



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
**Кафедра физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики**



**Рабочая программа дисциплины**

Наименование дисциплины: Б1. В.16 «РЕКОНСТРУКТИВНАЯ БИОИНЖЕНЕРИЯ»

Специальность: 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика»

Специализация: «Биоинженерия и биоинформатика»

Квалификация выпускника: биоинженер и биоинформатик

Форма обучения: очная с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Согласовано с УМК биологического-почвенного факультета

Протокол № 5 от 24 марта 2025 г.

Председатель Матвеев А.Н. Матвеев

Рекомендовано кафедрой физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики

Протокол № 12 от 19 марта 2025 г.

Зав. кафедрой Саловарова В.П. Саловарова

Иркутск 2025 г.

## Содержание

	стр.
I. Цель и задачи дисциплины .....	3
II. Место дисциплины в структуре ОПОП .....	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины .....	3
IV. Содержание и структура дисциплины .....	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	8
4.3 Содержание учебного материала .....	10
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	11
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов .....	12
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	13
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) .....	14
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	14
а) перечень литературы .....	14
б) периодические издания .....	15
в) список авторских методических разработок .....	15
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы.....	15
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	16
6.1. Учебно-лабораторное оборудование .....	16
6.2. Программное обеспечение .....	17
6.3. Технические и электронные средства обучения .....	17
VII. Образовательные технологии .....	18
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации .....	18

## I. Цели и задачи дисциплины (модуля):

**Цель:** формирование у студентов системных знаний о теоретических основах и современных технологиях реконструктивной биоинженерии, а также развитие практических навыков анализа, проектирования и оценки биоинженерных решений в области восстановления повреждённых тканей и органов.

### Задачи:

- освоение понятийного аппарата и ключевых направлений реконструктивной биоинженерии;
- рассмотрение биологических основ регенерации тканей и органов;
- знакомство с принципами использования современных биоматериалов;
- ознакомление с методами проектирования тканевых конструкций (scaffold);
- рассмотрение клеточных технологий и методов 3D-биопечати;
- понимание проблем иммунного ответа, биосовместимости и оценки эффективности решений;
- рассмотрение вопросов биоэтики и нормативного регулирования

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина «Реконструктивная биоинженерия» изучается на 4 курсе, в 8 семестре.

2.2. Для успешного освоения дисциплины необходимы базовые знания по клеточной биологии, физиологии человека и животных, генетике, молекулярной биологии, иммунологии, биотехнологии, биоматериаловедению.

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: выполнение и написание ВКР.

## III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по направлению подготовки 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика»

**ПК-1:** Способен творчески использовать и применять фундаментальные представления биологии, смежных дисциплин и современные методологические подходы для определения перспективных направлений научных исследований в сфере получения, изучения и применения различных природных, измененных природных биологических объектов, искусственных, организмов, а также биомакромолекул, обработку и последующий анализ большого массива информации по биологическим объектам.

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<i>ПК-1</i> Способен творчески использовать и применять фундаментальные	<i>ИДК ПК-1.1</i> Знает актуальные проблемы, основные открытия в области изучения живых организмов и	<b>Знать:</b> основные понятия реконструктивной биоинженерии, современные подходы к реконструкции тканей и органов; этические и правовые

<p>представления биологии, смежных дисциплин и современные методологические подходы для определения перспективных направлений научных исследований в сфере получения, изучения и применения различных природных, измененных природных биологических объектов, искусственных, организмов, а также биомакромолекул, обработку и последующий анализ большого массива информации по биологическим объектам.</p>	<p>биологических различных систем различных уровней организаций и способен использовать теоретические знания и умения в научно-исследовательской деятельности</p>	<p>асpekты применения реконструктивных технологий. <b>Уметь:</b> ориентироваться в существующих технологиях. <b>Владеть:</b> способностью формировать суждения по существующим проблемам в области реконструктивной биоинженерии, используя современные образовательные и информационные технологии</p>
	<p><i>ИДК ПК-1.2</i> Умеет использовать фундаментальные знания и современные методологические подходы для перспективных направлений научных исследований, построения информационных моделей и практических разработок в сфере профессиональной деятельности.</p>	<p><b>Знать:</b> основы работы со стволовыми клетками и тканевыми культурами; методы 3D-биопечати и принципы функционирования биореакторов; механизмы иммунного ответа на имплантаты; <b>Уметь:</b> проектировать концепцию тканевого аналога с учётом выбора материала и клеточного компонента; оценивать биосовместимость и эффективность реконструктивных решений; <b>Владеть:</b> навыками работы с теоретическими и практическими моделями scaffold; методами критической оценки биоматериалов и клеточных технологий.</p>
	<p><i>ИДК ПК-1.3</i> Владеет навыками творческого применения методологических подходов для разработки моделей, новых технологий, материалов и биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, методов выработки практических рекомендаций для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p><b>Знать:</b> свойства биоматериалов; принципы работы со стволовыми клетками и тканевыми культурами; принципы функционирования биореакторов для решения задач профессиональной деятельности. <b>Уметь:</b> анализировать научную литературу в области реконструктивной биоинженерии готовить и представлять рефераты, проектные разработки, публикации. <b>Владеть:</b> основами разработки учебно-исследовательских проектов</p>

