



## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра биохимии, молекулярной биологии и генетики



Декан биологического почвенного факультета

А. Н. Матвеев

2024г.

### Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.ДВ.3.2 «**ОСНОВНЫЕ РЕГУЛЯТОРНЫЕ СИСТЕМЫ МЕТАБОЛИЗМА**»

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 биологического 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 .....	10
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 .....	14
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	15
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) .....	17
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	17
а) перечень литературы .....	17
б) периодические издания .....	18
в) список авторских методических разработок .....	18
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы.....	18
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	18
6.1. Учебно-лабораторное оборудование .....	18
6.2. Программное обеспечение .....	19
6.3. Технические и электронные средства обучения .....	19
VII. Образовательные технологии .....	19
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации .....	20

## I. Цель и задачи дисциплины:

**Цель:** познание механизмов регуляции процессов, протекающих в животных и растительных клетках, при изменении условий существования, углубление знаний о многообразии, закономерностях и молекулярных механизмах функционирования регуляторных систем.

### Задачи:

- изучение особенностей развития неспецифических реакций на клеточном уровне в ответ на внешние воздействия;
- формирование знаний о механизмах восприятия, передачи, усиления сигналов у многоклеточных организмов и о различных системах регуляции в условиях стресса;
- получение детальных знаний о функционировании гормональной системы растений и межклеточных сигнальных веществах животных клеток;
- изучение строения компонентов сигнальных путей клеток разных организмов;
- углубление знаний о функционировании сигнальных путей животных клеток и сигнальных систем растений для понимания механизмов формирования функционального ответа клеток в норме, его регуляции и коррекции при стрессовых воздействиях и патологических состояниях.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина Б1.В.ДВ.3.2. «Основные регуляторные системы метаболизма» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Молекулярная биология белков», «Биохимия дыхания», «Биоэнергетика клетки», «Современные проблемы липидологии».

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Молекулярные механизмы адаптации», «Митохондрии и окислительный стресс», 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 использовать базовые теоретические знания о разнообразии микроорганизмов, их строении, физиологии, метаболизме, генетике, систематике, особенностях распространения в различных средах обитания, роли в экосистемах и биосфере при решении профильных научно-исследовательских задач.

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1 Способен творчески использовать в научной деятельности теоретические знания и современные методологические подходы биохимии,	<i>ИДК ПК 1.1</i> Знает теоретические основы и методологические подходы биохимии, молекулярной биологии и генетики	Знать: молекулярные механизмы функционирования регуляторных систем метаболизма клеток животных и растений, их взаимодействия, строение и функционирование отдельных компонентов путей сигнальной трансдукции. Уметь: самостоятельно использовать

<p>молекулярной биологии и генетики</p>		<p>современные компьютерные технологии для получения и анализа научной информации, творчески использовать полученные знания для решения научно-исследовательских задач профессиональной деятельности.</p> <p>Владеть: специальной терминологией, знаниями в области сигнальной трансдукции, навыками овладения теоретическим материалом, методическими подходами к решению фундаментальных и прикладных задач человеческой деятельности и умением их применять в ситуациях, моделирующих профессиональную деятельность.</p>
	<p><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: многообразие сигнальных веществ растительных и животных клеток, глубоко понимать молекулярно-биологические особенности организации и функционирования компонентов сигнальной трансдукции клеток живых организмов.</p> <p>Уметь: использовать полученные ранее знания молекулярно-биологических дисциплин для анализа новой информации, формулировки задач исследования и построения выводов, вести поиск научной литературы по изучаемой проблеме и ее анализировать, грамотно излагать теоретический материал и вести дискуссию</p> <p>Владеть: специальной терминологией, знаниями общих закономерностей функционирования и взаимодействия сигнальных систем, подходами и методами исследований регуляции функционирования генетического аппарата клеток и умением их применять в ситуациях, моделирующих профессиональную деятельность.</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 18 часов.

