



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра биохимии, молекулярной биологии и генетики

УТВЕРЖДАЮ

Декан биолого-почвенного факультета
А. Н. Матвеев
2024г.



Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.6 «МОЛЕКУЛЯРНАЯ
МИТОХОНДРИЙ»

ГЕНЕТИКА

Направление подготовки: 06.04.01 «Биология»

Направленность (профиль) подготовки: «Биохимия и молекулярная биология»

Квалификация выпускника: Магистр

Форма обучения: очная с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Согласовано с УМК биолого-почвенного
факультета

Протокол № 7 от «20» мая 2024г.

Председатель _____ А. Н. Матвеев

Рекомендовано кафедрой:

Протокол № 7

От «26» апреля 2024г.

Зав. кафедрой _____ С. В. Осипова

Иркутск 2024 г.

Содержание

	стр.
I. Цель и задачи дисциплины	3
II. Место дисциплины в структуре ОПОП	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины	3
IV. Содержание и структура дисциплины	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	6
4.3 Содержание учебного материала	11
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	13
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	18
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	18
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	20
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	20
а) перечень литературы	20
б) периодические издания	20
в) список авторских методических разработок	20
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы.....	20
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины	20
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	20
6.2. Программное обеспечение	21
6.3. Технические и электронные средства обучения	21
VII. Образовательные технологии	21
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	23

I. Цель и задачи дисциплины:

Цель: получение знаний о молекулярной генетике митохондрий как дисциплине, изучающей как изменения структуры и функций генов органелл проявляются на разных уровнях организации систем организма; формирование представлений о биологической значимости экспрессии митохондриальных генов в общей генетической системе клетки, включающей помимо ядерного генома геном митохондрий у животных и геномы митохондрий и хлоропластов у растений; получение знаний об организации и функционировании митогеномов у представителей разных таксонов эукариот; формирование представлений о роли генетических процессов в митохондриях в реализации функций клеток и органов и возникновении патологических состояний организма.

Задачи:

- сформировать знания основ внеядерной наследственности, представленной геномами ДНК-содержащих клеточных органелл;
- дать представление об организации генома митохондрий дрожжей, животных и растений;
- сформировать представления об эволюционном происхождении митохондриального генома (митогенома) высших эукариот и эволюционных процессах, в которых участвуют митохондрии современных организмов;
- познакомить с современными представлениями об особенностях организации генома растительных митохондрий и путях его взаимодействия с геномами ядра и хлоропластов;
- познакомить с основными методами изучения функций митохондриальной ДНК (мтДНК), включая подходы геномики, транскриптомики, протеомики;
- сформировать знания о роли горизонтального переноса генов в преобразованиях митохондриального генома растений;
- сформировать представления о митохондриях не только как «клеточных электростанциях», но как регуляторном, сигнальном и триггерном центре эукариотической клетки, играющем ключевую роль в координированной регуляции экспрессии генов ядра и органелл;
- сформировать знания о роли мутаций мтДНК в возникновении опасных для организма состояний и болезней.
- познакомить с важнейшими фундаментальными и прикладными аспектами молекулярной генетики митохондрий, имеющими ключевое значение для развития исследований в биологии, биотехнологии, биомедицине и сельском хозяйстве.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина Б1.В.6 «Молекулярная генетика митохондрий» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Методы молекулярно-биологических исследований», «Молекулярная биология нуклеиновых кислот», «Цитогенетика», «Биохимия дыхания», «Биоэнергетика клетки», «Эволюция энергетических систем».

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Митохондрии и окислительный стресс», «Молекулярные механизмы адаптации», выполнение ВКР.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенции в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 06.04.01 «Биология», профиль «Биохимия и молекулярная биология»:

ПК-1: Способен творчески использовать в научной деятельности теоретические знания и современные методологические подходы биохимии, молекулярной биологии и генетики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<p><i>ПК-1</i> Способен творчески использовать в научной деятельности теоретические знания и современные методологические подходы биохимии, молекулярной биологии и генетики</p>	<p align="center"><i>ИДК ПК 1.1</i></p> <p>Знает теоретические основы и методологические подходы биохимии, молекулярной биологии и генетики</p>	<p>Знать: принципы организации митогеномов у низших и высших эукариот; эволюционное происхождение генетической системы митохондрий эукариот; виды взаимодействий митогеномов с геномами ядра и хлоропластов растений; тип наследования митохондриальных генов у высших организмов; характер структурных изменений митогеномов в клетках органов и тканей в ходе онтогенеза; сферы использования мтДНК организмов в качестве молекулярных маркеров; процессы горизонтального переноса генов с участием митохондрий; происхождение свободно-циркулирующей внеклеточной мтДНК; природу возникновения «митохондриальных болезней» человека и животных.</p> <p>Уметь: использовать полученные теоретические знания для расширения своего кругозора, освоения последующих дисциплин профиля и совершенствования общей профессиональной подготовки.</p> <p>Владеть: терминологией, используемой в молекулярной генетике митохондрий.</p>
	<p align="center"><i>ИДК ПК 1.2</i></p> <p>Умеет творчески использовать теоретические знания и современные методологические подходы для формулировки задач нового исследования в области биохимии, молекулярной биологии и генетики</p>	<p>Знать: основные методы молекулярной генетики митохондрий, необходимые для изучения принципов организации и функционирования митогеномов эукариот, механизмов регуляции экспрессии митохондриальных генов, генетических процессов с участием митохондрий.</p> <p>Уметь: использовать современные методические подходы для формулировки задач нового исследования в области молекулярной генетики митохондрий.</p> <p>Владеть: навыками решения задач по отдельным темам дисциплины.</p>

