

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:

Президиумом Ученого совета ННГУ  
Протокол № 4 от 14 декабря 2021г.

**Рабочая программа дисциплины**  
***ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КЛЕТКИ***

Уровень высшего образования

**Бакалавриат**

Направление подготовки  
**06.03.01 «Биология»**

Профиль подготовки

**Биология (общий профиль)**

Квалификация выпускника

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Нижний Новгород

2022

# 1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина <i>Б1.В.ДВ.07.04 Энергетические системы клетки</i> относится к части ООП направления подготовки <i>06.03.01 Биология</i> , формируемой участниками образовательных отношений.

Целью освоения дисциплины является углубленное ознакомление студентов с закономерностями энергетического обмена живых клеток. В задачи курса входит формирование представлений о механизмах поступления, трансформации энергии в клетках, основных видах работы клетки.

## 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	
ПК-1 Способен осуществлять информационный поиск по выбранной научной тематике в области	ПК-1.1. Знает: - правила сбора и анализа информации по теме исследования, способы и правила представления результатов в письменной и устной формах.	Знает правила сбора и анализа информации в области энергетического обмена организмов, способы и правила представления результатов в письменной и устной формах.	Вопросы для дискуссий Тестовые задания  Контрольные работы;

	ПК-1.2. Умеет: - планировать и осуществлять поиск научной информации, оформлять результаты исследования для представления в письменной и устной формах.	Умеет планировать и осуществлять поиск научной информации, оформлять результаты исследования для представления в письменной и устной формах.	
	ПК-1.3. Владеет: - опытом поиска, анализа, представления и обсуждения результатов исследования.	Владеет опытом поиска, анализа, представления и обсуждения результатов исследования	

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 45 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (24 часа занятия лекционного типа, 24 часа занятия семинарского типа, 1 час мероприятия промежуточной аттестации), 23 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

	очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>2 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	<b>45</b>
- занятия лекционного типа	24
- практические работы	24
<b>самостоятельная работа</b>	<b>23</b>
<b>КСР</b>	<b>1</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>зачет</b>

#### 3.2. Структура дисциплины

Наименование и краткое содержание 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	Всего		
форма промежуточной аттестации по дисциплине						
Введение. Основные понятия.	6	2	2	4	2	
Дыхание.	21	8	6	14	7	
Клеточная работа.	18	6	6	12	6	

Преобразование энергии на фотосинтетических мембранах	12	4	4	8	4
Натриевый мир.	6	2	2	4	2
Дополнительные функции дыхания.	8	2	4	6	2
<b>Промежуточная аттестация - зачет</b>					

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

Практическая подготовка предусматривает: написание контрольных работ.

На проведение практических занятий в форме практической подготовки отводится 24 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие практических навыков в соответствии с перечнем задач профессиональной деятельности ОП:

Выполнение научно-исследовательских задач профессиональной деятельности:

- участие в планировании, проведении и представлении результатов фундаментальных и практических научных исследований по актуальным проблемам в соответствующей области знания.

Компетенций:

ПК-1 Способен осуществлять информационный поиск по выбранной научной тематике в области биологии, излагать и критически анализировать получаемую информацию, представлять результаты исследований в виде презентаций, научно-технических отчетов, обзоров, аналитических карт, пояснительных записок, публикаций в научных изданиях; поддерживать дискуссию по актуальным вопросам биологии и экологии

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

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

Самостоятельная работа по освоению материала проводится к каждому практическому занятию с привлечением конспектов лекций, знаний, полученных на практических занятиях, основной и дополнительной литературы по всем темам курса. Самостоятельная работа включает.

*Виды самостоятельной работы студентов в рамках освоения дисциплины:*

- изучение понятийного аппарата и проработка тем дисциплины с составлением конспектов;
- работа с основной и дополнительной литературой дома и в библиотеке;
- изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к устным опросам;
- подготовка к зачету.

**Методические указания по подготовке студентов к текущему и промежуточному контролю по дисциплине**

В рамках темы "Введение. Основные понятия" подготовка к контрольной работе.