#### **IV.СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Объем дисциплины составляет 3 зач. единицы, 108ч., из них лекций 14 час, практических занятий 14 ч., самостоятельная работа-50ч.**

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий не менее 20% часов от аудиторной работы

**Форма промежуточной аттестации: экзамен**

**4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов**

№ п/п	<b>Раздел дисциплины/темы</b>	<b>Семестр</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Из них практическая подготовка обучающихся</b>	<b>Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)</b>			<b>Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)</b>	
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
					<b>Лекции</b>	<b>Семинарские /практические /лабораторные занятия</b>	<b>Консультации</b>		
1	Тема 1. Введение в реконструктивную биоинженерию	8	6		2	1	-	4	Устный опрос, реферат, ситуационные задачи

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
					Лекции	Семинарские /практические /лабораторные занятия	Консультации		
2	Тема 2. Биология тканей и механизмы регенерации	8	10	2	2	2		6	Устный опрос, реферат, ситуационные задачи
3	Тема 3. Биоматериалы и клеточные технологии в реконструктивной биоинженерии	8	16	4	2	4		10	Устный опрос, реферат, ситуационные задачи
4	Тема 4. Конструкции и архитектура тканевых эквивалентов	8	12	2	2	2		8	Устный опрос, реферат, ситуационные задачи
5	Тема 5. 3D-биопечать и биореакторы	8	10	2	2	2		6	Устный опрос, реферат, ситуационные задачи

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Лекции	Семинарские /практические /лабораторные занятия	Консультации	
6	Тема 6. Иммунные реакции и взаимодействие конструкций с организмом. Тестирование и оценка эффективности реконструктивных решений	8	16	4	2	4		10
7	Тема 7. Этические и нормативные аспекты реконструктивной биоинженерии	8	8		2	-		6

## 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
8	Тема 1. Введение в реконструктивную биоинженерию	Изучение лекционного материала с использованием конспектов, электронных материалов и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию, устному опросу.	1-2	4	Устный опрос, реферат, ситуационные задачи	см. раздел 5
8	Тема 2. Биология тканей и механизмы регенерации	Изучение лекционного материала с использованием конспектов, электронных материалов и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию, устному опросу.	3-4	6	Устный опрос, реферат, ситуационные задачи	см. раздел 5
8	Тема 3. Биоматериалы и клеточные технологии в реконструктивной биоинженерии	Изучение лекционного материала с использованием конспектов, электронных материалов и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию, устному опросу.	5-6	10	Устный опрос, реферат, ситуационные задачи	см. раздел 5
8	Тема 4. Конструкции и архитектура тканевых эквивалентов	Изучение лекционного материала с использованием конспектов, электронных материалов и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию, устному опросу.	6-7	8	Устный опрос, реферат, ситуационные задачи	см. раздел 5
8	Тема 5. 3D-биопечать и биореакторы	Изучение лекционного материала с использованием конспектов, электронных материалов и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию, устному опросу.	8-10	6	Устный опрос, реферат, ситуационные задачи	см. раздел 5
8	Тема 6. Иммунные реакции и взаимодействие конструкций с организмом. Тестирование и оценка эффективности реконструктивных решений	Изучение лекционного материала с использованием конспектов, электронных материалов и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию, устному опросу.	11-12	10	Устный опрос, реферат, ситуационные задачи	см. раздел 5

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
8	Тема 7. Этические и нормативные аспекты реконструктивной биоинженерии	Изучение лекционного материала с использованием конспектов, электронных материалов и рекомендуемой литературы, подготовка к практическому занятию, устному опросу.	13-14	6	Устный опрос, реферат, ситуационные задачи	см. раздел 5
<b>Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) – 50</b>						
<b>Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час) -16</b>						

## **4.3 Содержание учебного материала**

### **1. Введение в реконструктивную биоинженерию**

Реконструктивная биоинженерия как междисциплинарная область, объединяющая знания биологии, медицины, инженерии и материаловедения. Понятие о регенеративной медицине. Историческое развитие направления: от первых попыток пересадки тканей и имплантации материалов до современных методов 3D-биопечати и органоидных технологий. Основные задачи и перспективы реконструктивной биоинженерии для медицины, биологии и биотехнологий.

### **2. Биология тканей и механизмы регенерации**

Клеточные основы регенерации: стволовые клетки, клетки-предшественники, их потенциалы и пути дифференцировки. Внеклеточный матрикс: состав, структурная организация, биомеханические свойства. Репаративные процессы и фазы заживления: воспаление, пролиферация, ремоделирование ткани. Сравнительный анализ регенеративных возможностей у различных организмов. Ограничения регенерации у человека.

### **3. Биоматериалы и клеточные технологии в реконструктивной биоинженерии**

Классификация биоматериалов: натуральные (коллаген, хитозан, альгинаты) и синтетические (полиактид, поликапролактон, гидрогели, биокерамика). Основные требования к биоматериалам: биосовместимость, биодеградация, отсутствие токсичности, механическая прочность. Поверхностные свойства и методы их модификации. Интеграция биоматериалов с тканями организма. Методы оценки свойств материалов: физико-механические тесты, клеточные тесты, биосовместимость *in vitro* и *in vivo*. Методы получения и культивирования клеток. Применение эмбриональных и индуцированных плюрипотентных стволовых клеток. Дифференцировка в специфические типы тканей (хрящевая, костная, нервная). Клеточные агрегаты и органоиды как модельные системы. Проблемы гетерогенности и стабильности клеточных популяций. Биобезопасность и стандартизация клеточных продуктов.

