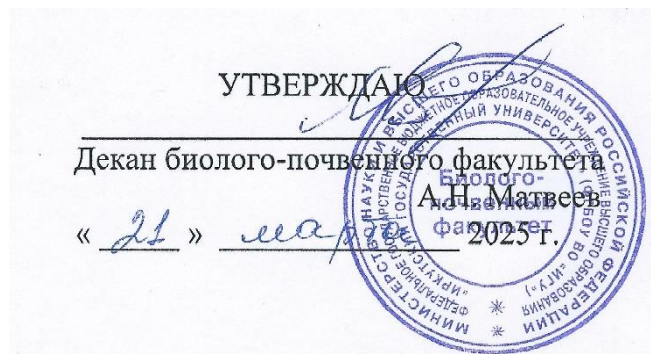




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики



ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине:

Б1. В.16 «РЕКОНСТРУКТИВНАЯ БИОИНЖЕНЕРИЯ»

Специальность: 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика»

Специализация: «Биоинженерия и биоинформатика»

Квалификация выпускника: биоинженер и биоинформатик

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК биолого-почвенного
факультета

Протокол № 5 от 21 марта 2025 г.

Председатель А.Н. Матвеев

Рекомендовано кафедрой физико-химической
биологии, биоинженерии и биоинформатики

Протокол № 12 от 19 марта 2025 г.

Зав. кафедрой В.П. Саловарова

Иркутск 2025 г.

Содержание

	стр.
1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины.....	3
2. Оценочные материалы для проведения текущего контроля	5
2.1 Вопросы для текущего контроля	5
2.2. Реферат.....	8
2.3. Темы рефератов	8
2.4. Ситуационные задачи.....	9
3. Оценочные материалы, используемые при проведении промежуточной аттестации	14
3.1. Вопросы к экзамену с элементами правильного ответа.....	14

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разработан для учебной дисциплины Б1.В.16 «Реконструктивная биоинженерия» специальности 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика», Специализация: «Биоинженерия и биоинформатика». Фонд оценочных материалов (ФОМ) включает оценочные материалы для проведения текущего контроля, промежуточной аттестации в форме экзамена.

Оценочные материалы соотнесены с требуемыми результатами освоения образовательной программы 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика», в соответствии с содержанием рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.16 «Реконструктивная биоинженерия» с учетом ОПОП.

Нормативные документы, регламентирующие разработку ФОМ:

- статья 2, часть 9 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации», ФЗ-273, от 29.12.2012 г.;

- ФГОС ВО по специальности 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика», утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации 12 августа 2020 г. № 973.

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины (4 курс, 8 семестр)

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.

Компетенции	Индикаторы компетенций	Планируемые результаты обучения	Формы и методы контроля и оценки
<p>ПК-1</p> <p>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.</p>	<p>ИДК ПК-1.1</p> <p>Знает актуальные проблемы, основные открытия в области изучения живых организмов и биологических систем различных уровней организации и способен использовать теоретические знания и умения в научно-исследовательской деятельности</p>	<p>Знать: основные понятия реконструктивной биоинженерии, современные подходы к реконструкции тканей и органов; этические и правовые аспекты применения реконструктивных технологий.</p> <p>Уметь: ориентироваться в существующих технологиях.</p> <p>Владеть: способностью формировать суждения по существующим проблемам в области реконструктивной биоинженерии, используя современные образовательные и информационные технологии</p>	<p>Текущий контроль:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устный опрос, - реферат, - ситуационные задачи <p>Промежуточная аттестация: экзамен</p>
	<p>ИДК ПК-1.2</p> <p>Умеет использовать фундаментальные знания и современные методологические подходы для перспективных направлений научных исследований, построения информационных моделей и практических разработок в сфере профессиональной</p>	<p>Знать: основы работы со стволовыми клетками и тканевыми культурами; методы 3D-биопечати и принципы функционирования биореакторов; механизмы иммунного ответа на имплантаты;</p> <p>Уметь: проектировать концепцию тканевого аналога с учётом выбора материала и клеточного компонента;</p>	

	деятельности.	оценивать биосовместимость и эффективность реконструктивных решений; Владеть: навыками работы с теоретическими и практическими моделями scaffold; методами критической оценки биоматериалов и клеточных технологий.	
	<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	Знать: свойства биоматериалов; принципы работы со стволовыми клетками и тканевыми культурами; принципы функционирования биореакторов для решения задач профессиональной деятельности. Уметь: анализировать научную литературу в области реконструктивной биоинженерии готовить и представлять рефераты, проектные разработки, публикации. Владеть: основами разработки учебно-исследовательских проектов	