Задание к контрольной работе по теме "Основные понятия биоэнергетики":

1. Знать следующие понятия: биоэнергетика; внешние доступные для клетки формы энергии; фототрофия; хемотрофия; внутренняя энергетическая "валюта" клетки; макроэргическая связь; макроэргическое вещество; энергопреобразующая мембрана; сопрягающая мембрана; сопрягающий ион; электрохимический потенциал мембраны.
2. Знать три основных закона биоэнергетики (по Скулачеву): I закон об обязательности "энергетической валюты" для клетки; II закон минимального набора "энергетических валют" клетки; III закон о конвертации "энергетических валют" клетки.
3. Уметь написать макроэргическую связь: пирогосфатную (дифосфатную), тиозфирную, ацилфосфатную, фосфорамидную, енолфосфатную. Называть как минимум по одному представителю каждого класса макроэргов.

В рамках темы "Дыхание": подготовка конспектов «Гликолиз», «Цикл трикарбонных кислот» с использованием соответствующих разделов учебников по биохимии, специализированных сайтов. Конспекты должны быть выполнены в печатном или рукописном виде, содержать все химические реакции данных процессов, их энергетику, название ферментов. Также предусмотрена подготовка к устным вопросам и контрольной работе.

Задание для подготовки к контрольной работе по теме "Дыхание (гликолиз, брожение, цикл Кребса)":

1. Знать суммарные уравнения кислородного дыхания, гликолиза, брожений - молочнокислого, спиртового, уксуснокислого.
2. Уметь рассчитывать количество молей АТФ при окислении глюкозы и других метаболитов в гликолизе, разных видах брожения, полном кислородном окислении с опорой на суммарные уравнения реакций этих процессов.

Задание для подготовки к устному вопросу по теме "Дыхание (гликолиз, цикл Кребса)":

1. Реакции и биологический смысл подготовительного этапа гликолиза. Возможность включения в гликолиз разных углеводов.
2. Субстратное фосфорилирование. ГАФ-дегидрогеназная реакция, енолазная реакция, их механизмы.
3. ПВК-дегидрогеназный комплекс. Состав, строение. Механизм работы.
4. Витамины группы В и витаминоподобные вещества в энергетическом обмене клетки (на примере ПВК-дегидрогеназного комплекса).
5.  $\alpha$ -кетоглутарат-дегидрогеназный комплекс. Состав, строение, механизм работы. Субстратное фосфорилирование.
6. Последовательность реакций цикла Кребса, характер химических превращений веществ.
7. Энергетический баланс гликолиза и цикла Кребса.

Задание для подготовки к устному вопросу по теме "Дыхание (дыхательная электрон-транспортная цепь)":

1. Последовательность компонентов ДЭТЦ по Чансу и Хатефи. Точки сопряжения. Дыхательные яды.
2. НАДН-убихинон-дегидрогеназный комплекс как первичный  $\Delta\mu\text{H}$ -генератор. Строение. Гипотезы механизма работы.
3. Сукцинатдегидрогеназа. Строение. Механизм работы.
4. Убихинол-цитохром с-редуктаза как первичный  $\Delta\mu\text{H}$ -генератор. Q-цикл.

5. Цитохромоксидаза как первичный  $\Delta\mu\text{H}$ -генератор. Механизм транспорта электронов по типу «полупетли».
6. Особенности митохондрий растений. Альтернативная оксидаза, малик-энзим, шунтирование первого дыхательного комплекса.
7. Разные варианты потоков электронов в ЭТЦ, их энергетическая эффективность.

В рамках темы "Клеточная работа" подготовка к устным опросам.

Задание для подготовки к устному опросу по теме "Клеточная работа (химическая работа, термогенез)":

1. Использование  $\Delta\mu\text{H}$  для выполнения химической работы. Строение и работа АТФ-синтетазного комплекса. Гипотеза Кросса, Бойера.
2. Разнообразие АТФаз по строению и выполняемым функциям.
3. АТФ/АДФ-антипортер. Основная функция. Участие в термогенезе. Термогенез у растений и животных. Механизмы, биологический смысл.

Задание для подготовки к устному опросу по теме "Клеточная работа (механическая и осмотическая работа)":

1. Использование АТФ и  $\Delta\mu\text{H}$  для выполнения механической работы. Различие механизмов работы жгутиков прокариот и эукариот.
2. Использование  $\Delta\mu\text{H}$  для выполнения осмотической работы. Примеры транспорта веществ за счет разных составляющих  $\Delta\mu\text{H}$ . Понятия уни-/сим-/антипортеров.
3. Транспорт восстановленных эквивалентов в митохондриях: малатный и фосфоглицератный челноки. Механизмы, эффективность, тканевая приуроченность.
4. Карнитин как транспортер жирных кислот в митохондриях. Роль в энергетическом обмене.

