

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт биологии и биомедицины

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Тканевая инженерия

---

Уровень высшего образования

Специалитет

---

Направление подготовки / специальность

30.05.02 - Медицинская биофизика

---

Направленность образовательной программы

Медицинская биофизика

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01 Тканевая инженерия относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции<br>(код, содержание компетенции)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции  |  | Наименование оценочного средства           |                              |
|--|--|--|--|------------------------------|
|  | Индикатор достижения компетенции<br>(код, содержание индикатора)   | Результаты обучения по дисциплине  | Для текущего контроля успеваемости         | Для промежуточной аттестации |
| ПК-11:<br>Способность выполнять фундаментальные, прикладные и поисковые научные исследования и разработки в области медицины, биологии и биотехнологий | ПК-11.1: Находит и использует необходимую информацию в области фундаментальных, прикладных и поисковых научных исследований и разработок в области медицины, биологии и биотехнологий<br>ПК-11.2: Умеет ставить цели, обосновывать методы и анализировать результаты в области фундаментальных, прикладных и поисковых научных исследований и разработок в области медицины, биологии и биотехнологий<br>ПК-11.3: Владеет методами проведения научных исследований и разработок в области медицины, биологии и биотехнологий | ПК-11.1:<br>Знать теоретические основы и современные достижения в области тканевой инженерии<br><br>ПК-11.2:<br>Уметь применять экспериментальные и теоретические методы для исследований в области тканевой инженерии<br><br>ПК-11.3:<br>Владеть устойчивыми навыками планирования и проведения исследования в области тканевой инженерии | Доклад-презентация<br>Кейс-задание<br>Тест | Зачёт:<br>Задания            |

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|  |              |
|--|--------------|
|  | <b>очная</b> |
| <b>Общая трудоемкость, з.е.</b>                | <b>3</b>     |
| <b>Часов по учебному плану</b>                 | <b>108</b>   |
| в том числе                                    |              |
| <b>аудиторные занятия (контактная работа):</b> |              |
| - занятия лекционного типа                     | 32           |

|  |            |
|--|------------|
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 32         |
| - КСР  | 1          |
| самостоятельная работа   | 43         |
| Промежуточная аттестация   | 0<br>Зачёт |

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование разделов и тем дисциплины  | Всего<br>(часы) | в том числе   |   |             |  |
|---|-----------------|---|---|-------------|--|
|   |                 | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем),<br>часы из них |   |             | Самостоятельная<br>работа<br>обучающегося,<br>часы |
|   |                 | Занятия<br>лекционного<br>типа  | Занятия<br>семинарского<br>типа<br>(практические<br>занятия/ лабора-<br>торные<br>работы), часы | Всего       |  |
|   | 0<br>Ф<br>0     | 0<br>Ф<br>0   | 0<br>Ф<br>0   | 0<br>Ф<br>0 | 0<br>Ф<br>0  |
| Тема 1. История тканевой инженерии; краткий обзор современных достижений; Методология тканевой инженерии; Законодательство и этические нормы  | 17              | 4   | 6   | 10          | 7  |
| Тема 2 Общие понятия биомеханики; Биомеханика эпителиальной ткани; Биомеханика мышечной ткани; Биомеханика нервной ткани; Биомеханика соединительной ткани и её производных   | 18              | 4   | 6   | 10          | 8  |
| Тема 3 Внеклеточный матрикс: физические и химические свойства; Особенности создания и применения искусственных матриц; Дифференцированные стволовые клетки, их источники; Дизайн и биомиметика скаффолдов; Эмбриональные и стволовые клетки для тканевой инженерии; Влияние трёхмерной структуры на биомеханические свойства объекта. | 23              | 8   | 7   | 15          | 8  |
| Тема 4 Металлы, керамика, композитные материалы, биосовместимые полимеры; Материалы медицинского назначения, используемые в реконструктивных медицинских технологиях. Материалы для депонирования и контролируемой доставки лекарственных препаратов.   | 25              | 8   | 7   | 15          | 10   |
| Тема 5 Материалы, используемые для конструи-рования искусственных органов. Биodeградируемые материалы и механизмы биодеструкции имплантатов. Тканевая реакция на имплантаты   | 24              | 8   | 6   | 14          | 10   |
| Аттестация  | 0               |   |   |             |  |
| КСР   | 1               |   |   | 1           |  |
| Итого   | 108             | 32  | 32  | 65          | 43   |

#### Содержание разделов и тем дисциплины

История тканевой инженерии; краткий обзор современных достижений; Методология тканевой инженерии; Законодательство и этические нормы; Общие понятия биомеханики; Биомеханика эпителиальной ткани; Биомеханика мышечной ткани; Биомеханика нервной ткани; Биомеханика соединительной ткани и её производных; Внеклеточный матрикс: физические и химические свойства; Особенности создания и применения искусственных матриц; Дифференцированные/стволовые

клетки, их источники; Дизайн и биомиметика скаффолдов; Эмбриональные и стволовые клетки для тканевой инженерии; Влияние трёхмерной структуры на биомеханические свойства объекта. Металлы, керамика, композитные материалы, биосовместимые полимеры; Материалы медицинского назначения, используемые в реконструктивных медицинских технологиях; Материалы для депонирования и контролируемой доставки лекарственных препаратов; Материалы, используемые для конструирования искусственных органов; Биodeградируемые материалы и механизмы биодеструкции имплантатов; Тканевая реакция на имплантаты

Практические занятия / лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 6 ч.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД.