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 14 часов

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Тема 1. Введение в проблему внеядерной наследственности. Молекулярная генетика митохондрий как важное научное направление в науках о жизни XXI века.	2	7		1		-	2	Устный опрос
2	Тема 2. Митохондриальная наследственность.	2	7,5		1		0,5	3	Устный опрос
3	Тема 3. Структура митогеномов у дрожжей, животных и растений.	2	8,5		1		0,5	3	Устный опрос
4	Тема 4. Геномика митохондрий животных.	2	7		1		-	3	Устный опрос
5	Тема 5. Геномика митохондрий растений.	2	7		1		-	3	Устный опрос
6	Тема 6. Транскриптомика митохондрий	2	7		1		-	2	Устный опрос

	растений.								
7	Тема 7. Митохондриальная трансляция	2	8		1		-	2	Устный опрос
8	Тема 8. Регуляция генетических процессов в митохондриях.	2	8		1		-	2	Устный опрос
9	Тема 9. Редокс-состояние как фактор регуляции экспрессии генов в митохондриях.	2	8		1		-	2	Устный опрос
10	Тема 10. Импорт информационных макромолекул (ДНК, РНК и белка) в митохондрии.	2	8		1		-	2	Устный опрос
11	Тема 11. Митохондрии как сигнальный, регуляторный и триггерный центр или мегарегулятор клетки.	2	8		2		-	2	Устный опрос
12	Тема 12. Митохондриальные болезни человека.	2	8		2		-	2	Устный опрос

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	Тема 1. Введение в проблему внеядерной наследственности. Молекулярная генетика митохондрий как важное научное направление в науках о Жизни XXI века.	Самостоятельное изучение тем: Система <i>in organello</i> и ее применение в изучении генетических процессов митохондрий. Проблемы, трудности и перспективы использования достижений молекулярной генетики митохондрий.	1	1	Устный опрос	a1 a2 a3 б1

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	Тема 2. Митохондриальная наследственность.	Самостоятельное изучение тем: Наследование по отцовской линии (у мидий, некоторых насекомых: дрозофилы, медоносных пчел, цикад). Единичные случаи митохондриального наследования по мужской линии у мышей и крупного рогатого скота. Наследование по отцовской линии у людей в результате мутации, нарушающей элиминацию митохондрий сперматозоидов.	2	1	Устный опрос	a1 a2 a3 б1 б3 б4
2	Тема 3. Структура митогеномов у дрожжей, животных и растений.	Самостоятельное изучение тем: Особенности организации митохондриального генома растений: высокая вариабельность геномного размера у разных видов; высокая рекомбинационная активность, приводящая к образованию субгеномных колец. Обнаружение в митохондриях видоспецифического набора кольцевых и линейных плазмид.	3	2	Устный опрос	a1 a2 a3 б1 б3 б4
2	Тема 4. Геномика митохондрий животных	Самостоятельное изучение тем: Экономная организация митогенома животных: небольшой размер (16569 п.н. у человека), гены 12S и 16S рРНК, 22 гена тРНК, субъединиц I, II и III цитохром с оксидазы, субъединицы 6 АТФ-синтазы, и 8 других белок-кодирующих генов; отсутствие межгенных спейсеров; отсутствие терминирующих кодонов, добавляемых посттранскрипционно. Пангеном.	4	1	Устный опрос	a1 a2 a3 б1 б3 б4

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	Тема 5. Геномика митохондрий растений.	Самостоятельное изучение тем: Высокая рекомбинационная активность в митогеномах. Роль повторяющихся последовательностей разной протяженности в возникновении субгеномных колец. Митохондриальные плазмиды и их биологическая роль.	5	1	Устный опрос	a1 a2 a3 б1 б3 б4
2	Тема 6. Транскриптомика митохондрий растений.	Самостоятельное изучение тем: Редактирование мРНК, приводящее к изменению аминокислотной последовательности белка. С->U – редактирование как механизм поддержания консервативности аминокислотной последовательности белка.	6	1	Устный опрос	a1 a2 a3 б1 б3 б4
2	Тема 7. Митохондриальная трансляция.	Самостоятельное изучение тем: Синтез белка <i>in organello</i> . Реконструкция системы синтеза белка в митохондриях растений.	7	2	Устный опрос	a1 a2 a3 б1 б3 б4
2	Тема 8. Регуляция генетических процессов в митохондриях	Самостоятельное изучение тем: Использование реконструированной системы (изолированные органеллы, митопласты, митосомы, липосомы) для изучения регуляции синтеза нуклеиновых кислот и белка в митохондриях.	8	2	Устный опрос	a1 a2 a3 б1 б3 б4

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	Тема 9. Редокс-состояние как фактор регуляции экспрессии генов в митохондриях.	Самостоятельное изучение тем: Активация транскрипции и репликации митохондриальных генов в условиях окисления и репрессия этих процессов в условиях восстановления. Моделирование этих условий в системе <i>in organello</i> с помощью феррицианида калия (условия окисления) и дитионита натрия (условия восстановления) и окисленного (GSSG) и восстановленного (GSH) глутатиона.	9	2	Устный опрос	a1 a2 a3 б1 б3 б4
2	Тема 10. Импорт информационных макромолекул (ДНК, РНК и белка) в митохондрии.	Самостоятельное изучение тем: Межгеномный перенос генов с участием митохондрий. Митохондриальная пора сдвига проницаемости (MPTP). Выход ДНК из митохондрий: причины и последствия.	10	2	Устный опрос	a1 a2 a3 б1 б3 б4
	Тема 11. Митохондрии как сигнальный, регуляторный и триггерный центр или мегарегулятор клетки.	Самостоятельное изучение тем: Митохондрии и врожденный иммунитет. Свободно-циркулирующая мтДНК и ее роль в развитии системного воспаления. Митохондрии как мишень для отключения фенотоза.	11	2	Устный опрос	a1 a2 a3 б1 б3 б4