2. Оценочные материалы для проведения текущего контроля

2.1. Вопросы для текущего контроля

1. **Что изучает реконструктивная биоинженерия?**
Реконструктивная биоинженерия изучает методы восстановления тканей и органов с использованием клеточных технологий, биоматериалов и инженерных решений.
2. **Какое место дисциплина занимает среди биомедицинских наук?**
Она относится к регенеративной медицине, объединяя биологию, медицину и материалы.
3. **Какие ключевые этапы становления реконструктивной биоинженерии?**
Пересадки тканей и органов, разработка первых синтетических биоматериалов, клеточная инженерия, появление технологий 3D-биопечати.
4. **Чем отличается реконструктивная инженерия от традиционной хирургии?**
В хирургии применяют донорские ткани или протезы, а реконструктивная биоинженерия стремится создать функциональные живые аналоги.
5. **Какие направления реконструктивной биоинженерии наиболее перспективны?**
3D-биопечать органов, создание органоидов, индивидуализированные тканевые эквиваленты, биоинженерия нервной и сердечной тканей.
6. **Какие типы стволовых клеток различают по потенциалу дифференцировки?**
Тотипотентные, плюрипотентные, мультипотентные, унипотентные.
7. **Какие фазы включает процесс заживления ран?**
Воспаление, пролиферация, ремоделирование (созревание ткани).
8. **Почему регенеративные способности человека ограничены?**
Из-за низкой активности стволовых клеток и сложной организации тканей.
9. **Что такое внеклеточный матрикс?**
Сеть белков и полисахаридов, обеспечивающая структурную поддержку клеткам и участвующая в межклеточной сигнализации.
10. **Какую роль играют факторы роста в регенерации?**
Они стимулируют пролиферацию и миграцию клеток, дифференцировку и восстановление ткани.
11. **Какие классы биоматериалов применяются?**
Натуральные (коллаген, хитозан), синтетические (полимеры, керамика, металлы).
12. **Что означает биосовместимость материала?**
Способность не вызывать токсических, воспалительных или иммунных реакций и интегрироваться в организм.
13. **Какое значение имеет биодеградация материала?**
Постепенное разрушение материала с замещением его тканью организма.

14. **Какие методы применяют для модификации поверхности биоматериалов?**
Химическая обработка, нанесение биомолекул, плазменная обработка, наноструктурирование.
15. **Почему важна механическая прочность scaffold?**
Она должна соответствовать нагрузке в месте имплантации и сохраняться до формирования новой ткани.
16. **Что такое scaffold?**
Каркас или матрица для заселения клетками и формирования новой ткани.
17. **Какие параметры scaffold наиболее важны?**
Пористость, проницаемость, механическая прочность, биосовместимость.
18. **Какие методы используют для создания scaffold?**
Электроспиннинг, лиофилизация, 3D-печать, литография.
19. **Что такое функционализация scaffold?**
Добавление факторов роста, адгезивных белков или наноструктур для улучшения свойств.
20. **Что означает принцип биомиметики в scaffold?**
Максимальное приближение структуры и свойств каркаса к естественным тканям организма.
21. **Что такое культура клеток?**
Искусственное поддержание клеток *in vitro* в условиях, обеспечивающих их рост и деление.
22. **Какие источники стволовых клеток применяют?**
Эмбриональные, взрослые (мезенхимальные), индуцированные плюрипотентные (iPS).
23. **В чём особенность iPS-клеток?**
Они получены путём репрограммирования соматических клеток и обладают свойствами плюрипотентности.
24. **Что такое органоиды?**
Мини-органы, сформированные из стволовых клеток, имитирующие структуру и функции настоящих органов.
25. **Какие проблемы сопровождают использование клеточных технологий?**
Риск опухолевой трансформации, нестабильность популяций, иммунологическое отторжение.
26. **Какие методы биопечати применяются?**
Экструзионная, фотополимеризация, лазерная, капельная.
27. **Что называют «биочернилами»?**
Смеси клеток и гидрогелей, пригодные для 3D-печати.
28. **Для чего используют биореакторы?**
Для поддержания роста и развития тканевых конструкций в условиях, приближённых к физиологическим.

