



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель курса:** формирование у обучающихся знания по регенеративной медицине как фундаментальной основы развития современной медицины, подчеркивание необходимости скорейшего рационального внедрения методов молекулярной биологии, биохимии, новейших результатов клинических исследований в практическое здравоохранение; дать представление о законах регенерации, биологии стволовых клеток, об основах трансплантологии, методах хранения органов и тканей, культивирования клеток человека.

В задачи курса входит изучение концептуальных основ и методологических приемов культуральных и молекулярно-генетических лабораторий.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Учебная дисциплина «Регенеративная медицина» включена в раздел Б1. Дисциплины (модули) основной образовательной программы 06.03.01 Биология и относится к обязательной части – Б1.О.26. Осваивается на 2 курсе, в 4 семестре.

Основывается на знаниях, умениях и навыках, полученных в ходе изучения предыдущих дисциплин:

- Систематика животных.

Дисциплина параллельно реализует компетенцию со следующими дисциплинами и практиками:

- Систематика растений;
- Ознакомительная практика (систематика растений и животных).

Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей:

- Основы биохимии;
- Фармацевтическая химия;
- Токсикологическая химия;
- Радиохимия;
- Синтетическая химия;
- Основы клинической лабораторной диагностики;
- Лабораторные методы исследования в биологии;
- Молекулярная генетика и цитогенетика;
- Энзимология;
- Общая биология;
- Биоинженерия, клеточная и геновая инженерия;
- Введение в цитологию и цитогенетику;
- Эмбриология;
- Биология человека;
- Биохимия и молекулярная биология;
- Профессиональный электив. Основы морфогенеза и регенерации;
- Профессиональный электив. Генетика и эволюционное учение;
- Практика по профилю профессиональной деятельности;
- Научно-исследовательская работа;
- Проектная деятельность;
- Преддипломная практика, в том числе научно-исследовательская работа;
- Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной

работы.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

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

Изучение дисциплины «Регенеративная медицина» в рамках освоения образовательной программы направлено на формирование у обучающихся следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов прохождения практики, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
<p><b>ОПК-3</b> Способен применять знание основ эволюционной теории, использовать современные представления о структурно-функциональной организации генетической программы живых объектов и методы молекулярной биологии, генетики и биологии развития для исследования механизмов онтогенеза и филогенеза в профессиональной деятельности</p>	<p><b>Знать:</b> нормативно-правовые основы использования методов молекулярной и клеточной медицины в Российской Федерации; основные направления развития регенеративной медицины</p> <p><b>Уметь:</b> использовать международные документы, российские законы и подзаконные нормативные акты для принятия решения о правомерности использования методов молекулярной и клеточной медицины</p> <p><b>Владеть:</b> навыками применения результатов освоения дисциплины в профессиональной деятельности.</p>
<p><b>ПК-1</b> способностью эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научно-исследовательских полевых и лабораторных биологических работ</p>	<p><b>Знать:</b> основы биологии стволовых клеток; показания и противопоказания к донорству и трансплантации</p> <p><b>Уметь:</b> пользоваться учебной, научной, научно-популярной литературой, сетью интернет для профессиональной деятельности; пользоваться физическим, химическим и биологическим оборудованием;</p> <p><b>Владеть:</b> навыками лабораторного анализа, получения и хранения стволовых клеток; навыками рациональной оценки эффективности и прогнозирования наступления нежелательных явлений от использования методов молекулярной и клеточной медицины.</p>
<p><b>ПК-3</b> готовностью применять на производстве базовые общепрофессиональные знания теории и методов современной биологии</p>	<p><b>Знать:</b> возможные осложнения трансплантаций и методы их профилактики; современные подходы, применяемые в тканевой инженерии</p> <p><b>Уметь:</b> охарактеризовать основные черты различных представителей в иерархии стволовых клеток, выявить недостатки и преимущества эмбриональных, фетальных и взрослых стволовых</p>

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

	<p>клеток; определить метод культивирования различных клеточных типов на основе их функциональных особенностей</p> <p><b>Владеть:</b> навыками работы с лабораторным и производственным оборудованием согласно требованиям техники безопасности; информационными технологиями, позволяющими оценить биобезопасность материалов, применяемых в ходе работы.</p>
--	--

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) - 2

##### 4.2. По видам учебной работы в часах

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u> )	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		4
Контактная работа обучающихся с преподавателем	16	16
Аудиторные занятия:	16	16
Лекции	Не предусмотрены	Не предусмотрены
Практические и семинарские занятия	Не предусмотрены	Не предусмотрены
Лабораторные работы (лабораторный практикум)	16	16
Самостоятельная работа	56	56
Текущий контроль (количество и вид: контрольная работа, коллоквиум, реферат)	Устный опрос, тестирование	Устный опрос, тестирование
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	зачет	зачет
Всего часов по дисциплине	72	72

*\*Интерактивные формы занятий*

*\*\*В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через*

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

веш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения.