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
2	Тема 12. Митохондриальные болезни человека.	Самостоятельное изучение тем: Активные формы кислорода (АФК) и структурные нарушения мтДНК. Роль окисления кардиолипина в возникновении дисфункции митохондрий. Митохондриально-направленные антиоксиданты на основе пластохинона («ионы Скулачева»). Перспективы генной терапии митохондриальных болезней.	12	2	Устный опрос	a1 a2 a3 б1 б3 б4
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) – 28						
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час)						

4.3 Содержание учебного материала

Учебный материал содержит сведения о биотехнологиях в медицине и сельском хозяйстве (растениеводство, животноводство), связанных с митогеномом.

Тема 1. Введение в проблему внеядерной наследственности. Молекулярная генетика митохондрий как важное научное направление в науках о Жизни XXI века

Методы исследования функций митохондрий. Открытие мтДНК: М.Насс и С.Насс (1963); Э. Харлсбруннер, Х.Туппи и Г.Шац (1964). Предпосылки возникновения молекулярной генетики митохондрий. Цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС) и другие признаки митохондриального кодирования, представляющие интерес для человечества. Система *in organello* и ее применение в изучении генетических процессов митохондрий. Проблемы, трудности и перспективы использования достижений молекулярной генетики митохондрий.

Тема 2. Митохондриальная наследственность

Наследование по материнской линии. Митохондриальная ДНК как высокоинформативный маркер для исследований по филогении. Варианты (гаплотипы) мтДНК. «Митохондриальная Ева». Митохондриальная ДНК как высокополиморфная генетическая система и ее применение в генетике человека. Два гипервариабельных сегмента D-петли ГВС 1 и ГВС 2 мтДНК человека. Наследование по отцовской линии (у мидий, некоторых насекомых: дрозофилы, медоносных пчел, цикад). Единичные случаи митохондриального наследования по мужской линии у мышей и крупного рогатого скота. Наследование по отцовской линии у людей в результате мутации, нарушающей элиминацию митохондрий сперматозоидов.

Тема 3. Структура митогеномов у дрожжей, животных и растений

Кольцевая структура и компактная организация митогенома человека и животных. Системы синтеза ДНК, РНК и белка в изолированных митохондриях. Изучение генетических функций органелл с помощью реконструкции генетической системы митохондрий *in organello*. Организация генома митохондрий дрожжей. Особенности организации митохондриального генома растений: высокая вариабельность геномного размера у разных видов; высокая рекомбинационная активность, приводящая к образованию субгеномных колец. Обнаружение в митохондриях видоспецифического набора кольцевых и линейных плазмид.

Тема 4. Геномика митохондрий животных

Эра полногеномного секвенирования в применении к ДНК-содержащим органеллам. Секвенирование и организация митогенома человека, мыши, дрозофилы, морского ежа. Экономная организация митогенома животных: небольшой размер (16569 п.н. у человека), гены 12S и 16S рРНК, 22 гена тРНК, субъединиц I, II и III цитохром с оксидазы, субъединицы б АТФ-синтазы, и 8 других белок-кодирующих генов; отсутствие межгенных спейсеров; отсутствие терминирующих кодонов, добавляемых посттранскрипционно. Пангеном.

Тема 5. Геномика митохондрий растений

Полногеномное секвенирование у растений. Митогеном *Arabidopsis thaliana*: 57 генов в последовательности длиной 366 924 п.н. Кодированные последовательности составляют малую часть митогеномов растений. Некодированные последовательности растительных митогеномов содержат ДНК ядерного, хлоропластного, бактериального, вирусного и неизвестного происхождения. Динамическая эволюция митогеномов растений. Высокая рекомбинационная активность в митогеномах. Роль повторяющихся

последовательностей разной протяженности в возникновении субгеномных колец. Митохондриальные плазмиды и их биологическая роль.

Тема 6. Транскриптомика митохондрий растений

РНК-полимеразы митохондрий. Множественные сайты инициации транскрипции. Нарушение принципа колинеарности при реализации генетической информации в митохондриях. Редактирование мРНК, приводящее к изменению аминокислотной последовательности белка. C->U – редактирование как механизм поддержания консервативности аминокислотной последовательности белка.

Тема 7. Митохондриальная трансляция

Митохондриальный аппарат синтеза белка. Митохондриальные рибосомы. Ингибиторы синтеза белка. Факторы, нарушающие митохондриальную трансляцию. Синтез белка *in organello*. Реконструкция системы синтеза белка в митохондриях растений.

Тема 8. Регуляция генетических процессов в митохондриях

Митохондрии - полуавтономные органеллы, существующие в клетке в виде популяции. Субпопуляции митохондрий. Антероградная регуляция митохондриальных функций. Ретроградная регуляция и ее значение для клеточных генетических процессов. Координация экспрессии кодирующих митохондриальные белки генов ядерной и митохондриальной локализации. Использование реконструированной системы (изолированные органеллы, митопласты, митосомы, липосомы) для изучения регуляции синтеза нуклеиновых кислот и белка в митохондриях.

