

- 1. Код и наименование направления подготовки:** 06.04.01 Биология
- 2. Профиль подготовки:** Биофизика, Биохимия, Медико-биологические науки, Биоресурсы
- 3. Квалификация выпускника:** магистр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** биохимии и физиологии клетки
- 6. Составители программы:** Федорин Дмитрий Николаевич, к.б.н., доцент
- 7. Рекомендована:** НМС медико-биологического факультета, протокол №2 от 04.03.2025г.
- 8. Учебный год:** 2026/2027

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины является:

Формирование у студентов представлений об общих закономерностях становления биоэнергетических систем в эволюционном аспекте и формирование целостного представления о живом мире.

Задачи учебной дисциплины:

- 1) выяснение особенностей термодинамических процессов живых организмов;
- 2) изучение основных этапов химической и биологической эволюции;
- 3) установление взаимосвязи эволюции типов биоэнергетических систем и среды обитания;
- 4) познание обратной связи в эволюции части и целого.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина Б1.В.ДВ.03.01. Биоэнергетика клетки относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1 Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 06.04.01 Биология (магистр).

Требования к входным знаниям, умениям и навыкам: знания об организации метаболических процессов в клетке, знания о структуре и свойствах основных классов биологических макромолекул, участвующих в катаболизме растительной клетки, связи катаболизма различных органических веществ и особенностей окислительного метаболизма растительной, животной и бактериальной клетки.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен планировать работу и выбирать методы решения исследовательских задач адекватно поставленным целям с учетом широкого понимания профессиональной области и/или области обучения, в том числе на междисциплинарном уровне	ПК-1.1	Анализирует и обрабатывает информацию по тематике исследования в выбранной области наук, в том числе на междисциплинарном уровне	Знать: основное программное обеспечение для работы с базами данных и библиотечными ресурсами для поиска и анализа информации. Уметь: применять на практике основные биоинформатические методы для поиска научной информации, необходимой для решения задач исследования. Владеть: навыками анализа и обработки научной информации полученной в рамках тематики исследования.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.

Форма промежуточной аттестации - зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		3	№ семестра	...
Аудиторные занятия	18	18		

в том числе:	лекции				
	практические				
	лабораторные	18	18		
Самостоятельная работа		54	54		
в том числе: курсовая работа (проект)					
Форма промежуточной аттестации			зачет		
Итого:		72	72		

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
1. Лекции			
2. Практические занятия			
3. Лабораторные занятия			
3.1	Особенности биологического окисления органических веществ. Основные этапы окислительного метаболизма. Особенности ЭТЦ. Использование мембранного потенциала.	1. Общие принципы организации окислительного метаболизма растений. Снабжение энергией растительной клетки. Фотосинтез и дыхание. 2. Электронный транспорт в хлоропластах и митохондриях. Особенности функционирования гликолиза. Цикл Кребса. ОПФП. 3. Окислительный метаболизм липидов. 4. Общий обзор электронтранспортной цепи. Комплексы ЭТЦ. Переносчики протонов и электронов в ЭТЦ и разделение зарядов. Перенос протонов через мембрану при работе ЭТЦ. Модели, объясняющие такой перенос: петли и конформационные помпы. Понятие о Q-цикле.	
3.2	Альтернативные механизмы окисления. Действие стрессовых факторов на окислительный метаболизм.	5. Ротенон-нечувствительные НАДН-дегидрогеназы. Альтернативная оксидаза. Окисление различных субстратов в ЭТЦ митохондрий. 6. Преимущественное окисление глицина и его значение. Окисление сукцината. Окисление малата. Роль малатдегидрогеназы и малик-энзима в митохондриях и других компартментах. 7. Разделение потоков электронов в ЭТЦ митохондрий. Дыхательный контроль. Разобщенное дыхание. Термогенез. Дыхательный метаболизм и адаптация к стрессовым условиям. 8. Перестройка метаболизма при стрессе. Роль шунтирующих реакций в стрессовых условиях. ГАМК-шунт и цикл Браунштейна. Активные формы кислорода. Пути образования и детоксикации супероксидрадикала и перекиси водорода. Супероксиддисмутазы и пероксидазы. Регуляции скорости образования активных форм кислорода.	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Особенности биологического окисления органических веществ. Основные этапы окислительного метаболизма. Особенности ЭТЦ.			10	22	32

	Использование мембранного потенциала.					
2	Альтернативные механизмы окисления. Действие стрессовых факторов на окислительный метаболизм.			8	32	40
	Итого:			18	54	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

В соответствии с требованиями ФГОС ВО реализация компетентного подхода в дисциплине «Биоэнергетика клетки» предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Каждый обучающийся обеспечен доступом к библиотечным фондам Университета и кафедры, а также к электронным библиотечным системам с которыми имеется договор свободного доступа. При изучении дисциплины предусмотрена работа студента в группе, формирующая чувство коллективизма и коммуникабельность, а также самостоятельная работа, способствующая формированию активной жизненной позиции поведения, аккуратности, дисциплинированности. Для успешного освоения дисциплины обучающимся рекомендуется регулярная работа с презентационным материалом, своевременное выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.

