

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

19.05.2025



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.04 Биоэнергетика клетки

**1. Код и наименование направления подготовки:**

06.03.01 БИОЛОГИЯ

**2. Профиль подготовки:**

Биология

**3. Квалификация (степень) выпускника:**

Бакалавр

**4. Форма обучения:**

Очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

Кафедра биохимии и физиологии клетки

**6. Составители программы:**

Епринцев Александр Трофимович, д.б.н., профессор, Федорин Дмитрий Николаевич, к.б.н., доцент, Фалалеева Марина Ивановна, к.б.н., доцент

**7. Рекомендована:** НМС медико-биологического факультета, протокол №2 от 04.03.2025

**8. Учебный год:**

2027-2028

**Семестр(ы):**

5

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель изучения учебной дисциплины – Формирование у студентов знаний об общих закономерностях возникновения, функционирования биоэнергетических систем у прокариот и эукариот.

Основными задачами учебной дисциплины являются:

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

Дисциплина реализуется частично в форме практической подготовки (ПП)

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Учебная дисциплина относится к обязательной части блока Б1 ОПОП 06.03.01/ Биология.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-2	Способен проводить отдельные виды исследований в рамках поставленных задач по стандартным методикам	ПК-2,1	Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана работы	Знать: принципы работы с научной литературой, представленной в различных форматах; основные онлайн сервисы для поиска информации в сети интернет.  Уметь: осуществлять поиск необходимой информации с помощью специализированного программного обеспечения.  Владеть: навыками работы с компьютерной техникой и поиска необходимой информации в глобальных компьютерных сетях.
ПК-3	Способен обрабатывать, анализировать и оформлять результаты исследований и разработок под руководством специалиста более высокой квалификации	ПК-3,2	Представляет/оформляет результаты лабораторных и/или полевых испытаний в соответствии с действующими технологическими регламентами/требованиями и формулирует выводы	Знать: основные принципы анализа и сопоставления научной информации, полученной из различных источников, основы составления и написания докладов  Уметь: применять знания об организации основных баз данных сети интернет для поиска и анализа научной информации; критически анализировать и определять степень достоверности информации на основе сопоставления данных из разных источников  Владеть: приемами анализа и сопоставления научных данных биологических исследований

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час:**

4/144

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачет с оценкой

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость				
		Всего	По семестрам			
			№ семестра		№ семестра	
		ч., в форме ПП	ч.	ч., в форме ПП		
Аудиторные занятия						
в том числе:	лекции					
	практические					
	лабораторные					
Самостоятельная работа						
в том числе: курсовая работа (проект)						
Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.)		Зачет с оценкой	Зачет с оценкой			
Итого:						

**13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
		<i>1. Лекции</i>	
1.1	<i>Преобразование энергии в живых клетках</i>	<i>История предмета. Формулировка первого и второго законов термодинамики. Механизм сопряжения энергодонорных и энергоакцепторных процессов. АТФ: строение, функции. Характеристика величины изменения стандартной свободной энергии гидролиза АТФ. Трансмембранный потенциал. Электрический и химический компоненты. Уравнение Нернста. Протондвижущая сила. Натрийдвижущая сила. Протонный цикл клетки и электрическая цепь. Разобщающие агенты трансмембранного потенциала. Потребители трансмембранного потенциала. Химическая и осмотическая работа за счет трансмембранного потенциала. Транспортная функция</i>	
1.2	<i>Эволюция биологических механизмов запасания энергии</i>	<i>Химическая эволюция. Определение химической эволюции. Основные источники энергии. Теория Опарина А.И. о возникновении жизни. Процесс коацервации. Гипотеза возникновения жизни (Гилберт У.). Рибозимы. «Мир РНК».</i>	

