

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 01.07.2026 12:58:10  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)  
"Микроэлектродная техника" специальности 06.05.01 "Биоинженерия и биоинформатика"  
специализации Биоинженерия и биоинформатика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Стр. 1

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине  
(модулю)

## **Микроэлектродная техника**

Специальность

**06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика**

Специализация

**Биоинженерия и биоинформатика**

Присваиваемая квалификация

**Биоинженер и биоинформатик**

Форма обучения

**очная**

**Год набора 2026**

Челябинск 2026 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)  
"Микроэлектродная техника" специальности 06.05.01 "Биоинженерия и биоинформатика"  
специализации Биоинженерия и биоинформатика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Стр. 2

## Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
  - 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
  - 3.1. Виды оценочных средств
  - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
  - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
  - 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств
  - 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**Специальность:** 06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика.

**Специализация:** Биоинженерия и биоинформатика.

**Дисциплина:** Микроэлектродная техника.

**Семестр изучения:** 9.

**Форма промежуточной аттестации:** зачет.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Коды компетенции (по ФГОС)	Содержания компетенций согласно ФГОС	Коды и содержания индикаторов	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	Способен применять современные методы обработки, анализа и синтеза полевой, производственной и лабораторной биологической информации, правила составления научно-технических проектов и отчетов в области биоинженерии и биоинформатики	ПК-1.1 Использует базовые принципы планирования научных исследований и правила техники безопасности при работе с исследовательской аппаратурой в области биоинженерии и биоинформатики	Для достижения ПК-1.1 знать: принципы построения и функционирования изделий микроэлектроники и технологических процессов их производства; принципы терапии заболеваний, связанных с нарушением взаимодействия нервной и иммунной систем организма.
		ПК-1.2 Анализирует нормативные документы, регламентирующие организацию и методику проведения научно-исследовательских и производственно-технологических работ в области биоинженерии и биоинформатики	Для достижения ПК-1.2 уметь: осуществлять поиск информации и решений на основе анализа статей, лабораторных протоколов и результатов эксперимента; системно анализировать проблемную ситуацию; грамотно, логично, аргументированно формировать собственные суждения и оценки; учитывать тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности микроэлектроники
		ПК-1.3 Планирует организацию и проведение научных исследований по актуальным биомедицинским проблемам	Для достижения ПК-1.3 уметь: формулировать цели и задачи исследования, выбирать оптимальные пути и методы для их достижения. Для достижения ПК-1.3 владеть: по владению навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследований в области создания изделий микроэлектроники с



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)  
"Микроэлектродная техника" специальности 06.05.01 "Биоинженерия и биоинформатика"  
специализации Биоинженерия и биоинформатика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Стр. 4

			учетом необходимости защиты окружающей среды и обеспечения безопасности человека
		ПК-1.4 Использует профессиональные умения и навыки в подготовке научных отчетов, обзоров, публикаций, патентов, организации конференций	Для достижения ПК-1.4 владеть: навыками оценки новизны и актуальности планируемых и идущих разработок, их патентоспособность; навыками демонстрации оценочных суждений в решении проблемных профессиональных ситуаций

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств

Код компетенции/планируемые результаты обучения	Контролируемые разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства для промежуточной аттестации
ПК-1.1 Использует базовые принципы планирования научных исследований и правила техники безопасности при работе с исследовательской аппаратурой в области биоинженерии и биоинформатики	Раздел 1 Микроэлектродные технологии	устный ответ реферат	контрольные вопросы по промежуточной аттестации
ПК-1.2 Анализирует нормативные документы, регламентирующие организацию и методику проведения научно-исследовательских и производственно-технологических работ в области биоинженерии биоинформатики	Раздел 2 Результат интеллектуальной деятельности	проект	контрольные вопросы по промежуточной аттестации
ПК-1.3 Планирует организацию и проведение	Раздел 1 Микроэлектродные	устный ответ реферат	контрольные вопросы по



научных исследований по актуальным биомедицинским проблемам	технологии		промежуточн ой аттестации
ПК-1.4 Использует профессиональные умения и навыки в подготовке научных отчетов, обзоров, публикаций, патентов, организации конференций	. Раздел 2 Результат интеллектуальной деятельности	проект	контрольные вопросы по промежуточн ой аттестации

Типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе по дисциплине. Полные комплекты оценочных средств контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре и являются учебно-методическими материалами ограниченного (конфиденциального) пользования.

### 3.2 Содержание оценочных средств для промежуточной аттестации

Оценочные средства промежуточной аттестации (зачет) по дисциплине «Микроэлектродная техника» представлены перечнем вопросов для зачёта.