Тема 9. Редокс-состояние как фактор регуляции экспрессии генов в митохондриях

Взаимодействие митохондрий с другими клеточными органеллами. Митохондрии, эндоплазматический ретикулум и пероксисомы как «редокс-треугольник», участвующий в регуляции клеточного метаболизма. Активация транскрипции и репликации митохондриальных генов в условиях окисления и репрессия этих процессов в условиях восстановления. Моделирование этих условий в системе *in organello* с помощью феррицианида калия (условия окисления) и дитионита натрия (условия восстановления) и окисленного (GSSG) и восстановленного (GSH) глутатиона.

Тема 10. Импорт информационных макромолекул (ДНК, РНК и белка) в митохондрии.

Импорт информационных макромолекул (ДНК, РНК, белка) в митохондрии как условие нормального функционирования органелл и клетки в целом. Механизм импорта белка в митохондрии. Роль транзитного пептида. Митохондриальный импорт тРНК и его биологическое значение. Импорт ДНК в митохондрии растений, животных и дрожжей. Горизонтальный перенос генов в митохондрии растений. Межгеномный перенос генов с участием митохондрий. Митохондриальная пора сдвига проницаемости (МПТР). Выход ДНК из митохондрий: причины и последствия.

Тема 11. Митохондрии как сигнальный, регуляторный и триггерный центр или мегарегулятор клетки.

Митохондрии и рецепция внешних и внутренних сигналов. Митохондрии как главный генератор активных форм кислорода (АФК). Роль митохондрий в контроле апоптоза и каскада кальциевой сигнализации. Митохондриальная дисфункция и активация перекисного окисления липидов как начальные стадии нарушения клеточных функций, приводящих к развитию нейродегенеративных болезней и болезней пожилого возраста.

Митохондрии и врожденный иммунитет. Свободно-циркулирующая мтДНК и ее роль в развитии системного воспаления. Митохондрии как мишень для отключения фенотипа.

Тема 12. Митохондриальные болезни человека

Мутации мтДНК и факторы, их вызывающие. Болезни, патогенез которых вызван дисфункцией митохондрий: (1) глаза (птоз, наружная офтальмоплегия, катаракта, атрофия зрительного нерва); (2) миокард (кардиомиопатия, аритмии); (3) почки (синдром Де-Тони-Дебре-Фанкони, нефротический синдром); (4) скелетная мускулатура (мышечная слабость, пониженная толерантность к физическим нагрузкам; судороги, миоглобиноурия); (5) печень (стеатогепатоз, печеночная недостаточность); (6) желудочно-кишечный тракт (гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь, хроническая диарея, тонкокишечная обструкция); (7) эндокринные органы (сахарный диабет, гипопаратиреоз); мужская репродуктивная система (мужское бесплодие); (8) женская репродуктивная система (женское бесплодие, рецидивирующее прерывание беременности); (9) болезни пожилого возраста (одряхление, деменция и др.). Активные формы кислорода (АФК) и структурные нарушения мтДНК. Роль окисления кардиолипина в возникновении дисфункции митохондрий. Митохондриально-направленные антиоксиданты на основе пластохинона («ионы Скулачева»). Перспективы генной терапии митохондриальных болезней.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

Не предусмотрены учебным планом

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1.	Тема 1. Введение в проблему внеядерной наследственности. Молекулярная генетика митохондрий как важное научное направление в науках о Жизни XXI века	Самостоятельное изучение тем: Методы исследования функций митохондрий. Открытие мтДНК: М.Насс и С.Насс (1963); Э. Харлсбруннер, Х.Туппи и Г.Шац (1964). Предпосылки возникновения молекулярной генетики митохондрий. Цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС) и другие признаки митохондриального кодирования, представляющие интерес для человечества. Система <i>in organello</i> и ее применение в изучении генетических процессов митохондрий. Проблемы, трудности и перспективы использования достижений молекулярной гене-	ПК-1	ИДК ПК 1.2

		тики митохондрий.		
2.	Тема 2. Митохондриальная наследственность	Самостоятельное изучение тем: Наследование по материнской линии. Митохондриальная ДНК как высокоинформативный маркер для исследований по филогении. Варианты (гаплотипы) мтДНК. «Митохондриальная Ева». Митохондриальная ДНК как высокополиморфная генетическая система и ее применение в генетике человека. Два гипервариабельных сегмента D-петли ГВС 1 и ГВС 2 мтДНК человека. Наследование по отцовской линии (у мидий, некоторых насекомых: дрозофилы, медоносных пчел, цикад). Единичные случаи митохондриального наследования по мужской линии у мышей и крупного рогатого скота. Наследование по отцовской линии у людей в результате мутации, нарушающей элиминацию митохондрий сперматозоидов.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.3</i>
3.	Тема 3. Структура митогеномов у дрожжей, животных и растений	Самостоятельное изучение тем: Кольцевая структура и компактная организация митогенома человека и животных. Системы синтеза ДНК, РНК и белка в изолированных митохондриях. Изучение генетических функций органелл с помощью реконструкции генетической системы митохондрий <i>in organello</i> . Организация генома митохондрий дрожжей. Особенности организации митохондриального генома растений: высокая вариабельность геномного размера у разных видов; высокая рекомбинационная активность, приводящая к образованию субгеномных колец. Обнаружение в митохондриях видоспецифического набора кольцевых и линейных плазмид.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК1.3</i>
	Тема 4. Геномика митохондрий животных	Самостоятельное изучение тем: Эра полногеномного секвенирования в применении к ДНК-содержащим органеллам. Секвенирование и организация митогенома человека, мышцы,	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК1.3</i>