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
		<p><i>Возникновение биологического обмена. Природа самых первых организмов. Этапы биологической эволюции. Гетеротрофная фиксация CO<sub>2</sub>. Автотрофная фиксация CO<sub>2</sub>. Ультрафиолетовый фотосинтез. Энергетика первичной живой клетки. Возникновение гликолиза и пентозофосфатного цикла и пути Энтнера-Дудорова.</i></p> <p><i>Эволюция фотосинтеза. Бактериородопсиновый фотосинтез. Хлорофильный фотосинтез. Фотосинтез зеленых серных бактерий; нециклический транспорт электронов. Фотосинтез пурпурных бактерий. Циклический транспорт электронов. Фотосинтез цианобактерий. Эволюция дыхательного механизма энергообеспечения. Кислород как фактор эволюции жизни на Земле. Фаза азотолерантности. Фаза энергетического дыхания. Взаимосвязь фотосинтетических и дыхательных цепей. Особенности электронтранспортной цепи бактериальных клеток. Возникновение электронтранспортной цепи митохондрий</i></p>	
1.3	<p><i>Особенности биологического окисления органических веществ.</i></p>	<p><i>Общие принципы организации окислительного метаболизма животной, растительной и бактериальной клетки. Первый, второй и третий закон биоэнергетики. Основные пути окисления биомакромолекул.</i></p>	
1.4	<p><i>Энергетический метаболизм прокариот.</i></p>	<p><i>Энергетический обмен. Брожение, типы сбраживания углеводов. Спиртовое брожение. Маслянокислое брожение и его разновидности. Молочнокислое, пропионовокислое, муравьинокислое брожение. Неполное окисление субстрата микроорганизмами: уксуснокислые бактерии, грибы.</i></p> <p><i>Аэробное дыхание.</i></p> <p><i>Анаэробное дыхание микроорганизмов. Процесс денитрификации, сульфатредукции, железоредукции.</i></p> <p><i>Литотрофия. Окисление неорганических веществ: нитрифицирующие, серные бактерии, бактерии, окисляющие соединения железа, марганца, водородные бактерии. Механизмы окисления.</i></p> <p><i>Фотосинтез. Истинный фотосинтез: кислородные и анакислородные фототрофы. Квази-фототрофия. Галоархеи</i></p>	
		Лабораторные занятия	

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
2.1	<i>Преобразование энергии в живых клетках</i>	<p>Собеседование по теме «Основные катаболические процессы клетки». Общий энергетический баланс дыхания. Решение задач по расчету энергетического выхода биохимических процессов.</p> <p>Контрольная работа №1</p> <p>Лабораторная работа Качественные реакции по определению компонентов молекулы АТФ.</p> <p>.Решение задач по определению констант равновесия, <math>\Delta G</math> биохимических реакций.</p> <p>Контрольная работа №2.</p> <p>Определение лабильных органических фосфатов в биологическом материале.</p> <p>Собеседование по теме «Преобразование энергии в живых клетках».</p> <p>Тест №1</p>	
2.2	<i>Эволюция биологических механизмов запасания энергии</i>	<p>Стандартный потенциал. Энергетические диаграммы дыхательных и фотосинтетических электронтранспортных цепей.</p> <p>Контрольная работа №3.</p> <p>Собеседование по теме «Возникновение биологического обмена».</p> <p>Собеседование по теме «Эволюция фотосинтеза».</p> <p>Тест №2</p> <p>Собеседование по теме «Эволюция дыхательного механизма энергообеспечения»..</p> <p>Заключительное занятие.</p>	
2.3	<i>Особенности биологического окисления органических веществ.</i>	<p>Снабжение энергии животной и растительной клетки. Митохондрии и хлоропласты. Первый и второй закон биоэнергетики. Гликолиз.</p> <p>Особенности протекания от содержания кислорода.</p> <p>Пути метаболизации пировиноградной кислоты.</p> <p>Цикл Кребса. Ферменты. Регуляция цикла.</p> <p>Анаболическая роль ЦТК.</p>	
2.4	<i>Энергетический метаболизм прокариот.</i>	<p>Возбудители разных типов брожения: химизм, применение.</p> <p>Микроорганизмы, способные к анаэробному дыханию: нитратредукторы, сульфатредукторы.</p> <p>Распространение, роль в природе и хозяйственной деятельности человека.</p> <p>Распространение нитрифицирующих, серных бактерий, бактерий, окисляющих соединения железа, марганца, водородных бактерий. Значение в природе.</p> <p>Распространение и экологическая роль фототрофных микроорганизмов.</p>	