29. **Какие параметры регулируют в биореакторе?**
Температуру, pH, содержание кислорода и питательных веществ, механические нагрузки.
30. **В чём преимущество 3D-биопечати перед традиционными scaffold?**
Точность воспроизведения сложных структур и индивидуализация под пациента.
31. **Какие типы иммунного ответа возможны на имплантат?**
Врожденный (макрофаги, нейтрофилы) и адаптивный (Т- и В-лимфоциты).
32. **Что такое фиброз вокруг имплантата?**
Образование плотной соединительнотканной капсулы, изолирующей конструкцию от организма.
33. **Какие факторы повышают риск отторжения?**
Несовместимость антигенов, токсичность материала, наличие инфекции.
34. **Какие методы снижают иммунный ответ?**
Использование аутологичных клеток, поверхностная модификация материалов, локальная доставка иммуномодуляторов.
35. **Почему воспаление может быть полезным в инженерии тканей?**
Оно стимулирует привлечение клеток и факторов роста, необходимых для регенерации.
36. **Какие модели используют для тестирования scaffold in vitro?**
Клеточные культуры и органоиды.
37. **Что оценивают при биотестах на клетках?**
Адгезию, пролиферацию, жизнеспособность, цитотоксичность.
38. **Что дают in vivo эксперименты?**
Оценку приживления, интеграции и функциональности конструкции в организме.
39. **Какие методы визуализации применяются?**
Световая и электронная микроскопия, КТ, МРТ, иммуногистохимия.
40. **Что является критерием успешности реконструктивного решения?**
Полноценное восстановление функции ткани или органа без осложнений.
41. **Какая основная этическая проблема связана с эмбриональными стволовыми клетками?**
Их получение связано с разрушением эмбрионов.
42. **Что такое ксенотрансплантация?**
Пересадка тканей или органов от животных человеку.
43. **Почему применение CRISPR в реконструктивной биоинженерии вызывает дискуссии?**
Из-за риска непредсказуемых изменений генома и этических ограничений.
44. **Какие существуют международные регламенты для биомедицинских исследований?**
Хельсинкская декларация, стандарты GMP, ISO для биоматериалов.

45. Что понимают под принципом «Do no harm» в биоэтике?

Обязанность не причинять вреда пациенту при применении новых технологий

Критерии оценивания работы студентов на практических занятиях

Критерий	Оцениваемые компетенции	Оценка
Студент активно работает на занятиях, дает правильные ответы. Для подготовки, кроме конспекта лекций и рекомендуемой литературы, использует дополнительные материалы.	ПК-1	отлично
Студент активно работает на занятиях, дает достаточно полные ответы, демонстрируя хорошую подготовку, однако при этом допускает небольшие неточности.		хорошо
Студент отвечает на вопросы, допуская ошибки и неточности.		удовлетворительно
Студент дает неверные ответы, показывая очень слабую подготовку.		неудовлетворительно

2.2. Реферат

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 1 недели 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.

Темы 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 инженерии.
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.

Критерии оценивания реферата

- Оценка «отлично» выставляется в том случае, если в реферате полностью раскрыта тема, проанализировано современное состояние вопроса, материал изложен 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, скудный объем приведенных материалов.

2.3. 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 заданий.

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

1. Биология тканей и механизмы регенерации

Задача: В 3D scaffold клетки демонстрируют низкую пролиферацию и нарушенную дифференцировку. Какие биологические факторы могут объяснять такую ситуацию и как её исправить?

Ответ:

Причины могут включать:

- Недостаточное наличие факторов роста и цитокинов.
- Несоответствующую механическую жёсткость или пористость scaffold.
- Нарушение межклеточной сигнализации и контакта с ЕСМ.
- Недостаточную концентрацию кислорода и питательных веществ.

Исправление: оптимизация ЕСМ-компонентов, добавление факторов роста, настройка пористости scaffold и условий культивирования, использование биореактора для равномерного распределения питательных веществ.

2. Биоматериалы в реконструктивной биоинженерии

Задача: при имплантации коллагенового scaffold у лабораторного животного возникает воспалительная реакция. Какие могут быть причины и как их минимизировать?

Ответ:

Возможные причины:

- Остатки химических агентов после обработки коллагена.
- Иммунная реакция на белок животного происхождения.
- Микробное загрязнение.

Методы минимизации: стерилизация материала, очистка от химикатов, использование аутологических клеток или модификация поверхности scaffold для снижения иммунного ответа.

3. Конструкции и архитектура scaffold

Задача: проектируется scaffold для костной ткани. Студенту необходимо выбрать пористость. Что важно учесть и почему?