#### Вопросы к зачету и план ответа

№ вопроса	Вопрос	План ответа
1	Исторические аспекты микроэлектродной техники	<b>Ранняя история и первые эксперименты:</b> Первые попытки использования тонких проволок и штифтов для регистрации электрических явлений в организме. Работы Вильгельма Людвиг Грасгеймера и Эммануила Геринга конца XIX века. <b>Разработка первых практических приложений:</b> Изобретение стеклоуглеродных электродов в первой половине XX века. Начало использования микроскопических электродов для изучения нейронной активности. <b>Научные открытия середины XX века:</b> Открытие феноменов, связанных с функционированием нервной системы (работы Ходжкина и Хаксли). Активное развитие электромеханических инструментов для



		<p>работы с микроэлектродами.</p> <p><b>Формирование современного этапа:</b> Революция в производстве микроэлектродов с появлением полупроводниковой промышленности. Появление специализированных устройств и техник, способствовавших массовому применению микроэлектродов.</p> <p><b>Современное состояние и перспективные направления:</b> Широкое распространение микроэлектродов в медицинской диагностике и научной практике. Новые технологические прорывы и научные открытия последних десятилетий.</p>
2	Современное состояние микроэлектродной техники.	<p><b>Технические характеристики современных микроэлектродов:</b> Материалы и конструкция электродов (стекло, металл, полимеры). Размеры и форма электродов (микронные и субмикронные диаметры). Многофункциональность и многоуровневые датчики.</p> <p><b>Широкий спектр применения:</b> Нейрофизиология и клиническая практика (нейростимуляторы, глубокая стимуляция мозга). Научные исследования (регистрация активности нейронов, мониторинг клеточных процессов). Биомедицинская инженерия (создание интерфейсов мозг-компьютер).</p> <p><b>Новейшие достижения и современные технологии:</b> Разработки новых функциональных покрытий и наноструктурных материалов. Совершенствование технологий нанесения покрытий и формовки электродов. Интеграция микроэлектродов с цифровыми системами и искусственным интеллектом.</p> <p><b>Международные проекты и сотрудничество:</b> Совместные международные программы по развитию микроэлектродной техники. Координация усилий ученых и инженеров разных стран.</p> <p><b>Экономические и социальные аспекты:</b> Значение микроэлектродов для здравоохранения и экономики. Инвестиции в разработку и производство высокотехнологичной продукции.</p>



3	Строение электрода	<p><b>Общая структура электрода:</b> Составляющие элементы электрода (рабочая часть, контактная площадка, корпус). Материал электрода (металл, сплав, керамика, полимеры).</p> <p><b>Рабочая часть электрода:</b> Форма и геометрия (штифт, пластинка, сетка). Поверхностные свойства (шероховатость, степень окисленности).</p> <p><b>Контактная площадка:</b> Функция площадки (связь с внешней цепью). Характеристики контакта (устойчивость, сопротивляемость коррозии).</p> <p><b>Материалы корпуса и изоляционного покрытия:</b> Функции корпуса (защита, фиксация, изоляция). Свойства материалов (биологическая совместимость, прочность, устойчивость к агрессивным средам).</p> <p><b>Особенности строения микроэлектродов:</b> Миниатюризация и тонкая структура. Специальные покрытия и функциональные добавки.</p> <p><b>Типы электродов и их различия:</b> Проводящие и непроводящие электроды. Одноразовые и многоразовые электроды.</p>
4	Зарядовые процессы в микроэлектродах	<p><b>Основные концепции зарядовых процессов:</b> Природа и природа образования двойного электрического слоя. Роль поверхностных зарядов и потенциала электрода.</p> <p><b>Электрохимические процессы на микроэлектродах:</b> Формы электрохимических реакций (катодные, анодные). Потенциостатические и гальванодинамические режимы работы.</p> <p><b>Диффузионные явления в микроэлектродах:</b> Влияние размеров электрода на массообмен и распределение заряда. Концентрационные границы и кинетика электрохимических реакций.</p> <p><b>Специфические свойства микроэлектродов:</b> Отличия от макроскопических электродов (уменьшенные объемы реагентов, ускоренное установление стационарного состояния). Эффект концентрирования и уменьшение поляризационных потерь.</p> <p><b>Прикладные аспекты:</b> Использование зарядовых процессов в сенсорах и системах мониторинга.</p>