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

**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)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятель ная работа	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<b>Раздел 1. Сигнальные вещества многоклеточных организмов</b> Тема 1.1.. Стресс и его регуляция у растений и животных	3	3		1	1	-	1	Семинар КСР
2	Тема 1.2.. Гормональная система регуляции растений.	3	9		1	3		5	Семинар Доклад КСР
3	Тема 1.3. Сигнальные вещества в животных клетках	3	12		4	4		4	Семинар Доклад КСР

4	<b>Раздел 2. Восприятие и передача внешних сигналов в животных клетках.</b> Тема 2.1. Общие схемы действия гидрофильных и гидрофобных экстраклеточных сигнальных веществ.	3	4		1	1	-	2	Семинар Письменная работа КСР
5	Тема 2.2. Основные компоненты путей сигнальной трансдукции.	3	21		9	4	-	8	Семинар КСР
6	<b>Раздел 3. Сигнальные системы клеток растений.</b> Тема 3.1. Сигнальные системы как механизм регуляции экспрессии генетического материала.	3	4		1	1	-	2	Семинар Доклад КСР
7	Тема 3.2. Разнообразие сигнальных систем клеток растений.	3	15		1	4	-	10	Семинар Реферат Доклад КСР

#### 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.)		
3	<b>Раздел Сигнальные вещества многоклеточных организмов</b> Тема 1.1.. Стресс и его регуляция у растений и животных	1. Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: Системы регуляции в условиях стресса: генетическая, метаболическая (ферментная), мембранная, гормональная, трофическая, электрофизиологическая.	1-2	1	Семинар КСР	V. а) 1. 1-3 2.1-4

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
3	Тема 1.2.. Гормональная система регуляции растений.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: Ауксины. История открытия, метаболизм, физиологические эффекты, механизм восприятия и передачи сигнала, механизм действия, применение основных классов фитогормонов. Цитокинины. Гиббереллины. Абсцизовая кислота. Этилен. Жасмоновая кислота. Брассиностероиды. Салициловая кислота. Олигосахарины. Подготовка докладов и презентаций по теме.	2-3	5	Семинар Доклад КСР	V. а) 1. 1-3 2.1-4
3	Тема 1.3. Сигнальные вещества в животных клетках	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: Холиномиметики и холинолитики. Природные и синтетические яды нейротоксического действия. Жировая ткань как источник БАВ. Природные и синтетические яды нейротоксического действия Подготовка докладов и презентаций по темам.	3-5	4	Семинар Доклад КСР	V. а) 1. 1-3 2.1-4

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
3	<b>Раздел 2. Восприятие и передача внешних сигналов в животных клетках.</b> Тема 2.1. Общие схемы действия гидрофильных и гидрофобных сигнальных веществ.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы.	6-7	2	Семинар Письменная работа КСР	V. а) 1. 1-3 2.1-4
3	Тема 2.2. Основные компоненты путей сигнальной трансдукции.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы.	7-13	8	Семинар КСР	V. а) 1. 1-3 2.1-4
3	<b>Раздел 3. Сигнальные системы клеток растений.</b> Тема 3.1. Сигнальные системы как механизм регуляции экспрессии генетического материала.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: Патогены и элиситоры. Токсины. Рецепторы элиситоров. Подготовка докладов и презентаций по темам.	14	2	Семинар Доклад КСР	V. а) 1. 1-3 2.1-4



Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
3	Тема 3.2. Разнообразие сигнальных систем клеток растений.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: Аденилатциклазная сигнальная система. MAP-киназная, фосфатидатная, липоксигеназная, кальциевая, NO-синтазная, протонная, НАДФН-оксидазная сигнальные системы. Взаимодействие сигнальных систем растений. Подготовка рефератов, докладов и презентаций по темам.	15-18	10	Семинар Реферат Доклад КСР	V. а) 1. 1-3 2.1-4
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) – 32						
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час) – 16						

## 4.3 Содержание учебного материала

### Раздел 1. Сигнальные вещества многоклеточных организмов

**Тема 1.1. Стресс и его регуляция у растений и животных** Устойчивость как мера надежности организма. Механизмы устойчивости: специфический и неспецифический. Понятие стресса. **Особенности** неспецифических реакций растений. Фаза торможения. Роль продуктов распада (мономеров). Изменение гормонального баланса. Фаза адаптации. Фаза истощения. Фаза регенерации (реституции). Устойчивость растений в ходе онтогенеза. Специфические и неспецифические реакции. Общая стратегия адаптации растений к стрессорам. Развитие стрессовых реакций у устойчивых и неустойчивых растений. Дикие и культурные растения. Закаливание. Кросс-устойчивость. Системы регуляции в условиях стресса (внутриклеточные и межклеточные): генетическая, метаболическая (ферментная), мембранная, гормональная, трофическая, электрофизиологическая.

