

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

ФИЛИАЛ МГУ В Г. ГРОЗНОМ

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель директора филиала – руководитель  
образовательных программ

А. С. Воронцов



20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование дисциплины:

**Дисциплина специализации «Биотехнология» по выбору студента:**

**Искусственный фотосинтез**

Уровень высшего образования:

**Специалитет**

Специальность:

**06.05.02 Фундаментальная и прикладная биология**

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

**Биотехнология**

Форма обучения:

**Очная**

Москва 2024

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 06.05.02 «ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ БИОЛОГИЯ» (образовательная программа специалитета «Биотехнология»).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова 20.01.2022 года.

Год приема на обучение 2024

### 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части ОПОП ВО устанавливаемой участниками образовательных отношений, раздел учебного плана: Вариативная часть, блок: «Дисциплины специализации», реализуется в 11 семестре.

#### Цели и задачи дисциплины:

В результате освоения программы (семинары) студент должен иметь представление об устройстве фотосинтетического аппарата различных групп фототрофных организмов, а также о существующих и разрабатываемых моделях искусственного фотосинтеза – преобразования энергии падающего света в энергию химических связей молекулярного топлива или в электроэнергию.

### 2. Входные требования для освоения дисциплины:

Для изучения дисциплины «Искусственный фотосинтез» студент должен обладать знаниями по ботанике, цитологии, биохимии.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенция	Индикатор достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
<b>СПК-3.</b> Способен применять профессионально профилированные знания для прогнозирования и определения потенциала использования биотехнологии растений	<b>СПК-3.1.</b> Прогнозирует и определяет потенциал использования биотехнологии растений.	<b>Знает:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• биохимические механизмы фотосинтеза различных фототрофных организмов;</li> <li>• основные направления развития моделирования искусственного фотосинтеза.</li> </ul>

### 4. Объем дисциплины

Объем дисциплины - 6 з.е. (216 ак.ч), из них 54 ак.ч - контактная работа обучающихся с преподавателем на занятиях семинарского типа (практические занятия – 32 ак.ч., семинары – 22 ак.ч.). Самостоятельная работа обучающихся – 162 ак.ч. Форма промежуточной аттестации – экзамен и зачет в 11 семестре.

## 5. Форма обучения – очная.

## 6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

№ п/п	Наименование и содержание разделов и тем дисциплины	В том числе			Форма текущего контроля успеваемости
		Занятия семинарского типа (Практические занятия)	Занятия семинарского типа (семинары)	Самостоятельная работа	
1	<b>Раздел 1. Первичные процессы фотосинтеза. Хлорофиллы.</b>	6	5	32	Домашнее задание, контрольная работа, опрос
	Элементы структуры молекулы хлорофилла, ответственные за функцию поглощения, запасания и преобразования энергии в процессе фотосинтеза. Механизм поглощения и испускания света молекулой; спектры поглощения. Электронно-возбужденные состояния хлорофиллов, пути их дезактивации. Преобразования электромагнитной энергии в редокс-энергию; обратимые окислительно-восстановительные превращения хлорофиллов. Этапы биосинтеза хлорофиллов и их регуляция. Реакционный центр Современные модели структурной организации реакционных центров бактерий и высших растений. Механизм преобразования электромагнитной энергии в энергию разделенных зарядов в фотохимических центрах				
2	<b>Раздел 2. Фотосистемы и их функционирование</b>	6	5	32	Домашнее задание, контрольная работа, опрос
	Электрон-транспортная цепь фотосинтеза. Представления о совместном функционировании двух фотосистем. Компоненты ЭТЦ и последовательность переноса электрона по цепи (Z-схема). Пигмент-белковые комплексы (ПБК). Механизмы образования, значение связи пигментов с белком. Ориентация пигментов в ПБК. Механизмы энергетического взаимодействия пигментов в комплексах (экситонное, обменно-резонансное взаимодействие) и между комплексами (переходные состояния). Антенные комплексы. Фикобилины. Структура, функции и синтез. Каротиноиды. Роль каротиноидов в фотосинтезе. Антенная функция, возбужденные состояния каротиноидов, механизмы миграции энергии на хлорофилл. Представление о фотосинтетической единице Механизмы миграции энергии в хлоропластах.				