		<p>Практическое применение в биоанализаторах и устройствах доставки лекарств.</p> <p><b>Актуальные направления исследований:</b></p> <p>Разработка новых материалов и технологий изготовления микроэлектродов.</p> <p>Экспериментальные и теоретические исследования зарядовых процессов.</p>
5	Сопротивление микроэлектродов	<p><b>Что такое сопротивление микроэлектрода?</b></p> <p>Определение сопротивления электрода. Формула расчета сопротивления (<math>R = \rho L/A</math>).</p> <p><b>Факторы, влияющие на сопротивление микроэлектрода</b></p> <p>Длина и площадь поперечного сечения электрода. Материал электрода и его удельное сопротивление. Поверхностные эффекты и контактные потери.</p> <p><b>Методы измерения сопротивления микроэлектродов</b></p> <p>Использование мостовых схем и омметров. Лазерный анализ и микрофокусное рентгеновское зондирование.</p> <p><b>Нормативные значения сопротивления микроэлектродов</b></p> <p>Рекомендуемые пределы сопротивления для различных типов электродов. Связь сопротивления с качеством сигнала и надежностью измерений.</p> <p><b>Влияние сопротивления на работу микроэлектродов</b></p> <p>Шум и снижение отношения сигнал-шум. Ограничения в быстродействии и энергопотреблении.</p> <p><b>Пути снижения сопротивления микроэлектродов</b></p> <p>Оптимизация геометрических параметров. Применение улучшенных материалов и покрытий. Новые технологические приемы и производственные стандарты.</p>
6	Аспекты стимуляции и регистрации микроэлектродов	<p><b>Стимулирующая функция микроэлектродов:</b></p> <p>Принципы подачи стимулирующих токов и напряжений. Применение стимуляции в нейрохирургии и терапии.</p> <p><b>Регистрационная функция микроэлектродов:</b></p> <p>Измерение потенциалов и проведение анализов сигналов. Значение регистрационной функции в электрофизиологии и клинических исследованиях.</p> <p><b>Комбинированные микроэлектроды:</b></p> <p>Объединение функций стимуляции и регистрации в одном устройстве. Специфика проектирования и реализации комбинированных систем.</p> <p><b>Требования к современным микроэлектродам:</b></p>



		<p>Необходимость соответствия стандартам надежности и эффективности.</p> <p>Тенденции к уменьшению размера и повышению чувствительности.</p> <p><b>Этические и правовые аспекты применения микроэлектродов:</b></p> <p>Вопросы безопасности и информированного согласия пациентов.</p> <p>Нормативное регулирование и сертификация изделий медицинского назначения.</p> <p><b>Перспективы развития микроэлектродов:</b></p> <p>Прогресс в технологиях производства и функциональности.</p> <p>Новый вклад микроэлектродов в решение текущих задач медицины и науки.</p>
7	Организация установки микроэлектродов.	<p><b>Цель установки микроэлектродов:</b></p> <p>Объяснение целей и задач установки микроэлектродов (исследование, лечение, диагностика).</p> <p><b>Виды установок микроэлектродов:</b></p> <p>Виды микроэлектродов (одноэлементные, массивы, микроиглы).</p> <p>Разновидности подходов к установке (интраоперационно, амбулаторно, хирургически).</p> <p><b>Подготовка к процедуре установки:</b></p> <p>Подбор необходимого оборудования и инструментария.</p> <p>Предварительное обследование пациента и оценка рисков.</p> <p><b>Процедура установки микроэлектродов:</b></p> <p>Местоположение и анатомические особенности точки имплантации.</p> <p>Техника ввода микроэлектрода (ручная установка, стереотаксические системы).</p> <p><b>Мониторинг и тестирование установленного микроэлектрода:</b></p> <p>Первичный осмотр и тестирование работоспособности.</p> <p>Регулярные осмотры и коррекция при необходимости.</p> <p><b>Возможные осложнения и меры профилактики:</b></p> <p>Инфекции, кровоизлияния, нарушения функций.</p> <p>Средства защиты и профилактические мероприятия.</p> <p><b>Правила ухода и обслуживания установленных микроэлектродов:</b></p> <p>Гигиенические рекомендации и ограничения пациенту.</p> <p>Периодичность замены и ревизии имплантатов.</p> <p><b>Этика и юридические аспекты установки микроэлектродов:</b></p> <p>Согласие пациента и право на отказ.</p> <p>Законодательные и профессиональные регламенты.</p>



8	Анализ данных.	<p><b>Введение в анализ данных:</b> Определение анализа данных. Цели и задачи анализа данных.</p> <p><b>Классификация методов анализа данных:</b> Описательные статистические методы. Предсказательные модели (машинное обучение, регрессия). Методы кластеризации и группировки данных.</p> <p><b>Стадии анализа данных:</b> Сбор и подготовка данных. Анализ и обработка данных. Интерпретация и визуализация результатов.</p> <p><b>Инструменты и технологии анализа данных:</b> Языки программирования (Python, R). Платформы для анализа данных (SPSS, SAS, Excel). Библиотеки и пакеты для анализа данных (NumPy, Pandas, Scikit-Learn).</p> <p><b>Реальные примеры применения анализа данных:</b> Экономические прогнозы и маркетинговые исследования. Медицина и биология (анализ геномных данных). Социальные сети и интернет-аналитика.</p> <p><b>Перспективы и будущее анализа данных:</b> Большие данные и облачные технологии. Искусственный интеллект и интеллектуальный анализ данных.</p>
9	Виды расширенного анализа данных	<p><b>Предварительная обработка данных:</b> Очистка данных от аномалий и пропущенных значений. Трансформация и масштабирование данных.</p> <p><b>Описательный анализ:</b> Основные показатели распределения данных (среднее, дисперсия, корреляция). Графическое представление данных (гистограммы, графики разброса).</p> <p><b>Прогнозирующий анализ:</b> Линейная и логистическая регрессии. Машинное обучение (деревья решений, случайный лес, нейронные сети).</p> <p><b>Классификация и кластеризация:</b> Алгоритмы классификации (kNN, SVM, Naive Bayes). Методы кластеризации (k-means, иерархическая кластеризация).</p> <p><b>Анализа временных рядов:</b></p>



