

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 Ученого совета ННГУ  
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Энергетические системы клетки

---

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
06.03.01 - Биология

---

Направленность образовательной программы  
Биология (общий профиль)

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.07.04 Энергетические системы клетки 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 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	<p>ПК-1.1: Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правила сбора и анализа информации по теме исследования, способы и правила представления результатов в письменной и устной формах.</li> </ul> <p>ПК-1.2: Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- планировать и осуществлять поиск научной информации, оформлять результаты исследования для представления в письменной и устной формах.</li> </ul> <p>ПК-1.3: Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- опытом поиска, анализа, представления и обсуждения результатов исследования</li> </ul>	<p>ПК-1.1:</p> <p>Знает правила сбора и анализа информации в области энергетического обмена организмов, способы и правила представления результатов в письменной и устной формах</p> <p>ПК-1.2:</p> <p>Умеет планировать и осуществлять поиск научной информации, оформлять результаты исследования для представления в письменной и устной формах.</p> <p>ПК-1.3:</p> <p>Владеет опытом поиска, анализа, представления и обсуждения результатов исследования</p>	Контрольная работа Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	

- занятия лекционного типа	24
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	24
- КСР	1
самостоятельная работа	23
Промежуточная аттестация	0 зачёт

### 3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Введение. Основные понятия	6	2	2	4	2
Дыхание	23	8	8	16	7
Клеточная работа	18	6	6	12	6
Преобразование энергии на фотосинтетических мембранах	12	4	4	8	4
Натриевая энергетика	6	2	2	4	2
Дополнительные функции дыхания	6	2	2	4	2
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	24	24	49	23

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 - 14 ч.

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

Виды самостоятельной работы студентов в рамках освоения дисциплины:

- изучение понятийного аппарата и проработка тем дисциплины;
- 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

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.

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 моль 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 контрольной работе по теме " $\beta$ -окисление жирных кислот":

1. Знать реакции  $\beta$ -окисления жирных кислот, уметь составлять суммарные уравнения реакций кислородного окисления жирных кислот.
2. Уметь рассчитывать количество моль АТФ при полном кислородном окислении триглицеридов.

Задание для подготовки к устному опросу 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 опросу по теме "Дыхание (окислительное фосфорилирование)":

1. Последовательность компонентов ДЭТЦ по Чансу и Хатефи. Точки сопряжения. Дыхательные яды.

2. НАДН-убихинон-дегидрогеназный комплекс как первичный  $\square\square\text{H}$ -генератор. Строение. Гипотезы механизма работы.
3. Сукцинатдегидрогеназа. Строение. Механизм работы.
4. Убихинол-цитохром с-редуктаза как первичный  $\square\square\text{H}$ -генератор. Q-цикл.
5. Цитохромоксидаза как первичный  $\square\square\text{H}$ -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.

Задание для подготовки к устному опросу по теме "Клеточная работа":

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

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

1. Бактериородопсин - фотосинтетический первичный  $\square\square\text{H}$ -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  $\square\square\text{H}$  на мембране тилакоида. Разнообразие электронных потоков, их функциональная роль.
3. 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.
4. Знать молекулярные продукты и механизмы генерации  $\square\square\text{H}^+$  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 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 - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Контрольная работа "Основные понятия биоэнергетики"

1. Формула АТФ
2. Дайте определение субстратного фосфорилирования.
3. Дайте определение макроэргического соединения. Напишите макроэргическую енол-фосфатную связь, приведите пример макроэрга с указанной связью. В каких метаболических процессах/реакциях он участвует?
4. Сформулируйте первый закон биоэнергетики клетки (об обязательной конвертации энергии). Какие формы внешней энергии могут поглощать и использовать живые организмы?