**Тема 1.2.. Гормональная система регуляции растений.** Ауксины. История открытия, метаболизм, физиологические эффекты, механизм восприятия и передачи сигнала, механизм действия, применение основных классов фитогормонов. Цитокинины. Гиббереллины. Абсцизовая кислота. Этилен. Жасмоновая кислота. Брассиностероиды. Салициловая кислота. Олигосахарины.

### Тема 1.3. Сигнальные вещества в животных клетках

Передача внешнего сигнала в клетку. Общая схема, ее компоненты. Первичный мессенджер, рецептор, внутриклеточные медиаторы, регуляторные белки.

Межклеточные сигнальные вещества. Гормоны. *О принципе «одна клетка — один гормон». Химическая природа гормонов. Общие схемы действия гидрофильных и гидрофобных гормонов.*

Гистогормоны. Тип действия. *Классификация. Цитокины (интерлейкины и фактор некроза опухолей, интерфероны, малые цитокины, колониестимулирующие факторы. Факторы роста.*

Нейромедиаторы и нейромодуляторы. Экзоцитоз ацетилхолина в холинергических синапсах. *Ионотропные рецепторы* нейромедиаторов. Катионные каналы и н-холинорецепторы. Прекращение действие медиатора (ацетилхолинэстераза, десенсibilизация рецептора). Вещества, действующие на н-холинорецепторы: н-холиномиметики и н-холинолитики (ганглиоблокаторы и миорелаксанты). М-холинорецепторы. М-холиномиметики и м-холинолитики. *Метаботропные* (медленнодействующие) рецепторы. Нейромедиаторы периферической нервной системы. Непептидные нейромедиаторы центральной нервной системы. *Нейромодуляторы. Структура, образование, действие, классификация.* Эффекты нейропептидов. Рецепторы. Природные и синтетические яды нейротоксического действия. Жировая ткань как источник БАВ Природные и синтетические яды нейротоксического действия.

### Раздел 2. Восприятие и передача внешних сигналов в животных клетках.

**Тема 2.1.** Общие схемы действия гидрофильных и гидрофобных экстраклеточных сигнальных веществ.

**Тема 2.2.** Основные компоненты путей сигнальной трансдукции.

Рецепторы. Константа диссоциации  $K_d$ . Ионотропные рецепторы-каналы на примере н-холинорецепторов. Десенсibilизация рецептора. Н-холиномиметики и н-холинолитики. Ганглиоблокаторы и миорелаксанты. Метаботропные рецепторы. М-холинорецепторы. М-холиномиметики и м-холинолитики.  $\alpha$ -Нейротоксины кобры и крайта. Адренорецепторы. Рецептор с тирозинкиназной активностью, рецепторы к факторам роста. Строение и активация. Активация тирозинкиназы инсулинового рецептора. Рецепторы без собственного каталитического тирозинкиназного домена (бимолекулярные тирозинкиназные рецепторы). Белки, содержащие SH2- SH3- домены.

Серпентиновые рецепторы, сопряженные с G белком. Разнообразие выполняемых сигнальных функций. Лиганды и лиганд-связывающие участки серпентиновых рецепторов. Родопсиновый и адренергический рецепторы. Мускариновые рецепторы. Десенситизация рецепторов фосфорилированием. Ядерные рецепторы. Регуляция активности ядерных рецепторов. Примеры ядерных рецепторов.

Участие G-белков в передаче сигнала в клетку. Взаимодействие со специфическими рецепторами. Цикл активности G-белка (схема). Каскадное усиление сигнала. Связь с эффекторами через G-белки. Строение и функционирование. Структура и свойства. Семейство  $\alpha$ -субъединиц G-белков. Комплекс рецептора с агонистом может активировать несколько комплексов G-белков с эффекторами. Регуляция GTP-азной активности  $\alpha$ -субъединицы. Модулирующее влияние G-белков на сродство рецептора к агонисту. Функции  $\beta\gamma$ -субъединиц. Связь G-белков с мембраной. Действие холерного и коклюшного токсина. Ras-белки. Консервативность. Посттрансляционная модификация. Функции Ras.

