

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
Биохимии и физиологии клетки



(А.Т. Епринцев)  
21.03.2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
Б1.В.ДВ.05.01 Метаболизм прокариот

- 1. Код и наименование направления подготовки:** 06.03.01 Биология
- 2. Профиль подготовки:** Биохимия
- 3. Квалификация выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Кафедра биохимии и физиологии клетки
- 6. Составители программы:**  
Грабович Маргарита Юрьевна, доктор биологических наук, профессор  
Гуреева Мария Валерьевна, кандидат биологических наук
- 7. Рекомендована:** НМС медико-биологического факультета 21.03.22, протокол №2
- 8. Учебный год:** 2025-2026 **Семестр(ы)/Триместр(ы):** 8

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Формирование у студентов знаний о роли микроорганизмов в превращении веществ и энергии в биосфере, отличие метаболизма бактерий и архей, фототрофии, углеродной и азотной автотрофии.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина «Б1.В.ДВ.05.01 Метаболизм прокариот» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 06.03.01 Биология (бакалавр).

## 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-4	Способен осуществлять необходимые исследования с микроорганизмами и, проводить расчеты и обобщать полученные результаты	ПК-4.1	Осуществляет выбор и проведение микробиологических исследований согласно тематике работ	<p>Знать: пути энергетического метаболизма прокариот: аэробное и анаэробное дыхание, брожение; пути конструктивного метаболизма: пути автотрофного и гетеротрофного усвоения соединений углерода, пути азотной автотрофии, методы исследования энергетического и конструктивного метаболизма бактерий, таксономические группы прокариот, способные осуществлять определенные физиологические процессы.</p> <p>Уметь: определять методы, необходимые для исследования определенного метаболического пути, поддерживать чистые культуры микроорганизмов, проводить стандарт-тесты и определять активность ферментов прокариот</p> <p>Владеть: методами определения активности ключевых ферментов центральных путей энергетического и конструктивного метаболизма прокариот, методами микробиологических посевов.</p>
ПК-4	Способен осуществлять необходимые исследования с микроорганизмами и, проводить расчеты и обобщать полученные результаты	ПК-4.2	Проводит оценку результатов исследования и расчеты по стандартным методикам	<p>Знать: методы статистического анализа</p> <p>Уметь: использовать методы статистического анализа при обработке результатов экспериментов по изучению метаболизма прокариот</p> <p>Владеть: методами стат.обработки</p>

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3/108.

Форма промежуточной аттестации *Зачет*

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		8 семестр	...

Аудиторные занятия	40	40		
в том числе:	лекции	20	20	
	групповые консультации			
	лабораторные	20	20	
Самостоятельная работа	68	68		
Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.)				
Итого:	108	108		

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Хемотрофия	Доноры и терминальные акцепторы электронов. Молекулярный кислород и его альтернатива. Дыхание и брожение.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-1">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-1</a>
1.2	Фототрофия	Фотосинтез. Истинный фотосинтез: кислородные и анакислородные фототрофы.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-2">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-2</a>
1.3	Углеродная автотрофия	Понятие автотрофии и гетеротрофии. Пути автотрофной фиксации CO <sub>2</sub> : цикл Кальвина и цикл Арнона	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-3">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-3</a>
1.4	Азотная автотрофия	Усвоение соединений азота.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-4">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-4</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1			
2.2			
<b>3. Лабораторные работы</b>			
3.1	Хемотрофия	Пути превращения пирувата при брожении: окислительное декарбоксилирование, декарбоксилирование, восстановление, тиолазное расщепление.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-1">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-1</a>
3.2	Фототрофия	Квази-фототрофия. Галоархеи	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-2">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-2</a>
3.3	Углеродная автотрофия	Пути автотрофной фиксации CO <sub>2</sub> : 3-гидроксипропионатный путь и его разновидности, ассимиляция CO <sub>2</sub> при метаногенезе и ацетогенезе. Гетеротрофная фиксация CO <sub>2</sub> .	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-3">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-3</a>
3.4	Азотная автотрофия	Азотфиксация, свободноживущие и симбиотические азотфиксаторы. Механизм фиксации азота. Молекулярные основы денитрификации.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-4">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651#section-4</a>

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Хемотрофия	6		6	17	29
2	Фототрофия	6		6	17	29

3	Углеродная автотрофия	4		4	17	25
4	Азотная автотрофия	4		4	17	25
	Итого:	20		20	68	108

#### **14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО реализация компетентного подхода предусматривается 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. 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 научной литературой, периодическими изданиями, своевременное выполнение контрольных работ и т.д.