Текущий контроль усвоения определяется устным опросом в ходе занятий, ответами на тестовые задания. Способность к творческой деятельности и поиску новых решений определяется подбором ситуационных задач. Помимо индивидуальных оценок, используется оппонирование студентами рефератов друг друга и рецензирование ответов на коллоквиуме. В конце изучения учебной дисциплины проводится контроль знаний в виде зачета с оценкой.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Биохимия : учебное пособие / В. В. Лелевич, И. О. Леднева, Н. Э. Петушок, А. Г. Виницкая ; под редакцией В. В. Лелевича. — Гродно : ГрГМУ, 2022. — 412 с. — ISBN 978-985-595-696-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/283535

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Биохимия / под ред. Е. С. Северина. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2014
2	Физиология растений : [учебник для студ. вузов по агроном. специальностям] / В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. — М. : Высш. шк. : Абрис, 2011. — 783,
3	Физиология растений : учебник для студ. вузов, обуч. по биол. специальностям и направлению 510600 "Биология" / Н.Д. Алехина [и др.] ; под ред. И.П. Ермакова. — М. : Academia, 2005. — 634
4	Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты : учебник для студ. вузов, обуч. по биол. специальностям направления 020200 "Биология" / А.Т. Мокроносов, В.Ф. Гавриленко, Т.В. Жигалова. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Academia, 2006. - 445 с.
5	Биохимия : Учебник для студ. вузов, обуч. по направлениям и специальностям мед.-биол. профиля / Н. А. Жеребцов, Т. Н. Попова, В. Г. Артюхов. — Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. 693 с.
6	Биологическая химия : учебник для студ. хим., биол. и мед. специальностей вузов / Д. Г. Кнорре, С. Д. Мызина. — 3-е изд., испр. — М. : Высш. шк., 2002. 478, с.
7	Основы биохимии : учебник для студ. хим. и биол. спец. пед. ун-тов и ин-тов / Ю.Б. Филиппович. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 1993. 495, с.
8	Физиология растений : учебник / С.С. Медведев. — СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. 334, с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1	Электронно-библиотечная система "Консультант студента" - http://www.studmedlib.ru
2	Электронно-библиотечная система "Лань" - https://e.lanbook.com/

4	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
5	ЭУМК Биоэнергетика клетки на платформе «Электронный университет ВГУ» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4056

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	<i>Фотосинтез в схемах : учебное пособие для студ. вузов / А.Т. Епринцев, Д.Н. Федорин ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2009 .— 121 с.</i>
2	<i>Биохимические методы исследования ферментов гликолизатного цикла и ЦТК : учебно-методическое пособие для вузов (практикум) / Н.В. Селиванова, Д.Н. Федорин, А.Т. Епринцев ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2014 .— 39 с.</i>

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

В целях реализации дисциплины проводятся занятия с использованием мультимедиа, подготовка рефератов по изучаемым темам в течении семестра и к научной сессии ВГУ по направлению "Биология". При реализации дисциплины используются элементы электронного обучения и дистанционные образовательные технологии.

ЭУМК Биоэнергетика клетки на платформе "Электронный университет ВГУ"
<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4056>

в котором размещены презентационные материалы по темам занятий, учебная и научная литература по курсу, материалы для подготовки к текущим и промежуточной аттестации.

1. Информационно-коммуникационные технологии (консультации преподавателя через тематические форумы и вебинары с использованием электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО "ВГУ" - Образовательный портал «Электронный университет ВГУ» (www.moodle.vsu.ru).
2. Информационные технологии (доступ в Интернет)
4. ЭБС «Консультант студента» <http://www.studmedlib.ru/>
5. ЗНБ ВГУ www.lib.vsu.ru
6. Электронно-библиотечная система "Лань" - <https://e.lanbook.com/>

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (для проведения занятий семинарского типа, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации): специализированная мебель, термостат ТС-80, весы Ohaus, спектрофотометр СФ 2000, ФЭК КФК-2, микроскопы Биомед 2 (7 шт), центрифуга Heraeus Biofuge pico	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, пом. I, Учебный корпус №1, ауд. 367
Учебная аудитория (для проведения занятий семинарского типа, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации): специализированная мебель, шкаф вытяжной 900 БМВ, весы Ohaus Advanturer AR 1530, спектрофотометр СФ-2000, рН-метр рН-150, холодильник Atlant 4020-022, центрифуга Heraeus Biofuge pico, мультимедийный проектор Acer, экран для проектора, ноутбук Toshiba WinPro 8, OfficeSTD, браузер	394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, пом. I, Учебный корпус №1, ауд. 364