Контрольная работа "Дыхание"

1. Дрожжи поглотили 90 г глюкозы, синтезировав при этом 9,2 г этанола. Какое количество моль кислорода им при этом потребовалось для полного окисления глюкозы? Сколько граммов фосфорной кислоты они при этом израсходовали на синтез АТФ? Молекулярная масса, г/моль: Глюкоза – 180; Фосфорная кислота – 98; Этанол – 46.
2. Рассчитайте энергетический эквивалент (в граммах глюкозы) 150 г сухого вина, если принять, что в нем содержится примерно 12 г этанола и 2,5 г сухого остатка в пересчете на сахарозу. Молекулярная масса, г/моль: Глюкоза – 180; Этанол – 46; Сахароза 342 г/моль.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	100 % выполненных заданий
отлично	90-99% выполненных заданий
очень хорошо	85-89% выполненных заданий
хорошо	75-84% выполненных заданий
удовлетворительно	60-74% выполненных заданий
неудовлетворительно	45-69% выполненных заданий
плохо	менее 44% выполненных заданий

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Вопросы к устному опросу по теме "Дыхание":

1. Реакции подготовительного этапа гликолиза с указанием ферментов. Возможность включения в гликолиз разных углеводов.
2. Субстратное фосфорилирование. ГАФ-дегидрогеназная реакция, енолазная реакция, их механизмы.
3. Энергетический баланс гликолиза, молочнокислого и спиртового брожений.
4. ПВК-дегидрогеназный комплекс. Состав, строение. Механизм работы.
5. Витамины группы В и витаминоподобные вещества в энергетическом обмене клетки (на примере ПВК-дегидрогеназного комплекса).
6. α-кетоглутарат-дегидрогеназный комплекс. Состав, строение, механизм работы. Субстратное фосфорилирование.
7. Последовательность реакций цикла Кребса, характер химических превращений веществ.
8. Энергетический баланс цикла Кребса.
9. Последовательность компонентов ДЭТЦ по Чансу и Хатефи. Точки сопряжения. Дыхательные яды.
10. НАДН-убихинон-дегидрогеназный комплекс как первичный генератор протонного потенциала. Строение. Гипотезы механизма работы.
11. Сукцинатдегидрогеназа. Строение. Механизм работы.
12. Убихинол-цитохром с-редуктаза как первичный генератор протонного потенциала. Q-цикл.
13. Цитохромоксидаза как первичный генератор протонного потенциала. Механизм транспорта электронов по типу «полупетли».
14. Особенности митохондрий растений. Альтернативная оксидаза, малик-энзим, шунтирование первого дыхательного комплекса.
15. Разные варианты потоков электронов в дыхательной ЭТЦ, их энергетическая эффективность.
16. Фармакокинетика и фармакодинамика лекарственных средств, модулирующих энергетический обмен (тиоктовая кислота, карнитин, карнитин, триметазидин, милдронат и др.)

Вопросы к устному опросу по теме "Клеточная работа":

1. Использование АТФ и протонного потенциала для выполнения механической работы. Различие механизмов работы жгутиков прокариот и эукариот.
2. Использование протонного потенциала для выполнения осмотической работы. Примеры транспорта веществ за счет разных составляющих мембранного потенциала. Понятия уни-/сим-/антипортеров.
3. Транспорт восстановленных эквивалентов в митохондрии: малатный и фосфоглицератный челноки. Механизмы, эффективность, тканевая приуроченность.
4. Использование протонного потенциала для выполнения химической работы. Строение и работа АТФ-синтетазного комплекса. Гипотеза Кросса, Бойера.
5. Разнообразие АТФаз по строению и выполняемым функциям.
6. АТФ/АДФ-антипортер. Основная функция. Участие в термогенезе. Термогенез у растений и животных. Механизмы, биологический смысл.
7. Карнитин как транспортер жирных кислот в митохондрии. Роль в энергетическом обмене.