#### 4.3 Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения: очная.

Название и разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля
		Аудиторные занятия			в т.ч. занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		лекции	практические занятия, семинары	лабораторные работы			
Тема 1. Введение в регенеративную медицину	9	-	-	2	-	7	собеседование, тестирование
Тема 2. Медицинская эмбриология. Понятие о стволовой клетке. Иерархия, классификация стволовых клеток. Эмбриональные и фетальные стволовые клетки.	9	-	-	2	-	7	собеседование, тестирование
Тема 3. Стволовые клетки. Региональные и гемопоэтические стволовые клетки.	9	-	-	2	-	7	собеседование, тестирование

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

Тема 4. Медицинская эмбриология, гисто- и органогенез. Механизмы гистогенеза. Дифференцировка стволовых клеток. Клеточный тип.	9	-	-	2	-	7	собеседование, тестирование
Тема 5. Клеточная лаборатория. Культивирование клеток человека. Знакомство с работой криогенного оборудования. Хранение клеток, органов и тканей.	9	-	-	2	-	7	собеседование, тестирование
Тема 6. Клеточное и ядерное репрограммирование. Методы генетической модификации клеток.	9	-	-	2	-	7	собеседование, тестирование
Тема 7. Молекулярно-генетическая лаборатория. Методы исследования фенотипа клеток.	9	-	-	2	-	7	собеседование, тестирование
Тема 8. Клеточная трансплантология. Принципы трансплантации клеток. Органы мишени, способы доставки и мониторинга регенерации.	9	-	-	2	-	7	собеседование, тестирование
Итого	72	-	-	16	-	56	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

Лекционный курс не предусмотрен учебным планом.

## 6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Не предусмотрены УП.

## 7. ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

### Лабораторная работа № 1 «Вязкость полимерных гелей»

**Карбопол 940** – редкосшитый акриловый мукоадгезивный полимер, часто применяемый в регенеративной медицине и косметологии в качестве гелеобразователя. В основном его используют в производстве матричных таблеток и капсул для модификации высвобождения, а также в производстве пероральных мягких пролонгированных форм. Карбопол 940 относится к рН- чувствительным смарт-полимерам. В воде он способен за счет большого количества карбоксильных групп (более 50%) образовывать гели с низким значением рН. Водные дисперсии карбопола в концентрации 1% имеют величину рН от 2,5 до 3,5. Кроме того, его широко используют для создания увлажняющих пленок. Карбопол проявляет высокую загущающую способность в различных полярных средах – вода, спирт. Для получения определенного значения рН карбопол требует предварительной нейтрализации аминами (триэтанолламин, этанолламин, и т.д.). При подведении рН аминами до 4,0-7,0 карбоксильные группы карбопола ионизируются, происходит взаимное отталкивание. В результате этого отталкивания молекула карбопола разворачивается в растянутую структуру, образуя гель.

**Задача.** Оценить изменение динамической вязкости карбопола 940 при его нейтрализации триэтанолламином.

**Реактивы и оборудование:** карбопол 940, триэтанолламин, вода, бюкс на 100 мл, электронные весы, ротационный вискозиметр Brookfield с набором шпинделей, рН-метр, автоматическая пипетка на 1 мл.

Принцип работы вискозиметра Brookfield (Рис. 1) основан на измерении закручивания калиброванной пружины при вращении шпинделя в тестируемом образце с постоянной скоростью. Диапазон измерения вязкости образца зависит от скорости вращения шпинделя, а также его размеров и формы:

- Шпиндель №2, диапазон измерений (100 – 20 000) мПа\*с;
- Шпиндель №3, диапазон измерений (100 – 80 000) мПа\*с;
- Шпиндель №4, диапазон измерений (100 – 200 000) мПа\*с;
- Шпиндель №5, диапазон измерений (200 – 400 000)

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		



мПа\*с.

Рисунок 1 – Схема ротационного вискозиметра Brookfield

#### Ход работы:

Навеску карбопола 940 5 мг взвесить в бюксе с точностью до 0,2 мг. Пробу залить водой в количестве 50 мл. Размешать и дать смеси разойтись. Измерить вязкость и рН. Прикапать 1 мл триэтаноламина. Размешать и дать смеси разойтись. Измерить вязкость и рН. Прикапать 1 мл триэтаноламина. Размешать и дать смеси разойтись. Измерить вязкость и рН. Повторять итерации до момента выхода значений вязкости на плато. По полученным данным построить график зависимости вязкости от значений рН.