		<p>ARIMA-модели, SARIMAX. Экспоненциальное сглаживание и сезонные модели. <b>Работа с большими объемами данных:</b> Hadoop, Spark и распределенные вычисления. Облачные сервисы и параллельные вычисления. <b>Высокопроизводительные алгоритмы и специализированные инструменты:</b> Многопроцессорные архитектуры и GPU-вычисления. Библиотеки для Python и R (Dask, PySpark, TensorFlow). <b>Эффективность и интерпретируемость моделей:</b> Показатели точности и ошибки (MSE, RMSE, AUC-ROC). Интерпретация результатов и визуализация выводов.</p>
10	Что такое патент?	<p><b>Определение патента:</b> Патент — это документ, удостоверяющий исключительное право изобретателя или владельца на своё техническое решение, промышленный образец или полезную модель. <b>История появления патентов:</b> Исторические предпосылки возникновения патентного права. Первая патентная система (Италия XV век). <b>Правовая основа патентов:</b> Международные соглашения и конвенции (Патентный договор, Парижская конвенция). Национальные законы и кодексы. <b>Категории охраняемых объектов интеллектуальной собственности:</b> Изобретения. Полезные модели. Промышленные образцы. <b>Условия выдачи патента:</b> Новизна. Изобретательский уровень. Промышленная применимость. <b>Срок действия патента:</b> Стандартные сроки охраны патентов (обычно 20 лет). Продление срока действия патента. <b>Преимущества владения патентами:</b> Правовая защита идей и разработок. Исключительное право на коммерческое использование. Возможность лицензирования и продажи прав. <b>Процедура оформления патента:</b> Подготовка документов и подача заявки. Экспертиза заявки специалистами Роспатента. Выдача патента и публикация сведений. <b>Стоимость и расходы на получение патента:</b></p>



		Государственные пошлины и сборы. Оплата услуг юристов и консультантов.
11	Правила подачи заявки в ФИПС.	<p><b>Определение ФИПС:</b> Федеральная служба по интеллектуальной собственности (ФИПС) — государственный орган, осуществляющий регистрацию и выдачу патентов.</p> <p><b>Необходимость подачи заявки:</b> Заявка подается для официального признания исключительного права на объекты интеллектуальной собственности.</p> <p><b>Форма и содержание заявки:</b> Обязательность письменной формы заявки. Содержащиеся в заявке сведения (описание изобретения, чертежи, формула, реферат).</p> <p><b>Документы, прикладываемые к заявке:</b> Документы, подтверждающие полномочия заявителя (доверенность, свидетельство юридического лица). Дополнительные материалы (экспертизы, заключения, расчеты).</p> <p><b>Порядок подачи заявки:</b> Направление заявки почтовым отправлением или лично. Электронная подача заявок через портал госуслуг.</p> <p><b>Оплата государственных пошлин:</b> Размер и порядок уплаты госпошлины. Льготные категории плательщиков.</p> <p><b>Экспертиза заявки:</b> Предварительная экспертиза и формальная проверка. Подробная экспертиза технического содержания.</p> <p><b>Решение по заявке:</b> Положительное решение и выдача патента. Отказ в выдаче патента и возможные причины отказа.</p> <p><b>Апелляция и обжалование решений:</b> Срок и порядок подачи апелляции. Пересмотр ранее принятых решений.</p> <p><b>Оформление и выдача патента:</b> Оформление документа о праве на изобретение. Публикация сведений о выданном патенте.</p>