		дрозофилы, морского ежа. Экономная организация митогенома животных: небольшой размер (16569 п.н. у человека), гены 12S и 16S рРНК, 22 гена тРНК, субъединиц I, II и III цитохром с оксидазы, субъединицы 6 АТФ-синтазы, и 8 других белок-кодирующих генов; отсутствие межгенных спейсеров; отсутствие терминирующих кодонов, добавляемых посттранскрипционно. Пангеном.		
	Тема 5. Геномика митохондрий растений	Самостоятельное изучение тем: Полногеномное секвенирование у растений. Митогеном <i>Arabidopsis thaliana</i> : 57 генов в последовательности длиной 366 924 п.н. Кодированные последовательности составляют малую часть митогеномов растений. Некодированные последовательности растительных митогеномов содержат ДНК ядерного, хлоропластного, бактериального, вирусного и неизвестного происхождения. Динамическая эволюция митогеномов растений. Высокая рекомбинационная активность в митогеномах. Роль повторяющихся последовательностей разной протяженности в возникновении субгеномных колец. Митохондриальные плазмиды и их биологическая роль.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК1.3</i>
	Тема 6. Транскриптомика митохондрий растений	Самостоятельное изучение тем: РНК-полимеразы митохондрий. Множественные сайты инициации транскрипции. Нарушение принципа колинеарности при реализации генетической информации в митохондриях. Редактирование мРНК, приводящее к изменению аминокислотной последовательности белка. С->U – редактирование как механизм поддержания консервативности аминокислотной последовательности белка.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК1.3</i>
	Тема 7. Митохондриальная трансляция	Самостоятельное изучение тем: Митохондриальный аппарат синтеза белка. Митохондриальные рибосомы. Ингибиторы	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК1.3</i>

		синтеза белка. Факторы, нарушающие митохондриальную трансляцию. Синтез белка <i>in organello</i> . Реконструкция системы синтеза белка в митохондриях растений.		
	Тема 8. Регуляция генетических процессов в митохондриях	Самостоятельное изучение тем: Митохондрии – полуавтономные органеллы, существующие в клетке в виде популяции. Субпопуляции митохондрий. Антероградная регуляция митохондриальных функций. Ретроградная регуляция и ее значение для клеточных генетических процессов. Координация экспрессии кодирующих митохондриальные белки генов ядерной и митохондриальной локализации. Использование реконструированной системы (изолированные органеллы, митопласты, митосомы, липосомы) для изучения регуляции синтеза нуклеиновых кислот и белка в митохондриях.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК1.3</i>
	Тема 9. Редокс-состояние как фактор регуляции экспрессии генов в митохондриях	Самостоятельное изучение тем: Взаимодействие митохондрий с другими клеточными органеллами. Митохондрии, эндоплазматический ретикулум и пероксисомы как «редокс-треугольник», участвующий в регуляции клеточного метаболизма. Активация транскрипции и репликации митохондриальных генов в условиях окисления и репрессия этих процессов в условиях восстановления. Моделирование этих условий в системе <i>in organello</i> с помощью ферри-цианида калия (условия окисления) и дитионита натрия (условия восстановления) и окисленного (GSSG) и восстановленного (GSH) глутатиона.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК1.3</i>
	Тема 10. Импорт информационных макромолекул (ДНК, РНК и белка) в митохондрии	Самостоятельное изучение тем: Импорт информационных макромолекул (ДНК, РНК, белка) в митохондрии как условие нормального функционирования органелл и клетки в целом. Механизм импорта белка в митохондрии. Роль транзитного пептида. Митохондриаль-	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК1.3</i>

		<p>ный импорт тРНК и его биологическое значение. Импорт ДНК в митохондриях растений, животных и дрожжей. Горизонтальный перенос генов в митохондриях растений. Межгеномный перенос генов с участием митохондрий. Митохондриальная пора сдвига проницаемости (МРТР). Выход ДНК из митохондрий: причины и последствия.</p>		
	<p>Тема 11. Митохондрии как сигнальный, регуляторный и триггерный центр или мегарегулятор клетки.</p>	<p>Самостоятельное изучение тем: Митохондрии и рецепция внешних и внутренних сигналов. Митохондрии как главный генератор активных форм кислорода (АФК). Роль митохондрий в контроле апоптоза и каскада кальциевой сигнализации. Митохондриальная дисфункция и активация перекисного окисления липидов как начальные стадии нарушения клеточных функций, приводящих к развитию нейродегенеративных болезней и болезней пожилого возраста. Митохондрии и врожденный иммунитет. Свободно-циркулирующая мтДНК и ее роль в развитии системного воспаления. Митохондрии как мишень для отключения фенотипа.</p>	ПК-1	<p><i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК 1.3</i></p>
	<p>Тема 12. Митохондриальные болезни человека</p>	<p>Самостоятельное изучение тем: Мутации мтДНК и факторы, их вызывающие. Болезни, патогенез которых вызван дисфункцией митохондрий: (1) глаза (птоз, наружная офтальмоплегия, катаракта, атрофия зрительного нерва); (2) миокард (кардиомиопатия, аритмии); (3) почки (синдром Де-Тони-Дебре-Фанкони, нефротический синдром); (4) скелетная мускулатура (мышечная слабость, пониженная толерантность к физическим нагрузкам; судороги, миоглобинурия); (5) печень (стеатогепатоз, печеночная недостаточность); (6) желудочно-кишечный тракт (гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь, хроническая диарея, тонкокишечная обструкция); (7)</p>	ПК-1	<p><i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК 1.3</i></p>