### **4. Конструкции и архитектура тканевых эквивалентов**

Принципы проектирования scaffold: геометрия, пористость, проницаемость, механические характеристики. Методы изготовления конструкций: электроспиннинг, лиофилизация, литография, использование биосовместимых 3D-принтеров. Функционализация scaffold: инкорпорация факторов роста, адгезивных пептидов, наноструктур. Биомиметика в инженерии тканей.

### **5. Современные технологии: 3D-биопечать и биореакторы**

Основные принципы 3D-печати: методы экструзионной печати, фотополимеризация, биопечать с использованием клеточных суспензий и гидрогелей. Материалы для биопечати: биочернила, композиты. Трёхмерные клеточные структуры и возможности их интеграции в тканевые модели. Биореакторы: типы (статические, динамические, перфузионные), контроль параметров (рН, кислород, питание), обеспечение механической стимуляции тканей. Применение биореакторов для культивирования костных, хрящевых и сердечных эквивалентов.

### **6. Иммунные реакции и взаимодействие конструкций с организмом. Тестирование и оценка эффективности реконструктивных решений.**

Механизмы взаимодействия имплантируемых материалов и конструкций с организмом. Воспаление, иммунная активация, реакции отторжения. Способы уменьшения иммунного ответа: поверхностная модификация материалов, локальная доставка иммуномодуляторов, использование аутологичных клеток. Проблемы тромбообразования, фиброза, хронического воспаления. Примеры успешной интеграции биоинженерных конструкций. Методы *in vitro*: клеточные тесты на адгезию, пролиферацию, жизнеспособность, цитотоксичность. Методы *in vivo*: модели животных, критерии оценки приживления, функциональности и безопасности. Биомеханические тесты. Методы визуализации: микроскопия, томография, иммуногистохимия. Принципы доклинических и клинических испытаний.

## 7. Этические и нормативные аспекты реконструктивной биоинженерии

Основы биоэтики в области регенеративной биоинженерии и медицины. Этические проблемы применения эмбриональных стволовых клеток, ксенотрансплантации и органоидных технологий. Законодательное регулирование применения биоматериалов и клеточных продуктов. Международные стандарты качества и безопасности. Перспективы развития направления: синтетическая биология, печать органов, индивидуализированная медицина.

### 4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

п/ п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируем ые компетенц ии* (индикатор ы)
			Всего часов	Из них практич еская подгото вка		
2	3	4	5	6	7	
1	Введение в реконструктивную биоинженерию	История, направления, задачи и перспективы			Устный опрос, реферат, ситуационные задачи	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК 1.3</i>
2	Биология тканей и механизмы регенерации	Стволовые клетки, внеклеточный матрикс, регенеративные процессы	2		Устный опрос, реферат, ситуационные задачи	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК 1.3</i>
3	Биоматериалы и клеточные технологии в реконструктивной биоинженерии	Натуральные и синтетические материалы, биосовместимость, модификации. Культуры клеток, стволовые клетки, органоиды	4		Устный опрос, реферат, ситуационные задачи	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК 1.3</i>
4	Конструкции и архитектура тканевых эквивалентов	Проектирование scaffold, функционализация, биомиметика	2		Устный опрос, реферат, ситуационные задачи	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК 1.3</i>

5	3D-биопечать и биореакторы	Методы биопечати, биореакторы, поддержание жизнеспособности	2		Устный опрос, реферат, ситуационные задачи	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2 ИДК ПК 1.3</i>
6	Иммунные реакции и взаимодействие конструкций с организмом. Тестирование и оценка эффективности реконструктивных решений	Воспаление, отторжение, биомодификация для снижения иммунного ответа. Методы <i>in vitro</i> и <i>in vivo</i> , критерии эффективности	4		Устный опрос, реферат, ситуационные задачи	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2 ИДК ПК 1.3</i>
7	Этические и нормативные аспекты реконструктивной биоинженерии	Биоэтика, законодательство, перспективы развития	-		Устный опрос, реферат, ситуационные задачи	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2 ИДК ПК 1.3</i>

#### **4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)**

Практически к каждому занятию студенты самостоятельно готовят доклад с презентацией по одной из выбранных тем. Темы выдаются преподавателем заранее (на предыдущем занятии) и согласовываются со всей группой. Во время самостоятельной теоретической подготовки к семинарскому занятию студент получает индивидуальную консультацию у преподавателя.

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1.	Введение в реконструктивную биоинженерию	Изучение литературы по истории и современным направлениям	ПК-1	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2 ИДК ПК 1.3</i>
2	Биология тканей и механизмы регенерации	Анализ статей о регенерации у разных организмов; подготовка сообщений	ПК-1	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2 ИДК ПК 1.3</i>
3	Биоматериалы и клеточные технологии в реконструктивной биоинженерии	Изучение классификации биоматериалов, подготовка сравнительной таблицы свойств	ПК-1	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2 ИДК ПК 1.3</i>
4	Конструкции и архитектура тканевых эквивалентов	Выполнение задания: проектирование scaffold (схема, обоснование параметров)	ПК-1	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2 ИДК ПК 1.3</i>
5	3D-биопечать и биореакторы	Поиск и анализ современных кейсов по 3D-биопечати тканей	ПК-1	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2</i>

				<i>ИДК ПК 1.3</i>
6	Иммунные реакции и взаимодействие конструкций с организмом. Тестирование и оценка эффективности реконструктивных решений	Подготовка обзора о механизмах иммунного ответа на имплантаты. Разработка плана доклинического тестирования тканевого аналога	ПК-1	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК 1.3</i>
7	Этические и нормативные аспекты реконструктивной биоинженерии	Изучение литературы по этическим проблемам и нормативным документам	ПК-1	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК 1.3</i>

#### **4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов преследует следующие цели:

- совершенствование навыков самообразовательной работы как основного пути повышения уровня образования;
- углубление и расширение знаний по предмету.