В рамках курса предусмотрена возможность дистанционного обучения с использованием "Электронного университета".

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, всего 108 часов, из которых 40 ч составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (20 часов занятия лекционного типа, 20 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 68 ч составляет самостоятельная работа обучающегося. Изучение данной дисциплины предусматривает проведение промежуточной аттестации в виде зачета и 4 текущих аттестаций. Текущая аттестация является обязательной, ее результаты оцениваются в балльной системе и по решению кафедры могут быть учтены при промежуточной аттестации обучающихся. Сроки проведения текущей аттестации регламентируются календарным планом проведения лабораторных занятий, сроки проведения промежуточной аттестации устанавливаются расписанием промежуточной аттестации, разработанным в соответствии с учебным планом по специальности 06.03.01 Биология.

Программа дисциплины предусматривает проведение лабораторных и семинарских занятий. Лекционный материал раскрывает основные теоретические вопросы данной дисциплины. Лабораторные работы обеспечивают формирование необходимых в рамках компетенции умений и навыков (владений). На семинарских занятиях проводится опрос по теоретическим вопросам изучаемых тем, разбираются проблемные ситуации, решаются практические задания. При подготовке к семинару студент должен использовать рекомендованные преподавателями учебники и учебные пособия, электронные ресурсы. Изучение данной дисциплины предусматривает также самостоятельную работу. Выполнение самостоятельной работы предполагает: качественную подготовку ко всем видам учебных занятий; реферирование и аннотирование указанных преподавателем источников литературы; систематический просмотр периодических изданий с целью выявления публикаций в области изучаемой проблематики; изучение учебной литературы; использование интернет-ресурсов; подготовку докладов-презентаций по отдельным темам дисциплины. В процессе самостоятельной подготовки при освоении дисциплины необходимо изучить основную литературу, затем – дополнительную. Именно знакомство с дополнительной литературой, значительная часть которой существует как в печатном, так и электронном виде, способствует более глубокому освоению изученного материала. Выступления на практических занятиях могут быть представлены в виде реферата, доклада или сообщения. Любое из них должно содержать план или постановку задачи, изложение материала и выводы. В каждом выступлении необходимо выделять главную мысль («стержневой вопрос»). Выступления должны носить научный, логичный, аргументированный, конкретный и профессиональный характер, быть убедительными.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей и в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Куранова Н. Г.. Микробиология: учебное пособие, Ч. 2. Метаболизм прокариот [Электронный ресурс] / Москва:Прометей,2017. -100с. - 978-5-906879-11-0 <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=483200&amp;sr=1">https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=483200&amp;sr=1</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Нетрусов, Александр Иванович. Микробиология : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования, обуч. по направлению подгот. "Педагогическое образование" профиль "Биология" / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова .— Москва : Академия, 2012 .— 378, с.
2	Микробиология : учебное пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т.; сост. Е.Ю. Иванова .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2007 .— 100 с.
3	Гусев, Михаил Викторович. Микробиология : учебник для студ. вузов, обуч. по направлению 510600"Биология" и биол. специальностям / М. В. Гусев, Л. А. Минеева .— 4-е изд., стер. — М. : Academia, 2003 .— 461 с.
4	Заварзин, Георгий Александрович. Введение в природоведческую микробиологию : Учебное пособие для студ. вузов / Г. А. Заварзин, Н.Н. Колотилова .— М. : Университет, 2001 .— 255 с.
5	Гальченко, Валерий Федорович. Метанотрофные бактерии / В. Ф. Гальченко; Рос. акад. наук. Ин-т микробиологии .— М. : ГЕОС, 2001 .— 500 с.
6	Шлегель, Ганс Гюнтер. История микробиологии / Г. Г. Шлегель ; пер. с нем. Т.Г. Мирчинк .— М. : УРСС, 2002 .— 302 с. .
7	Современная микробиология. Прокариоты : [учебник] : в 2 т. / под ред. Й. Ленгелера [и др.] .— М. : Мир, 2005.
8	Грабович, Маргарита Юрьевна. Морфология и культивирование микроорганизмов : практикум для вузов / М.Ю. Грабович, В.В. Чурикова, М.А. Климова ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2007 .— 50, [1] с
9	Грабович, Маргарита Юрьевна. Метаболизм микроорганизмов : практикум для вузов / М.Ю. Грабович, В.В. Чурикова, М.А. Климова ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2007 .— 45 с. — Библиогр.: с. 45
10	Чурикова, Виктория Викторовна. Основы микробиологии и вирусологии : учебное пособие для студ. биол. спец. ун-тов / В.В. Чурикова, Д.П. Викторов .— Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1989 .— 271