12	Правила оформления заявки на патент изобретения	<p><b>Кто вправе подать заявку на патент?</b> Авторы изобретения. Работодатель автора (если изобретение создано в рамках трудовых обязанностей). Наследники авторов или правопреемники работодателя.</p> <p><b>Содержание заявки на патент изобретения:</b> Название изобретения. Имя и адрес заявителя, автора, представителя. Реферат и описание изобретения. Формула изобретения. Чертежи и иллюстрации (при необходимости).</p> <p><b>Описание изобретения:</b> Уровень техники и постановка технической задачи. Раскрытие сущности изобретения. Подробное описание примеров осуществления изобретения.</p> <p><b>Формула изобретения:</b> Должна раскрывать сущность изобретения однозначно и понятно. Не должна содержать неясных выражений и терминов.</p> <p><b>Приложения к заявке:</b> Образец продукта (если предусмотрено законом). Перечень ссылок на литературу и документацию.</p> <p><b>Оплаты и пошлины:</b> Уплата государственной пошлины за подачу заявки. Предоставление квитанции об оплате вместе с заявкой.</p> <p><b>Подача заявки:</b> Пути подачи заявки (почтовая связь, личное обращение, электронный документооборот). Передача документов в Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС).</p> <p><b>Последствия несоблюдения требований:</b> Возвращение заявки без рассмотрения. Признание заявки отозванной.</p> <p><b>Апелляция и возражения:</b> Действия заявителя при отказе в принятии заявки. Порядок подачи возражений и ходатайств.</p> <p><b>Получение свидетельства о регистрации патента:</b> Регистрация патента в государственном реестре. Получение заявителем свидетельства о праве на изобретение.</p>
13	Современные тенденции и перспективы развития микроэлектродной	<p>Развитие микроэлектродной техники характеризуется стремительным прогрессом в технологиях и широким внедрением инноваций. Среди ключевых тенденций выделяются:</p> <p><b>Миниатюризация и повышение разрешения:</b> Современные</p>



	техники	<p>технологии позволяют создавать микроэлектроды с диаметром менее 1 мкм, что значительно улучшает разрешение и уменьшает размеры устройства.</p> <p><b>Создание гибких и биосовместимых электродов:</b> Развитие биополимерных и гибридных композитов способствует созданию электродов, обладающих большей биосовместимостью и прочностью.</p> <p><b>Интеграция электроники и сенсорики:</b> Совмещение микроэлектродов с электронной компонентой позволяет осуществлять обработку сигнала непосредственно на месте измерения, повышая точность и удобство использования.</p> <p><b>Автоматизация и стандартизация:</b> Внедрение автоматизированных систем подготовки и калибровки электродов снижает вероятность ошибок и повышает воспроизводимость результатов.</p> <p><b>Роботизированные методики установки электродов:</b> Роботы и системы машинного зрения существенно облегчают процедуру точной постановки электродов в заданную точку ткани.</p> <p><b>Новые методы поверхностной модификации:</b> Самособирающиеся монослои, химические соединения и покрытия повышают функциональность и долговечность микроэлектродов.</p>
14	Проблемы, возникающие при эксплуатации микроэлектродов, и способы их решения	<p><b>Повреждения и износ:</b> Механические повреждения острия электрода приводят к потере чувствительности и точности измерений. Решение: тщательная предварительная очистка и проверка целостности электрода перед каждым использованием.</p> <p><b>Изменение физико-химических свойств:</b> Оксиды металлов и загрязняющие примеси ухудшают электропроводящие свойства микроэлектродов. Решение: регулярная чистка и регенерация поверхности, использование защитных покрытий.</p> <p><b>Электрические шумы и нестабильность сигнала:</b> Внешние электромагнитные помехи искажают записываемые сигналы. Решение: экранирование приборов, оптимизация схем подключения и выбор качественных фильтров.</p> <p><b>Коррозия и деградация материалов:</b> Длительное пребывание в агрессивных средах ведет к разрушению рабочих частей электродов. Решение: использование химически стойких материалов и защитные покрытия.</p> <p><b>Трудности установки и ориентации электрода:</b></p>



		<p>Сложность точного размещения микроэлектрода в нужной точке может привести к недостоверным результатам. Решение: автоматизация процесса установки и разработка роботизированных систем.</p> <p><b>Проблемы совместимости с биологическими тканями:</b> Иммунная реакция организма на введение чужеродных объектов. Решение: создание биоактивных покрытий, снижающих риск воспаления и реакции тканей.</p>
16	Применение микроэлектродов в биотехнологии и медицине	<p><b>Общие возможности микроэлектродов</b> Преимущества использования микроэлектродов (точность, миниатюрность, минимальное вмешательство). Варианты конструкций и типов микроэлектродов (металлические, стекловолоконистые, композитные). <b>Использование в диагностике заболеваний</b> Электрофизиологические исследования нервной системы. Мониторинг метаболизма клеток и тканей. Диагностика онкологических заболеваний и инфекций.</p> <p><b>Применение в терапевтических целях</b> Глубокая стимуляция мозга при неврологических заболеваниях (паркинсон, депрессия). Локальная доставка лекарственных препаратов. Реабилитация двигательных функций после травм спинного мозга.</p> <p><b>Исследовательские приложения в биотехнологиях</b> Исследование сигнальной активности клеток и межклеточного взаимодействия. Изучение эффектов токсичных соединений и лекарств. Моделирование физиологических процессов in vitro.</p> <p><b>Перспективы развития и новые направления</b> Совершенствование дизайна и материалов микроэлектродов. Интеграция с технологиями искусственного интеллекта и big data. Персонализированная медицина и генетические исследования</p>
17	Техника приготовления изолированных нервов и клеток для экспериментов с микроэлектродами	<p><b>Выбор подходящего животного материала</b> Критерии выбора животных (размер, доступность). Этические нормы и требования по уходу за животными.</p> <p><b>Процесс извлечения нерва или клеток</b> Хирургические инструменты и стерильность манипуляций. Процедура отделения интересующего участка нерва или выделение клеток.</p> <p><b>Подготовка лабораторного пространства</b> Организация рабочего места и поддержание стерильных условий.</p>



