

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт биологии и биомедицины

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Биоэлектrogenез у растений

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

06.04.01 - Биология

---

Направленность образовательной программы

Биофизика

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02 Биоэлектrogenез у растений относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен к постановке и разработке актуальной научной проблемы, научному анализу данных и их обобщению в контексте ранее накопленных в мировой науке знаний, аргументированном у выборе методов исследования, формулированию выводов и практических рекомендаций на основе проведенного анализа (в соответствии с направленностью программы магистратуры)	<p>ПК-1.1: Знает: - основные достижения и проблемы в современной биологической науке, принципы проведения научного исследования и подходы к организации и осуществлению поиска научной информации в базах данных по тематике исследования</p> <p>ПК-1.2: Умеет: - проводить поиск и анализ информации в современных базах данных по избранной теме исследования, подбор методов исследования в соответствии с научными задачами</p> <p>ПК-1.3: Владеет: - навыками поиска и анализа научной информации, выбора методов исследования, формулировки выводов и рекомендаций</p>	<p>ПК-1.1: Знать: механизмы генерации электрического потенциала в клетках растений в покое и при возбуждении; функциональное значение электрических потенциалов у растений.</p> <p>ПК-1.2: Уметь: использовать в научной и производственной деятельности знания о природе электрических потенциалов и их роли в жизни растений.</p> <p>ПК-1.3: Владеть навыками выполнения научно-исследовательской работы в области изучения биоэлектрических явлений у растений.</p>	Тест	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-2: Способен использовать современные методы обработки и интерпретации биологической информации при проведении научных исследований, современную аппаратуру и информационно-коммуникационные	<p>ПК-2.1: Знает: - современные методические подходы при выполнении биологических, биомедицинских и экологических исследований, обработке и интерпретации полученных результатов; устройство и правила эксплуатации полевого и лабораторного</p>	<p>ПК-2.1: Знать: современные методические подходы при выполнении биологических исследований, обработке и интерпретации полученных результатов.</p> <p>ПК-2.2: Уметь: использовать современную приборную базу</p>	Доклад	Экзамен: Контрольные вопросы

технологии при выполнении полевых и лабораторных биологических, экологических работ (в соответствии с направленностью программы магистратуры)	оборудования ПК-2.2: Умеет: - использовать современную приборную базу для биологических, биомедицинских и экологических исследований, методически грамотного применения статистических и аналитических подходов в обработке результатов ПК-2.3: Владеет - навыками работы на современном полевом и лабораторном оборудовании, интерпретации научной биологической информации с применением статистических и аналитических подходов	для биологических, исследований, методически грамотного применения статистических и аналитических подходов в обработке результатов.  ПК-2.3: Владеть: навыками работы на со-временном лабораторном оборудовании, интерпретации научной биологической информации с применением статистических и аналитических подходов.		
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	24
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	36
- КСР	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>10</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные	Всего	

			работы), часы		
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Потенциал покоя клеток растений	6	2	3	5	1
Методы регистрации электрической активности, анализа ее механизмов и оценки ее функциональной роли	12	4	6	10	2
Общая характеристика потенциалов возбуждения	0	2	3	0	1
Общая характеристика потенциалов возбуждения. Рецепция внешних воздействий	11	4	6	10	1
Электрические сигналы: типы, характеристики, механизмы генерации и распространения	24	8	12	20	4
Вариабельный потенциал. Механизм генерации. Гипотезы механизма распространения.	0	4	6	0	2
Функциональная роль электрических сигналов	17	6	9	15	2
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	108	24	36	62	10

### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Потенциал покоя клеток растений. Природа пассивной компоненты потенциала покоя клеток растений. Природа метаболической компоненты потенциала покоя клеток растений. Ионные транспортеры клеток растений: транспортные АТФазы, ионные каналы, системы вторичного активного транспорта.
2. Методы регистрации электрической активности, анализа ее механизмов и оценки ее функциональной роли. Регистрация мембранного потенциала с помощью микроэлектродной техники. Метод пэтч-кламп в исследовании ионных каналов растительных клеток; особенности применения. Внеклеточная регистрация электрической активности. Флуоресцентные зонды в регистрации электрических потенциалов и ионных концентраций в клетках растений. Методы исследования влияния электрических сигналов на физиологические процессы и устойчивости растений.
3. Общая характеристика потенциалов возбуждения. Рецепция внешних воздействий. Типы потенциалов возбуждения у растений; особенности в сравнении с животными объектами. Типы потенциалов возбуждения у растений. Особенности в сравнении с животными объектами. Рецепторные потенциалы локомоторных растений и харовых водорослей. Особенности локальных электрических ответов высших растений при механическом и температурном раздражении. Роль определенных мембранных структур в рецепции стимулов различной природы.
4. Электрические сигналы: типы, характеристики, механизмы генерации и распространения. Основные типы электрических сигналов у высших растений (потенциал действия, вариабельный потенциал, системный потенциал). Основные характеристики потенциала действия у различных видов высших растений. Ионные механизмы генерации потенциала действия. Распространение потенциала действия у растений; особенности путей распространения у высших растений. Условия возникновения и характеристики вариабельного потенциала у высших растений; интерпретация сложной формы ответа. Гипотезы о механизмах распространения вариабельного потенциала; аргументы за и против. Механизмы генерации вариабельного потенциала. Системные потенциалы как уникальные гиперполяризационные сигналы. Математическое моделирование на основании эквивалентных электрических схем растительной клетки как перспективный инструмент исследования электрогенеза растений в покое и

механизмов формирования электрических сигналов.

5. Функциональная роль электрических сигналов. Многообразие функциональных ответов, индуцированных электрическими сигналами (генная экспрессия, продукция фитогормонов, фотосинтез, дыхание, транспорта ассимилятов по флоэме, транспирация и другие). Возможные механизмы преобразования электрических сигналов в функциональный ответ (на примере формирования фотосинтетических ответов); специализированные функциональные ответы (локомоторные растения, насекомоядные растения и другие примеры). Роль электрических сигналов в повышении устойчивости. Возможность передачи информации о природе и интенсивности воздействия при участии электрических сигналов у высших растений. Актуальные вызовы в исследованиях функциональной роли электрических сигналов. Перспективы практического применения электрогенеза растений (выявление действия стрессоров, управление продуктивностью и устойчивостью).

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

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 10 ч.

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

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

Рабочая программа дисциплины "Биоэлектрогенез у растений". ФОС дисциплины

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

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

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

1. Метаболическая компонента мембранного потенциала клеток высших растений лежит в диапазоне:
  - a. От десятых долей процента до нескольких процентов
  - b. **От нескольких процентов до нескольких десятков процентов**
  - c. Метаболическая компонента отсутствует
1. Фермент, активность которого вносит основной вклад в формирование метаболической компоненты потенциала покоя клеток растений:
  - a.  **$H^+$ -АТФаза**
  - b.  $Na^+$ - $K^+$ -АТФаза
  - c.  $Ca^{2+}$ -АТФаза
3. Содержание свободного кальция в цитозоле растительных клеток в сравнении с внеклеточной средой
  - a. **Выше**

а. Ниже

б. Одинаково

### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Правильно выполнено не менее 60% тестов
не зачтено	Правильно выполнено менее 60% тестов

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Доклад) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

#### Примеры тем докладов для оценки компетенции ПК-2:

- История изучения электрогенеза у растений
- Механизмы регуляции активности  $H^+$ -АТФазы плазматических мембран
- Регуляция активности ионных каналов клеток растений
- Роль ионов кальция в генерации потенциалов возбуждения
- Рецепция охлаждения: роль липидного матрикса мембран и ионных каналов

### Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Освещено современное состояние исследований по теме доклада. Докладчик ответил на основные вопросы.
не зачтено	Не освещено современное состояние исследований по теме доклада м/или докладчик ответил на основные вопросы.

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

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.	Уровень знаний ниже минимальных требований.	Минимально допустимый уровень	Уровень знаний в объеме, соответствующему	Уровень знаний в объеме, соответствующему	Уровень знаний в объеме, соответствующему	Уровень знаний в объеме, превышающему

	Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Имели место грубые ошибки	знаний. Допущено много негрубых ошибок	ющем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	ющем программе подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	ующем программе подготовк и. Ошибок нет.	м программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