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

№ п/п	Ресурс
1	Интернет ресурсы, отвечающие тематике дисциплины.
2	Полнотекстовая база «Университетская библиотека» - образовательный ресурс. - <URL: <a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a> >
3	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Грабович, Маргарита Юрьевна. Морфология и культивирование микроорганизмов : практикум для вузов / М.Ю. Грабович, В.В. Чурикова, М.А. Климова ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2007 .— 50, [1] с. — Библиогр. с. 51.
2	Грабович, Маргарита Юрьевна. Метаболизм микроорганизмов : практикум для вузов / М.Ю. Грабович, В.В. Чурикова, М.А. Климова ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2007 .— 45 с. — Библиогр.: с. 45.
3	Руководство по определению энергетических характеристик бактериальных и внутриклеточных мембран : учебное пособие для студ. вузов / М.С. Мунтян [и др.] ; Воронеж. гос. ун-т, Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010 .— 63 с. : ил., цв. ил., табл. — Библиогр.: с. 61-63 .— ISBN 978-5-9273-1711-0.

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

При ведении курса используется ЭУМК, созданный на платформе moodle (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=13651>). На курсе имеются презентации к лекциям, методические указания для лабораторных работ, задания к лабораторным занятиям, чаты для вопросов и консультаций к зачету. Литературу, необходимую для освоения программы, можно найти также на сайте ЗНБ ВГУ (<https://lib.vsu.ru/>) в разделе ЭБС

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборантская, помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 368а)	Ноутбук Lenovo G500
Учебная лаборатория микробиологии (для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации) (г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 369)	Специализированная мебель, микроскопы LM2 (5 шт.), микроскоп Nr. M258619, микроскоп Zeiss PrimoStar, мультимедийный проектор BENQ, мобильный экран для проектора, ноутбук Toshiba, термостат ТС-80М-2

## 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.	Разделы 1, 2	ПК-4	ПК-4.1	<i>Вопросы к разделам</i>
2	Разделы 3, 4	ПК-4	ПК-4.2	<i>Вопросы к разделам</i>
Промежуточная аттестация форма контроля – _зачет _____				<i>Перечень вопросов</i>

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

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); письменных работ (лабораторные работы и пр.); тестирования. Критерии оценивания приведены ниже.

### Перечень заданий для контрольных работ

### Комплект вопросов для коллоквиума №1

по дисциплине Метаболизм прокариот

Тема: Хемотрофия

1. Хемосинтез.
2. Пути сбраживания углеводов (гликолиз, пентозофосфатный путь, путь Энтнера-Дудорова, путь Фриза-Стаутамера). Особенности этих путей у бактерий и архей.
3. Микроорганизмы, вызывающие спиртовое брожение, его механизм. Применение спиртового брожения. Способы получения спирта.
4. Маслянокислое и ацетонобутиловое брожение. Химизм и бактерии их вызывающие.
5. Молочнокислое брожение (гомо-, гетероферментативное). Применение молочнокислого брожения. Промышленное получение молочной кислоты.
6. Брожение смешанных кислот (муравьинокислое брожение).

7. Образование метана микроорганизмами. Химизм и значение этого процесса. Практическое использование метанобразующих бактерий.
8. Карбонатное и фумаратное дыхание.
9. Анаэробное дыхание. Денитрифицирующие и сульфатвосстанавливающие бактерии.
10. Энергетический обмен у микроорганизмов. Сравнение энергетического выхода дыхания и брожения.
11. Аэробные окислительные процессы у микроорганизмов (дыхание). Энергетический выход. Особенности электротранспортной цепи.