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

#### 7 семестр

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Преобразование энергии в живых клетках	8		12	16	32
2	Эволюция биологических механизмов запасания энергии	8		12	16	32
3	Особенности биологического окисления органических веществ.	8		12	16	32
4	Альтернативные механизмы окисления. Окислительный метаболизм в условиях стрессового воздействия.	8		12	16	32
	Итого:	32		48	64	128

#### 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. Текущая аттестация является обязательной, ее результаты оцениваются в балльной системе и по решению кафедры могут быть учтены при промежуточной аттестации обучающихся. Формой промежуточной аттестации знаний, умений и навыков обучающихся является дифференцированный зачет в первом семестре и устный экзамен во втором. Обучение и промежуточная аттестация могут быть реализованы дистанционно.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей и в соответствии с индивидуальной программой реабилитации. Для лиц с нарушением слуха информация по учебной дисциплине (рабочая программа дисциплины, фонд оценочных средств, основная и дополнительная литература) размещены на образовательном портале (<http://www.edu.vsu.ru>). На лекционных и лабораторных занятиях при необходимости допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено. Для лиц с нарушением зрения контрольные работы могут быть замещены на устное собеседование по вопросам. На лекционных и лабораторных занятиях при необходимости допускается присутствие ассистента. При необходимости, время подготовки на экзамене может быть увеличено. Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата с учетом состояния их здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно в форме рефератов и оформления презентаций по темам занятий в соответствии с учебным планом. На лекционных и лабораторных занятиях при необходимости допускается присутствие ассистента.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно.

### 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: <a href="https://e.lanbook.com/book/283535">https://e.lanbook.com/book/283535</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Северин, Е. С. Биохимия : учебник / под ред. Е. С. Северина. - 5-е изд., испр. и доп. - Москва : ГЭОТАР- Медиа, 2019. - 768 с. - ISBN 978-5-9704-4881-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970448816.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970448816.html</a>
2	Ершов, Ю. А. Биохимия : учебник и практикум для вузов / Ю. А. Ершов, Н. И. Зайцева ; под редакцией С. И. Щукина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 323 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07505-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/451075">https://urait.ru/bcode/451075</a>
3	Нетрусов А.И. Микробиология /А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. – Москва : Академия, 2012. – 378 с.
4	Скулачев В.П. Энергетика биологических мембран / В.П. Скулачев. - М.: Наука, 1989.
5	Гусев М.В. Микробиология / М.В. Гусев, Л.А. Минеева. – М.: Академия, 2003. – 464с.
6	Молекулярная биология клетки / Б. Альбертс [и др.]. - М.: Мир, 1994.
7	Скулачев В.П. Рассказы о биоэнергетике / В.П. Скулачев. – М. : Мир, 1985.
8	Хочачка П. Биохимическая адаптация / П. Хочачка, Дж. Сомеро. – М. : Мир, 1988.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Ресурс
1	Электронно-библиотечная система "Консультант студента" - <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
2	Электронно-библиотечная система "Лань" - <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
5	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
6	Электронный УМК на платформе «Электронный университет ВГУ»

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

№ п/п	Источник
1	Фалалеева М. И.. Структура и функциональная роль аминокислот, пептидов и белков: учебное пособие для студентов вузов / М.И. Фалалеева, А.Т. Епринцев, Д.Н. Федорин. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016 . — 69 с.
2	Фалалеева М.И. Эволюционные аспекты энергетике клетки / М.И. Фалалеева, А.Т. Епринцев, М.Ю. Грабович – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2011. – 82 с.