		<p>Использование культуральных жидкостей и питательных сред. <b>Защита клеток и сохранение жизнеспособности</b> Поддержание оптимальной температуры и влажности. Добавление буферных растворов и антиоксидантов. <b>Наложение микроэлектродов</b> Инструменты и оборудование для фиксации нерва или клеток. Порядок введения микроэлектрода в ткань. <b>Проведение экспериментальных замеров</b> Регистрация электрического сигнала. Сохранение чистоты сигнала и исключение шумов. <b>Заключительные этапы</b> Хранение препаратов и приготовленных культур. Последующая обработка и анализ данных.</p>
18	Технология нанесения покрытий на микроэлектроды и их назначение	<p><b>Назначение покрытий микроэлектродов</b> Увеличение долговечности и механической прочности. Повышение химической стойкости и биоинертности. Улучшение электрических характеристик (чувствительность, импеданс). Создание барьерных слоёв против коррозии и деградации материала. <b>Основные виды покрытий</b> Металлические покрытия (золото, платина, никель). Диэлектрические покрытия (оксид алюминия, нитрид титана). Органические полимерные покрытия (полимеры, силиконы). Нанокompозитные покрытия (гибридные слои). <b>Методы нанесения покрытий</b> Физическое осаждение из паровой фазы (PVD). Химическое осаждение из газовой фазы (CVD). Электролитическое покрытие (гальваническое осаждение). Покрытия методом распыления (спрей-методом). Самоорганизующиеся покрытия (самосборка монослоев). <b>Этапы технологического процесса нанесения покрытий</b> Предварительная подготовка поверхности (чистка, обезжиривание). Выбор оптимального метода нанесения покрытия. Контроль толщины и равномерности покрытия. Постобработка (отжиг, травление, финишная отделка). <b>Требования к качеству покрытий</b> Адгезия покрытия к подложке. Однородность и гладкость поверхности. Отсутствие дефектов и трещин. Устойчивость к воздействию агрессивных сред. <b>Практическое значение покрытий в разных областях</b> Медицинская диагностика и терапия.</p>



		Исследования нейрофизиологии и электрохимии. Производство микросенсоров и сенсоров-биодатчиков.
19	Оценка точности измерений с помощью микроэлектродов	<b>Определение понятия точности измерений</b> Объяснить понятие точности измерений. Привести классификацию погрешностей (систематические и случайные). <b>Факторы, влияющие на точность измерений</b> Геометрические параметры микроэлектрода (форма, диаметр). Электрические характеристики (импеданс, сопротивление). Качество обработки поверхности электрода. Внешние условия (температура, влажность, вибрация). <b>Методы проверки точности</b> Прямые измерения физических величин (например, калибровка с применением стандартных образцов). Использование специальных методик, таких как регистрация стабильных сигналов. Статистическая обработка полученных данных. <b>Способы повышения точности измерений</b> Улучшение конструкции микроэлектродов. Оптимизация технологических операций изготовления. Автоматизированные методы калибровки и настройки. <b>Примеры реальных ситуаций оценки точности</b> Иллюстрация конкретного примера с оценкой ошибок при исследовании электрических сигналов. Представление рекомендаций по снижению систематических и случайных погрешностей. <b>Перспективы улучшения точности измерений</b> Новые разработки и направления совершенствования микроэлектродов. Возможности интеграции современных технологий и программного обеспечения.
20	Подготовка микроэлектродов к экспериментальным процедурам	<b>Проверка работоспособности микроэлектрода</b> Тестирование электрической изоляции. Проверка сопротивления микроэлектрода. Калибровка чувствительности и импеданса. <b>Обработка поверхностей микроэлектрода</b> Чистка микроэлектрода от загрязнений. Полировка и шлифовка рабочей части. Покрывание поверхности защитными материалами (при необходимости). <b>Подключение и настройка оборудования</b> Подключение микроэлектрода к усилителю сигнала.