Написать эссе на тему «Изучение стабильности гелей на основе биополимеров».

#### Вопросы для самоконтроля:

1. Что изучает регенеративная медицина?
2. Что можно называть ткане-инженерной конструкцией? Приведите примеры таких конструкций.
3. Назовите основные факторы роста, участвующие в процессах регенерации ткани.
4. Приведите примеры применения биоинженерных конструкций в регенеративной медицине.

#### Лабораторная работа № 2 «Получение коллагена из свиной кожи»

**Задача.** Получить из образца свиной кожи высококонцентрированный раствор коллагена.

**Оборудование и реактивы:** сито, рН-метр, магнитная мешалка, весы, блендер, стакан стеклянный на 1 л, полимерная чаша, кусок свиной кожи, гидроокись натрия, 3% ледяная уксусная кислота, борная кислота, сульфат натрия, вода, марля.

**Ход работы:** На весах взвесить 100 г предварительно нарезанных кусочков свиной кожи. Навеску поместить в полимерную чашу и замочить в воде на 1 ч. Приготовить 1 л щелочного раствора. Для этого 110 г гидроокиси натрия и 100 г сульфата натрия растворить в дистиллированной воде. Из полимерной чаши с кожей слить воду через сито. Кусочки кожи замочить в 400 мл щелочного раствора на 48 часов. Раз в 6 часов перемешивать.

**Спустя 48 часов:** 100 г сульфата натрия растворить в 1 л воды. Слить щелочной раствор через сито. Залить кусочки кожи 500 мл раствора сульфата натрия и оставить на 3 часа.

**Спустя 3 часа:** Приготовить раствор борной кислоты. Для этого 30 г сухой навески растворить в 1 л воды. Слить солевой раствор через сито. Залить кусочки 500 мл раствора борной кислоты. Измерить рН. Перемешивать каждые 10 минут. Измерять рН до тех пор,

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

пока значение не станет нейтральным. Слить раствор борной кислоты. Куски промывать проточной водой в течении 5 ч.

**Спустя 5 часов:** Замочить кусочки на 6 часов в дистиллированной воде.

**Спустя 6 часов:** Слить дистиллированную воду. Кусочки измельчить в блендере и залить 1 л ледяной уксусной кислоты и оставить на 24 часа в холодильнике.

**Спустя 24 часа:** Кусочки продавить через марлю и сито. В результате образуется высококонцентрированный раствор коллагена.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое регенерация? Назовите ее формы.
2. Какими путями может протекать процесс регенерации?
3. Какие типы тканей способны к регенерации у млекопитающих?
4. Из чего состоит репаративный процесс?
5. Как различаются между собой степени ожога?
6. Как протекает раневой процесс?
7. Как различаются между собой степени отморожения?

### **Лабораторная работа №3 «Исследование растворимости полимеров медицинского назначения»**

Полимеры не способны к растворению в абсолютно любой жидкости. Для растворения полимер и растворитель должны иметь высокое сродство. Растворы полимеров характеризуются высокой вязкостью и медленной диффузией. Растворимость полимеров зависит от многих факторов - например, от природы полимера и растворителя. Если полярность полимера и растворителя близки, можно ожидать от полимера набухание и растворение. В противном случае растворение происходить не будет. Гибкость цепи полимера также оказывает влияние на растворимость. В случае жесткоцепных полимеров растворение возможно в сильно взаимодействующих с ними растворителях или при повышенной температуре. Гибкоцепные полимеры легко диффундируют в растворитель. Кроме того, практически у всех полимеров растворимость снижается с увеличением молекулярной массы. На растворимость полимера влияет количество функциональных групп и равномерность их распределения (чем выше, тем лучше растворение).

**Задача.** Качественно оценить растворимость предложенных природных и синтетических полимеров в различных растворителях.

**Реактивы и оборудование.**

Растворители: этиловый спирт, формальдегид, ДМСО, ацетон, вода. Полимеры: хитозан, плуроник, альгинат, PLA, полиэтилен.

**Оборудование:** Пробирки, пробки, автоматическая пипетка емкостью 2-5 мл, термостат.

**Ход работы.**

Навеску 10 мг сухого полимера поместить в пробирку. Автоматической пипеткой налить по 2 мл растворителя. Пробирки закрыть пробками и выдерживать 1-2 ч при комнатной температуре, периодически встряхивая. Полимер считается растворимым в растворителе при условии образования однородного раствора без видимых примесей.

Визуально оценить состояние полимера, не растворяющегося в данном растворителе (набухание, осадок).

Не растворившийся полимер нагревать до температуры кипения растворителя. В случае растворения полимера раствор охладить. Оценить выпадение осадка после охлаждения.