В рамках темы "Преобразование энергии на фотосинтетических мембранах" составление конспекта. Конспект должен быть выполнен в печатном или рукописном виде, содержать схему работы фотосинтетических мембран разных типов (бактериородопсинового, хлорофилльного растительного), название всех компонентов, их краткую характеристику, краткое описание энергетики возможных электронных потоков (циклического, нециклического, псевдоциклического, потока на восстановление азота, хлордыхания). Также предусмотрена подготовка к устному опросу и контрольной работе.

Задание к устному опросу по теме "Преобразование энергии на фотосинтетических мембранах":

1. Бактериородопсин - фотосинтетический первичный  $\Delta\mu\text{H}$ -генератор пурпурных бактерий и архей: строение, механизм работы. Галородопсин. Родопсин - сходства и различия с бактериородопсином.
2. Хлорофилльный фотосинтез. Компоненты фотосинтетической электрон-транспортной цепи. Механизмы генерации  $\Delta\mu\text{H}$  на мембране тилакоида. Разнообразие электронных потоков, их функциональная роль.

Задание к контрольной работе по теме "Преобразование энергии на фотосинтетических мембранах":

1. Знать и уметь писать Z-схему фотосинтеза. Уметь показать на ней потоки электронов: нециклический, циклический, псевдоциклический (реакцию Мелера), циклический поток вокруг фотосистемы II, поток на восстановление азота, хлордыхание.

2. Знать молекулярные продукты и механизмы генерации  $\Delta\mu\text{H}^+$  для всех перечисленных выше электронных потоков.

В рамках темы "Дополнительные функции дыхания" подготовка к устному опросу.

Задание к устному опросу по теме "Дополнительные функции дыхания":

1. Метаболическая (синтетическая) функция дыхания. Взаимосвязь реакций дыхания с анаболическими процессами клетки.
2. Детоксикационная функция дыхания. Микросомальное окисление, цитохром P450.
3. Участие митохондрий в апоптозе клеток.

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможно оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможно оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможно оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

			недочетами				
--	--	--	------------	--	--	--	--

### Шкала оценки компетенций при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	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», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	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»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

Шкала оценивания контрольных работ и устных опросов:

Критерии оценивания	1	2	3	4	5
% правильно выполненных заданий контрольной работы	Менее 50%	50-60 %	61-75 %	76-90 %	91-100 %
Характеристика знаний и умений при устном ответе	Не знает, не умеет	Фрагментарные знания, умения, много грубых ошибок.	Неполное знание, 1 грубая или несколько небольших ошибок, в целом успешное, но не систематическое умение	Знание и умение с небольшими пробелами, мало ошибок, успешное, но не полностью самостоятельное	Знание полное и устойчивое, умение систематическое, успешное, самостоятельное



## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

### 5.2.1. Контрольные вопросы к зачету

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Основные классы макроэргических веществ клетки.	ПК-1
2. Электрохимические потенциалы клетки как внутриклеточная форма энергии.	ПК-1
3. Гликолиз: этапы, химизм, энергетика процесса.	ПК-1
4. Цикл трикарбоновых кислот: химизм, энергетика процесса.	ПК-1
5. $\beta$ -окисление жирных кислот: химизм, этапы, энергетика процесса. Роль карнитина.	ПК-1
6. Генераторы протонного электрохимического потенциала в дыхательной ЭТЦ митохондрий. Механизм работы.	ПК-1
7. Генераторы протонного электрохимического потенциала в фотосинтетической ЭТЦ хлоропластов. Механизм работы.	ПК-1
8. Бактериородопсиновый фотосинтез.	ПК-1
9. Натриевая энергетика: механизмы генерации натриевого потенциала, примеры выполнения внутриклеточной работы.	ПК-1
10. Микросомальное окисление: химизм, локализация, биологическая роль.	ПК-1

### 5.2.2. Типовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Пример заданий контрольной работы по теме "Основные понятия биоэнергетики":

1. Биоэнергетика – отрасль биологии, изучающая:

- А) протекание основных физиологических процессов в клетке
- Б) взаимосвязь живого организма с окружающей средой
- Г) закономерности поступления и превращения энергии в живой материи
- Д) обеспечение живой клетки энергией

2. В своей жизнедеятельности растения используют следующий набор «энергетических валют»:

- А)  $ATP + \Delta\mu Na^+$
- Б)  $ATP + \Delta\mu H^+$
- В)  $\Delta\mu Na^+ + \Delta\mu H^+$
- Г)  $ATP + \Delta\mu Na^+ + \Delta\mu H^+$

3. К сопрягающим мембранам клетки не относится:

- А) внутренняя мембрана хлоропласта
- Б) внутренняя мембрана митохондрий

В) наружная мембрана хлоропласта

Г) наружная мембрана бактерий

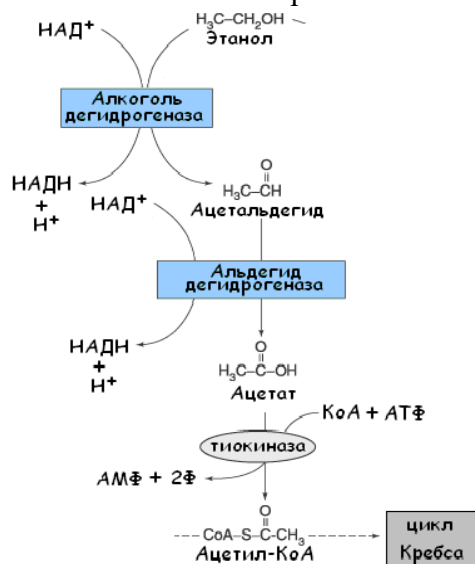
4. Сформулируйте I закон биоэнергетики.

5. Напишите ацилфосфатную макроэргическую связь. Приведите пример вещества клетки с такой связью.

Пример заданий к контрольной работе по теме "Дыхание (гликолиз, брожение, дыхание)":

Вариант 1.

1. Метаболизм этанола протекает по схеме:



Рассчитайте количество молекул АТФ, которые образуются в клетке при его полном окислении.

2. В эмалированную кастрюлю гражданин налил 10 л воды, добавил 3,42 кг сахарозы и пакетик дрожжей, поставил смесь в теплое место с неплотно прикрытой крышкой. Через 1 неделю оказалось, что вся сахароза утилизирована, содержание спирта составляет 8,28 градуса. Какой объем кислорода поглотили дрожжи в течение этой недели?  
1 градус = 1 масс-объемный процент = 1 г вещества в 100 мл раствора. Изменение объема и плотности жидкости считать несущественным и не учитывать.

Вариант 2.

Пример заданий к контрольной работе по теме "Преобразование энергии на фотосинтетических мембранах":

Напишите схему циклического потока электронов. Укажите молекулярные продукты процесса. Каковы механизмы генерации  $\Delta\mu\text{H}^+$  в этом процессе?

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Биологическая химия [Электронный ресурс]: учебник / Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. - 3-е изд., стереотипное. - М. : Медицина, 2008. - (Учеб.лит. Для студентов мед. Вузов). - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5225046851.html>.

2. Биохимия растений [Электронный ресурс] / Г.-В. Хелдт; пер. с англ.-2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2014. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996313020.html> .

б) дополнительная литература:

1. Рубин А. Б. - Биофизика: учеб. для студентов биол. специальностей вузов: в 2 кн. Кн. 2. - М.: Высшая школа, 1987. 302 с. (98 экз.)

2. Физиология растений / Н.Д. Алехина и др. Под ред. И.П. Ермакова. М.: Академия, 2005. 640с. (48 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. <http://bioenergetics.pro/> (свободный доступ)

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

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, укомплектованные демонстрационным оборудованием (доска, переносное мультимедийное оборудование (проектор, ноутбук, экран)); помещения для проведения семинарских занятий, оборудованные специализированной мебелью; помещения для самостоятельной работы обучающихся с компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ

Автор к.б.н. Синицына Ю.В. \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_д.б.н.Воденеев В.А. \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой к.б.н. Брилкина А.А. \_\_\_\_\_

**Программа одобрена** на заседании Методической комиссии Института биологии и биомедицины от 06.12.2021 года, протокол № 3