	Организация антенных комплексов бактерий, ФСІ и ФСІІ. . Строение и функции ФСІІ. Организация в тилакоидной мембране и функционирование реакционного центра ФСІІ. Система фотоокисления воды и образования кислорода при фотосинтезе. Строение и функции ФСІ. Структура и функции цитохром-b6/f-комплекса, Q-цикл. Подвижные переносчики ЭТЦ хлоропластов.				
3	<p><b>Раздел 3. Пространственная организация, функционирование и регуляция работы фотосинтетического аппарата. Фотосинтетическое фосфорилирование.</b></p> <p>Нециклический, циклический, и псевдоциклический транспорт электронов. Пространственная организация ЭТЦ в тилакоидных мембранах. Локализация функциональных комплексов в гранальных и стромальных мембранах тилакоидов. Образование трансмембранного протонного градиента в процессе транспорта электронов. Энергетическая и регуляторная роль электрохимического градиента протонов в хлоропластах. Регуляция потоков электронов при фотосинтезе. Фотосинтетический контроль. Системы регуляции активности альтернативных путей транспорта электронов в ЭТЦ хлоропластов. Образование при фотосинтезе активных форм кислорода, их роль. Антиоксидантные системы хлоропластов. Механизм защитного действия каротиноидов. Функции каротиноидов в реакционном центре. Значение ксантофилловых циклов у высших растений и водорослей; фотопротекторная функция зеаксантина и диатоксантина Хлородыхание. Процессы фотоингибирования и фотодеструкции; механизмы защиты от фотоингибирования. Кратковременная и долговременная адаптация фотосинтетического аппарата к условиям освещения. Тиоредоксиновая система хлоропластов. Участие в регуляции световых и темновых реакций фотосинтеза. Фотосинтетическое фосфорилирование. Основные типы, их физиологическое значение, механизмы регуляции. Механизмы энергетического сопряжения транспорта электронов и синтеза АТФ. Сопрягающие факторы фотофосфорилирования, их функции, структура, механизм действия. Механизм работы каталитических центров СFI. Регуляция работы АТФ-синтазного комплекса хлоропластов</p>	6	5	32	Домашнее задание, контрольная работа, опрос
4	<b>Раздел 4. Особенности прокариотного фотосинтеза</b>	6	5	32	т ро ль

	Фототрофные прокариотные микроорганизмы. Состав, организация и функции их фотосинтезирующего аппарата. Фотосинтез с выделением и без выделения молекулярного кислорода. Использование световой энергии галоархеями. Зеление и пурпурные бактерии, цианобактерии.				
5	<b>Раздел 5. Особенности прокариотного фотосинтеза</b> Задачи искусственного фотосинтеза: образование молекулярного топлива, органического топлива или водорода, генерация электроэнергии. Направления развития: фотоэлектрохимические топливные ячейки, солнечные батареи на основе компонентов фотосинтетического аппарата или систем, моделирующих первичные реакции фотосинтеза, использование микроводорослей для производства водорода и органического топлива. Использование оксидов на основе марганца для системы расщепления воды. Растительные и бактериальные гидрогеназы для синтеза протонов. Проблемы искусственного фотосинтеза, пути их решения.	8	2	34	Домашнее задание, контрольная работа, опрос
	<b>ВСЕГО</b>	54		162	

## 7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине

### 7.1. Перечень оценочных средств

Компетенция	Результат обучения по дисциплине (модулю)	Оценочные средства
<b>ОПК-2.</b> Способен планировать и проводить биологические эксперименты, наблюдение, описание, идентификацию, классификацию и культивирование биологических объектов, опираясь на знание их структурной и функциональной организации, механизмов жизнедеятельности, используя современное оборудование, информационные технологии и профессиональные базы данных, физико-химические методы и методы моделирования,	<b>Знает:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• биохимические механизмы фотосинтеза различных фототрофных организмов;</li> <li>• основные направления развития моделирования искусственного фотосинтеза.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольные работы,</li> <li>• Вопросы для текущей и промежуточной аттестации</li> </ul>

соблюдая требования биоэтики, техники безопасности и информационной безопасности		
--	--	--

## 7.2. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### *Примерный перечень вопросов для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации*