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

#### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

##### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Доклад-презентация) для оценки сформированности компетенции ПК-11:**

1. Алгоритм выбора материала для изготовления имплантата.
2. Биоинженерная энзимология.
3. Биологические реакции на имплантируемые материалы. Классификация.
4. Биоматериалы. Материалы для инжиниринга тканей.
5. Биореакторы. Электроплазменное напыление биокompозитных покрытий.
6. Значение продуктов деградации искусственных материалов для взаимодействия с биологическими объектами.
7. Значение физических свойств поверхности (пористость, шероховатость, растворимость) искусственных материалов для взаимодействия с биологическими тканями.
8. Имобилизованные клетки и ферменты в биотехнологическом производстве.
9. История формирования и потенциал тканевой инженерии.
10. Источники стволовых и дифференцированных клеток различного генеза.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад-презентация)**

| Оценка              | Критерии оценивания  |
|---------------------|--|
| превосходно         | -  |
| отлично             | содержание презентации соответствует теме доклада, информация изложена четко и логично, является достоверной; включает примеры из практики; количество цитируемых источников литературы более 10; выделены ключевые особенности характеризуемого объекта; присутствует творческий, оригинальный подход |
| очень хорошо        | -  |
| хорошо              | содержание презентации соответствует теме доклада, информация, в целом, изложена четко и логично, является достоверной; количество цитируемых источников литературы более 5; ключевые особенности характеризуемого объекта, в целом, упомянуты.  |
| удовлетворительно   | тема доклада раскрыта поверхностно; перегружена текстом; количество источников литературы не превышает 5; ключевые особенности объекта не выделены   |
| неудовлетворительно | тема доклада не раскрыта   |
| плохо               | -  |

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Кейс-задание) для оценки сформированности компетенции ПК-11:

1. Вашим научным коллективом был получен грант на создание искусственной связки, которую в дальнейшем можно было бы имплантировать человеку. Основными критериями создаваемой ткани являются биосовместимость, уход от иммунного надзора, долговечность, а также способность к выдерживанию нагрузок, характерных для настоящей связки. Вам необходимо определить наиболее подходящие для формирования ткани материалы, предложить соединения, которые позволят избежать иммунного надзора и составить примерную схему формирования связки. Кроме этого, Вам требуется предположить, какие существующие методы тканевой инженерии могут быть использованы для создания импланта и определить их релевантность.
2. Вы получили результаты сканирующей электронной микроскопии по внеклеточным матриксам ряда органов. На изображениях Вы можете отметить разную пористость и толщину фибриллярной компоненты. Вам необходимо определить вероятность успешности использования предложенных матриц клетками разного генеза (эпителиальные, мезенхимальные, нейрональные).

### Критерии оценивания (оценочное средство - Кейс-задание)

| Оценка  | Критерии оценивания   |
|---------|---|
| зачтено | Правильные ответы или методически не вполне правильные ответы, но ответы, которые |

| Оценка     | Критерии оценивания                                    |
|------------|--|
|            | указывают на общий правильный ход решения задачи.      |
| не зачтено | Неправильный ответ или ответ со значительными ошибками |

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-11:

1. Донорская ткань, полученная от неродственного человека — это
  - a. изографт
  - b. аутографт
  - c. аллографт
  - d. ксенографт
1. Тканевая инженерия является разделом ... медицины.
  - a. экспериментальной
  - b. регенеративной
  - c. судебной
  - d. ядерной
1. В стимул-реагирующих гидрогелях в качестве внешнего стимула может быть использован
  - a. pH
  - b. кислород
  - c. нутриенты
  - d. магнитостимуляция
1. За миграцию и пролиферацию эндотелиальных клеток отвечает
  - a. FGF-2
  - b. BMP-7
  - c. EGF
  - d. TNF
1. Основным естественным полимером, входящим в состав ВКМ является
  - a. фиброин
  - b. коллаген
  - c. альгинат
  - d. гиалуронан
1. После первой пассировки первичная клеточная культура называется
  - a. клеточным клоном
  - b. дочерними клетками
  - c. материнским дебрисом
  - d. клеточной линией
1. Аминокислоты, углеводы, витамины — это ... ростовой среды.
  - a. питательные вещества

- b. ростовые факторы
- c. основные гормоны
- d. токсические вещества

1. Линия ... была первой стабильной клеточной культурой.

- a. HeLa
- b. 3T3
- c. HEK 293
- d. A549

1. Тканеинженерная структура, называемая ... позволяет клеткам формировать новую полноценную ткань.