Ответ:

- Поры должны обеспечивать транспорт питательных веществ и кислорода.
- Размер пор должен позволять миграцию клеток и рост сосудов.
- Слишком большая пористость снижает механическую прочность, слишком маленькая — препятствует интеграции.

Оптимальное сочетание механики и проницаемости обеспечивает успешную регенерацию ткани.

4. Клеточные технологии

Задача: Студент выбирает источник клеток для выращивания хрящевой ткани. Доступны мезенхимальные стволовые клетки и эмбриональные стволовые клетки. Какой выбор более безопасный и почему?

Ответ:

Мезенхимальные стволовые клетки безопаснее:

- Аутологичные клетки снижают риск иммунного отторжения.
- Нет этических ограничений, связанных с эмбриональными клетками.
- MSC легко дифференцируются в хрящевую ткань. Эмбриональные клетки обладают плюрипотентностью, но требуют строгого контроля и имеют этические ограничения.

5. 3D-биопечать и биореакторы

Задача: при печати сосудистой конструкции клетки гибнут в центральной зоне. Какие причины и решения?

Ответ:

Причины: недостаточный доступ кислорода и питательных веществ к центральной части конструкции.

Решения:

- Использовать более пористый scaffold.
- Внедрить каналы для перфузии или применить биореактор с циркуляцией среды.
- Добавить эндотелиальные клетки для стимуляции ангиогенеза.

6. Иммунные реакции и взаимодействие конструкций с организмом

Задача: после имплантации scaffold с чужеродными клетками возникла выраженная воспалительная реакция. Какие меры можно принять для снижения иммунного ответа?

Ответ:

- Использовать аутологичные клетки пациента.
- Модифицировать поверхность scaffold для снижения иммунной активности.
- Применять локальные иммуносупрессивные препараты.
- Контролировать стерильность и отсутствие эндотоксинов.

7. Тестирование и оценка эффективности

Задача: Студент проводит тестирование нового гидрогеля для хрящевой ткани *in vitro*. Клетки показывают низкую пролиферацию. Что он должен проверить?

Ответ:

- Биосовместимость гидрогеля и отсутствие токсичных веществ.
- Механические свойства гидрогеля (слишком жёсткий или слишком мягкий).
- Содержание факторов роста и ЕСМ-подобных компонентов.
- Условия культивирования (температура, pH, насыщение кислородом).

8. Этические и нормативные аспекты

Задача: Студент планирует использовать эмбриональные стволовые клетки для проекта по биопечати печени. Какие ограничения и рекомендации следует учитывать?

Ответ:

- Законодательные ограничения по использованию эмбриональных клеток в стране.
- Этические нормы (разрушение эмбриона для получения клеток).
- Требуется согласие этического комитета.
- Рассмотреть альтернативу: iPS-клетки или аутологичные MSC, чтобы снизить этические и юридические риски.

9. Современные подходы к реконструкции костной и хрящевой ткани

Задача: проектируется имплантат для дефекта кости у пациента. Какие технологии и материалы можно использовать?

Ответ:

- Керамические scaffold (гидроксиапатит) для механической прочности.
- Остеоиндуктивные факторы роста для стимуляции пролиферации клеток.
- Мезенхимальные стволовые клетки для дифференцировки в костные клетки.
- 3D-биопечать для точного соответствия анатомической структуре дефекта.

10. Биотехнологии сердечно-сосудистой и нервной тканей

Задача: необходимо создать сосудистый graft для пациента. Какие технологии и материалы следует применить?

Ответ:

- Полимерные scaffold с коллагеновой матрицей.
- Биочернила с эндотелиальными клетками для формирования сосудистого эндотелия.
- Биореактор с циркуляцией среды для обеспечения жизнеспособности клеток.
- Строгий контроль стерильности и механических свойств конструкции.

Нейроинженерия: создание проводящих scaffold, применение электропроводящих полимеров, трансплантация нейральных стволовых клеток для восстановления повреждённых нервных тканей.

11. Иммунология и иммуносупрессия

Задача: в ходе эксперимента обнаружена сильная иммунная реакция на scaffold с чужеродными клетками. Какие подходы можно применить для снижения реакции?

Ответ:

- Использование аутологичных клеток.
- Модификация поверхности scaffold с применением биосовместимых покрытий.
- Локальное введение иммуносупрессоров.

- Контроль стерильности и отсутствие эндотоксинов.