Эффекторные молекулы. Аденилатциклаза. Различие фосфолипаз (A1, A2, C и D) в зависимости от их действия в молекуле фосфолипида. Фосфолипаза C, фосфолипаза A2, cGMP-специфическая фосфодиэстераза фоторецепторов, ионные каналы.

Свойства вторичных мессенджеров. Мобилизация. Изменение концентрации ионов  $Ca^{2+}$ . Фосфоинозитольный каскад сигнальной трансдукции. Фосфатидилинозитол как компонент мембран. Образование под действием фосфолипазы C 1,4,5-инозитолтрифосфата и диацилглицерола и их участие в сигнальной трансдукции. Кальмодулин. Структура, функционирование. Фосфоинозитиды. Инозитол-3-фосфат. Риаудиновые рецепторы.

Фосфорилирование белков. Протеинкиназы. Дефосфорилирование белков.

### **Раздел 3. Сигнальные системы клеток растений.**

**Тема 3.1. Сигнальные системы как механизм регуляции экспрессии генетического материала.** Роль сигнальных систем в онтогенезе растений и в формировании ответа на изменяющиеся условия существования. Ответ растений на воздействие биотических и абиотических стрессоров. Неспецифические изменения при биотическом стрессе.

Патогены и элиситоры. Микроорганизмы: вирусы и виоиды; бактерии (*Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Streptomyces*) и микоплазмopodobные микроорганизмы; грибы (низшие: *Plasmodiophoromycetes*, *Chitridomycetes*, *Oomycetes*; высшие: *Ascomycetes*, *Basidiomycetes*, *Deuteromycetes*). Нематоды. Растительоядные насекомые (подкласс высших, или крылатых (*Pterygota*)).

Сигнальные молекулы. Токсины. Элиситоры – первичные сигналы, запускающие процессы индукции и регуляции фитоиммунитета. Продукция микроорганизмами. Вторичные элиситоры. Стрессовые фитогормоны. Белковые соединения (экскретируемые патогенными бактериями и грибами, белки оболочки вирусов). Элиситины. Липиды и их производные. Олигосахаридные продукты. Расонеспецифичные и расоспецифичные элиситоры (генетический пинг-понг, или взаимодействие "ген-на-ген").

Рецепторы элиситоров. Локализация в клеточной мембране, цитозоле, ядре. Структура рецептора. Модель «элиситор-рецептор». Модели рецепторов. Олигомеризация белковых интермедиатов сигнальных систем. Рецепторподобные серинтреониновые протеинкиназы арабидопсиса. Трансмембранные автофосфорилирующие гистидинкиназы. Влияния ингибиторов синтеза белков на интенсивность связывания элиситоров рецепторными белками плазмалеммы.

### **Тема 3.2. Разнообразие сигнальных систем клеток растений.**

Аденилатциклазная сигнальная система. Схема.  $G_s$ -белки, стимулирующие аденилатциклазу, и  $G_i$ -белки, тормозящие активность фермента. Структура, локализация, оптимум pH аденилатциклазы. Модификация и активность мембраносвязанного

фермента. Регуляция содержания цАМФ. Умножение сигнала. Выделение цАМФ во внеклеточную среду выполняет ряд функций. Уменьшение содержания цАМФ при действии АБК. Особенности активации цАМФ-зависимых протеинкиназ. Конкуренция с цГМФ-зависимыми протеинкиназами.

МАР-киназная сигнальная система. МАР-киназный сигнальный каскад (схема). Активация. *WIPK* (*wound-induced protein kinases*) и *SIPK* (*salicylate-induced protein kinases*). Участие в активации липоксигеназного сигнального пути. Индукция образования транскриптов протеинкиназ и посттрансляционная модификация интермедиатов. Четыре группы МАРККК. Каскад МАРККК → МАРКК → МАРК – сигнальная "воронка". Преходящий характер. Протеинфосфатазы.