Вопросы к устному опросу "Преобразование энергии на фотосинтетических мембранах":

1. Бактериородопсин - фотосинтетический первичный генератор протонного потенциала архебактерий: строение, механизм работы. Галородопсин, ченнелродопсин. Родопсин - сходства и различия с бактериородопсином.
2. Хлорофилльный фотосинтез. Компоненты фотосинтетической электрон-транспортной цепи. Механизмы генерации протонного потенциала на мембране тилакоида. Разнообразие электронных потоков, их функциональная роль.
3. Z-схема фотосинтеза, природа и механизм работы основных компонентов.
4. Потоки электронов в ФЭТЦ: нециклический, циклический, псевдоциклический (реакцию Мелера), циклический поток вокруг фотосистемы II, поток на восстановление азота,

хлородыхание - молекулярные продукты и механизмы генерации протонного потенциала для всех перечисленных выше электронных потоков.

Вопросы к устному опросу "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.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продemonстрировано, в целом, хорошее знание материала по теме опроса, возможно наличие 1 грубой либо не более 3 негрубых ошибок. Ошибки исправлены при помощи наводящих вопросов преподавателя. В целом, успешное, но несистематическое умение работы с химическими формулами при объяснении темы вопроса.
не зачтено	Знания фрагментарные либо их полное отсутствие. Невозможность опознать ошибку и исправить ее даже с помощью наводящих вопросов преподавателя. Отказ отвечать.

## 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. Невозможность 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. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем 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»
не зачтено	<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

#### 5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

##### Оценочное средство - Контрольные вопросы

##### Зачёт

##### Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Зачёт)

Оценк а	Критерии оценивания
зачтено	<p><b>Превосходно:</b> Безупречное знание и владение понятиями, концепциями, умение сопоставлять и анализировать материал. Демонстрация полной сформированности навыков. В текущей успеваемости при обучении по дисциплине – “зачтено” и “превосходно” и «отлично».</p> <p><b>Отлично:</b> Владение материалом и демонстрация навыков с незначительными недочетами. В текущей успеваемости при обучении по дисциплине – “зачтено”, “очень хорошо”, «отлично» или “превосходно” ИЛИ владение материалом и демонстрация навыков на экзамене соответствует оценке “очень хорошо”, но в текущей успеваемости при обучении дисциплине - “зачтено”, “отлично” и «превосходно».</p> <p><b>Очень хорошо:</b> Недочеты при сравнительном анализе, незначительные ошибки. Неточности и ошибки в демонстрации навыков, устраняемые после наводящих вопросов преподавателя. В текущей успеваемости при обучении по дисциплине – “зачтено”, “хорошо” и выше.</p> <p><b>Хорошо:</b> Знание теоретического материала в неполном объеме. Неточности и ошибки в демонстрации навыков, устраняемые после наводящих вопросов преподавателя. В текущей успеваемости при обучении по дисциплине – “зачтено”, “удовлетворительно” и выше ИЛИ знание материала и демонстрация навыков на экзамене соответствует оценке “удовлетворительно”, но в текущей успеваемости при обучении дисциплине - “зачтено”, “хорошо” и выше.</p> <p><b>Удовлетворительно:</b> Знание материала в объеме не менее 50%, грубые ошибки (не более 3). Неточности и ошибки в демонстрации навыков, частично устраняемые после наводящих вопросов преподавателя. В текущей успеваемости при обучении по дисциплине – “зачтено”, “удовлетворительно» и выше.</p>
не зачтено	<p><b>Неудовлетворительно:</b> Знания фрагментарные, неумение сопоставлять и анализировать. Навыки не сформированы. И/ИЛИ наличие оценок “незачтено” либо «неудовлетворительно» в текущей успеваемости.</p> <p><b>Плохо:</b> Отсутствие ответа или грубые ошибки в понимании теоретического материала и при демонстрации навыков, наличие оценок “незачтено”, “плохо” и/или “неудовлетворительно” в текущей успеваемости.</p>

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Зачёт) для оценки сформированности компетенции 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)