По дисциплине «Реконструктивная биоинженерия» предлагаются следующие формы самостоятельной работы:

- a) Углубленный анализ научно-методической литературы и изучение учебного материала, предусмотренного рабочей программой;
- b) подготовка к устному опросу на практических занятиях;
- c) подготовка рефератов и решение ситуационных задач;
- d) подготовка к экзамену

*Письменные работы.* Для самостоятельного изучения тем рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу, а также источники, найденные при помощи информационно-справочных и поисковых платформ. Для закрепления материала рекомендуется делать краткие конспекты по теме.

**Реферат** – форма письменной работы, которую рекомендуется применять при освоении вариативных (профильных) дисциплин профессионального цикла. Представляет собой краткое изложение содержания научных трудов, литературы по определенной теме. Объем реферата может достигать 15-20 стр.; время, отводимое на его подготовку – от 2 недель до месяца. Подготовка реферата подразумевает самостоятельное изучение студентом нескольких литературных источников (учебников, монографий, научных статей и т.д.) по определённой теме, не рассматриваемой подробно на лекции, систематизацию материала и краткое его изложение. Цель написания реферата – привитие студенту навыков краткого и лаконичного представления собранных материалов и фактов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным отчетам, обзорам и статьям.

Структура реферата включает:

- Титульный лист.
- Содержание.
- Введение, где кратко формулируется проблема, цель и задачи реферата.
- Основная часть работы состоит из нескольких разделов, в которых излагается суть темы реферата.

- Заключение.
- Список использованной литературы.

При оформлении реферата следует придерживаться технических требований, предъявляемых к рефератам и курсовым работам, имеющихся на кафедре.

Критерии оценивания реферата:

- Оценка «отлично» выставляется в том случае, если в реферате полностью раскрыта тема, проанализировано современное состояние вопроса, материалложен логично, последовательно, приведено не менее 10 литературных источников, среди которых преобладает литература за последние 5 лет; реферат оформлен в соответствии с техническими требованиями, предъявляемыми к такого рода работам.

- Оценка «хорошо» - тема раскрыта, приведено достаточное количество материала, но при этом материал в недостаточной степени проанализирован автором, оформление реферата соответствует техническим требованиям.

- Оценка «удовлетворительно» - тема раскрыта поверхностно, материал приведен как простая констатация фактов, не проанализирован, в оформлении имеются технические недостатки, список литературы содержит менее 5 источников.

- Оценка «неудовлетворительно» - тема не раскрыта, скучный объем приведенных материалов.

#### **4.5.Примерная тематика курсовых работ (проектов)**

Курсовая работа не предусмотрена учебным планом

### **V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **a) перечень литературы**

1. Ченцов, Юрий Сергеевич. Введение в клеточную биологию [Текст] : учеб. для ун-тов, обучающихся по направл. 510600 "Биология" и биологическим спец. / Ю. С. Ченцов. - 4-е изд., перераб. и доп., стер. изд. - М. : Альянс, 2015. - 494 с. : ил., 8 л. цв. ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 487. - ISBN 978-5-91872-080-6 (30 экз.)

2. Фрешни, Р. Я. Культура животных клеток [Электронный ресурс] / Р. Я. Фрешни. - М: Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 691 с Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-1342-6

3. Цитология [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие. - ЭВК. - Иркутск : ИГУ, 2012. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ;

4. Уилсон, К. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии [Электронный ресурс] / К. Уилсон, Дж Уолкер. - Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 848 с. - (Методы в биологии). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-2126-1

5. Коничев, Александр Сергеевич. Молекулярная биология [Текст] : учеб. для студ. вузов / А. С. Коничев, Г. А. Севастьянова. - 2-е изд., испр. - М. : Академия, 2005. - 398 с. : ил. ; 21 см. - (Высшее профессиональное образование : педагогические специальности). - Библиогр.: с. 393-395. - ISBN 5-7695-1965-7 (59 экз.)+

6. Фаллер, Джеральд М. Молекулярная биология клетки [Текст] : руководство для врачей / Д. М. Фаллер, Д. Шилдс ; пер. с англ. И. Б. Збарского. - М. : Бином, 2016. - 256 с. : ил. ; 26 см. - Пер. изд. : Molecular Basis of Medical Gell Biology / G. M. Fuller. - Stamford, 1998. – ISBN 978-5-9518-0436-5 (6 экз.).+