Фосфатидатная сигнальная система. Фосфолипазы Д – гетерогенное семейство белков. Структура консервативных и варибельных участков. Субстраты. Связывание с мембраной. Факторы, влияющие на активность фосфолипаз Д. Наличие изоформ, различающихся по оптимальному значению рН. Свободная фосфатидная кислота является липидным вторичным мессенджером. Превращение фосфатидата в интермедиаты других сигнальных путей. Фосфатидная кислота является кальциевым ионофором.

Кальциевая сигнальная система. Наиболее ранние ответные реакции на стрессоры. Локализация кальциевых каналов. Кальциевая "вспышка". Взаимодействие ионов кальция с белками. Фосфолипаза С. Изоформы мембраносвязанная и растворимая. Схема кальциевой сигнальной системы. Кальциевая волна и примембранное повышение содержания ионов кальция. Причины. Регуляция. Пути снижения концентрации ионов кальция.  $Ca^{2+}$  каналы высших растений.  $Ca^{2+}$ -связывающие белки растений.  $Ca^{2+}$ -АТФазы растений.  $Ca^{2+}/H^+$  антипортеры. Трансгенные растения с геном экворина –  $Ca^{2+}$ -зависимого флуоресцентного белка. Кальмодулиннезависимые и  $Ca^{2+}$ -зависимые протеинкиназы. Регуляция функционирования цитоскелета с помощью кальциевой сигнальной системы.

Липоксигеназная сигнальная система. Активация фосфолипазы А<sub>2</sub>. Липоксигеназы. Схема. Эпоксидные формы и гидроксипроизводные гидроперекисей жирных кислот. Гидропероксидлиазы превращают 9-гидропероксилинолеат или 9-гидропероксилиноленат в С<sub>9</sub>-альдегиды и С<sub>9</sub>-альдокислоты, 13-гидропероксилинолеат или 13-гидропероксилиноленат в С<sub>6</sub>-альдегиды и С<sub>12</sub>-альдокислоты – физиологически активные соединения. Алленоксидсинтаза катализирует образование кетолов, способных затормаживать развитие патогенов. Жасмоновая кислота. Оксипипины. Активация липоксигеназного пути за счет активации имеющихся в клетках ферментов и за счет повышения их содержания, вызванного индукцией экспрессии генов. Функции интермедиатов (бактерицидная, фунгицидная, защита от листогрызущих насекомых). Роль хлоропластов в функционировании липоксигеназной сигнальной системы. Передача сигнала от плазмалеммы к хлоропластам происходит быстро. Возможная роль ионов кальция. Конформационные изменения мембран тилакоидов при фотострессе. Особенность усиления сигналов – использование нескольких видов автокаталитических процессов (циклов). Физиологическая активность оксипипинов. Торможение сигнала. Передача сигнала к протеинкиназам и протеинфосфатазам. Взаимодействие липоксигеназной, циклоаденилатной, кальциевой и НАДФ-оксидазной сигнальных систем.

НАДФН-оксидазная сигнальная система. АФК. Окислительный "взрыв" одна из самых быстрых ответных реакций, имеет преходящий характер. НАДФН-оксидаза. Другие ферменты, продуцирующие АФК. Образование перекиси водорода подавляется ингибиторами протеинкиназ, но активируется ингибиторами протеинфосфатазы 2А. Стимулирующее влияние фосфолипазы С на активность НАДФН-оксидазы, участие G-белков. "Салициловая вспышка", механизм. Салициловая кислота – ингибитор каталазы, и других железосодержащих ферментов – аскорбатпероксидаз, аконитаз, АСС-оксидазы. Реакция сверхчувствительности. Салициловая и янтарная кислоты как конкурентные

ингибиторы каталаз. Янтарная кислота – природный миметик салициловой кислоты. Ди- и три-карбоксильные органические кислоты цикла Кребса. Салицилат стимулирует образование ингибиторов протеиназ патогена и растения-хозяина. Активация перекисью водорода и салицилатом апоптоза. Метилсалицилат принимает участие в аллелопатических взаимоотношениях в фитоценозах, наряду с летучими производными липоксигеназного метаболизма и летучими терпеноидными фитоалексинами.

NO-синтазная сигнальная система. NO-синтаза (строение, изоформы). "NO-взрыв". Сходства и различия в функционировании NO-сигнальных систем у животных и растений. Активация гуанилатциклазы происходит при взаимодействии NO с гемом. Участие цГМФ в сигнальной сети клеток. Салициловая кислота. Разветвленная структура сигнального пути. NO индуцирует накопление салицилата, который активирует специальную изоформу MAP-киназы. NO взаимодействует с нуклеиновыми кислотами и белками неферментативно.

