

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

Одобрено на заседании

Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ

протокол от 30.08.2022 г. № 3-8/2022

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **3-D принтинг в биологии и медицине**

*название дисциплины*

для студентов направления подготовки

06.04.01 Биология

Форма обучения: очная

**г. Обнинск 2023 г.**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – формирование у обучающихся целостного представления пространственного моделирования и проектирования объектов на компьютере, создание собственных моделей, развитие проектного, пространственного, технического мышления при выполнении проектов по 3D моделированию.

Задачи дисциплины:

- -освоить методы 3D моделирования;
- - усвоить предмет, смысл и назначение, а также ее роль в жизни человека;
- - развить творческое мышление, в том числе и в профессиональной сфере деятельности;
- -овладеть приемами 3D моделирования в профессиональной деятельности
- формирование основ профессиональной культуры обучающегося в условиях трансформации области профессиональной деятельности.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Генетика и эволюция», «Молекулярная биология» и дисциплин магистратуры «Радиационная биофизика» и «Радиационная патология».

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

УКЦ-1; ПК-4; ПК-5

В результате освоения ООП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций*</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
УКЦ-1	Способен решать исследовательские, научно-технические и производственные задачи в условиях неопределенности, в том числе выстраивать деловую коммуникацию и организовывать работу команды с использованием цифровых ресурсов и технологий в цифровой среде	3 З-УКЦ-1 Знать современные цифровые технологии, используемые для выстраивания деловой коммуникации и организации индивидуальной и командной работы У-УКЦ-1 Уметь подбирать наиболее релевантные цифровые решения для достижения поставленных целей и задач, в том числе в условиях неопределенности В-УКЦ-1 Владеть навыками решения исследовательских, научно-технических и производственных задач с использованием цифровых технологий
ПК-4	способен организовывать устойчивые научные коллаборации и (или)	3-ПК-4 Знать: новейшие достижения по новым и (или) перспективным научным направлениям; информационные

	консорциумы, оценивать вклад научных (научно-технических) результатов отдельных ученых и (или) коллективов исполнителей в развитие научных направлений, координировать процесс проведения исследования с участием привлеченных коллективов исполнителей	ресурсы, содержащие сведения об исследователях и (или) организациях, выполняющих исследования и разработки У-ПК-4 Уметь: координировать процесс проведения исследования с участием привлеченных коллективов исполнителей В-ПК-4 Владеть: способностью к организации устойчивых научных коллабораций и (или) консорциумов
ПК-5	способен обосновывать выбранные методы доклинических испытаний, используемое оборудование, расходные материалы, реагенты, тест-системы, производить оценку токсичности лекарственных средств, осуществлять поиск и анализ регуляторной и научной информации для решения профессиональных задач области доклинических исследований лекарственных средств их безопасности	З-ПК-5 Знать: молекулярные, биохимические, клеточные, органные и системные механизмы действия лекарственных средств; методы математической статистики, применяемые в доклинических исследованиях лекарственных средств; методы прогнозирования токсичности лекарственных средств. У-ПК-5 Уметь: обосновывать отклонения от плана исследования; использовать статистические методы обработки данных. В-ПК-5 Владеть: методами проведения исследований, испытаний и экспериментальных работ по фармацевтической разработке в соответствии с утвержденным планом; методами ведения документации по фармацевтической разработке

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зачетных единиц (з.е.), 108 академических часов.

Вид работы	Количество часов на вид работы:
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	28
В том числе:	
лекции	14
практические занятия (из них в форме практической подготовки)	14
лабораторные занятия (из них в форме практической подготовки)	-
<b>Промежуточная аттестация</b>	

В том числе:		
	зачет	
	зачет с оценкой	
	экзамен	36
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>		
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>		<b>44</b>
<b>Всего (часы):</b>		<b>108</b>
<b>Всего (зачетные единицы):</b>		<b>3</b>

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

### 5.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Общая трудоём- кость всего (в часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				СРО	Формы текущего контроля успеваемости
			Аудиторные учебные занятия			СРО		
			Лек	Сем/Пр	Лаб			
1.	Раздел 1 1. Инновационные биоматериалы для биофабрикации и биопринтинга:	26		6	8	12		
1.1.	Тема 1.1. Неорганические вещества и простые органические соединения; природные и синтетические биополимеры; децеллюляризованные внеклеточные матриксy;		2	2		2	Доклады студентов	
1.2.	Тема 1.2. Гидрогели для биопринтинга (получение, оценка свойств и стандартизация); клеточные сфероиды (технологии получения, оценка жизнеспособности клеток); биочернила (получение, оценка жизнеспособности клеточного компонента); инфекционная, в том числе прионная безопасность		2	2		4	Устный опрос, контрольная работа	