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

В целях реализации дисциплины проводятся различные типы лекций (вводная, обзорная и т.д.) с использованием мультимедиа, лабораторные и семинарские занятия, коллоквиумы. При реализации дисциплины используются элементы электронного обучения и дистанционные образовательные технологии.

1. Чтение лекций с использованием слайд-презентаций.
2. 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).
3. Информационные технологии (доступ в Интернет)
4. ЭБС «Лань»
5. ЭБС «Консультант студента» <http://www.studmedlib.ru/>
6. ЗНБ ВГУ [www.lib.vsu.ru](http://www.lib.vsu.ru)
7. Консультант плюс – информационно-справочная система

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Учебная лаборатория биохимии и физиологии растений (для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации) (г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1.)	Специализированная мебель, Термостат ТС-80, Весы Ohaus Scout Pro, Весы Kern EW, Спектрофотометр СФ 46, ФЭК КФК-2-УХЛ 4,2, Спектрофотометр СФ 2000, Холодильник Atlant 4421-080.
Учебная лаборатория микробиологии (для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации) (г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1.)	Специализированная мебель, мультимедийный проектор BENQ, мобильный экран для проектора, ноутбук Toshiba, термостат ТС-80М-2,

**19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Преобразование энергии в живых клетках	ПК-1	ПК-1,1	Контрольная работа №1 Тест №1
2.	Эволюция биологических механизмов запасания энергии	ПК-1	ПК-1,1	Контрольная работа №2 Контрольная работа №3 Тест №2
3.	<i>Особенности биологического окисления органических веществ.</i>	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Опрос, рефераты
4.	<i>Альтернативные механизмы окисления. Окислительный метаболизм в условиях стрессового воздействия.</i>	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Опрос, рефераты
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет (оценка). экзамен				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:

Тема: Преобразование энергии в живых клетках.

#### Пример задания для контрольной работы №1

**При забеге на большую дистанцию организм спортсмена требует значительного увеличения выработки энергии. При этом происходит переключение с использования углеводов на липиды в качестве субстратов окисления.**

Сравнив энергетический баланс полного окисления  $C_{18}$ -жирной кислоты (полученной при липолизе) и глюкозы до  $CO_2$  и  $H_2O$ , поясните биологическую целесообразность перехода на окислительное расщепление липидов при значительной физической нагрузке? Ответ обоснуйте с помощью расчетов (напишите сбалансированное суммарное уравнение для образования ацетил-СоА из  $C_{18}$ -жирной кислоты и рассчитайте число молекул АТФ, образующихся при полном окислении  $C_{18}$ жирной кислоты до  $CO_2$  и  $H_2O$ ).

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если предложенные задания студент верно выполнил, возможны недочеты.
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если не выполнено хотя бы одно из перечисленных требований заданий.

#### Пример задания для теста №1

Термин «биоэнергетика» ввел известный исследователь:

- а) Кребс
- б) Сент-Дьердьи
- в) Тимирязев
- г) Иванов

**Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если из 20 предложенных вопросов минимум на 18 он ответил верно;
- оценка «хорошо» если из 20 предложенных вопросов минимум на 14 он ответил верно;
- оценка «удовлетворительно» если из 20 предложенных вопросов минимум на 10 он ответил верно;
- оценка «неудовлетворительно» если из 20 предложенных вопросов он ответил верно менее чем на 7 вопросов.

Тема: Эволюция биологических механизмов запасаения энергии

**Пример задания для контрольной работы №2**

Стандартные восстановительные потенциалы двух сопряженных пар  $NAD^+/NADH$  и 2-оксоглутарат/изоцитрат равны соответственно  $-0,32$  В и  $-0,38$  В.

- а) Какая из этих пар обладает большей способностью отдавать электроны? Почему?
- б) Какая из них является более сильным окислителем? Почему?
- в) Какой вид будет иметь суммарная реакция? В каком направлении пойдет реакция, если в начальный момент времени концентрация исходных веществ и продуктов равны  $1M$  ( $pH7$ )? г) Чему равны для этой реакции значения  $\Delta G^{\circ'}$  и  $K_{eq}$  при  $25^{\circ}C$ ?

