытый доступ).
7. Журнал Journal of Physical Chemistry Letters (<https://pubs.acs.org/journal/jpcld>) (открытый доступ).
8. Журнал Biomaterials (<https://www.sciencedirect.com/journal/biomaterials>) (открытый доступ).

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://www.nanometer.ru> (открытый доступ)

## 9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Таблица 8

### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
Учебный корпус № 3, аудитория № 109 Учебная аудитория для проведения: - занятий лекционного типа, - практических занятий, - занятий семинарского типа, - лабораторных занятий, - групповых и индивидуальных консультаций, - текущего контроля и промежуточной аттестации, - самостоятельной работы, - научно-исследовательской работы студентов.	1. Парты двухместные – 15 шт.; 2. Стулья – 30 шт.; 3. Доска передвижная поворотная, инв. 557950/1 – 1 шт.; 4. Мультимедийный проектор – 1 шт.; 5. Экран для проектора – 1 шт.; 6. Доска меловая – 1 шт.;
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова, читальные залы библиотеки	1. Парты двухместные – 10 шт.; 2. Стулья – 20 шт.
Комната для самоподготовки, Общежитие	1. Парты двухместные – 10 шт.; 2. Стулья – 20 шт.

Для проведения лекций по дисциплине «Основы бионанотехнологий» необходима специализированная лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием и соответствующим демонстрационным сопровождением.

Для проведения практических и семинарских занятий по дисциплине «Основы бионанотехнологий» необходима аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием и меловой доской.

Для проведения лабораторных занятий по дисциплине «Основы бионанотехнологий» необходима специализированная аудитория, оснащенная:

- 1) лабораторными приборами и оборудованием: вытяжные шкафы, сушильные шкафы, холодильники, технические весы, аналитические весы, рН-метры, водяные бани, встряхиватели, центрифуги, автоматические пипетки и дозаторы, магнитными мешалками с нагреванием.

- 2) лабораторной посудой: цилиндры на 100, 500 мл, мерные цилиндры на 250, 100, 50, 10 мл, мерные колбы на 250, 200, 100 мл, плоскодонные и конические колбы на 500, 250, 100 мл, химические стаканы на 250, 100, 50 мл, фарфоровые чашки, пипетки на 50, 25, 20, 15, 10, 5, 1 мл, стеклянные палочки, пробирки, чашки Петри, промывалки, пластиковые пробирки для центрифугирования типа Эппендорф объемом 1,0-2,0 мл, пластиковые пробирки для центрифугирования объемом 10-20 мл, пластиковые наконечники для пипеток автоматических, пластиковые пробирки типа.
- 3) химическими реактивами: дистиллированная вода, буферные растворы, соли металлов, органические соединения (целлюлоза, хитозан, сахара, органические кислоты и др).

## **11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины**

Образовательный процесс по дисциплине организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся). Учебные занятия (в том числе по реализации практической подготовки) представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости:

- лекции (занятия лекционного типа);
- семинары, практические занятия, лабораторные работы (занятия семинарского типа);
- групповые консультации;
- индивидуальные консультации и иные учебные занятия, предусматривающие индивидуальную работу преподавателя с обучающимся;
- самостоятельная работа обучающихся;
- занятия иных видов.

На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные настоящей программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший занятия обязан в отведенное для консультаций время на кафедре показать знания соответствующего раздела в виде написания реферата и решения тестовых заданий. Сложные вопросы необходимо разбирать с преподавателем.

## **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся). Учебные занятия (в том числе по реализации практической подготовки) представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости:

- лекции (занятия лекционного типа);
- семинары, практические занятия (занятия семинарского типа);
- индивидуальные консультации и иные учебные занятия, предусматривающие индивидуальную работу преподавателя с обучающимся;
- самостоятельная работа обучающихся.

На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные настоящей программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

В процессе слушания лекций необходимо создавать резерв времени. Студенту необходимо ежедневно читать учебную или научную литературу по изучаемой дисциплине, что достигается четкой постановкой вопросов для самостоятельного изучения. Необходимо регулярно проводить консультации, обсуждать вопросы, вынесенные на самостоятельное обучение, проверять степень усвоения материала студентами путем опросов или тестовых заданий по материалам лекций. Тестовые задания могут выполняться в электронном виде.

**Программу разработала:**



Поливанова Оксана Борисовна, кандидат биологических наук, доцент

## РЕЦЕНЗИЯ

### на рабочую программу дисциплины «Основы бионанотехнологий» ОПОП ВО по направлению 19.03.01 Биотехнология, направленность «Биотехнология» (квалификация выпускника – бакалавр)

Балабановым В.И. – д. техн. н., профессором, заведующим кафедрой организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «**Основы бионанотехнологий**» ОПОП ВО по направлению **19.03.01 – «Биотехнология»**, направленность «**Биотехнология**» (бакалавриат) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре Биотехнологии Поливановой О.Б., кандидатом биологических наук, доцентом.

Рассмотрев представленные на рецензирование материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «**Основы бионанотехнологий**» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению **19.03.01 – «Биотехнология»**. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к формируемой участниками образовательных отношений части учебного цикла – Б1.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления **19.03.01 – «Биотехнология»**.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «**Основы бионанотехнологий**» закреплено 5 компетенций. Дисциплина «**Основы бионанотехнологий**» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «**Основы бионанотехнологий**» составляет 3 зачётных единицы (108 часов/из них практическая подготовка 4 часа).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «**Основы бионанотехнологий**» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению **19.03.01 – «Биотехнология»** и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «**Основы бионанотехнологий**» предполагает 15 занятий в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления **19.03.01 – «Биотехнология»**.

10. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в дискуссиях, участие в тестировании, коллоквиумах, работа над домашним заданием и аудиторных заданиях - работа с текстами научной публикации), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины

ны вариативной части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 19.03.01 – «Биотехнология».

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 4 наименований, периодическими изданиями – 11 источников со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 1 источник и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 19.03. – «Биотехнология».

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «**Основы бионанотехнологий**» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «**Основы бионанотехнологий**».

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенного рецензирования можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «**Основы бионанотехнологий**» ОПОП ВО по направлению 19.03.01 – «Биотехнология», направленность «Биотехнология» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Поливановой О.Б., кандидатом биологических наук, доцентом соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Балабанов В.И. – д. техн. н., профессор, заведующим кафедрой организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» \_\_\_\_\_ « 29 » августа 2022 г.