	биоматериалов						
1.3	Тема 1.3. Вопросы упаковки, транспортировки и хранения биоматериалов, а также сохранения стерильности при работе с биоматериалами.			0	2	2	Устный опрос
2.	<b>Раздел 2</b> Биофабрикация: биоимпланты, скаффолды и гибридные клеточно- тканевые конструкторы	10		2	2	6	
2.1	Тема 2.1 Биоимпланты для опорных и соединительных тканей; скаффолды (технологии создания, оценка свойств и т.д.).		2	2		6	Доклады студентов, контрольная работа
2.2	Тема 2.2 Гибридные клеточно-тканевые конструкторы на основе децеллюляризованных внеклеточных матриц; гибридные клеточно-тканевые конструкторы на основе биоимплантов; гибридные клеточно-тканевые конструкторы на основе скаффолдов		2	2		4	
3.	<b>Раздел 3</b> Биопринтинг	17		4	2	11	
3.1	Тема 3.1. Биопечать ex vivo и in-situ; гибридная и 3D биопечать; биореакторы in vivo и in vitro; методики им(транс)плантации биопринтированных конструкторов;		2	4		11	Доклады студентов
4	<b>Раздел 4</b> Персонализация в биофабрикации и биопринтинге	11		2	2	7	
4.1	Тема 4.1 3D-сканирование, моделирование, прототипирование и иные аспекты персонафицированного			2	2	7	Контрольная работа

	подхода в биофабрикации и биопринтинге						
	<b>Экзамен</b>	<b>36</b>					

## 5.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекции

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
<b>1.</b>	<b>Раздел 1 Инновационные биоматериалы для биофабрикации и биопринтинга:</b>	
1.1.	Тема 1.1. Неорганические вещества и простые органические соединения; природные и синтетические биополимеры; децеллюляризованные внеклеточные матриксы	Основы аддитивных технологий. Аддитивные технологии в медицине. Биотехнологии. Биомедицина. Регенеративная медицина. Аддитивное производство. Основные особенности и отличия от традиционных методов. История 3D-печати. Области применения 3D-печати
1.2.	Тема 1.2. Гидрогели для биопринтинга; клеточные сфероиды; биочернила; инфекционная, в том числе прионная безопасность биоматериалов.	Получение, оценка свойств и стандартизация гидрогелей для биопринтинга, технологии получения клеточных сфероидов, оценка жизнеспособности клеток, получение биочернил, оценка жизнеспособности клеточного компонента.
1.3	Тема 1.3. Вопросы упаковки, транспортировки и хранения биоматериалов, а также сохранения стерильности при работе с биоматериалами.	Законодательство в области оборота биоматериалов. Тесты на стерильность и пирогенность.
<b>2.</b>	<b>Раздел 2 Биофабрикация: биоимпланты, скаффолды и гибридные клеточно-тканевые конструкторы</b>	
2.1.	Тема 2.1 Биоимпланты для опорных и соединительных тканей; скаффолды	Технологии создания биологических имплантов для разного вида тканей, оценка свойств.
2.2	Тема 2.2 Гибридные клеточно-тканевые конструкторы на основе децеллюляризованных внеклеточных матриксов; гибридные клеточно-тканевые конструкторы на основе биоимплантов; гибридные клеточно-тканевые конструкторы на основе скаффолдов	Результаты экспериментальных, доклинических и клинических исследований в области тканевой инженерии, биофабрикации и Биопринтинга
<b>3.</b>	<b>Раздел 3 Биопринтинг</b>	