		<p>Настройка амплитудно-частотных характеристик прибора. Установка режима усиления и фильтрации. <b>Контроль геометрических параметров</b> Измерение диаметра острия и формы наконечника. Определение расстояния между активными зонами многоканального электрода. <b>Заполнение жидкостями (если применимо)</b> Заполнение иглы электролитом или реактивом. Удаление пузырьков воздуха из канала. <b>Тестирование в условиях эксперимента</b> Проведение пробных записей на контрольных объектах. Испытание стабильности и повторяемости показаний. <b>Регистрация рабочего журнала</b> Документирование технических характеристик электрода. Фиксация всех процедур подготовки и тестирований.</p>
--	--	--

**3.2. 1. Вопросы для устного опроса.** Устный опрос проводится вначале каждого практического занятия и предшествует разбору новой темы

### **Перечень тем рефератов**

- 1) Элементная база цифровой электроники.
- 2) Представление данных в микропроцессоре.
- 3) Устройство микроэлектрода.
- 4) Зарядовые процессы в микроэлектродах.
- 5) Сопротивление микроэлектродов.
- 6) Правила подачи патента.
- 7) Основные ошибки при подаче патента

### **Перечень тем проектов**

1. Разработка нового поколения гибких микроэлектродов для кардиостимуляции
2. Исследование влияния состава и структуры покрытий на рабочие характеристики микроэлектродов
3. Проектирование и изготовление многофункциональных микроэлектродов для нейроинтерфейсов
4. Оптимизация конструкции микроэлектродов для длительного непрерывного мониторинга мозговой активности
5. Моделирование и расчет механических нагрузок на микроэлектроды при имплантации
6. Применение микроэлектродов для глубокой стимуляции головного мозга при лечении болезни Паркинсона



7. Изготовление и испытание новых типов биоразлагаемых микроэлектродов для однократного использования
8. Создание автономных микроэлектродных комплексов с интегрированными источниками питания
9. Испытание микрокомпозиционных электродов для стимуляции периферических нервов конечностей
10. Разработка метода быстрого обнаружения повреждений и износа микроэлектродов в процессе эксплуатации

#### **4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

##### **4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации**

В рамках **текущего контроля** в течение семестра для оценки знаний, умений, навыков, получаемых в ходе изучения дисциплины, учитывается качество ответов на вопросы фронтального опроса, качество подготовки реферата и проекта, качество доклада и презентации, а также ответов на вопросы по теме реферата и проекта.

Критерием успешности освоения учебного материала **по окончании учебного семестра** (промежуточная аттестация) является экспертная оценка преподавателя, учитывающая: текущую успеваемость в течение семестра (опросы, контрольные работы). Кроме того, экспертная оценка преподавателя может основываться на регулярности посещения обязательных учебных занятий, успешности выполнения установленных на данный семестр объёмов рабочей программы.



## 4.2. Критерии оценивания про промежуточной аттестации по видам оценочных средств

### Критерии оценивания ответа на зачете

Критерии	Уровень знаний и умений, оценка по бально-рейтинговой системе			
	Отлично 5 баллов	Хорошо 4 балла	Удовлетворительно 3 балла	Неудовлетворительно 2 балла
Владение понятийным аппаратом	Свободно владеет понятийным аппаратом, умеет использовать его при анализе поставленных задач и вопросов.	Владеет понятийным аппаратом, но при использовании его допускает неточности.	В основном знает содержание понятий, допускает ошибки в их использовании	Не владеет основными понятиями по предмету.
Владение фактическим материалом по теме	Знание и свободное владение фактическим материалом по теме.	Незначительные неточности изложении фактического материала.	Испытывает затруднения в изложении фактического материала.	Не владеет фактическим материалом.
Знание принципов принятия реализации методологий конкретных ситуациях.	Достаточно глубоко знает принципы и реализации решений.	Допускает незначительные ошибки при определении принципов принятия решений.	Испытывает затруднения при определении принципов принятия решений.	Отсутствуют знания основных принципов принятия решений.
Умение выявлять и анализировать проблемы взаимодействия организма человека и его микробного сообщества.	Умеет выявлять и анализировать проблемы и предлагает способы их решения. Умеет оценивать результат.	Допускает отдельные неточности затруднения при анализе и выявлении проблем и предложении решений.	Испытывает и значительные трудности при анализе фактического материала формирования решения проблем.	Не умеет анализировать и выявлять проблемы экономического характера в конкретных ситуациях.



Логичность изложения материала.	Свободное владение речью, логичность и последовательность изложения материала.	Испытывает отдельные затруднения логичности и последовательности изложения материала.	Материал значительной степени излагается бессистемно и с нарушением логических связей.	Отсутствие логики изложении материала
---------------------------------	--	---	--	---------------------------------------

### Критерии для оценивания зачета автоматически

Зачет по дисциплине может быть засчитан автоматически при соблюдении следующих условий:

ответы в ходе устных опросов за 4 и более занятий и получение положительных оценок;

написание контрольных работ и получение за них положительных оценок  
отсутствие пропусков без уважительной причины.

Оценка за зачет выставляется в соответствии с накопленными баллами:

«зачтено» – 24 и более баллов;

«не зачтено» – менее 23 баллов.