		<p>эндокринные органы (сахарный диабет, гипопаратиреоз); мужская репродуктивная система (мужское бесплодие); (8) женская репродуктивная система (женское бесплодие, рецидивирующее прерывание беременности); (9) болезни пожилого возраста (одряхление, деменция и др.). Активные формы кислорода (АФК) и структурные нарушения мтДНК. Роль окисления кардиолипина в возникновении дисфункции митохондрий. Митохондриально-направленные антиоксиданты на основе пластохинона («ионы Скулачева»). Перспективы генной терапии митохондриальных болезней.</p>		
--	--	--	--	--

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов является составной частью учебного процесса и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, зачетам и экзаменам.

Для организации самостоятельной работы по дисциплине «Молекулярная генетика митохондрий» используются следующие формы самостоятельной учебной работы:

- Работа над конспектом лекции.
- Подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы.
- Самостоятельное изучение отдельных тем, параграфов, не изложенных в лекции.
- Подготовка к практическому занятию состоит в теоретической подготовке и выполнении практических заданий (решение задач, ответы на вопросы и т.д.).
- Написание рефератов, подготовка докладов.
- Подготовка к тестированию.
- Подготовка к зачету.

Письменные работы. Для изучения тем, не изложенных в лекции, рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу, а также источники, найденные при помощи информационно-справочных и поисковых систем. Для закрепления материала рекомендуется делать краткие конспекты по теме. В рамках дисциплины «Молекулярная генетика митохондрий» также предусмотрено выполнение письменных работ, в которых студенты должны составить схему трофических отношений в различных микробных сообществах и схемы круговоротов ряда биогенных элементов (см. п. 4.3.2.). Качество выполненной работы оценивается в ходе обсуждения данных вопросов при проведении коллоквиума по соответствующей теме (см. п. 4.3.1).

Реферат – форма письменной работы, которую рекомендуется применять при освоении вариативных (профильных) дисциплин профессионального цикла. Представляет собой краткое изложение содержания научных трудов, литературы по определенной теме. Объем реферата может достигать 15-20 стр.; время, отводимое на его подготовку – от 2 недель до месяца. Подготовка реферата подразумевает самостоятельное изучение студентом нескольких литературных источников (учебников, монографий, научных

статей и т.д.) по определённой теме, не рассматриваемой подробно на лекции, систематизацию материала и краткое его изложение. Цель написания реферата – привитие студенту навыков краткого и лаконичного представления собранных материалов и фактов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным отчетам, обзорам и статьям.

Структура реферата включает:

- Титульный лист.
- Содержание.
- Введение, где кратко формулируется проблема, цель и задачи реферата.
- Основная часть работы состоит из нескольких разделов, в которых излагается суть темы реферата.
- Заключение.
- Список использованной литературы.

При оформлении реферата следует придерживаться технических требований, предъявляемых к рефератам и курсовым работам, имеющихся на кафедре.

Критерии оценивания реферата:

- Оценка «отлично» выставляется в том случае, если в реферате полностью раскрыта тема, проанализировано современное состояние вопроса, материал изложен логично, последовательно, приведено не менее 10 литературных источников (среди которых преобладает литература за последние 5 лет), реферат оформлен в соответствии с техническими требованиями, предъявляемыми к такого рода работам.

- Оценка «хорошо» - тема раскрыта, приведено достаточное количество материала, но при этом материал в недостаточной степени проанализирован автором, оформление реферата соответствует техническим требованиям.

- Оценка «удовлетворительно» - тема раскрыта поверхностно, материал приведен как простая констатация фактов, не проанализирован, в оформлении имеются технические недостатки, список литературы содержит менее 5 источников.

- Оценка «неудовлетворительно» - тема не раскрыта, скудный объем приведенных материалов.

Устный доклад – это сообщение в течение 10-15 мин, в котором студент в лаконичной форме должен изложить материал по соответствующей теме, придерживаясь следующего плана: введение, основная часть, заключение. Доклад сопровождается презентацией, отражающей основные положения по соответствующей теме, включающей наглядные материалы (схемы, таблицы, фото и т.д.). По окончании доклада студенту задают вопросы, как преподаватель, так и студенты, на которые докладчик должен дать исчерпывающие ответы.

Критерии оценивания устного доклада:

- Оценка «отлично». В докладе полностью раскрыта тема, проанализировано современное состояние вопроса; студент свободно владеет материалом, излагает его логично, последовательно, лаконично, соблюдая основные правила культуры речи. Доклад сопровождается презентацией, которая отражает основные положения доклада, презентация составлена грамотно с соблюдением общих требований, правил шрифтового оформления, подачи графического материала, имеются ссылки на приведенные фото, рисунки, схемы и т.д., приводится список использованной литературы. При обсуждении доклада студент дает исчерпывающие, аргументированные, корректные ответы на вопросы.

- Оценка «хорошо». Тема раскрыта, приведено достаточное количество материала, но при этом материал в недостаточной степени проанализирован автором. Презентация не в полной степени соответствует общим требованиям. Ответы студента не на все вопросы являются исчерпывающими и аргументированными.

- Оценка «удовлетворительно». Тема раскрыта не полно, материал приведен как простая констатация фактов, не проанализирован, студент показывает поверхностные знания. Презентация частично соответствует установленным требованиям. При

обсуждении доклада студент не всегда дает правильные, исчерпывающие ответы на задаваемые вопросы.