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Особенности биологического окисления органических веществ. Основные этапы окислительного метаболизма. Особенности ЭТЦ. Использование мембранного потенциала.	ПК-1 Способен планировать работу и выбирать методы решения исследовательских задач адекватно поставленным целям с учетом широкого понимания профессиональной области и/или области обучения, в том числе на междисциплинарном уровне	ПК-1.1 Анализирует и обрабатывает информацию по тематике исследования в выбранной области наук, в том числе на междисциплинарном уровне	Собеседование
2.	Альтернативные механизмы окисления. Действие стрессовых факторов на окислительный метаболизм.	ПК-1 Способен планировать работу и выбирать методы решения исследовательских задач адекватно поставленным целям с учетом широкого понимания профессиональной области и/или области обучения, в том числе на междисциплинарном уровне	ПК-1.1 Анализирует и обрабатывает информацию по тематике исследования в выбранной области наук, в том числе на междисциплинарном уровне	Собеседование
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				КИМ

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов для текущей аттестации

Вопросы к разделу 1

Особенности биологического окисления органических веществ. Основные этапы окислительного метаболизма. Особенности ЭТЦ. Использование мембранного потенциала.

1. Митохондрии: строение, биохимический состав, происхождение.
2. Общая характеристика ферментных систем дыхания растений.
3. Гликолиз: биохимия и регуляция.
4. Цикл Кребса: биохимия, значение и регуляция.
5. Дыхательная цепь (ЭТЦ).
6. АТФ-аза: строение и функции.

7. Окислительное и субстратное фосфорилирование. Механизм окислительного фосфорилирования.
8. Активные формы кислорода.
9. Свободное окисление у растений.
10. Антиоксидантные системы.
11. Супероксиддисмутазы и пероксидазы.
12. Регуляции скорости образования активных форм кислорода.

Вопросы к разделу 2

Альтернативные механизмы окисления. Действие стрессовых факторов на окислительный метаболизм.

13. Альтернативные пути терминального окисления.
14. Механизмы потери мембранного потенциала: разобщение, «мягкое разобщение», ресопряжение.
15. Роль шунтирующих реакций в стрессовых условиях.
16. Термогенез.
17. Обратный транспорт.
18. Окисление различных субстратов в ЭТЦ митохондрий.
19. Ротенон-нечувствительные НАДН дегидрогеназы.
20. ГАМК-шунт и цикл Браунштейна.

Текущая аттестация производится в формах: - устного опроса (собеседование).

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания).

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области биохимии и биоэнергетики	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), демонстрирует освоение знаний, умений, навыков компетенций дисциплины, допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач	<i>Базовый уровень</i>	

Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен продемонстрировать освоение знаний, умений, навыков компетенций дисциплины, допускает значительные ошибки при решении практических задач	Пороговый уровень	
Ответ на вопрос не соответствует любым трем из перечисленных показателей. Обучающийся обладает отрывочными, фрагментарными знаниями, допускает грубые ошибки, не может продемонстрировать обладание знаниями, умениями, навыками компетенций дисциплины.	–	Незачтено

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по вопросам к зачету (3 семестр):

1. Митохондрии: строение, биохимический состав, происхождение.
2. Общая характеристика ферментных систем дыхания растений.
3. Гликолиз: биохимия и регуляция.
4. Цикл Кребса: биохимия, значение и регуляция.
5. Дыхательная цепь (ЭТЦ).
6. АТФ-аза: строение и функции.
7. Окислительное и субстратное фосфорилирование. Механизм окислительного фосфорилирования.
8. Альтернативные пути терминального окисления.
9. Механизмы потери мембранного потенциала: разобщение, «мягкое разобщение», ресопряжение.
10. Активные формы кислорода.
11. Свободное окисление у растений.
12. Антиоксидантные системы.
13. Супероксиддисмутаза и пероксидазы.
14. Роль шунтирующих реакций в стрессовых условиях.
15. Термогенез.
16. Обратный транспорт.
17. Окисление различных субстратов в ЭТЦ митохондрий.
18. Ротенон-нечувствительные НАДН дегидрогеназы.
19. ГАМК-шунт и цикл Браунштейна.
20. Регуляции скорости образования активных форм кислорода.

Описание технологии проведения

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

В каждый КИМ входит по 2 вопроса по различным разделам дисциплины. Зачет проводится в виде устного опроса. На зачете студент получает

индивидуальный билет, время подготовки к ответу 40 минут. На зачете запрещается пользоваться какими-либо вспомогательными средствами. Во время проведения зачета экзаменатор может задать любой дополнительной вопрос в пределах вопросов, вынесенных на зачет.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области биохимии биоэнергетики.	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), демонстрирует освоение знаний, умений, навыков компетенций дисциплины, допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач	<i>Базовый уровень</i>	
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен продемонстрировать освоение знаний, умений, навыков компетенций дисциплины, допускает значительные ошибки при решении практических задач	<i>Пороговый уровень</i>	
Ответ на вопрос не соответствует любым трем из перечисленных показателей. Обучающийся обладает отрывочными, фрагментарными знаниями, допускает грубые ошибки, не может продемонстрировать обладание знаниями, умениями, навыками компетенций дисциплины.	–	<i>Незачтено</i>