7. Ройт, Айвен. Основы иммунологии: науч. изд. / А. Ройт; пер. с англ.: Т. В. Великодворской, Т. Н. Власик, А. А. Нейфаха; под ред.: Р. Г. Василова, А. Ф. Киркина. - М: Мир, 1991. - 327 с.: ил.; 26 см. - Библиогр. в конце глав. - Предм. указ.: с. 309-321. - Пер. изд: Essential Immunology / Ivan M. Roitt. - 6th ed. - London. - ISBN 5-03-001495-0 +

8. Якупов, Т. Р. Молекулярная биотехнология/ Т. Р. Якупов, Т. Х. Фаизов. — Казань: КГАВМ им. Баумана, 2018. — 280 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122952>— Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 9.Илюшин, В. А. Наноматериалы [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. А. Илюшин. - Электрон. текстовые дан. - Новосибирск: НГТУ, 2019. - 114 с. - ЭБС "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-7782-3858-9
- 10.Биомедицинские нанотехнологии [Текст]: учеб.пособие / Е. В. Будкевич, Р. О. Будкевич. - СПб. : Лань, 2020. - 175 с.: ил., табл.; 24 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 170-173. - ISBN 978-5-8114-3868-6 (8 экз.)+
- 11.Иммунология [Текст]: учебник для студ. вузов / В. Г. Галактионов. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Академия, 2004. - 524 с.: ил.; 21 см. - (Высшее профессиональное образование: естественные науки). - Библиогр.: с. 516. - ISBN 5-7695-1260-1(5 экз.).+
12. Гладков А.В.Биомедицинская инженерия и биомеханика. Курс лекций:учебное пособие/ А.В. Гладков- Новосибирск, изд-во НГТУ, 2023, 90с. ISBN 978-5-7782-5039-0

**б) периодические издания**

«Биотехнология», «Медицинская техника», «Современные проблемы биомедицины», Биоэтика, Вестник новых медицинских технологий, «Frontiers in Bioengineering and Biotechnology», «Bioengineering» (MDPI), «Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery», «Journal of Bioscience and Bioengineering»

**в) список авторских методических разработок:**

**г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. <http://www.e-library.ru> -Научная Электронная Библиотека
2. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/> – англоязычная текстовая база данных PubMed, содержащая цитаты, аннотации и ссылки на полные тексты публикаций биомедицинской и общебиологической направленности Национального центра биотехнологической информации США (NCBI).
3. <http://window.edu.ru>(<http://window.edu.ru> - Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
4. <https://www.biblio-online.ru> -ЭБС «ЮРАЙТ».
5. <http://www.academia-moscow.ru> -ЭБ Издательского центра «Академия».
6. <http://tusearch.blogspot.com> - Поиск электронных книг, публикаций, законов, ГОСТов на сайтах научных электронных библиотек.
7. <https://scholar.google.com> -Google Scholar — поиск научной литературы, по ключевым словам.
8. <http://www.rsl.ru> -РГБ Российской государственной библиотека
9. <http://ben.irex.ru> - БЕН Библиотека естественных наук
10. <http://www.gpntb.ru>- Государственная публичная научно-техническая библиотека
11. <http://ban.pu.ru> - БАН Библиотека Академии наук
12. <http://www.nlr.ru> -РНБ Российская национальная библиотека  
<http://www.lib.msu.su> -Библиотека МГУ
13. <http://e.lanbook.com/> -ЭБС «Издательство Лань». Адрес доступа
14. <http://ibooks.ru> -ЭБС «Айбукс». Адрес доступа

## **VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

- Аудитория для проведения занятий лекционного типа. Аудитория оборудована: специализированной (учебной) мебелью на 12 посадочных мест; оборудована техническими средствами обучения: Проектор Epson EB-X03, Экран ScreenMedia, Доска аудиторная
- Аудитория для проведения занятий практического типа. Аудитория оборудована: специализированной (учебной) мебелью на 12 посадочных мест; оборудована техническими средствами обучения: Проектор Epson EB-X03, Экран ScreenMedia, Доска аудиторная меловая, магнитная, Лаборатория орган химии - Шкаф вытяжной АФ-221"- 2 шт., Химический шкаф (стеллаж) -1 шт., Лабораторный стол с выкатными тумбами – 5 шт., Холодильник «Минск» - 2шт., Аппарат для вертикального электрофореза – 1 шт., Вакуумный испаритель РВО-64 – 1 шт., Вольтметр ВУ-15 – 1 шт., Дезинтегратор УД-20 – 1 шт., Измеритель ионных сопротивлений (импеданса) - 1 шт., Источник питания для электрофореза "Эльф" – 1 шт., Осциллограф универсальный двухлучевой С-55 – 1 шт., Термостат ТС-80 – 1 шт., Центрифуга К-24 – 1 шт., Центрифуга МПВ-310 – 1 шт. Ноутбук Lenovo G580 – 1 шт., весы аналитические HR-200 – 1 шт., весы лабораторные OHAUS – 2 шт., рефрактометр ИРФ 454Б2М – 1 шт., рефрактометр УРП – 1 шт., фотоэлектрокалориметр KF 77 – 1шт., центрифуга лабораторная ОПК-8 – 1 шт., центрифуга лабор-я, медицин-я, настольная ЦЛн 16 с микропроцессорной системой управления – 1 шт., спектрофотометр СФ-2000, ферментер Minifors Speco бактериальный – 1шт., термостат WB4MS водный /с перемешиванием/ - 1 шт., термостат ТС-1/80 СПУ – 1 шт.
- Компьютерный класс (учебная аудитория) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, организации самостоятельной работы. Аудитория оборудована: специализированной (учебной) мебелью на 20 посадочных мест, доской меловой; оборудована техническими средствами обучения: Системный блок PentiumG850, Монитор BenQ G252HDA-1 шт.; Системный блокAthlon 2 X2 250, Монитор BenQ G252HDA – 8 шт.; Системный блок PentiumD 3.0GHz, Монитор Samsung 740N – 3 шт.; Моноблок IRU T2105P – 2 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор BenQG955 – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор BenQ GL2250 – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung T200 HD – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung T190N – 1 шт.; Системный блок Pentium G3250, Монитор Samsung 740N – 1 шт.; Проектор BenQ MX503; экран ScreenVtdiaEcot. с неограниченным доступом к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.
- Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Аудитория оборудована: специализированной мебелью на 8 посадочных мест; Вытяжной шкаф – 1шт., Ламинарный шкаф – 2 шт., Термостат ТС-80 – 2 шт., Лабораторный стол металлический – 3 шт., Лабораторный стол с резиновой поверхностью – 2 шт., Холодильник «Атлант» – 1шт. Микроскоп моноокулярный – 8 шт, Микроскоп "Биолам"-1 шт., Стерилизатор паровой ВК-75 ПТ "ТЗМОИ" – 1шт., Пипетка автоматическая Ленпипет 0,5-10 м"-1 шт., Пипетка-дозатор"-1 шт., Микроскоп Levenhuk D870T триноокуляр"-1 шт., Проектор Оверхед"-1 шт., Проектор View Sonic"-1 шт., Проектор View Sonic"-1 шт., Ноутбук Lenovo"-2 шт., Принтер Brother -1 шт., Принтер Canon -1 шт.
- Лаборатория биохимии и биотехнологии