- Оценка «неудовлетворительно». Тема доклада не раскрыта, скудный объем приведенных материалов; презентация отсутствует. При обсуждении доклада студент не дает ответы или они не соответствуют заданным вопросам.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов): не предусмотрены учебным планом.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Перечень литературы

1. основная литература

1. Нефедова Л.Н. Применение молекулярных методов исследований в генетике : учеб. пособие / Л.Н. Нефедова. — Москва : ИНФРА-М, 2017. — 104 с.
2. Прошкина Е. Н. Молекулярная биология: стресс-реакции клетки : учеб. пособие для вузов / Е. Н. Прошкина, И. Н. Юранева, А. А. Москалев. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 101 с.

2. Дополнительная литература

1. Молекулярная биология: биосинтез и функционирование макромолекул у прокариот [Текст] : учеб. пособие / В. И. Чемерилова, О. А. Секерина ; рец.: Б. Н. Огарков, С. Н. Жданова ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 314 с. (59 экз)

б) периодические издания

в) список авторских методических разработок:

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная Электронная Библиотека <http://www.e-library.ru>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>)
3. ЭБС «ЮРАЙТ». Адрес доступа: <https://www.biblio-online.ru/>
4. ЭБ Издательского центра «Академия». Адрес доступа: <http://www.academia-moscow.ru>
5. <http://www.fptl.ru/biblioteka/biotechnologiya.html>
6. <http://www.medbook.net.ru/010512.shtml>
7. Союз образовательных сайтов - Естественные науки
8. <http://tusearch.blogspot.com> - Поиск электронных книг, публикаций, законов, ГОСТов на сайтах научных электронных библиотек.
9. Google Scholar –Поисковая система по научной литературе.
10. Science Research Portal - Научная поисковая система, осуществляющая полнотекстовый поиск в журналах многих крупных научных издательств, таких как Elsevier, Highwire, IEEE, Nature, Taylor & Francis и др. Ищет статьи и документы в открытых научных базах данных: Directory of Open Access Journals, Library of Congress Online Catalog, Science.gov и Scientific News.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Аудитория для проведения занятий лекционного типа: оборудована специализированной (учебной) мебелью на 25 посадочных мест; техническими средствами обучения: проектор Epson EB-X03, доска маркерная; учебно-наглядными

пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации по дисциплине: презентации по темам программы.

Аудитория для проведения занятий практического типа: оборудована специализированной (учебной) мебелью на 10 посадочных мест; доской меловой; техническими средствами обучения: проектор BenQ MS521P учебно-наглядными пособиями: презентации по темам программы.

Компьютерный класс (учебная аудитория) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, организации самостоятельной работы: аудитория оборудована специализированной (учебной) мебелью на 20 посадочных мест, доской меловой; оборудована техническими средствами обучения: системный блок PentiumG850, монитор BenQ G252HDA-1 шт.; системный блок Athlon 2 X2 250, монитор BenQ G252HDA – 8 шт.; системный блок PentiumD 3.0GHz, монитор Samsung 740N – 3 шт.; моноблок IRU T2105P – 2 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор BenQG955 – 1 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор BenQ GL2250 – 1 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор Samsung T200 HD – 1 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор Samsung T190N – 1 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор Samsung 740N – 1 шт.; проектор BenQ MX503; экран ScreenVtdiaEcot. С неограниченным доступом к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: аудитория оборудована специализированной мебелью на 3 посадочных места; ноутбук Lenovo П580, проектор BenQ MS521P.

6.2. Программное обеспечение:

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition;

Foxit PDF Reader 8.0;

LibreOffice 5.2.2.2;

Ubuntu 14.0;

АСТ-Тест Plus 4.0 (на 75 одновременных подключений) и Мастер-комплект (АСТ-Maker и АСТ-Converter).

6.3. Технические и электронные средства:

Презентации по всем темам курса.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для освоения дисциплины «Молекулярная генетика митохондрий» применяются следующие образовательные технологии:

- *Информационная лекция.* Лекция – это сжатое изложение основных научных фактов, что является базой для анализа рассуждений, оценок.

- *Лекция-визуализация.* Учит студентов преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания обучения. Задача преподавателя использовать такие формы наглядности, которые не только дополняют словесную информацию, но и сами являются носителями информации (схемы, рисунки, слайды-презентации, и т.п.). Этот вид лекции лучше всего использовать на этапе введения студентов в новый раздел, тему дисциплины.

- *Проблемная лекция.* В отличие от содержания информационной лекции, которое предлагается преподавателем в виде известного, подлежащего лишь запоминанию материала, на проблемной лекции новое знание вводится как неизвестное для обучающихся. Проблемная лекция начинается с вопросов, с постановки проблемы, которую в ходе изложения материала необходимо решить. Лекция строится таким образом, что познания обучающегося приближаются к поисковой, исследовательской

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

В качестве оценочных средств для входного контроля оценки уровня знаний студентов используется собеседование. В процессе собеседования оценивается уровень владения базовыми знаниями, умениями, навыками, необходимыми для начала обучения по дисциплине «Биосинтез макромолекул», определяется степень владения новым материалом до начала его изучения.

Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета

В рамках дисциплины «Биосинтез макромолекул» используются следующие формы текущего контроля:

- устный опрос;
- письменная работа;
- Фонд оценочных средств включает:
 - тематика и материалы заданий,
 - вопросы для самостоятельного изучения (СРС),
 - вопросы и билеты для экзамена (зачета),
 - критерии оценки знаний студентов.