**Пример задания для контрольной работы №3**

Укажите вероятную последовательность переносчиков электронов в дыхательной цепи, исходя из величины их стандартных восстановительных потенциалов. Составьте энергетическую диаграмму. На каких этапах переноса выделение свободной энергии (в стандартных условиях) представляется недостаточным для того, чтобы на каждую пару переносимых электронов могла синтезироваться одна молекула АТФ. Необходимо учесть, что эффективность запасаения энергии в пунктах фосфорилирования составляет 60%.

ферредоксин <sub>окисл</sub> / ферредоксин <sub>восст</sub>	$E_0' = -0,43$ В
$FeSv_{окисл.} / FeSv_{восст.}$	$E_0' = -0,60$ В
феррицианид / ферроцианид	$E_0' = 0,43$ В

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если предложенные задания студент верно выполнил, возможны недочеты.
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если не выполнено хотя бы одно из перечисленных требований заданий.

**Пример задания для теста №2**

По мнению У.Гилберта «Мир РНК» - это этап эволюции, на котором молекулы РНК:

- 1) являлись носителями генетической информации;
- 2) выполняли осмотическую функцию;
- 3) выполняли функцию катализаторов;
- 4) были способны к самоудвоению;
- 5) выполняли функцию дыхания.

### **Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если из 20 предложенных вопросов минимум на 18 он ответил верно;
- оценка «хорошо» если из 20 предложенных вопросов минимум на 14 он ответил верно;
- оценка «удовлетворительно» если из 20 предложенных вопросов минимум на 10 он ответил верно;
- оценка «неудовлетворительно» если из 20 предложенных вопросов он ответил верно менее чем на 7 вопросов.
- 

### **Требования к защите лабораторной работы**

Овладение методическими приёмами.

Выполнение работы.

Оформление работы (Название, цель, ход работы, выводы).

Знание принципиальных основ метода, используемого в данной работе.

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент выполнил все перечисленные требования;
- оценка «не зачтено» если студент не выполнил хотя бы одно из перечисленных требований;

#### Вопросы к разделу 3

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. Первый закон биоэнергетики.
8. Второй закон биоэнергетики.
9. Третий закон биоэнергетики.

#### Вопросы к разделу 4

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 электронтранспортной цепи.

#### Комплект вопросов для коллоквиума №2

##### Тема: Фототрофия

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

5. Бесхлорофильный фотосинтез.

Результаты текущей аттестации оцениваются в балльной системе и по решению кафедры могут быть зачтены в качестве промежуточной аттестации обучающихся.

### **Задания для практической подготовки (ПП).**

#### **Изучение ферментов биоэнергетических процессов у организмов разного уровня организации**

1. Создание модельных систем для культивирования организмов разного уровня организации в определенных условиях среды
2. Проведение исследований по определению активности спектрофотометрическим методом ряда ферментов следующих групп организмов:
  - представителей аэробных и анаэробных бактерий;
  - литотрофных и органотрофных бактериальных организмов
  - автотрофных и гетеротрофных организмов;
  - растений и фотосинтезирующих микроорганизмов.

#### **20.2. Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

##### **Вопросы к разделу 1**

Преобразование энергии в живых клетках

1. Биоэнергетика как наука.
2. История предмета.
3. Общий обзор катаболизма.
4. Первый закон термодинамики
5. Второй закон термодинамики
6. Основные формы запасания энергии.
7. АТФ: строение, функции.
8. Трансмембранный потенциал. Уравнение Нернста.
9. Протонный цикл клетки и электрическая цепь.
10. Генераторы протонного потенциала.
11. Потребители протонного потенциала.
12. Протонная АТФаза: структура, функции.
13. Пирофосфатсинтаза.
14. Трансгидрогеназа.
15. Ферменты обратного транспорта.
16. Осмотическая работа за счет трансмембранного потенциала.
17. Выделение тепла за счет протонного потенциала.