12. Ангиогенез и доставка факторов роста

Задача: при культивировании 3D конструкции клетки центральной части гибнут. Как стимулировать ангиогенез?

Ответ:

- Введение VEGF для стимуляции роста сосудов.
- Создание перфузионных каналов в scaffold.
- Ко-культура с эндотелиальными клетками.
- Использование гидрогелей с медленным высвобождением факторов роста.

13. Клеточные ко-культуры и масштабирование

Задача: при масштабировании тканевой конструкции возникают проблемы с жизнеспособностью клеток. Какие причины и решения?

Ответ:

Причины: недостаток кислорода, питательных веществ, нарушение архитектуры. Решения: использование биореакторов, оптимизация пористости scaffold, внедрение сосудистой сети, ко-культура нескольких типов клеток для улучшения среды.

14. Перспективные технологии и персонализированная медицина

Задача: Пациент нуждается в индивидуальном тканевом имплантате. Какие подходы современной реконструктивной инженерии наиболее подходят?

Ответ:

- Использование аутологичных клеток пациента для снижения риска отторжения.
- 3D-биопечать с использованием биочернил, содержащих клетки и гидрогель.
- Создание персонализированной структуры scaffold с учётом анатомии пациента.
- Применение биореакторов для обеспечения жизнеспособности конструкции до имплантации.

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		7-5	удовлетворительно

ответах на вопросы к задаче, к оценке ситуации и определении ряда параметров в задании.			
Решение ситуационной задачи не правильное, ответы отсутствуют или ситуационная задача по всем параметрам выполнена неверно.		4 и меньше	неудовлетворительно

3. Оценочные материалы, используемые при проведении промежуточной аттестации (экзамен)

Промежуточная аттестация проходит в форме устного экзамена (8 семестр), к которому допускаются студенты, выполнившие в полном объеме аудиторную нагрузку, самостоятельную работу. Студенты, имеющие задолженность, должны выполнить все обязательные виды деятельности.

Вопросы к экзамену с элементами правильного ответа

1. Что такое реконструктивная биоинженерия и какие задачи она решает?

Ответ:

Реконструктивная биоинженерия — междисциплинарная область, направленная на восстановление или замену повреждённых тканей и органов. Задачи: создание функциональных тканевых аналогов, разработка биосовместимых материалов, внедрение клеточных технологий, 3D-биопечати и персонализированной медицины, минимизация иммунного ответа.

2. Какие этапы развития реконструктивной биоинженерии можно выделить?

Ответ:

1. Пересадка органов и тканей (XX в.).
2. Создание биосовместимых полимеров.
3. Развитие клеточных технологий и scaffold (конец XX в.).
4. Открытие индуцированных плюрипотентных клеток (2006).
5. 3D-биопечать тканей и органов (XXI в.).

3. Какие типы стволовых клеток существуют и как они используются в реконструктивной биоинженерии?

Ответ:

- Тотипотентные — могут формировать весь организм.
- Плюрипотентные — дифференцируются во все типы клеток (iPS, эмбриональные).
- Мультипотентные — дифференцируются в ограниченный набор клеточных линий (MSC).
- Унипотентные — одна линия клеток.

Используются для замещения поврежденных тканей, создания органоидов, тестирования лекарств.

4. Какие фазы регенерации тканей выделяют и их биологическая роль?

Ответ:

1. Воспаление — удаление поврежденных клеток, привлечение иммунных клеток.
2. Пролиферация — деление клеток, формирование грануляционной ткани.
3. Ремоделирование — формирование зрелой соединительной ткани и восстановление функции органа.

5. Какие натуральные биоматериалы применяются в реконструктивной биоинженерии?

Ответ:

Коллаген, хитозан, альгинаты. Преимущества: биосовместимость, поддержка клеточной адгезии. Недостатки: низкая механическая прочность, ограниченный контроль деградации.

6. Какие синтетические биоматериалы используются и их особенности?

Ответ:

Полимеры (PLA, PGA, PCL), керамика (гидроксипатит), металлы (титан). Преимущества: высокая прочность, управляемая деградация. Недостатки: меньшая биологическая активность, необходимость функционализации поверхности.

7. Что такое scaffold и какие требования предъявляются к его конструкции?

Ответ:

Трехмерная матрица для заселения клеток. Требования: пористость, биосовместимость, механическая прочность, функционализация, биомиметическая структура.

8. Как выбор пористости scaffold влияет на эффективность регенерации?