Написать отчет по проделанной работе.

**Вопросы для самоконтроля:**

Чем определяется возможность применения полимера в регенеративной медицине?

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

1. Какой полимер можно считать биосовместимым?
2. Какой полимер можно называть гемосовместимым?
3. Какие полимеры можно называть «смарт-полимерами»?
4. Как они применяются в регенеративной медицине?
5. Какие природные полимеры вы знаете?
6. Приведите примеры их применения в регенеративной медицине.
7. Где применяются биоразлагаемые синтетические полимеры?
8. Приведите примеры таких полимеров.

#### **Лабораторная работа № 4 «Получение микрокапсул из биосовместимых полимеров»**

**Задача.** Отработать способы получения микрокапсул из биосовместимых полимеров.

**Реактивы и оборудование:**

Раствор 0,1% альгината натрия  
 Раствор 0,1% хитозана  
 Раствор 0,1% карбопола 940  
 0,5 М раствор хлорида кальция  
 Закрытые пробирки с резиновой крышкой  
 Шприц на 1 мл  
 Чашки Петри  
 Термостат суховоздушный  
 Родамин В  
 Ход работы:

Сухую навеску полимера необходимой массы растворить в 50 мл воды при постоянном перемешивании. В раствор альгината натрия добавить 1 мг родамина в качестве имитации включения биологически активного вещества. Формирование микрокапсул происходит за счет соединения раствора альгината натрия и раствора карбопола/хитозана с последующим их осаждением в растворе хлорида кальция. Прикапывание водного раствора полимеров осуществлять при помощи шприца объемом 5 мл при постоянном перемешивании на 300 об/мин. Смесь перемешивать на магнитной мешалке при 300 об/мин в течение 20 минут. Полученные микрокапсулы отфильтровать, а затем трехкратно промыть водой в целях очистки от непрорегировавших полимеров. Высушить микрокапсулы при 60<sup>0</sup>С в термостате.

Написать отчет по полученным результатам. Микрокапсулы сохранить для лабораторной работы №5.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Как применяются в регенеративной медицине полимерные микрокапсулы?
2. Опишите наиболее известные методы их получения. Что может являться активным веществом?
3. Какие вы знаете полимеры, используемые в микрокапсулировании?
4. По каким критериям они подбираются?

#### **Лабораторная работа № 5 «Исследование деградации микрокапсул в зависимости от условий среды»**

**Задача.** Оценить деградацию микрокапсул в имитаторах сред желудка и кишечника.

**Реактивы и оборудование:**

Микрокапсулы, полученные в лабораторной работе №4.  
 Имитаторы сред желудочно-кишечного тракта: 0.1 М соляная кислота, фосфатный буфер (рН 8), вода

**Оборудование:** магнитная мешалка, термостат суховоздушный, пробирки, пипетки

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

автоматические на 5 мл, чашки Петри, микроскоп, спектрофотометр.

#### Ход работы.

**Исследование растворения микрокапсул в имитаторе среды желудка:** Среду желудка моделировать раствором 0.1 М HCl. Через определенные промежутки времени отобрать аликвоты суспензии 1 мл и оценить наличие пика на длине волны 610 нм. В систему вернуть взятый объем 0.1 М HCl. Эффективность высвобождения включенного объекта оценивать по наличию пика на спектре. Спустя 1 час целостность микрокапсул оценить на микроскопе.

**Исследование растворения микрокапсул в имитаторе среды кишечника:** Среду кишечника моделировать раствором фосфатного буфера. Через определенные промежутки времени отобрать аликвоты суспензии 1 мл и оценить наличие пика на длине волны 610 нм. В систему вернуть взятый объем буфера. Эффективность высвобождения включенного объекта оценивать по наличию пика на спектре. Спустя 2 часа целостность микрокапсул оценить на микроскопе.

Написать отчет о полученных результатах.