1. Фотосинтетические пигменты: химическое строение, спектры поглощения, фотохимия.
2. Окислительно-восстановительные компоненты ЭТЦ фотосинтеза. Химическое строение и свойства.
3. Фотохимический этап фотосинтеза: поглощение света и энергетические состояния хлорофилла.
4. Механизм миграции энергии на фотохимическом этапе. Отличия миграции энергии в антенных комплексах и реакционных центрах.
5. Фотосистема 1. Строение и пространственная организация.
6. Фотосистема 2. Строение и пространственная организация.
7. Структура и функционирование РЦ фотосистемы 1.
8. Структура и функционирование РЦ фотосистемы 2.
9. Q - цикл фотосинтеза.
10. Строение водоокисляющего комплекса. Химические реакции, протекающие при фотоокислении воды.
11. Пространственная организация фотосинтетического аппарата в мембране.
12. Связь между фотосистемами 1 и 2 . Подвижные переносчики электронов.
13. Энергизация мембран при фотосинтезе.
14. Образование активных форм кислорода при фотосинтезе и механизмы защиты от них. 15. АТФ-синтаза хлоропластов. Строение, пространственная организация, физиологическая роль и кодирование отдельных субъединиц.
15. Нециклический транспорт электронов при фотосинтезе. Последовательность переносчиков электронов и физиологический смысл.
16. Циклический транспорт электронов вокруг фотосистемы 1 и 2. Последовательность переносчиков электронов и физиологическое значение.
17. Псевдоциклический транспорт электронов при фотосинтезе. Последовательность переносчиков электронов и физиологическое значение.
18. Регуляция потока электронов при фотосинтезе. Переключение путей транспорта электронов. Фотосинтез при высоких интенсивностях света.
19. Цикл Кальвина.
20. Регуляция работы ферментов темновой фазы фотосинтеза.
21. Рибулозобисфосфаткарбоксилаза. Строение, кодирование субъединиц, механизмы химических реакций, катализируемых РБФК. Регуляция работы
22. Фототрофные прокариотные микроорганизмы. Состав, организация и функции их фотосинтезирующего аппарата.
23. Фотосинтез с выделением и без выделения молекулярного кислорода.
24. Использование световой энергии галоархеями. Зеленые и пурпурные бактерии, цианобактерии.
25. Задачи искусственного фотосинтеза.
26. Фотоэлектрохимические топливные ячейки.

27. Солнечные батареи на основе компонентов фотосинтетического аппарата или систем, моделирующих первичные реакции фотосинтеза.
28. Использование микроводорослей для производства водорода и органического топлива.
29. Использование оксидов на основе марганца для системы расщепления воды. Растительные и бактериальные гидрогеназы для синтеза протонов.
30. Проблемы искусственного фотосинтеза, пути их решения.

### 7.3. Описание показателей, критериев и шкал оценивания

#### *Шкала оценивания сформированности компетенций*

Уровень сформированности компетенции	Баллы	Оценка в 5-ти балльной шкале	Оценка на зачете
недостаточный	Менее 20	неудовлетворительно	не зачтено
базовый	20-26	удовлетворительно	зачтено
Высокий (повышенный)	27-32	хорошо	
Продвинутый (повышенный)	33-40	отлично	

#### **ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения по дисциплине (модулю)**

(\*оценка сформированности компетенций дается в соответствии со шкалой выше)

Оценка	2	3	4	5
Рез-т обучения	(не зачтено)	(зачтено)	(зачтено)	(зачтено)
Знания (приведены в п.3.)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания

### 8. Ресурсное обеспечение

#### 8.1. Перечень учебной литературы

1. Фотосинтез./ Холл, Д., Рао, К. – М.: Мир, 1983.
2. Кондратьева Е.Н. Автотрофные прокариоты./ – М.: Изд. МГУ, 1996.
3. Физиология растений./ И.П. Ермаков. – М., Изд. центр "Академия", 2007.
4. Фотосинтез: Физиолого- экологические и биохимические аспекты./ А.Т. Мокроносов, В.Ф. Гавриленко, Т.В. Жигалова . – М., Изд. центр "Академия", 2006

#### 8.2. Перечень лицензионного и(или) свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Яндекс Браузер
2. Libre Office
3. Adobe Acrobat Reader
4. Windows,
5. Google Chrome
6. MS Office

#### 8.3. Описание материально-технической базы

Для освоения дисциплины требуется свободный доступ к сети Интернет, а также:

- Аудитории для проведения лекционных, семинарских и практических занятий, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
  - А. Помещения: аудитории для проведения лекционных/семинарских/практических занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации: учебная аудитория филиала МГУ в г. Грозном;
  - Б. Оборудование: наборы ученической мебели, рабочее место преподавателя, компьютеры, проектор, экран, доска.

## **9. Язык преподавания**

Русский.

## **10. Преподаватели**

Профессорско-преподавательский состав Биологического факультета МГУ.

## **11. Разработчик программы**

А.М. Носов, д.б.н., профессор, заведующий кафедрой физиологии растений Биологического факультета МГУ.