- a. стент
- b. графт
- c. имплант
- d. скаффолд

1. К биodeградируемым материалам относится

- a. керамика
- b. коллаген
- c. титан
- d. гидроксиапатит

### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

| Оценка              | Критерии оценивания                               |
|---------------------|---|
| превосходно         | -   |
| отлично             | Правильные ответы более чем на 95% вопросов теста |
| очень хорошо        | -   |
| хорошо              | Правильные ответы на 76-95% вопросов теста        |
| удовлетворительно   | Правильные ответы на 51-75% вопросов теста        |
| неудовлетворительно | Правильные ответы на 50% и менее вопросов теста   |
| плохо               | -   |

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компет | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
|---------------------------------|-------|---------------------|-------------------|--------|--------------|---------|-------------|
|                                 |       |                     |                   |        |              |         |             |

| енций<br>(индик<br>атора<br>достиж<br>ения<br>компет<br>енций) | не зачтено  |  | зачтено  |   |  |  |  |
|--|---|--|--|---|--|--|--|
| <u>Знания</u>  | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки                          | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок   | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок   | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок                              | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.   | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.   |
| <u>Умения</u>  | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа              | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u>  | Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа                | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки  | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами                                      | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами   | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов   | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов   | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач  |

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка  |                    | Уровень подготовки   |
|---------|--------------------|--|
| зачтено | <b>превосходно</b> | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |
|         | <b>отлично</b>     | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».  |



|                   |                            |  |
|-------------------|----------------------------|--|
|                   | <b>очень хорошо</b>        | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»  |
|                   | <b>хорошо</b>              | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».   |
|                   | <b>удовлетворительно</b>   | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| <b>не зачтено</b> | <b>неудовлетворительно</b> | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».   |
|                   | <b>плохо</b>               | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»  |

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-11

1. Биodeградируемые полимерные материалы для биоинженерии: свойства, применение.
2. Биоискусственные продукты для замены кожи, кости, хряща.
3. Биологические и физико-химические факторы, приводящие к биодеградации материалов.
4. Биоматериалы из природных макромолекул и особенности методологии исследования их физико-химических свойств.
5. Биосовместимые материалы для перорального, чрезслизистого и трансдермального введения лекарственных веществ.
6. В чем различие кривых напряжение–деформация для неживых материалов и биологических тканей
7. Достижения, потенциал и перспективы клеточных технологий в области медицины
8. Использование культур клеток и тканей человека
9. Классификация и общая характеристика методов стерилизации медицинских изделий.
10. Классификация материалов, используемых для изготовления медицинских изделий.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

| Оценка     | Критерии оценивания  |
|------------|--|
| зачтено    | Правильные ответы или ответы с незначительными ошибками на два вопроса |
| не зачтено | 0 – 1 правильных ответов или ответов с незначительными ошибками        |

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Белик Кирилл Дмитриевич. Биомеханика. Основные понятия. Эндопротезирование тканей и органов : Учебное пособие / Новосибирский государственный технический университет. -

Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2014. - 104 с. - Профессиональное образование. - ISBN 978-5-7782-2523-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=599433&idb=0>.

2. Глыбочко (null). Регенеративная медицина / Глыбочко; Загайнова. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2023. - 456 с. - ISBN 978-5-9704-7535-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=838599&idb=0>.

3. Ахмадеев А. В. Гистология, эмбриология, цитология : учебное пособие / А. В. Ахмадеев, Л. Б. Калимуллина, А. М. Федорова. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 138 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-12939-7. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=842567&idb=0>.

#### Дополнительная литература:

1. Ленченко Е. М. Цитология, гистология и эмбриология : учебник / Е. М. Ленченко. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 347 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-08617-1. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=844025&idb=0>.

2. Биофизика и биоматериалы. Акустика, оптика и электромагнетизм : учеб. пособие / Новиков А. А., Седых Д. А., Негров Д. А., Путинцева А. Р. - Омск : ОмГТУ, 2019. - 98 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ОмГТУ - Медицина. - ISBN 978-5-8149-2950-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=728733&idb=0>.

3. Апчел В. Я. Стволовые клетки: биолого-физиологические закономерности развития, функции и механизмы : монография / Апчел В. Я., Москалёв А. В., Никитина Е. А. - Санкт-Петербург : РГПУ им. А. И. Герцена, 2023. - 212 с. - Книга из коллекции РГПУ им. А. И. Герцена - Медицина. - ISBN 978-5-8064-3240-8., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=884158&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Студенческая электронная библиотека «StudentLibrary» <http://www.studentlibrary.ru/>,

Научная электронная библиотека «E-library.ru» <https://elibrary.ru/defaultx.asp>.

Научная электронная библиотека «Pubmed» <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

#### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 30.05.02 - Медицинская биофизика.

Автор(ы): Пospelов Антон Джонович

Шилягина Наталья Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент.

Рецензент(ы): Синицына Юлия Витальевна, кандидат биологических наук.

Заведующий кафедрой: Воденеев Владимир Анатольевич, доктор биологических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 05.12.2023г., протокол № 2.