#### Вопросы для самоконтроля:

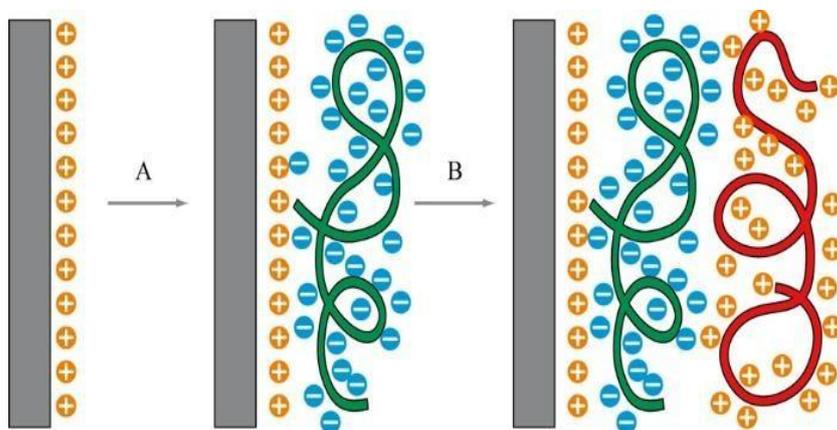
1. Какие классификации биосовместимых полимеров вы знаете?
2. Какие полимеры являются биodeградируемыми?
3. Чем биodeградация отличается от биоэрозии?
4. Чем с точки зрения биodeградации различаются неконтролируемые и контролируемые полимерные структуры?
5. Какие биоразлагаемые синтетические полимеры вы знаете?
6. Каково их применение в регенеративной медицине?

### Лабораторная работа № 6 «Получение многослойных пленок из биосовместимых полимеров»

Природные и синтетические полимеры могут быть заряжены за счет карбоксильных,сульфо- или аминогрупп. Метод послойной полиэлектролитной сборки (Layer-by-layer) основан на электростатическом притяжении между группами с противоположным зарядом. Однако пленки данным методом могут формироваться за счет водородных связей и ковалентного взаимодействия. Полиэлектролитная сборка пленки осуществляется по схеме, приведенной на рис. 2.

Рисунок 2 – Схема формирования пленки методом полиэлектролитной сборки

Включение биологически активных веществ в такие полимерные пленки может осуществляться путем его замешивания в один из полимеров, формирующих слой, путем



его ковалентного сшивания с полимером или путем его нанесения в качестве слоя. Покрyтия из таких пленок позволяют добиться контролируемого высвобождения

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

веществ в биомедицинских имплантатах, а также применять их самостоятельно в тканевой инженерии и в качестве систем адресной доставки лекарств.

**Задача.** Получение полимерных пленок методом полиэлектролитной сборки

**Реактивы и оборудование:**

Раствор 0.1% полистиролсульфоната

Раствор 0.1% поли(аллил)амин гидрохлорида

Вода деионизованная

Чашки Петри

Термостат суховоздушный

Предметное стекло

**Ход работы:**

Подложка с заряженным полимером погружается в раствор полимера с противоположным зарядом. Через определенное время происходит насыщение поверхности, после чего подложка с пленкой промывается растворителем для удаления избытка полимера. Затем подложка погружается в раствор полимера противоположного заряда. Операция повторяется необходимое количество раз. После промывки в зависимости от дальнейших целей слои могут быть высушены или оставлены влажными.

Написать реферат на тему «Способы исследования полимерных покрытий: капиллярность, гигроскопичность, разрывная нагрузка, паропроницаемость».

**Вопросы для самопроверки:**

1. Какие классификации раневых покрытий вы знаете?
2. Опишите стадии протекания раневого процесса.
3. Какие покрытия и повязки целесообразно использовать на каждом из этапов?
4. Приведите примеры атравматичных раневых повязок.
5. Чем отличаются между собой гидрогелевые, гидроколлоидные и сорбирующие пленки?
6. Опишите принцип полиэлектролитной сборки при формировании пленок полимеров.

### **Лабораторная работа № 7 «Электроформование нановолокон из растворов природных полимеров»**

Электроформование – это процесс получения нановолокон под действием электростатических сил на электрически заряженную струю раствора или расплава волокнообразующего полимера. На рис. 3 представлена схема процесса получения нановолокна методом электроформования.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