Хроматограф жидкостный микроколоночный "Милихром-6"; Нанофотометр Pearl 1шт; Ферментер Minifors Speco бактериальный-1шт.

## **6.2. Программное обеспечение:**

DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal (Windows 10 Education 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine, Windows 7 Professional with Service Pack 1 32/64-bit (English) - Microsoft Imagine, Windows Server 2008 Enterprise and Standard without Hyper-V with SP2 32/64-bit (English) - Microsoft Imagine, Access 2016 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine, Access 2010 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine). Договор №03-016-14 от 30.10.2014г.

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 250-499. Форус Контракт №04-114-16 от 14ноября 2016г KES. Счет №РСЦЗ-000147 и АКТ от 23ноября 2016г Лиц.№1B08161103014721370444.

Microsoft Office Enterprise 2007 Russian Academic OPEN No Level. Номер Лицензии Microsoft 43364238.

Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic OPEN No Level. Номер Лицензии Microsoft 41059241.

Office 365 профессиональный плюс для учащихся. Номер заказа: 36dde53d-7cdb-4cad-a87f-29b2a19c463e.

## **6.3. Технические и электронные средства:**

Презентации по всем темам курса;

Система электронного тестирования на базе образовательного портала Educa;

Онлайн версии программ для выравнивания последовательностей и филогенетического анализа (BLAST, CLUSTAL, PhyML, T-Coffee, MUSCLE, COBALT)

## **VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Для освоения дисциплины «Реконструктивная биоинженерия» применяются следующие образовательные технологии:

- *Информационная лекция* — это сжатое изложение основных научных фактов, что является базой для анализа рассуждений, оценок.
- *Лекция-визуализация*. Учит студентов преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания обучения. Задача преподавателя использовать такие формы наглядности, которые не только дополняют словесную информацию, но и сами являются носителями информации (схемы, рисунки, слайды-презентации, и т.п.). Этот вид лекции лучше всего использовать на этапе введения студентов в новый раздел, тему дисциплины.
- *Практические занятия* – это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы, которое формирует практические умения. Одной из форм практических занятий в вузе является семинар.
- *Самостоятельная работа студентов* (см. п.4.4).
- *Дистанционные образовательные технологии*. Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей. При освоении дисциплины «Реконструктивная биоинженерия» используется компьютерные сетевые технологии (интернет-технологии) – способ дистанционной передачи информации, основанный на использовании глобальных и локальных компьютерных сетей для обеспечения доступа обучающихся к информационным

образовательным ресурсам и для формирования совокупности методических, организационных, технических и программных средств реализации и управления учебным процессом независимо от места нахождения его субъектов. Для организации дистанционного обучения на основе этих технологий используется специализированное программное средство - образовательный портал ИГУ ([educa.isu.ru](http://educa.isu.ru)).

## **VIII.ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **1. Оценочные материалы текущего контроля**

Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета.

В рамках дисциплины «Реконструктивная биоинженерия» используются следующие формы текущего контроля:

- устный опрос,
- подготовка реферата и выполнение ситуационных задач;
- контроль самостоятельной работы.

Фонд оценочных средств включает:

- вопросы для устного опроса
- перечень тем рефератов;
- ситуационные задачи
- вопросы к экзамену

Назначение оценочных средств: выявить сформированность компетенции ПК-1 (см. п. III). Студенты, не выполнившие требования текущего контроля или получившие итоговую оценку текущей успеваемости «не удовлетворительно», считаются имеющими текущую задолженность. Обучающиеся, имеющие задолженности, должны ликвидировать их не позднее, чем за неделю до начала промежуточной аттестации.