Назначение оценочных средств: выявить сформированность компетенции ПК-1 (см. п.

III)

Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме экзамена (зачета)

Форма промежуточной аттестации – *зачет*. ОС этого типа должны выявлять степень освоения теоретических знаний как базу для формирования компетенций, умения их применять в ситуациях, моделирующих профессиональную деятельность, а также сформированность компетенции ПК-1, заявленной в п. III.

Примерный список вопросов к экзамену (зачету)

1. Молекулярная генетика митохондрий как важное научное направление в науках о Жизни. Достижения. нерешенные проблемы и перспективы.
2. Митохондриальная наследственность. Биологические механизмы наследования по материнской линии у животных и растений.
3. Цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС). Типы ЦМС у кукурузы. Особенности использования ЦМС для получения высоких урожаев зерна у кукурузы.
4. Сходства и различия в организации митогеномов у дрожжей, животных и растений.
5. Геномика митохондрий животных. Митогеном человека. D-петля и ее значение для науки и практики.
6. Геномика и транскриптомика митохондрий растений. Характер межвидовых различий в организации митогеномов.
7. Синтез белка в митохондриях. Строение митохондриальных рибосом. Ингибиторы синтеза белка. Система синтеза белка в изолированных митохондриях.
8. Митохондриальные плазмиды высших происхождения. Происхождение. Функции. Биологическая роль. Применение в научных и прикладных исследованиях.
9. Массированный горизонтальный перенос генов в растительных митохондриях. Митохондрии как акцептор и источник генов в процессах межгеномного переноса

ДНК. Происхождение ДНК, обнаруживаемой в митохондриальном геноме высших растений.

10. Регуляция генетических процессов в митохондриях. Антероградная регуляция митохондриальных функций. Ретроградная регуляция и ее значение для клеточных генетических процессов.

11. Редокс-регуляция экспрессии генов в митохондриях. Характер изменений транскрипции митохондриальных генов *in organello* в условиях окисления, создаваемых добавлением окисленного (GSSG) или восстановленного (GSH) глутатиона.

12. Свободно-циркулирующая мтДНК (сцмтДНК) крови. Уровень сцмтДНК в крови как биомаркер инфаркта миокарда, инсульта и других заболеваний. сцмтДНК как биомаркер группы «молекулярных паттернов риска» («danger associated molecular patterns», DAMPs)

13. Митохондрии как сигнальный, регуляторный и триггерный центр клетки. Активные формы кислорода (АФК) и ионы кальция как факторы сигналинга. Роль митохондрий в запуске апоптоза.

14. Импорт информационных макромолекул (ДНК, РНК и белка) в митохондрии. Механизм импорта белка. Импорт РНК. Вероятная связь импорта ДНК с горизонтальным переносом генов в митохондрии растений.

15. Митохондриальные болезни человека. Роль дисфункции митохондрий в возникновении нейродегенеративных заболеваний и болезней пожилого возраста. Мутации мтДНК, увеличенная продукция АФК митохондриями и ускоренное старение организма.

16. Трансплантация митохондрий и возможные сферы ее применения.

17. Импорт белка в митохондрии дрожжей, животных и растений.

18. Импорт РНК в митохондрии разных представителей эукариот.

19. Импорт ДНК в митохондрии дрожжей, животных и растений.

20. Внеклеточная свободно-циркулирующая мтДНК: происхождение и влияние на состояние организма.

21. Взаимодействия митохондрий с эндоплазматическим ретикулумом, вакуолю и пероксисомами и их влияние на мтДНК.

22. Геномика, транскриптомика, протеомика как направления в молекулярной биологии и их значение для развития молекулярной генетики митохондрий.

23. Наследование кодируемых митогеномом признаков по материнской линии. Практическое применение этого биологического феномена в сельском хозяйстве.

24. Митохондриальный геном человека как высокополиморфная генетическая система. Использование мтДНК человека в качестве молекулярного маркера в фундаментальных и прикладных исследованиях.

25. Филогенетическая история *Homo sapiens sapiens*, реконструированная на основе изучения мтДНК предковых видов рода *Homo*.

26. Виды взаимодействий ДНК-содержащих органелл у эукариот в процессе эволюции эукариот и у современных видов.

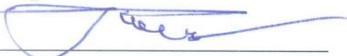
27. Митохондриальные болезни человека и сельскохозяйственных животных. Возможности современной молекулярной генетики для терапии заболеваний, связанных с нарушениями мтДНК. Митохондриально-направленные антиоксиданты. «Ионы Скулачева».

28. ДНК-синтезирующая система на основе изолированных митохондрий растений (кукуруза, картофель). Использование в фундаментальных и прикладных исследованиях.

29. РНК-синтезирующая система на основе изолированных митохондрий растений. Использование в фундаментальных и прикладных исследованиях.

30. Белок-синтезирующая система на основе изолированных митохондрий растений. Использование в фундаментальных и прикладных исследованиях.
31. Использование свободно-циркулирующей мтДНК крови для диагностики, в качестве предиктора и оценке результатов терапии заболеваний.

Разработчики:



(подпись)

профессор Ю. М. Константинов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 06.04.01 «Биология» и профилю подготовки «Биохимия и молекулярная биология».

Программа рассмотрена на заседании кафедры биохимии, молекулярной биологии и генетики.

«26» 04 2024 г.

Протокол № 7 Зав. кафедрой _____



Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.