Ответ:

- Оптимальная пористость обеспечивает транспорт кислорода и питательных веществ.
- Слишком большая пористость снижает прочность конструкции.
- Слишком малая — препятствует миграции клеток и ангиогенезу.

9. Как используются iPS-клетки в реконструктивной биоинженерии?

Ответ:

iPS-клетки получают из соматических клеток, обладают плюрипотентностью, могут дифференцироваться в разные типы клеток, применяются для создания аутологичных тканей и органоидов, снижают риск иммунного отторжения.

10. Что такое органоиды и какова их роль?

Ответ:

Мини-органы, созданные из стволовых клеток, воспроизводящие структуру и функцию ткани. Применяются для моделирования заболеваний, тестирования лекарств и потенциала трансплантации.

11. Какие методы 3D-биопечати используются в тканевой инженерии?

Ответ:

Экструзионная, лазерная, капельная (струйная), фотополимеризация. Позволяют точно воспроизводить сложные ткани, создавать индивидуализированные конструкции.

12. Какова роль биореакторов?

Ответ:

Обеспечивают оптимальные условия культивирования: температура, pH,

концентрация кислорода и питательных веществ, механическая стимуляция. Поддерживают рост и развитие 3D конструкций *in vitro*.

13. Какие виды иммунного ответа могут возникать на имплантаты?

Ответ:

- Врожденный (макрофаги, нейтрофилы) — воспаление, фагоцитоз.
- Адаптивный (Т- и В-лимфоциты, антитела) — специфическое отторжение.

14. Какие методы применяются для снижения иммунного ответа на имплантаты?

Ответ:

- Аутологичные клетки.
- Модификация поверхности scaffold.
- Локальное применение иммуносупрессоров.
- Стерильность материала.

15. Какие *in vitro* методы оценки биосовместимости применяются?

Ответ:

- Адгезия и пролиферация клеток.
- Цитотоксичность (MTT, Live/Dead).
- Экспрессия маркеров дифференцировки.

16. Какие *in vivo* методы используются для оценки эффективности?

Ответ:

Имплантация в животных, оценка приживаемости, ангиогенеза, интеграции конструкции, восстановление функции ткани.

17. Какие этические проблемы связаны с использованием стволовых клеток?

Ответ:

- Эмбриональные стволовые клетки требуют разрушения эмбриона.
- CRISPR и генная инженерия несут риск непредсказуемых мутаций.
- Ксенотрансплантация — риск иммунного отторжения и передачи зоонозов.

18. Какие международные стандарты регулируют исследования в реконструктивной биоинженерии?

Ответ:

Хельсинкская декларация, стандарты GMP, ISO для биоматериалов, национальные законы об использовании клеток и тканей человека.

19. Какие современные подходы применяются для восстановления костной и хрящевой ткани?

Ответ:

- Scaffold из гидроксиапатита и гидрогелей.
- Остеоиндуктивные факторы роста.
- Мезенхимальные стволовые клетки.
- 3D-биопечать для точного соответствия анатомии дефекта.

20. Как реконструктивная биоинженерия используется для сердечно-сосудистой и нервной ткани?

Ответ:

- Сосудистые graft — полимерные scaffold с эндотелиальными клетками, биореактор для перфузии.
- Нейроинженерия — проводящие scaffold, электропроводящие полимеры, трансплантация нейронных стволовых клеток для восстановления функций нервов.

21. Как биоинженерия тканей способствует персонализированной медицине?

Ответ:

- Использование аутологичных клеток пациента снижает риск отторжения.
- 3D-биопечать позволяет создавать индивидуальные структуры органа.
- Биореакторы обеспечивают жизнеспособность конструкции до имплантации.
- Возможность тестирования лекарств на органоидах пациента.

22. Какие перспективные технологии прогнозируются в реконструктивной биоинженерии?

Ответ:

- 3D-биопечать органов и тканей.
- Синтетическая биология для создания новых тканей.
- «Органы на чипе» для моделирования заболеваний.
- Интеграция с персонализированными терапиями и клеточными технологиями.

23. Чем реконструктивная биоинженерия отличается от классической хирургии

Ответ:

Реконструктивная биоинженерия использует сочетание биоматериалов, клеточных технологий и инженерных подходов для создания функциональных тканей, в отличие от хирургии, которая преимущественно оперирует готовыми тканями и органами. Подход инженерии позволяет создавать индивидуализированные ткани, ускорять регенерацию и минимизировать отторжение.

24. Какие ключевые дисциплины составляют основу реконструктивной биоинженерии?