### Критерии оценки устного опроса

Критерии	Уровень знаний и умений, оценка по бально-рейтинговой системе			
	Отлично 5 баллов	Хорошо 4 балла	Удовлетворительно 3 балла	Неудовлетворительно 2 балла
Владение понятийным аппаратом	Свободно владеет понятийным аппаратом, умеет использовать его при анализе поставленных задач и вопросов.	Владеет понятийным аппаратом, но признает использование его допускает неточности.	В основном содержание понятий, но допускает ошибки в их использовании	Не владеет основными понятиями по предмету.
Владение фактическим материалом по теме	Знание и свободное владение фактическим материалом по теме.	Незначительные неточности изложении фактического материала.	Испытывает затруднения изложении фактического материала.	Не владеет фактическим материалом.



Знание принципов принятия и реализации методологий в конкретных ситуациях.	Достаточно глубоко знает принципы принятия и реализации решений.	Допускает незначительные ошибки при определении принципов принятия решений.	Испытывает затруднения при определении принципов принятия решений.	Отсутствуют знания основных принципов принятия решений.
Умение выявлять и анализировать проблемы взаимодействия организма человека и его микробного сообщества.	Умеет выявлять и анализировать проблемы и предлагает способы их решения. Умеет оценивать результат.	Допускает отдельные неточности и затруднения при анализе и выявлении проблем и предложении решений.	Испытывает значительные трудности при анализе фактического материала и формировании решения проблем.	Не умеет анализировать и выявлять проблемы биологического характера в конкретных ситуациях.
Логичность изложения материала.	Свободное владение речью, логичность и последовательность в изложении материала.	Испытывает отдельные затруднения логичности и последовательности изложения материала.	Материал в значительной степени излагается бессистемно и с нарушением логических связей.	Отсутствие логики в изложении материала

5 баллов ставится в том случае, если по четырём из пяти критериев ответ оценивается «отлично» и по одному – на «хорошо».

4 балла – если по четырём критериям – не ниже «хорошо» и по одному «удовлетворительно».

3 балла – если по четырём критериям не ниже «удовлетворительно» и по одному – «неудовлетворительно».

2 балла – если по двум и более критериям «неудовлетворительно».



### 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации.

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

«1 уровень» - ознакомление (иметь общее представление, узнавать);

«2 уровень» - понимание учебного материала, излагаемого в учебнике, методической разработке или преподавателем;

«3 уровень» - умение логично, последовательно, достаточно полно и точно излагать изученный материал;

«4 уровень» - творчески использовать полученные знания.

Для удовлетворительной (положительной) оценки знаний требуется минимум 3-й уровень усвоения учебного материала.

### Требования (критериальные показатели) к уровню освоения дисциплины

Результат зачета	Требования к знаниям
<b>Зачтено</b>	<p>Студент глубоко и полно владеет содержанием учебного материала и понятийным аппаратом; умеет связывать теорию с практикой, иллюстрировать примерами, фактами, данными научных исследований; осуществляет межпредметные связи, предложения. Делает выводы; логично, четко. Ясно и кратко излагает ответы на поставленные вопросы; умеет обосновывать свои суждения и профессионально-личностную позицию по излагаемому вопросу. Ответ носит самостоятельный характер. Допущенные ошибки исправляются студентом после дополнительных вопросов экзаменатора.</p> <p>Учитывается участие в дискуссиях на практических занятиях, уровень ответов на контрольные вопросы, за щита докладов.</p>



**Не зачтено**

студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности и существенные ошибки в определении понятий, формулировке положений, не привлекает для аргументации ответа основные положения исследовательских, концептуальных и нормативных документов, не умеет обосновать свои суждения; наблюдается нарушение логики изложения. Ответ отличается низким уровнем самостоятельности, не содержит собственной профессионально-личностной позиции.

Или, студент имеет разрозненные, бессистемные знания: не умеет выделять главное и второстепенное; допускает ошибки в определении понятий, формулировке теоретических положений, искажающие их смысл; не ориентируется в нормативно-концептуальных, программно-методических, исследовательских материалах, беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет соединять теоретические положения с педагогической практикой; не умеет применять знания для обоснования и объяснения актов, не устанавливает межпредметные связи.

Учитывается участие в дискуссиях на практических занятиях, уровень ответов на контрольные вопросы и защита докладов.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)  
"Микроэлектродная техника" специальности 06.05.01 "Биоинженерия и биоинформатика"  
специализации Биоинженерия и биоинформатика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Стр. 25

**06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика, специализация Биоинженерия и биоинформатика, фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Микроэлектродная техника», год набора 2026, очная форма обучения**

Проректор по учебной работе утверждено 27.02.2026 А. А. Саламатов

Ученым советом биологического факультета

Протокол заседания № 8 от 27.02.2026

Председатель Ученого совета  
биологического факультета

согласовано Д.С. Сташкевич

**Заседанием кафедры общей и теоретической физики**

Протокол заседания №6 от 05.02.2026

Заведующий кафедрой

согласовано А.Е. Майер

Автор (составитель)

А.Е. Майер

**Структура фонда оценочных средств соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО от 27.09.2022 № 573-1 «Об утверждении положения ФОС по ОП ВО в ФГБОУ ВО ЧелГУ»**