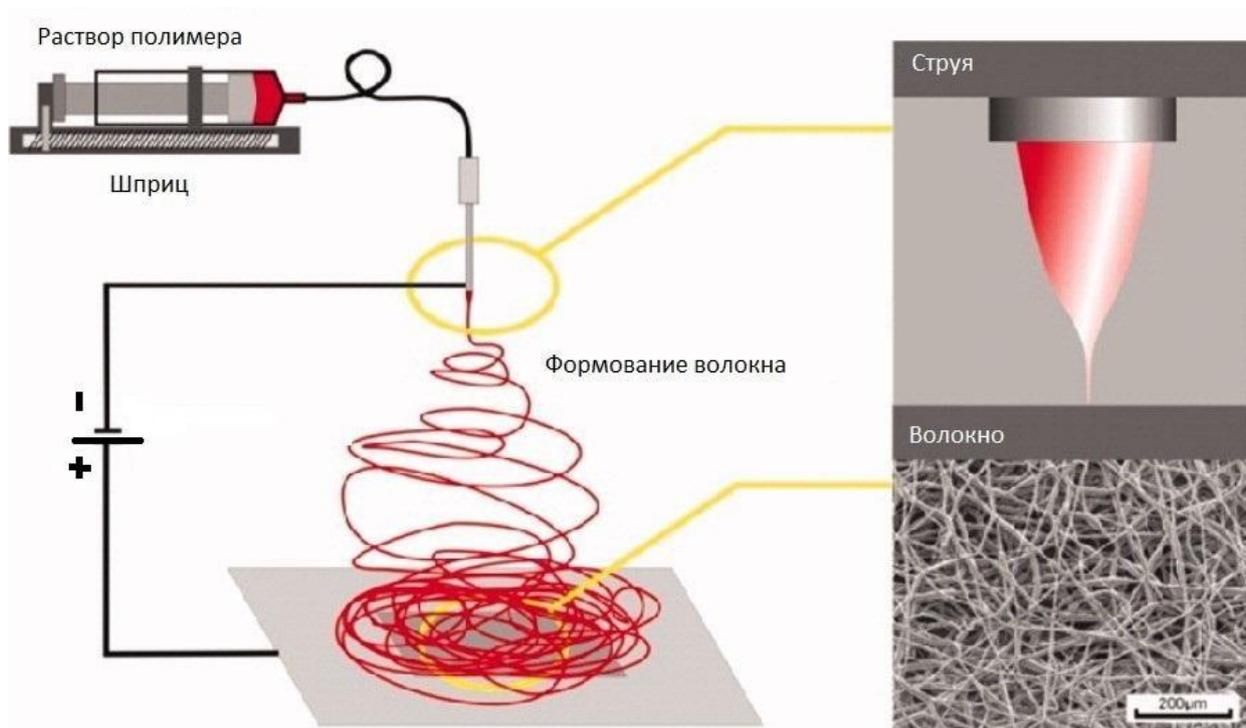


Рисунок 3 – Схема процесса получения нановолокна методом электроформования

К раствору полимера прикладывается напряжение 10-60 кВ. Раствор полимера подается через капилляр при помощи дозатора. В растворе полимера индуцируются одноименные электрические заряды. В результате кулоновского электростатического взаимодействия раствор полимера вытягивается в тонкую струю. Полученная струя твердеет за счет испарения растворителя, формируя волокно. Под действием электростатических сил волокно дрейфует к противоположно заряженной подложке.

Для полученных нановолокон характерна сверхразвитая структура и высокая пористость, что повышает их эффективность в качестве перевязочных средств нового поколения. Особенно перспективными в качестве перевязочных средств являются нановолокна из хитозана ввиду его выраженных гемостатических, бактериостатических и фунгистатических свойств. Нановолокна хитозана получают формованием из кислых растворов (например, из раствора уксусной кислоты).

**Задача.** Освоение методики получения нановолокон хитозана методом электроформования на установке Nanospyder.

**Реактивы и оборудование:** хитозан (ММ 200 кДа), полиэтиленоксид, уксусная кислота, вода, установка Nanospyder.

**Ход работы.** Перед началом работы приготовить раствор хитозана концентрации 3.0% мас. в 70 %-ной уксусной кислоте. В раствор добавить технологическую добавку – полиэтиленоксид в количестве 0,3 % мас. Поскольку вязкость раствора хитозана падает вследствие кислотного гидролиза с течением времени, рекомендуется в работе использовать только свежие растворы. Формование нановолокон проводить следующих параметрах: межэлектродное расстояние 125 мм, напряжение 70 кВ, скорость вращения волокнообразующего электрода 7 об/мин.

По результатам работы написать отчет, приложив полученные образцы.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое химическое волокно? Назовите их классификации.
2. Что такое электроформование и для чего оно используется в регенеративной

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

медицине?

3. Каким образом свойства волокна зависят от реакционных групп полимеров?
4. Какие способы формования вы знаете? В чем их различия?
5. Как готовится прядильный раствор полимера? Что нужно учитывать?
6. Какие волокнообразующие полимеры вы знаете?
7. По каким критериям они подбираются?

### Лабораторная работа № 8 «Исследование пористости полимерных скаффолдов»

**Пористость** – величина, численно равная общему объему пор (пустот)  $V_{\Pi}$  в единице объема образца  $V_0$ :

Значения пористости образцов может быть от 0 (непористый материал) и стремиться к 1 (такое встречается у пористых губок). Пористость играет очень важную роль в

$$\Pi = \frac{V_{\Pi}}{V_0}$$

системах контролируемой доставки, поскольку высвобождение биологически активного вещества осуществляется через заполненные водой поры. Поры образуются в результате разделения фаз во время приготовления системы доставки или скаффолда, путем растворения и выщелачивания растворимых вспомогательных веществ, путем высвобождения биологически активного вещества.