Ответ:

Биология тканей, клеточная инженерия, материаловедение, биомеханика, биоинформатика, 3D-биопечать, иммунология и регенеративная медицина.

25. Что такое внеклеточный матрикс (ECM) и его роль в реконструктивной биоинженерии?

Ответ:

ECM — это структурная сеть, состоящая из коллагена, гликопротеинов и протеогликанов, обеспечивающая механическую поддержку клеткам, регулирующая их рост, миграцию и дифференцировку. В реконструктивной биоинженерии ECM используют как scaffold или для функционализации синтетических конструкций.

26. Как клетки взаимодействуют с scaffold и ECM?

Ответ:

Через адгезивные рецепторы (интегрины) клетки связываются с ECM, что стимулирует сигнализацию, пролиферацию, миграцию и дифференцировку. Успешная интеграция

scaffold зависит от биомиметических свойств поверхности и механической совместимости.

27. Как ко-культура разных типов клеток улучшает функциональность конструкций?

Ответ:

Ко-культура позволяет моделировать межклеточные взаимодействия, стимулирует ангиогенез, улучшает дифференцировку и создает более физиологичную микроокружение, что повышает эффективность реконструкции ткани.

28. Какие риски связаны с применением iPS-клеток в клинических проектах?

Ответ:

Риск опухолевой трансформации, генетическая нестабильность, высокая стоимость производства, необходимость строгого контроля качества и стандартизации.

29. Чем гидрогели отличаются от твердых полимеров в тканевой инженерии?

Ответ:

Гидрогели — это высокопроводные сети полимеров, поддерживающие жизнеспособность клеток, обладают биосовместимостью и имитируют мягкие ткани. Твердые полимеры прочнее, подходят для костных конструкций, но хуже поддерживают рост клеток без функционализации.

30. Как можно модифицировать синтетические полимеры для улучшения клеточной адгезии?

Ответ:

Добавление пептидных мотивов (например, RGD), покрытие натуральными ЕСМ-белками, интеграция факторов роста или микроструктурирование поверхности для имитации естественного ЕСМ.

31. Какие существуют методы создания scaffold?

Ответ:

- Литьё с солью или сахаром.
- Электроспиннинг.
- 3D-биопечать.
- Лиофилизация (сублимационная сушка).

Каждый метод обеспечивает определённую пористость, механические свойства и архитектуру конструкции.

32. Почему важно сочетать биомеханические свойства scaffold с типом ткани?

Ответ:

Несоответствие механики вызывает стресс для клеток, препятствует интеграции и функциональной регенерации. Например, кость требует высокой прочности, хрящ — эластичности, мягкие ткани — гибкости.

33. Какие типы биочернил применяются в 3D-биопечати?

Ответ:

- Гидрогели с клетками.
- Полимерные чернила (PLA, PCL).
- Композитные материалы (гидрогель + керамика).

Чернила выбирают в зависимости от ткани, механических требований и жизнеспособности клеток.

34. Как биореактор способствует развитию сосудистой сети в конструкции?

Ответ:

Создаёт перфузию среды, обеспечивает транспорт питательных веществ и кислорода, механическую стимуляцию, что стимулирует миграцию эндотелиальных клеток и ангиогенез.

35. Какие стратегии снижения иммунного отторжения scaffold применяются?

Ответ:

- Использование аутологичных клеток.
- Модификация поверхности (PEG, гликозилирование).
- Локальная иммуносупрессия.
- Минимизация чужеродных белков и эндотоксинов.

36. Чем отличается острый и хронический иммунный ответ на имплантат?

Ответ:

- Острый — немедленная реакция с воспалением, отёком, фагоцитозом.
- Хронический — длительное воспаление, формирование гранулём и фиброза, может привести к отторжению импланта

37. Какие методы in vitro применяются для оценки функциональности scaffold?

Ответ:

- Тесты на жизнеспособность клеток (MTT, Live/Dead).
- Измерение пролиферации и дифференцировки (иммуногистохимия, маркеры дифференцировки).
- Анализ адгезии и миграции клеток.
- Оценка секреции ЕСМ и факторов роста.

38. Какие методы in vivo применяются для оценки эффективности реконструктивных конструкций?

Ответ:

- Имплантация в модели животных с последующей гистологией.
- Визуализация ангиогенеза (микро-КТ, МРТ).
- Оценка функциональной интеграции (подвижность, механические свойства).
- Измерение воспалительной реакции и приживаемости.