Протонная сигнальная система. Одна из наиболее ранних реакций клеток на стрессор – быстрое преходящее изменение в цитозоле концентрации протонов за счет входа  $H^+$  из вакуоли и внеклеточной среды. Фосфорилирование/дефосфорилирование белков  $H^+$ -каналов. Интермедиаты, протонозависимая изоформа MAP-киназ. Источники протонов для цитозоля. Протонные каналы и  $H^+$ -АТФазы не обнаруживаются в мембранах ядерной оболочки. Растительные АТФазы. Стимуляция работы  $H^+$ -АТФаз плазмалеммы  $Ca^{2+}$ -активируемыми протеинкиназами.

Сигнальная функция цитоскелета. Структура цитоскелета и его функционирование. Роль цитоскелета в морфогенезе на клеточном уровне. Влияние абсцизовой кислоты. Сходство трехмерной структуры цитоскелетных моторных белков с G-белками. Участие цитоскелета в преобразовании внешних сигналов. Чувствительность актиновых нитей к изменениям рН. Функционирование цитоскелета при патогенезе. Деградация тубулиновой мРНК при атаке фитотфоры. Деполимеризация актина при проникновении *Rhizobium* в корневые волоски.

Взаимодействие сигнальных систем со стрессовыми фитогормонами. Локальная и системная устойчивость. Абсцизовая кислота. Этилен. Салициловая кислота. Брассиностероиды. Системин. Метилжасмонат. Индукция элиситорами синтеза стрессовых фитогормонов. Стрессовые фитогормоны усиливают или затормаживают образование друг друга.

Регуляция ионных потоков интермедиатами сигнальных систем. **Блокаторы** ионных каналов ингибируют синтез фитоалексинов. Ионофоры, применяемые в исследованиях. Автокаталитические механизмы. Протеинкиназы, влияющие на функционирование ионных каналов и помп. Потенциалзависимые каналы. Циклонуклеотидрегулируемые ионные каналы.

Взаимодействие сигнальных систем. Дивергенция сигнального потока. Раздельное (параллельное) функционирование сигнальных путей и их интеграция. Взаимопревращение "стартовых" фосфолипидов кальциевой и фосфатидатной сигнальных систем. Взаимодействие на уровне факторов регуляции транскрипции. Модулирование одних сигнальных систем с помощью промежуточных продуктов других. Главный объект регуляции – фермент первой реакции.

#### 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)*
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1.1	Стресс и его	1		Семинар	ПК-1

		регуляция у растений и животных			КСР	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
2	<b>Тема 1.2</b>	Гормональная система регуляции растений.	3		Семинар Доклад КСР	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
3	<b>Тема 1.3</b>	Сигнальные вещества в животных клетках	4		Семинар Доклад КСР	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
4	<b>Тема 2.1</b>	Общие схемы действия гидрофильных и гидрофобных сигнальных веществ.	1		Семинар Письменная работа КСР	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
5	<b>Тема 2.2</b>	Основные компоненты путей сигнальной трансдукции.	4		Семинар КСР	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
6	<b>Тема 3.1</b>	Сигнальные системы как механизм регуляции экспрессии генетического материала.	1		Семинар Доклад КСР	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
7	<b>Тема 3.2</b>	Разнообразие сигнальных систем клеток растений.	4		Семинар Реферат Доклад КСР	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>

#### 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 1.1.. Стресс и его регуляция у растений и животных	Изучить теоретический материал по вопросу: Системы регуляции в условиях стресса	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
2.	Тема 1.2.. Гормональная система регуляции растений.	Изучить теоретический материал по вопросам: Ауксины (история открытия, метаболизм, физиологические эффекты, механизм восприятия и передачи сигнала, механизм действия, применение). Цитокинины. Гиббереллины. Абсцизовая кислота. Этилен. Жасмоновая кислота. Брассиностероиды. Салициловая кислота. Олигосахарины.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>