Наличие пор в структуре скаффолда крайне важно, поскольку они обеспечивают трехмерный рост клеток. Чем более развита система пор в скаффолде, тем лучше метаболизм, пролиферативная активность и дифференцировка клеток.

Методы определения пористости делятся на **экспериментальные** и **расчетные**. Среди экспериментальных методов стоит выделить жидкостную, ртутную и газовую порометрии, метод проницаемости, газодинамические, методы непосредственного наблюдения пор, капиллярные и сорбционные.

Одна из простых расчетных методик определения пористости образца основывается на законах физики и гидростатическом взвешивании:

$$m'g + F_A = mg$$

где  $m'g$  – вес образца в жидкости,  $mg$  – вес образца в воздухе Выталкивающая сила высчитывается по формуле:

$$F_A = \rho_{ж}gV_0$$

где  $\rho_{ж}$  – плотность жидкости;  $g$  – ускорение свободного падения;  $V_0$  – объем, занимаемый образцом вместе с порами.

Для расчета примем:

$$V_0 = V_{\Pi} + V_B$$

где  $V_{\Pi}$  - объем пор, недоступных для жидкости при гидростатическом взвешивании,  $V_B$  - объем, занимаемый веществом.

Объем, занимаемый веществом, или его плотность можно высчитать по формуле:

$$m = V_B \rho$$

где  $\rho$  – плотность непористого вещества.

Тогда пористость образца можно рассчитать по формуле:

$$\Pi = \frac{V_{\Pi}}{V_0} = 1 - \frac{\rho_{\Gamma}}{\rho}$$

где  $\rho_{\Gamma}$  – плотность вещества, определяемая гидростатическим методом.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

**Задача.** Ознакомиться и освоить методику определения пористости различных материалов

**Реактивы и оборудование:** образец полимерного скаффолда, вода, мерный цилиндр, стакан, электронные весы, штангенциркуль.

**Ход работы.** На электронных весах в стакане взвесить сухой образец скаффолда. Измерить штангенциркулем размеры полимерного образца и вычислить его объем. По формуле рассчитать плотность образца. В случае, если объем образца рассчитать не представляется возможным, уточнить у преподавателя его состав и по таблице найти значение плотности. Налить в стакан 20 мл воды. Взвесить, записать значения. Добавить образец, записать массу образца. По мерной колбе определить объем образца в воде. Рассчитать плотность образца при гидростатическом взвешивании. Определить по формуле пористость.

По результатам работы написать эссе о методах определения пористости материалов.

Полимер	Плотность
Альгинат натрия	1,0 г/см <sup>3</sup>
Хитозан	1,0 г/см <sup>3</sup>
Желатин	1,4 г/см <sup>3</sup>
Поливинипирролидон	1,2 г/см <sup>3</sup>

#### Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое скаффолд?
2. Какие типы скаффолдов вы знаете?
3. Опишите качества, которыми должен обладать скаффолд.
4. Как определить пористость скаффолда?
5. Какие полимеры используются для формирования скаффолдов?
6. Где в регенеративной медицине наиболее часто применяются скаффолды?
7. В чем связь между скаффолдом и 3D-печатью?
8. Опишите основные стадии трехмерной печати

#### 8. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Не предусмотрены УП.

#### 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЁТУ

1. Методы определения клеточных типов.
2. Общая характеристика стволовых клеток. Классификация стволовых клеток.
3. Методы получения эмбриональных стволовых клеток.
4. Фенотипическая характеристика эмбриональной стволовой клетки.
5. Культивирование эмбриональной стволовой клетки.
6. Фенотипическая характеристика мезенхимальной стволовой клетки.
7. Региональные стволовые клетки, классификация, применение.
8. Методы выделения региональных стволовых клеток.
9. Пути миграции, трансдифференцировка региональных стволовых клеток.
10. Принципы выделения региональных стволовых клеток.
11. Принципы экспансии региональных стволовых клеток.
12. Методы экспансии ГСК.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

13. Фенотипическая характеристика кроветворной стволовой клетки.
14. Клонирование, понятие, принципы.
15. Методы генетической модификации стволовых клеток.
16. Вирусные и невирусные методы доставки генов в клетки.
17. Методы определения фенотипа клеток.
18. Основные принципы трансплантации клеток.
19. Международные и российские документы, регламентирующие трансплантацию клеток.
20. Клинические исследования по трансплантации стволовых клеток при аутоиммунных заболеваниях.
21. Клинические исследования по трансплантации стволовых клеток при заболеваниях внутренних органов.
22. Клинические исследования по трансплантации стволовых клеток при заболеваниях опорно-двигательного аппарата.
23. Клинические исследования по трансплантации стволовых клеток при заболеваниях сердечно-сосудистой системы.