#### **5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1**

1. Природа пассивной компоненты потенциала покоя клеток растений.
2. Природа метаболической компоненты потенциала покоя клеток растений.
3. Ионные транспортеры клеток растений: транспортные АТФазы, ионные каналы, системы вторичного активного транспорта.
4. Типы потенциалов возбуждения у растений. Особенности в сравнении с животными объектами.
5. Рецепторные потенциалы локомоторных растений и харовых водорослей.
6. Особенности локальных электрических ответов высших растений при механическом и температурном раздражении.
7. Роль определенных мембранных структур в рецепции стимулов различной природы.
8. Параметры потенциала действия (ПД) у различных видов высших растений.
9. Механизм генерации ПД.
10. Распространение ПД у растений. Пути распространения у высших растений.
11. Условия возникновения и параметры вариабельного потенциала (ВП) у высших растений.
12. Механизм генерации ВП.
13. Гипотезы распространения ВП.
14. Функциональные ответы, индуцированные электрическими сигналами.
15. Механизмы преобразования электрических сигналов в функциональный ответ.
16. Роль электрических сигналов в повышении устойчивости.
17. Возможность передачи информации при участии электрических сигналов у высших растений.

#### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2**

1. Регистрация мембранного потенциала с помощью микроэлектродной техники.
2. Метод пэтч-кламп в исследовании ионных каналов растительных клеток. Особенности применения.

3. Внеклеточная регистрация электрической активности.
4. Флуоресцентные зонды в регистрации электрических потенциалов и ионных концентраций в клетках растений.
5. Эквивалентная схема растительной клетки для математического описания электрогенеза в покое и при возбуждении.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». Одна из них сформирована на уровне «отлично».
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо». Одна из них сформирована на уровне «очень хорошо».
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо». Одна из них сформирована на уровне «хорошо».
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно». Одна из них сформирована на уровне «удовлетворительно».
неудовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «неудовлетворительно». Одна из них сформирована на уровне «неудовлетворительно».
плохо	Все компетенции (части компетенций) не сформированы

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

Основная литература:

1. Биофизика : учеб. для вузов / под ред В. Г. Артюхова. - 2-е изд. - М. : Академический Проект, 2013. - 294 с. - (Фундаментальный учебник) (Gaudeamus). - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN 978-5-8291-1495-4 : 525.00., 20 экз.
2. Рубин Андрей Борисович. Биофизика : учеб. для студентов биол. специальностей вузов : в 2 кн. Кн. 2. Биофизика клеточных процессов. - М. : Высшая школа, 1987. - 302, [1] с. : ил. - 1.30., 93 экз.
3. Опритов В. А. Биоэлектрогенез у высших растений / АН СССР, Ин-т физиологии растений им.

К. А. Тимирязева, Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - М. : Наука, 1991. - 213, [1] с. : ил. - ISBN 5-02-004108-4 : 6.20., 1 экз.

#### Дополнительная литература:

1. Оприлов В. А. Функциональные аспекты биоэлектrogenеза у высших растений : Доложено на пятьдесят девятом ежегодном Тимирязевском чтении 3 июня 1998 г. / [отв. ред. Мокроносов А. Т.] ; РАН, Ин-т физиологии растений им. К. А. Тимирязева. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 1998. - 46 с. - (Тимирязевские чтения ; 59). - 10.00., 11 экз.
2. Сухов Владимир Сергеевич. Теоретический анализ особенностей генерации потенциала действия с использованием математической модели Ходжкина-Хаксли : учебно-методическое пособие / В. С. Сухов, Н. Ю. Шилягина ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2018. - 23 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=822397&idb=0>.
3. Биоэлектрические явления: биоэлектrogenез у растений. Раздел большого практикума по биофизике : учебно-методическое пособие / Сухов В. С., Неруш В. Н., Калинин В. А., Крауз В. О., Воденев В. А. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2009. - 69 с. - Рекомендовано методической комиссией биологического факультета для студентов биологического факультета ННГУ, обучающихся по направлению 020200 «Биология» и специальности 020207 «Биофизика». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Биология., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729740&idb=0>.

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

ЭБС «Консультант студента» <http://www.studmedlib.ru/>,

ЭБС «ZNANIUM.COM»<http://znanium.com/>,

ЭБС «Юрайт»<https://www.biblio-online.ru/>,

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

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

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и демонстрационным оборудованием: доска, переносное мультимедийное оборудование (проектор, ноутбук), экран. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 06.04.01 - Биология.

Автор(ы): Сухов Владимир Сергеевич, кандидат биологических наук, доцент.

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

Заведующий кафедрой: Воденеев Владимир Анатольевич, доктор биологических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 05.12.23 г., протокол № 2.