#### **1.1. Перечень вопросов для текущего контроля**

1. Что изучает реконструктивная биоинженерия?
2. Какое место дисциплина занимает среди биомедицинских наук?
3. Какие ключевые этапы становления реконструктивной биоинженерии?
4. Чем отличается реконструктивная биоинженерия от традиционной хирургии?
5. Какие направления реконструктивной биоинженерии наиболее перспективны?
6. Какие типы стволовых клеток различают по потенциальному дифференцировки?
7. Какие фазы включает процесс заживления ран?
8. Почему регенеративные способности человека ограничены?
9. Что такое внеклеточный матрикс?
10. Какую роль играют факторы роста в регенерации?

11. Какие классы биоматериалов применяются?
12. Что означает биосовместимость материала?
13. Какое значение имеет биодеградация материала?
14. Какие методы применяют для модификации поверхности биоматериалов?
15. Почему важна механическая прочность scaffold?
16. Что такое scaffold?
17. Какие параметры scaffold наиболее важны?
18. Какие методы используют для создания scaffold?.
19. Что такое функционализация scaffold?
20. Что означает принцип биомиметики в scaffold?
21. Что такое культура клеток?
22. Какие источники стволовых клеток применяют?
23. В чём особенность iPS-клеток?
24. Что такое органоиды?
25. Какие проблемы сопровождают использование клеточных технологий?
26. Какие методы биопечати применяются?
27. Что называют «биочернилами»?
28. Для чего используют биореакторы?
29. Какие параметры регулируют в биореакторе?
30. В чём преимущество 3D-биопечати перед традиционными scaffold?
31. Какие типы иммунного ответа возможны на имплантат?
32. Что такое фиброз вокруг имплантата?
33. Какие факторы повышают риск отторжения?
34. Какие методы снижают иммунный ответ?
35. Почему воспаление может быть полезным в инженерии тканей?
36. Какие модели используют для тестирования scaffold in vitro?
37. Что оценивают при биотестах на клетках?
38. Что дают in vivo эксперименты?
39. Какие методы визуализации применяются?
40. Что является критерием успешности реконструктивного решения?
41. Какая основная этическая проблема связана с эмбриональными стволовыми клетками?

42. Что такое ксенотрансплантация?
43. Почему применение CRISPR в реконструктивной биоинженерии вызывает дискуссии?
44. Какие существуют международные регламенты для биомедицинских исследований?
45. Что понимают под принципом «Do no harm» в биоэтике?

## **1.2. Перечень тем рефератов**

1. Современные направления развития реконструктивной биоинженерии в биологии и медицине.
2. Регенеративный потенциал различных типов стволовых клеток: возможности и ограничения.
3. Внеклеточный матрикс как ключевой регулятор процессов регенерации.
4. Натуральные биоматериалы (коллаген, хитозан, альгинаты) для тканевой инженерии.
5. Синтетические биоматериалы: полимеры, гидрогели, композиты и их применение.
6. Принципы проектирования scaffold: биомиметика и функционализация.
7. Технологии 3D-биопечати тканей: экструзионная, лазерная, фотополимеризация.
8. Биочернила: состав, свойства и перспективы использования.
9. Роль биореакторов в культивировании тканевых конструкций.
10. Индуцированные плюрипотентные стволовые клетки (iPS): перспективы в реконструктивной биоинженерии.
11. Органоиды как модельные системы для изучения регенерации и тестирования лекарств.
12. Иммунный ответ на имплантаты и пути его модуляции.
13. Методы оценки биосовместимости и эффективности тканевых конструкций.
14. Современные подходы к реконструкции костной ткани.
15. Инженерия хрящевой ткани: материалы, методы и клинические перспективы.
16. Биотехнологии восстановления сердечно-сосудистых тканей.
17. Нейроинженерия: перспективы создания нервных имплантатов и тканевых аналогов.
18. Этические проблемы применения эмбриональных стволовых клеток.
19. Нормативное регулирование и стандартизация в области реконструктивной биоинженерии.

20. Будущее реконструктивной инженерии: печать органов, синтетическая биология, персонализированная медицина.

### 1.3. Ситуационные задачи

Решение ситуационных задач (кейсов) – это форма текущего контроля самостоятельной работы студента по систематизации информации в рамках постановки или решения конкретных проблем. Ситуационная задача представляет собой описание ситуации, которую надо решить, ответив на вопросы, носящие проблемный характер и (или) выполнив задания, которые демонстрируют сформированность умения решения практических задачий.

При выполнении ситуационной задачи следует дать развернутый правильный ответ. Задание выполняется в письменной форме.

#### *Пример ситуационных задач*

**Задача 1:** Студент работает в лаборатории по разработке биоинженерных тканей. Ему предлагают выбрать подход между пересадкой донорской ткани и созданием scaffold с клетками пациента. Что он должен учитывать при выборе?

**Правильный ответ:**

Необходимо учитывать:

- Биосовместимость и риск отторжения при использовании донорских тканей.
- Этические и нормативные ограничения донорства.
- Время и ресурсы на создание тканевого аналога с клетками пациента.

Перспективы долгосрочной интеграции и функциональности. Scaffold с аутологичными клетками снижает риск иммунного ответа, позволяет индивидуализировать конструкцию и соответствует принципам реконструктивной биоинженерии.