### 10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019 г.).

Форма обучения – очная.

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
Тема 1. Введение в регенеративную медицину	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины;</li> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к сдаче зачета</li> </ul>	7	тестирование, устный опрос, зачет
Тема 2. Медицинская эмбриология. Понятие о стволовой клетке. Иерархия, классификация стволовых клеток. Эмбриональные и фетальные стволовые клетки.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины;</li> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к сдаче зачета</li> </ul>	7	тестирование, устный опрос, зачет
Тема 3. Стволовые клетки. Региональные и гемопоэтические стволовые клетки.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины;</li> </ul>	7	тестирование, устный опрос,

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к сдаче зачета</li> </ul>		зачет
Тема 4. Медицинская эмбриология, гисто- и органогенез. Механизмы гистогенеза. Дифференцировка стволовых клеток. Клеточный тип.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины;</li> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к сдаче зачета</li> </ul>	7	тестирование, устный опрос, зачет
Тема 5. Клеточная лаборатория. Культивирование клеток человека. Знакомство с работой криогенного оборудования. Хранение клеток, органов и тканей.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины;</li> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к сдаче зачета</li> </ul>	7	тестирование, устный опрос, зачет
Тема 6. Клеточное и ядерное репрограммирование. Методы генетической модификации клеток.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины;</li> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к сдаче зачета</li> </ul>	7	тестирование, устный опрос, зачет
Тема 7. Молекулярно-генетическая лаборатория. Методы исследования фенотипа клеток.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины;</li> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к сдаче зачета</li> </ul>	7	тестирование, устный опрос, зачет
Тема 8. Клеточная трансплантология. Принципы трансплантации клеток. Органы мишени, способы доставки и мониторинга регенерации.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины;</li> <li>• Подготовка к тестированию;</li> <li>• Подготовка к сдаче зачета</li> </ul>	7	тестирование, устный опрос, зачет

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы

#### основная:

1. Сапарбаев С. С. Регенеративная медицина и клеточные технологии в практической медицине / С. С. Сапарбаев ; С. С. Сапарбаев. - Астана : ЗКМУ, 2020. - 132 с. - Режим доступа: ЭБС "Букап"; по подписке. - ISBN 9786018081736. URL: [https://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link\\_FindDoc&id=45460&idb=0](https://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=45460&idb=0)

#### дополнительная литература:

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

1. Глыбочко П. В. Регенеративная медицина: методическое пособие для подготовки к практическим занятиям: учебно-методическое пособие / П. В. Глыбочко, Загайнова. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2024. - 240 с. - URL:<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970481653.html>. - Режим доступа: ЭБС "Консультант студента"; по подписке. - ISBN 978-5-9704-8165-3. URL: [https://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link\\_FindDoc&id=531361&idb=0](https://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=531361&idb=0)

2. Хабаров В.Н. Биомедицинское применение гиалуроновой кислоты и ее химически модифицированных производных: монография / В.Н. Хабаров, П.Л. Иванов ; Хабаров В.Н.; Иванов П.Л. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. - 288 с. - URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970452783.html>. - Режим доступа: ЭБС "Консультант врача"; по подписке. - ISBN 978-5-9704-5278-3. URL: [https://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link\\_FindDoc&id=305954&idb=0](https://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=305954&idb=0)

**учебно-методическая:**

1. Шроль О. Ю. Регенеративная медицина : методические указания по организации лабораторных работ и самостоятельной работы студентов 2 курса, обучающихся по направлению подготовки бакалавриата 06.03.01«Биология» / О. Ю. Шроль ; УлГУ, Экол. фак. - 2024. - 39 с. - Неопубликованный ресурс. - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/16405>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. URL: [https://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link\\_FindDoc&id=557673&idb=0](https://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=557673&idb=0)

Согласовано:

Директор научной библиотеки / Бурханова М.М. /  / 2024  
*Должность сотрудника научной библиотеки* *ФИО* *подпись* *дата*

**б) программное обеспечение**

1. ОС MicrosoftWindows
2. MicrosoftOffice 2016
3. «МойОфис Стандартный»

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

**в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

## 1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство «ЮРАЙТ». – Москва, [2024]. - URL: <https://urait.ru> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Политехресурс». – Москва, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». – Москва, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС «Лань». – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2024]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. / ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2024].

**3. eLIBRARY.RU**: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»** : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

**5. Российское образование** : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

**6. Электронная библиотечная система УлГУ** : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Инженер ведущий



Щуренко Ю.В.

2024

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Рабочая программа по дисциплине		

Аудитории для проведения лекций и семинарских занятий, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе.

### **13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работа ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик:



доцент О.Ю. Шроль