##### **Вопросы к разделу 2**

Эволюция биологических механизмов запасания энергии

1. Химическая эволюция.

2. Теория Опарина А.И. о возникновении жизни. Опыты С. Миллера.
3. Гипотеза возникновения жизни У. Гилберта.
4. Открытие рибозимов. Функции первичных РНК.
5. Характеристика процесса трансляции с участием РНК-посредников.
6. Предполагаемые стадии эволюции от систем на основе РНК до современных клеток.
7. «Следы» мира РНК в современных живых клетках.
8. Этапы биологической эволюции (по П. Хочачка, Дж. Сомеро).
9. Ультрафиолетовый фотосинтез.
10. Энергетические резервы первичной клетки.
11. Развитие метаболических реакций.
12. Возникновение гликолиза.
13. Формирование механизмов перекачки протонов из клетки.
14. Возникновение пентозофосфатного цикла и пути Энтнера-Дудорова.
15. Бактериородопсиновый фотосинтез.
16. Фотосинтез зеленых серных бактерий.
17. Фотосинтез пурпурных бактерий.
18. Фотосинтез цианобактерий и высших растений.
19. Эволюция процессов ассимиляции CO<sub>2</sub>.
20. Возникновение дыхательного механизма энергообеспечения

#### Вопросы к разделу 3

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. Первый закон биоэнергетики.
8. Второй закон биоэнергетики.
9. Третий закон биоэнергетики.

#### Вопросы к разделу 4

- 1 Хемосинтез.
- 2 Бактериальный фотосинтез: кислородный и анаэробный.
- 3 Характеристика фототрофов.
- 4 Бесхлорофильный фотосинтез.
- 5 Пути сбраживания углеводов (гликолиз, пентозофосфатный путь, путь Энтнера-Дудорова, путь Фриза-Стаутамера). Особенности этих путей у бактерий и архей.
- 6 Микроорганизмы, вызывающие спиртовое брожение, его механизм. Применение спиртового брожения. Способы получения спирта.
- 7 Маслянокислое и ацетобутиловое брожение. Химизм и бактерии их вызывающие.
- 8 Молочнокислое брожение (гомо-, гетероферментативное). Применение молочнокислого брожения. Промышленное получение молочной кислоты.
- 9 Брожение смешанных кислот (муравьинокислое брожение). Образование метана микроорганизмами. Химизм и значение этого процесса.
- 10 Практическое использование метанообразующих бактерий. Карбонатное и фумаратное дыхание.
- 11 Анаэробное дыхание. Денитрифицирующие и сульфатвосстанавливающие бактерии.
- 12 Энергетический обмен у микроорганизмов. Сравнение энергетического выхода дыхания и брожения.
- 13 Аэробные окислительные процессы у микроорганизмов (дыхание). Энергетический выход. Особенности электротранспортной цепи.

При оценивании используется следующая шкала:

5 баллов ставится, если обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков учебной программе по данной дисциплине, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их при решении практических задач;

4 балла ставится, если обучающийся выполнил все элементы курса, но при изложении допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач;

3 балла ставится, если обучающийся выполнил большую часть элементов курса, демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков содержанию дисциплины, допускает значительные ошибки при решении практических задач;

2 балла ставится, если обучающийся демонстрирует явное несоответствие знаний, умений, навыков содержанию дисциплины и не выполнил элементы курса.

#### Порядок формирования КИМ

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний, степень сформированности умений и навыков деятельности в области биохимии. Каждый КИМ содержит по два вопроса из предложенного списка. Критерии оценивания приведены выше.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой биохимии и физиологии клетки  
А.Т. Епринцев

Направление подготовки / специальность 06.03.01 Биология

Дисциплина \_\_\_ Биоэнергетика Б1.В.04

Форма обучения      Очная

Вид контроля        Зачет

#### Контрольно-измерительный материал № 1

1. Биоэнергетика как наука.
2. Этапы биологической эволюции.