3.1	Тема 3.1. Биопечать ex vivo и in-situ; гибридная и 3D биопечать; биореакторы in vivo и in vitro; методики им(транс)плантации биопечатанных конструкций	Классификация технологий 3D печати. Экструзионные методы печати. Струйные методы печати. Печать методом фотополимеризации. Печать путем послойного спекания порошка (Powder Bed). Печать методом прямого подвода энергии
<b>Раздел 4 Персонализация в биофабрикации и биопринтинге</b>		
	Тема 4.1 3D-сканирование, моделирование, прототипирование и иные аспекты персонализированного подхода в биофабрикации и биопринтинге	Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели объекта. Компьютерное проектирование: твердотельное моделирование, моделирование поверхности, скалптинг. 3D-сканирование и фотограмметрия. Лечение STL-файлов. Слайсинг. Моделирование в 3D-печати

*Практические/семинарские занятия*

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	<b>Раздел 1 Инновационные биоматериалы для биофабрикации и биопринтинга:</b>	
1.1.	Тема 1.1. Неорганические вещества и простые органические соединения; природные и синтетические биополимеры; децеллюляризованные внеклеточные матриксы	Основные технологии 3-D печати Аддитивные технологии. Экструдер и его устройство. Основные пользовательские характеристики 3D принтеров. Термопластики. Технология 3D печати.
1.2.	Тема 1.2. Гидрогели для биопринтинга; клеточные сфероиды; биочернила; инфекционная, в том числе прионная безопасность биоматериалов.	Тканевая инженерия. Биофабрикация. Биопринтинг
1.3	Тема 1.3. Вопросы упаковки, транспортировки и хранения биоматериалов, а также сохранения стерильности при работе с биоматериалами.	Нормативно-правовая и законодательная база в сфере регенеративной медицины, тканевой инженерии и трансплантологии
2.	<b>Раздел 2 Биофабрикация: биоимпланты, скаффолды и гибридные клеточно-тканевые конструкты</b>	
2.1.	Тема 2.1 Биоимпланты для опорных и соединительных тканей; скаффолды	Нанотехнологии в тканевой инженерии и регенеративной медицине. Основные этапы тканевой инженерии. Внеклеточный матрикс (ВКМ). Создание матриц как искусственного аналога ВКМ в тканевой инженерии.

2.2	Тема 2.2 Гибридные клеточно-тканевые конструкторы на основе децеллюляризованных внеклеточных матриксов; гибридные клеточно-тканевые конструкторы на основе биоимплантов; гибридные клеточно-тканевые конструкторы на основе скаффолдов	Функции наноструктурированных матриц в тканевой инженерии (регенерация костной и хрящевой ткани, регенерация сосудистой и нервной ткани, регенерация ткани сердечной мышцы). 3-D нанопринтеры в тканевой инженерии (биопринтинг)
3.	<b>Раздел 3 Биопринтинг</b>	
3.1	Тема 3.1. Биопечать ex vivo и in-situ; гибридная и 3D биопечать; биореакторы in vivo и in vitro; методики им(транс)плантации биопринтированных конструкторов	3D-печать биологических объектов. Скаффолды. Биопечать на основе капель. Печать с использованием био-чернил. Экструзионная биопечать
	<b>Раздел 4 Персонализация в биофабрикации и биопринтинге</b>	
	Тема 4.1 3D-сканирование, моделирование, прототипирование и иные аспекты персонафицированного подхода в биофабрикации и биопринтинге	Первая модель в OpenSCAD Характеристика программы для трехмерного моделирования. Твердотельное моделирование. Настройка программы. Интерфейс и основы управления

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Основная и дополнительная литература доступная студентам через Интернет или по запросу лектору.
2. Электронные презентации основных тем дисциплины доступные через сайт [www.quantum.msu.ru](http://www.quantum.msu.ru)

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
1.	Разделы 1	ПК-4, ПК-5	Доклад, устный опрос, контрольная работа. Первый вопрос экзаменационного



			билета.
2.	Раздел 2	ПК-4; УКЦ-1;	Доклад, контрольная работа. Второй вопрос экзаменационного билета
3.	Раздел 3	ПК-4, ПК-5	Доклад. Второй вопрос экзаменационного билета.
4.	Разделы 4	ПК-4; ПК-5	Контрольная работа. Третий вопрос экзаменационного билета.
	Разделы 1-4	УКЦ-1; ПК-4; ПК-5	Реферат

## **7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций**

### **7.2.1 Экзамен**

а) типовые вопросы:

1. Программные средства для создания различных видов моделей.
2. Общая схема создания по сканированным снимкам.
3. Виды 3D сканеров.
4. Одно и двухэкструдерные принтеры. Особенности применения.
5. Материалы, используемые для 3D печати.
6. Основные инструменты создания элементов 3D моделей.
7. Общие понятия о нанотехнологиях и решаемые с помощью них задачи.
8. Применение нанотехнологий в биомедицине
9. Преимущества адресной доставки лекарственных препаратов посредством наноносителей.
10. Наноносители, используемые при адресной доставке лекарств (обзор).
11. Липосомы и липидные наночастицы. Их свойства и способы получения.
12. Дендримеры. Их свойства и способы получения.
13. Микро- и нано-сенсоры в биомедицинской диагностике.
14. Основные этапы тканевой инженерии.
15. Способы создания скаффолда (искусственного аналога внеклеточного матрикса).
16. 3-D нанопринтеры в тканевой инженерии (биопринтинг).
17. Аппаратные методы, используемые в биомедицинских нанотехнологиях. Сканирующие зондовые микроскопы (СЗМ).
18. Оптические пинцеты, их применение для удержания и перемещения микро- и наноразмерных объектов в биомедицине.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Ответ оценивается по следующим критериям:

- правильность, полнота и логичность построения ответа;
- умение оперировать специальными терминами;
- использование в ответе дополнительного материала;
- умение иллюстрировать теоретические положения практическим материалом;

в) описание шкалы оценивания:

Допуск к экзамену по дисциплине осуществляется при количестве баллов более 35.  
За семестр студент может набрать от 35 до 60 баллов.

Минимальный балл за ответ на экзамене – 20, максимальный – 40.

Общая оценка в случае дифференцировки выглядит следующим образом:

- 60-74 баллов – «удовлетворительно»;
- 75-89 баллов – «хорошо»;
- 90-100 баллов – «отлично».

Оценка «отлично» на экзамене ставится при:

- правильном, полном и логично построенном ответе;
- умении оперировать специальными терминами;
- использовании в ответе дополнительного материала;
- умении иллюстрировать теоретические положения практическим материалом.

Оценка «хорошо» на экзамене ставится при:

- правильном, полном и логично построенном ответе, но имеются негрубые ошибки или неточности;
- умении оперировать специальными терминами, но возможны затруднения в использовании практического материала;
- использовании в ответе дополнительного материала;
- умении иллюстрировать теоретические положения практическим материалом, но делаются не вполне законченные выводы или обобщения.

Оценка «удовлетворительно» на экзамене ставится при:

- схематичном неполном ответе;
- неумении оперировать специальными терминами или их незнании;
- с одной грубой ошибкой;
- неумении приводить примеры практического использования научных знаний;

Оценка «неудовлетворительно» на экзамене ставится при:

- ответе на все вопросы билета с грубыми ошибками;
- неумении оперировать специальной терминологией;
- неумении приводить примеры практического использования научных знаний.

### **7.2.2. Контрольная работа**

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Один нанометр равен - 10<sup>-6</sup> м - 10<sup>-9</sup> м - 10<sup>-12</sup> м
2. Нанотехнологии оперируют с объектами, размеры которых - 1-100 нм хотя бы в одном измерении - 1-100 нм во всех трех измерениях - 1-10 нм во всех трех измерениях
3. Одним из создателей понятия «нанотехнологии» является - А. Эйнштейн - Э. Дрекслер - Н. Виннер
4. Какие из перечисленных объектов не используются в качестве наноносителей при адресной доставке лекарств? - графты - дендримеры - улеродные нанотрубки
5. Конъюгат – это - наночастица галлия - искусственно созданная наночастица (молекула) в которой соединены наночастицы (молекулы) с разными свойствами - наноноситель из двух concentрических нанотрубок
6. Липосомы имеют форму - нити - полый сферы - полый трубки
7. Дендримеры - гидрофильны - гидрофобны - в зависимости от свойств мономеров, используемых при сборке, могут быть как гидрофильными, так и гидрофобными.
8. Углеродные нанотрубки (УНТ) станут водорастворимыми, если - предварительно обработать их водяным паром - присоединить к ним гидрофильный лиганд - облучить их ультрафиолетовым излучением

9. Вирус может быть использован в качестве наноносителя для адресной доставки лекарств, если - присоединить лекарственный лиганд к его хвосту. - присоединить лекарственный лиганд к поверхности его капсида. - нейтрализовать или удалить генетический материал в его капсиде, поместив в капсид терапевтический материал.