Основные классы макроэргических веществ клетки.
Электрохимические потенциалы клетки как внутриклеточная форма энергии.
Гликолиз: этапы, химизм, энергетика процесса.
Цикл трикарбоновых кислот: химизм, энергетика процесса.
$\beta$ -окисление жирных кислот: химизм, этапы, энергетика процесса. Роль карнитина.
Генераторы протонного электрохимического потенциала в дыхательной ЭТЦ митохондрий. Механизм работы.
Генераторы протонного электрохимического потенциала в фотосинтетической ЭТЦ хлоропластов. Механизм работы.
Бактериородопсиновый фотосинтез.
Натриевая энергетика: механизмы генерации натриевого потенциала, примеры выполнения внутриклеточной работы.
Микросомальное окисление: химизм, локализация, биологическая роль.

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

### Основная литература:

1. Биоэнергетика. Практикум. - Минск : БГУ, 2016. - 87 с. - Рекомендовано Учебно-методическим объединением по естественно-научному образованию в качестве учебно-методического пособия для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальностям 1-31 01 01 «Биология (по направлениям)», 1-31 01 02 «Биохимия». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции БГУ - Биология. - ISBN 978-985-566-258-8., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=780246&idb=0>.
2. Нельсон Д. Основы биохимии Ленинджера. Т. 2. Биоэнергетика и метаболизм : монография / Нельсон Д.; Кокс М. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 691 с. - ISBN 978-5-00101-865-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=735476&idb=0>.
3. Основы биоэнергетики. В пособии рассмотрены проблемы биоэнергетики: биологическое окисление, сопряженное с фосфорилированием; компоненты дыхательной цепи; свободное окисление; микросомальное окисление в печени; биоэнергетика мышц и других сократительных структур. Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям 06.03.01 "Биология", 06.04.01 "Биология". The manual contains basic theoretical information on problems of bioenergetics: biological oxidation conjugated with phosphorylation; respiratory chain components; free oxidation; microsomal oxidation in the liver; bioenergetics of muscles and other structures. It is intended for students of specializations 06.03.01 "Biology" and 06.04.01 "Biology". / Овчинникова С. И., Михнюк О. В., Шкуратова Е. Б., Шашкова Е. В. - Мурманск : МГТУ, 2016. - 88 с. - Допущено Ученым советом университета в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлениям 06.03.01 "Биология", 06.04.01 "Биология". - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции МГТУ - Биология. - ISBN 978-5-86185-883-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=735476&idb=0>.

lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=726764&idb=0.

Дополнительная литература:

1. Панов (null). Функциональная биоэнергетика и механизмы старения организма человека / Панов; Жолобак; Колесников. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2023. - 372 с. - ISBN 978-5-9704-7524-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=837993&idb=0>.
2. Зайцев С. Ю. Биоэнергетика фотосинтеза / Зайцев С. Ю., Садовская Т. А. - Москва : МГАВМиБ им. К.И. Скрябина, 2011. - 21 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции МГАВМиБ им. К.И. Скрябина - Ветеринария и сельское хозяйство., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=744075&idb=0>.
3. Кузьмин Сергей Николаевич. Нетрадиционные источники энергии: биоэнергетика : Учебное пособие. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2021. - 129 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-011314-2. - ISBN 978-5-16-103490-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=739475&idb=0>.
4. Углеводы. Биоэнергетика : учебное пособие / Беева Д. А., Шелгаев В. Н., Беев А. А., Мурзаканова М. М. - Нальчик : КБГУ, 2017. - 88 с. - Рекомендовано Редакционно-издательским советом КБГУ в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по специальностям 31.05.01 Лечебное дело, 31.05.03 Стоматология. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции КБГУ - Химия., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=754373&idb=0>.

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

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

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

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 06.03.01 - Биология.

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

Рецензент(ы): Воденеев Владимир Анатольевич, доктор биологических наук.

Заведующий кафедрой: Брилкина Анна Александровна, кандидат биологических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 06.09.2022, протокол № 1.