#### **Критерии оценки решения ситуационной задачи**

Критерии	Оцениваемые компетенции	Оценка	
		Балл	Отметка
Ситуационная задача выполнена правильно с определением необходимых показателей. Не допускаются неточности в ответах на вопросы, определении показателей и расчетах	ПК-1	10	отлично
Ситуационная задача выполнена правильно. Допускаются небольшие отклонения в ответах на вопросы к ситуационной задаче.		9-8	хорошо
Ситуационная задача выполнена правильно. Допускаются неточности в ответах на вопросы к задаче, к оценке ситуации и определении ряда параметров в задании.		7-5	удовлетворительно

Решение ситуационной задачи не правильное, ответы отсутствуют или ситуацияная задача по всем параметрам выполнена неверно.		4 и меньше	неудовлетворительно
--	--	------------	---------------------

## 2. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации – устный экзамен по экзаменационным билетам.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие в полном объеме аудиторную нагрузку, самостоятельную работу и успешно сдавшие промежуточную аттестацию

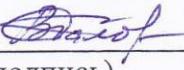
### Вопросы к экзамену

- 1.Что такое реконструктивная биоинженерия и какие задачи она решает?
2. Какие этапы развития реконструктивной биоинженерии можно выделить?
- 3.Какие типы стволовых клеток существуют и как они используются в реконструктивной биоинженерии?
4. Какие фазы регенерации тканей выделяют и их биологическая роль?
5. Какие натуральные биоматериалы применяются в реконструктивной биоинженерии?
6. Какие синтетические биоматериалы используются и их особенности?
7. Что такое scaffold и какие требования предъявляются к его конструкции?
8. Как выбор пористости scaffold влияет на эффективность регенерации?
9. Как используются iPS-клетки в реконструктивной биоинженерии?
- 10.Что такое органоиды и какова их роль?
11. Какие методы 3D-биопечати используются в тканевой инженерии?
12. Какова роль биореакторов?
- 13.Какие виды иммунного ответа могут возникать на имплантаты?
14. Какие методы применяются для снижения иммунного ответа на имплантаты?
15. Какие in vitro методы оценки биосовместимости применяются?
16. Какие in vivo методы используются для оценки эффективности?
17. Какие этические проблемы связаны с использованием стволовых клеток?
18. Какие международные стандарты регулируют исследования в реконструктивной биоинженерии?
19. Какие современные подходы применяются для восстановления костной и хрящевой ткани?
20. Как реконструктивная биоинженерия используется для сердечно-сосудистой и нервной ткани?
21. Как биоинженерия тканей способствует персонализированной медицине?

- 22.** Какие перспективные технологии прогнозируются в реконструктивной биоинженерии?
- 23.** Чем реконструктивная биоинженерия отличается от классической хирургии
- 24.** Какие ключевые дисциплины составляют основу реконструктивной биоинженерии?
- 25.** Что такое внеклеточный матрикс (ECM) и его роль в реконструктивной биоинженерии?
- 26.** Как клетки взаимодействуют с scaffold и ECM?
- 27.** Как ко-культура разных типов клеток улучшает функциональность конструкций?
- 28:** Какие риски связаны с применением iPS-клеток в клинических проектах?
- 29.** Чем гидрогели отличаются от твердых полимеров в тканевой инженерии?
- 30.** Как можно модифицировать синтетические полимеры для улучшения клеточной адгезии?
- 31.** Какие существуют методы создания scaffold?
- 32.** Почему важно сочетать биомеханические свойства scaffold с типом ткани?
- 33.** Какие типы биочернил применяются в 3D-биопечати?
- 34.** Как биореактор способствует развитию сосудистой сети в конструкции?
- 35.** Какие стратегии снижения иммунного отторжения scaffold применяются?
- 36.** Чем отличается острый и хронический иммунный ответ на имплантат
- 37.** Какие методы *in vitro* применяются для оценки функциональности scaffold
- 38.** Какие методы *in vivo* применяются для оценки эффективности реконструктивных конструкций?
- 39.** Какие этические вопросы возникают при использовании эмбриональных стволовых клеток?
- 40.** Какие нормативные требования регулируют использование биоматериалов и клеточных конструкций?
- 41.** Какие стратегии применяются для регенерации костной ткани?
- 42.** Какие подходы применяются для регенерации хрящевой ткани?
- 43.** Как создаются биосовместимые сосудистые grafts?
- 44.** Какие методы стимулируют ангиогенез в искусственных тканях?
- 45.** Какие материалы используются для восстановления нервной ткани?
- 46.** Какие вызовы стоят перед восстановлением нервной ткани?
- 47.** Какие перспективные технологии позволяют ускорить регенерацию тканей?
- 48.** Как нанотехнологии применяются в реконструктивной биоинженерии?
- 49.** Как персонализированная медицина интегрируется с реконструктивной биоинженерией?

**50.** Какие клинические примеры применения реконструктивной биоинженерии наиболее успешны?

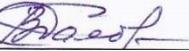
Разработчики:

  
(подпись)

профессор, зав. кафедрой      В.П. Саловарова

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика».

Программа рассмотрена на заседании кафедры физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики 19.03.2025 г. протокол № 12.

Зав. кафедрой, д.б.н., профессор В.П. Саловарова 

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*