10. Скаффолд в тканевой инженерии это - искусственная матрица – аналог внеклеточного матрикса (ВКМ) - специальный гель для склеивания тканевых сфероидов - выращенный орган перед его переносом в организм

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

**Контрольные работы** проводятся 2 раза в семестр на модульных неделях по расписанию, устанавливаемому деканатом. Они проводятся в форме тестов или ином виде по выбору преподавателя с учетом объема изученного материала по курсу.

Оценивание студента проводится преподавателем независимо от наличия или отсутствия студента (по уважительной или неуважительной причине) на занятии. Студенту, пропустившему по уважительной причине контрольную модульную работу, предоставляется возможность отработки. Отработать занятие можно по согласованию с преподавателем в четко установленные сроки в соответствии с графиком консультаций преподавателя, который имеется на кафедре и на официальном сайте кафедры.

Оценивается степень усвоения теоретических знаний по следующим критериям: правильность, полнота и логичность письменного ответа, способностью проиллюстрировать ответ примерами.

в) описание шкалы оценивания:

Максимальный балл за контрольную работу – 10. Каждый вопрос оценивается в 2 балла.

### 7.2.3. Устный опрос

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Оценочные средства представлены тематикой и вопросами, разработанными для обсуждения на семинарских занятиях.

Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Нановолокна могут иметь длину - до нескольких нанометров - до нескольких миллиметров - до нескольких километров
2. Липосомы - гидрофильны - гидрофобны - в зависимости от способа их получения могут быть как гидрофильными, так и гидрофобными
3. Фуллерены состоят из атомов - кремния - фосфора - углерода
4. Фотостабильность выше у органических люминофоров или у квантовых точек (КТ)? - квантовых точек (КТ) - органических люминофоров - практически одинакова
5. Нагрев наночастиц золота при селективном уничтожении раковых клеток осуществляется - ультразвуком - лазерным излучением - сильным магнитным полем
6. Графт в тканевой инженерии это - графитовая подложка для выращивания скаффолда - искусственно выращенный орган или ткань - тканевый сфероид
7. При биопринтинге, в отличие от классической тканевой инженерии, не используются - стволовые клетки - биореактор - скаффолд
8. Кантилевер это - упругая консоль с острым зондом на конце - устройство для перемещения образца в зондовой микроскопии - острая металлическая игла
9. Какое из перечисленных устройств не является сканирующим зондовым микроскопом (СЗМ) - туннельный микроскоп - атомно-силовой микроскоп - электронный микроскоп - ближнепольный оптический микроскоп
10. Оптический пинцет представляет собой - сделанный по технологии МЭМС пинцет из оптически прозрачного материала - один или несколько сфокусированных лазерных пучков -

пинцет с установленными на его лапках миниатюрным полупроводниковым лазером и фотоприемником

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Устный опрос проходит в форме развернутой беседы – творческой дискуссии, основанной на подготовке всей группы по объявленной заранее теме при максимальном участии в обсуждении студентов группы. Как правило, один студент раскрывает один вопрос темы, давая наиболее полный ответ. Остальные делают дополнения, высказывают различные суждения и аргументацию, могут задавать вопросы друг другу и преподавателю. Преподаватель направляет ход дискуссии, обращая внимание на существующие научные проблемы обсуждаемой темы, предлагая студентам найти собственное их решение.

в) описание шкалы оценивания:

Максимальная оценка за устное выступление и работу на семинарском занятии – 3 балла.

**3 балла** – студент дает полный ответ на поставленный вопрос, речь его свободна и грамотна, конспект не зачитывается, а используется лишь как опорный, студент делает важные дополнения по существу других вопросов, значительно проясняющие отдельные аспекты, которые не являются повторами, хорошо разбирается в обсуждаемом материале, демонстрирует знание источников, библиографии, различных точек зрения по изучаемой теме, умеет анализировать тексты, приходит к самостоятельным аргументированным выводам и отстаивает свою точку зрения, соблюдает нормы литературной речи.

**2 балла** – студент хорошо разбирается в обсуждаемом материале, демонстрирует умение критически анализировать источники и различные точки зрения по обсуждаемой проблеме, приходит к самостоятельным аргументированным выводам, не проявляет активность в работе группы на семинаре (готовится и отвечает только на один вопрос семинарского занятия).