39. Какие этические вопросы возникают при использовании эмбриональных стволовых клеток?

Ответ:

- Разрушение эмбриона для получения клеток.
- Необходимость одобрения этических комитетов.
- Ограничения на клиническое применение.
- Возможные альтернативы — iPS-клетки, аутологичные MSC.

40. Какие нормативные требования регулируют использование биоматериалов и клеточных конструкций?

Ответ:

- Стандарты GMP (Good Manufacturing Practice).
- ISO 10993 — оценка биосовместимости.
- Хельсинкская декларация и национальные законы по трансплантации и клеточным технологиям.

41. Какие стратегии применяются для регенерации костной ткани?

Ответ:

- Использование гидроксиапатита и композитных scaffold для механической прочности.
- Мезенхимальные стволовые клетки для дифференцировки в остеобласты.
- Остеоиндуктивные факторы роста (BMP).
- 3D-биопечать для точного соответствия дефекту.

42. Какие подходы применяются для регенерации хрящевой ткани?

Ответ:

- Культивирование хондроцитов или MSC.
- Гидрогель scaffold для поддержки клеток и ECM.
- Использование факторов роста (TGF- β).
- 3D-биопечать для формирования анатомически точной структуры.

43. Как создаются биосовместимые сосудистые grafts?

Ответ:

- Scaffold из полимеров или коллагена.
- Заселение эндотелиальными клетками для формирования эндотелия.
- Биореактор с перфузией для имитации кровотока.
- Контроль механических свойств (эластичность, прочность).

44. Какие методы стимулируют ангиогенез в искусственных тканях?

Ответ:

- Введение VEGF и других факторов роста.
- Ко-культура с эндотелиальными клетками.
- Создание перфузионных каналов в scaffold.
- Механическая стимуляция биореактором.

45. Какие материалы используются для восстановления нервной ткани?

Ответ:

- Проводящие полимеры и гидрогели.

- Scaffold с направленной архитектурой для роста аксонов.
- Заселение нейральными стволовыми клетками.
- Использование факторов роста (NGF, BDNF).

46. Какие вызовы стоят перед восстановлением нервной ткани?

Ответ:

- Ограниченная способность нервной ткани к регенерации.
- Необходимость точной направленной регенерации аксонов.
- Риск иммунного ответа.
- Сложность интеграции с существующими нейронными сетями.

47. Какие перспективные технологии позволяют ускорить регенерацию тканей?

Ответ:

- 3D-биопечать сложных многослойных тканей.
- Синтетическая биология и генная инженерия.
- Органы на чипе для моделирования заболеваний.
- Персонализированные терапии с использованием клеток пациента.

48. Как нанотехнологии применяются в реконструктивной биоинженерии?

Ответ:

- Функционализация scaffold наночастицами для доставки факторов роста.
- Создание наноструктур поверхности для улучшения адгезии клеток.
- Контроль биodeградации материалов на микроуровне.
- Улучшение механических и биологических свойств конструкций.

49. Как персонализированная медицина интегрируется с реконструктивной биоинженерией?

Ответ:

- Использование аутологичных клеток пациента снижает риск отторжения.
- 3D-биопечать позволяет создавать конструкции, полностью соответствующие анатомии пациента.
- Органоиды пациента используются для тестирования лекарств и прогнозирования реакции на терапию.

50. Какие клинические примеры применения реконструктивной биоинженерии наиболее успешны?

Ответ:

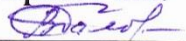
- Восстановление костных дефектов с использованием композитных scaffold и MSC.
- Регенерация хрящевой ткани коленного сустава.
- Создание сосудистых grafts для реконструктивной хирургии сердца.

- Разработка нервных conduits для восстановления периферических нервов.

Критерии оценок, выставяемых за экзамен

Критерий	Оцениваемые компетенции	Оценка
Студент дает полные, развернутые ответы, соответствующие элементам эталонного ответа. Свободно владеет материалом. Отвечает на дополнительные вопросы.	ПК-1	отлично
Студент дает полные ответы, в целом соответствующие элементам эталонного ответа. Однако допускает небольшие неточности.		хорошо
Студент дает неполные ответы, не вполне соответствующие элементам эталонного ответа, допускает неточности.		удовлетворительно
Студент очень слабо владеет материалами, ответы его не соответствуют элементам эталонного ответа, допускает ошибки и неточности.		неудовлетворительно

Разработчик:



(подпись)

профессор

В.П. Саловарова