## Комплект вопросов для коллоквиума №2

по дисциплине Метаболизм прокариот

Тема: Фототрофия

1. Фототрофные прокариоты.
2. Аноксигенный и оксигенный фотосинтез.
3. Теория эволюции биоэнергетических систем по Скулачеву.
4. Характеристика фототрофов.
5. Бесхлорофильный фотосинтез.

## Комплект вопросов для коллоквиума №3

по дисциплине Метаболизм прокариот

Тема: Углеродная автотрофия

1. Включение CO<sub>2</sub> в обмен автотрофных организмов (циклические и нециклические пути).
2. Цикл Кальвина
3. Восстановительный цикл лимонной кислоты
4. 3-гидроксипропионатный путь
5. Ассимиляция CO<sub>2</sub> у ацетогенных бактерий
6. Ассимиляция CO<sub>2</sub> у метаногенных архей
7. Метанотрофы и метилотрофы.

## Комплект вопросов для коллоквиума №4

по дисциплине Метаболизм прокариот

Тема: Азотная автотрофия

1. Механизм фиксации азота. Значение этого процесса
2. Генетическая детерминированность процесса азотфиксации
3. Защита нитрогеназного комплекса от АФК
4. Свободноживущие diaзотрофы
5. Симбиотические diaзотрофы

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>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 метаболизма прокариот</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Обучающийся способен перечислить и охарактеризовать основные реакции энергетического и конструктивного метаболизма, рассказать о методологии определения активности того или иного процесса, однако допускает незначительные ошибки при ответе на вопросы.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен назвать отдельные метаболические процессы, протекающие в клетках</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>

<i>прокариот, называет некоторые методы определения активности этих процессов. Не умеет применять полученные знания при решении ситуационных задач. Не умеет анализировать информацию.</i>		
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при ответе</i>	–	<i>Неудовлетворительно</i>

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Перечень вопросов к зачету

- 1 Хемосинтез.
- 2 Включение CO<sub>2</sub> в обмен автотрофных организмов. Циклические (цикл Кальвина, восстановительный цикл лимонной кислоты, 3-гидроксипропионатный путь)
- 3 Нециклические пути ассимиляции CO<sub>2</sub> у ацетогенных и метаногенных прокариот.
- 4 Метанотрофы и метилотрофы.
- 5 Фототрофные прокариоты. Аноксигенный и оксигенный фотосинтез.
- 6 Бактериальный фотосинтез: оксигенный и аноксигенный.
- 7 Теория эволюции биоэнергетических систем по Скулачеву.
- 8 Характеристика фототрофов.
- 9 Бесхлорофильный фотосинтез.
- 10 Ассоциативная азотфиксация. Характеристика нитрогеназного комплекса.
- 11 Симбиотические азотфиксаторы. Механизм фиксации азота. Значение этого процесса.
- 12 Пути сбраживания углеводов (гликолиз, пентозофосфатный путь, путь Энтнера-Дудорова, путь Фриза-Стаутамера). Особенности этих путей у бактерий и архей.
- 13 Микроорганизмы, вызывающие спиртовое брожение, его механизм. Применение спиртового брожения. Способы получения спирта.
- 14 Маслянокислое и ацетонобутиловое брожение. Химизм и бактерии их вызывающие.
- 15 Молочнокислое брожение (гомо-, гетероферментативное). Применение молочнокислого брожения. Промышленное получение молочной кислоты.
- 16 Брожение смешанных кислот (муравьинокислое брожение).
- 17 Образование метана микроорганизмами. Химизм и значение этого процесса.
- 18 Практическое использование метанобразующих бактерий. Карбонатное и фумаратное дыхание.
- 19 Анаэробное дыхание. Денитрифицирующие и сульфатвосстанавливающие бактерии.
- 18 Энергетический обмен у микроорганизмов. Сравнение энергетического выхода дыхания и брожения.
- 19 Аэробные окислительные процессы у микроорганизмов (дыхание). Энергетический выход. Особенности электронтранспортной цепи.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.