**1 балл** – студент неполно владеет материалом, при изложении фактического материала допускает отдельные неточности, знает различные точки зрения по обсуждаемой проблеме, но возникают трудности с их анализом, умеет излагать собственную позицию, но не все выводы носят доказательный характер, при ответе активно пользуется конспектом вплоть до его зачитывания.

#### **7.2.4. Доклад**

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Примерные темы для самостоятельной подготовки научных сообщений:

- Принцип работы технологии 3D-печати
- Разрешение и скорость печати
- Доступные материалы печати
- Геометрические ограничения методов печати
- Коммерческие и «научные» методы 3D-печати

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Доклад – устное выступление студента, являющееся результатом его самостоятельной подготовки по заранее полученной теме и в соответствии с требованиями к «Самостоятельной работе студентов».

Выступление во время доклада, как правило, рассчитано на 6-7 минут, не может превышать установленное время, должно строго соответствовать объявленной теме. Приветствуются доклады с дополнительным использованием презентаций и мультимедийной техники.

Во время выступления студент может использовать свободную речь близко к тексту доклада, однако вправе зачитывать подготовленный им текст, демонстрируя владение материалом. Речь должна быть четкая, громкая, выразительная и эмоциональная.

Обязательным элементом процедуры доклада является его обсуждение. Студентам группы предлагается задавать докладчику вопросы по теме доклада, что вправе сделать и преподаватель. В завершении возможна дискуссия.

в) описание шкалы оценивания:

Домашняя (внеаудиторная) подготовка доклада оценивается до 2-х баллов, выступление и ответы на вопросы до 2-х баллов. Итого за выполнение данного задания студент может получить до 4-х баллов.

Критерии оценки устного выступления.

**2 балла** (максимальная оценка) – выступление (доклад) отличается последовательностью, логикой изложения, легко воспринимается аудиторией, при ответе на вопросы выступающий демонстрирует глубину владения представленным материалом, ответы формулируются аргументировано, обосновывается собственная позиция в проблемных ситуациях.

**1,5 балла** – выступление (доклад) отличается последовательностью, логикой изложения, но обоснование сделанных выводов не достаточно аргументировано, неполно раскрыто содержание проблемы.

**1 балл** – выступающий передает содержание проблемы, но не демонстрирует умение выделять главное, существенное, выступление воспринимается аудиторией сложно, ответы на вопросы поверхностные, либо вызывают у докладчика затруднение.

**0 баллов** – доклад краткий, поверхностный, несамостоятельный, докладчик не разбирается в сути вопроса, не может представить его в аудитории.

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

–Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

–Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

–Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

–Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

○контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.

○контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

*Исключение:* текущая аттестация в 8 семестре обучения по образовательным программам бакалавриата, в котором единственная контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 6 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 6 неделю учебного семестра.

–Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
<b>Текущая аттестация</b>	<b>1-16</b>	<b>36 - 60% от максимума</b>	<b>60</b>
<b>Контрольная точка № 1</b>	<b>7-8</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
<i>Оценочное средство № 1.1</i>	2	60% от M1	M1
<i>Оценочное средство № 1.2</i>	4	60% от M2	M2
...		...	...
<i>Оценочное средство № 1.3</i>	7	60% от MX	MX
<b>Контрольная точка № 2</b>	<b>15-16</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
<i>Оценочное средство № 2.1</i>	9	60% от T1	T1
<i>Оценочное средство № 2.2</i>	14	60% от T2	T2
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>-</b>	<b>24 – (60% 40)</b>	<b>40</b>
Экзамен	-		
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

\* - Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

#### 7.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
<b>90-100</b>	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
<b>85-89</b>	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
<b>75-84</b>		C	
<b>70--74</b>		D	
<b>65-69</b>	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	D	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки,
<b>60-64</b>		E	

			нарушения логической последовательности в изложении программного материала
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) основная учебная литература:

1. А.Е. Шкуро, П.С. Кривоногов, «Технологии и материалы 3D-печати», учеб. пособие / Урал. гос. лесотехн. ун-т, Екатеринбург 2017.
2. Витязь П.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Витязь П.А., Свидуневич Н.А.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2010.— 302 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20108.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Основы нанотехнологий. Часть 1. Микро- и нанотехнологии для биологических и медицинских исследований. Часть 2. Капельная микрофлюидика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ К.И. Белоусов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015.— 55 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71496.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Поляков В.В. Биомедицинские нанотехнологии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Поляков В.В.— Электрон. текстовые данные.— Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018.— 129 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/87704.html>.— ЭБС «IPRbooks»

### б) дополнительная учебная литература:

1. Наноструктуры в биомедицине: сб. под ред. К. Гонсалвес, 3-е изд. (электронное). «Лаборатория знаний», 2015.
2. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. М., Мир, 2002.
3. Миронов В.Л., Основы сканирующей зондовой микроскопии, РАН, ИФМ, 2004.
4. Chee Kai Chua, Kah Fai Leong, 3D Printing and Additive Manufacturing: Principles and Applications (пятое издание, 2016) // World Scientific Publishing Company Pte Limited 6. Lydia Cline, 3D Printing with Autodesk 123D, Tinkercad, and MakerBot, (2015) // McGraw-Hill Education
5. Chee Kai Chua and Wai Yee Yeong, Bioprinting: Principles and Applications (2014) // World Scientific Publishing Company Pte Limited

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. [www.nature.ru](http://www.nature.ru) - Учебники, научные монографии, обзоры, лабораторные практикумы в свободном доступе на сайте журнала Nature.

2. [www.ncbi.nlm.nih.gov/Pubmed](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Pubmed) - Самая крупная база научных данных в области биомедицинских наук.
3. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov> - Генетическая база данных, США
4. <http://www.ebi.ac.uk> – Европейский институт биоинформатики
5. <http://ecoradmod.narod.ru/> - Информационно-учебный ресурс по радиоэкологии, радиобиологии и радиоэкологическому моделированию

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)**

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешанном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

### ***10.1. Перечень информационных технологий***

При чтении лекций по данному курсу используются мультимедийные технологии в аудитории, оснащенных компьютерами, экраном и проектором.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории радиобиологии и экотоксикологии растений ФГБНУ ВНИИРАЭ, в аналитической и хроматографической лабораториях также с использованием мультимедийного оборудования (компьютер, ноутбук).

### ***10.2. Перечень информационных справочных систем***

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

- 1) Информационные ресурсы Сети Консультант Плюс, [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (информация нормативно-правового характера на основе современных компьютерных и телекоммуникационных технологий);
- 2) Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ, [http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK](http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK);



- 3) ЭБС «Издательства Лань», <https://e.lanbook.com/>;
- 4) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, [www.book.ru](http://www.book.ru);
- 5) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary);
- 6) Базовая версия ЭБС IPRbooks, [www.iprbooks.ru](http://www.iprbooks.ru);
- 7) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru);
- 8) Электронно-библиотечная система «Айбукс.ru/ibooks.ru»,
- 9) <http://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>
- 10) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», <http://urait.ru/>.

## **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Минимально необходимый для реализации дисциплины перечень материально-технического обеспечения включает в себя:

А) аудитория для практических занятий на 30 посадочных мест с ноутбуком, проектором и экраном;

В) Оборудование:

1. спектрофотометр бесцветный NanoDrop-2000;
2. ультравысокоэффективный жидкостной хроматограф Shimadzu LC-30;
3. система для проведения вертикального электрофореза Hoefer SE 600 Chroma;
4. доступ к лаборатории ПЦР в реальном времени, амплификатор ДТ-96;
5. микроскопы SK-14; Nikon.
6. дополнительное оборудование: сушижаровой шкаф, инкубаторы, аналитические весы, шейкер, рокер, деионизатор-бидистиллятор, мини-центрифуга, оборудование для проведения твердофазной экстракции, водяная баня, соникатор, ультразвуковая ванная
7. компьютерное оборудование с необходимым программным обеспечением.

## **12. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

**Для лиц с нарушением слуха** возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а также, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменных выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время

подготовки на зачете может быть увеличено.

Для **лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а также использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

**Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата** не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание. Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

### **Программу составил (а) (и):**

И.Д. Клабуков, доцент ОБТ, к.б.н.

### **Рецензент (ы):**

С.О. Барановский, руководитель лаборатории биоинженерии МРНЦ им. А.Ф. Цыба