3.	Тема 1.3. Сигнальные вещества в животных клетках	Изучить теоретический материал по вопросам: Холиномиметики и холинолитики. Природные и синтетические яды нейротоксического действия. Жировая ткань как источник БАВ. Природные и синтетические яды нейротоксического действия.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
4.	Тема 2.1. Общие схемы действия гидрофильных и гидрофобных экстраклеточных сигнальных веществ.	Изучить теоретический материал по теме и подготовиться к письменной работе:	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
5.	Тема 2.2. Основные компоненты путей сигнальной трансдукции.	Изучить теоретический материал по вопросам Компоненты пути передачи сигнала в клетке.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
6.	Тема 3.1. Сигнальные системы как механизм регуляции экспрессии генетического материала.	Изучить теоретический материал по вопросам: Патогены и элиситоры. Токсины. Рецепторы элиситоров.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
7.	Тема 3.2. Разнообразие сигнальных систем клеток растений.	Изучить теоретический материал по вопросам: Аденилатциклазная сигнальная система. МАР-киназная, фосфатидатная, липоксигеназная, кальциевая, NO-синтазная, протонная, НАДФН-оксидазная сигнальные системы. Взаимодействие сигнальных систем растений.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>

#### 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 «Основные регуляторные системы метаболизма» 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 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 «Основные регуляторные системы метаболизма» 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) Рекомендуемая литература**

#### **1. Основная литература**

1. [Уилсон, К.](#) Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии [Электронный ресурс] / К. Уилсон, Дж Уолкер. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лаборатория знаний (ранее БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 848 с. - (Методы в биологии). - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-2877-2 : Б. ц.
2. Основы биохимии Ленинджера [Электронный ресурс] / Нельсон Д., Кокс М. ., - Электрон. текстовые дан. . - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. Т. 2 : Биоэнергетика и метаболизм / Д. Нельсон, М. Кокс, Т. 2. - 3-е. - [Б. м.] : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. - 691 с. - ISBN 978-5-00101-545-1 : Б. ц. Кребс, Д. Г. Гены по Льюину [Электронный ресурс] / Д. Г. Кребс, С. Килпатрик. - 4-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 922 с. - ЭБС Лань. - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-93208-506-6 : Б. ц.
3. Кассимерис, Л. Клетки по Льюину [Электронный ресурс] / Л. Кассимерис. - 3-е. - Электрон. текстовые дан. - [Б. м.] : Издательство "Лаборатория знаний", 2018. - 1059 с. - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-00101-587-1 : Б. ц.

#### **2. Дополнительная литература**

1. [Медведев С. С.](#) Физиология растений [Текст] : [учебник] / С. С. Медведев. - СПб. : БХВ - Петербург, 2021. - 496 с. : ил. ; 24 см. - (Учебная литература для вузов). - Библиогр.: с. 483-496. - ISBN 978-5-9775-0716-5 : 1780.00 р.

2. Молекулярная биология клетки [Текст] : с задачами Джона Уилсона и Тима Ханта: [учебник] : в 3 т. / Б. Альбертс [и др.]. - Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика : Ин-т компьютер. исслед., 2013 - . - 24 см. - ISBN 978-5-4344-0137-1. Т. 1. - 2013. - 773 с. : цв. ил. - Библиогр. в конце разд. - ISBN 978-5-4344-0112-8 : 950.00 р.
3. Молекулярная биология клетки [Текст] : с задачами Джона Уилсона и Тима Ханта : [учебник] / Б. Альбертс [и др.] ; пер. с англ.: А. Н. Дьяконовой, А. В. Дюбы ; ред.: Е. Н. Богачева, И. Н. Шатский. - М. : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика" ; Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2013 - . - 25 см. – ISBN. 978-5-4344-0137-1. Т. 2. - 2013. - 1736 с. : цв. ил. - Библиогр. в конце разд. - ISBN 978-0-8153-4111-6 : 1700.00 р.
4. Молекулярная биология клетки [Текст] : с задачами Джона Уилсона и Тима Ханта : [учебник] / Б. Альбертс [и др.] ; пер. с англ.: А. Н. Дьяконовой, А. В. Дюбы, А. А. Светлова ; ред. Е. С. Шилов [и др.]. - М. : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2013 - . - 25 см. - ISBN 978-5-4344-0137-1. Т. 3. - 2013. - 2765 с. : цв. ил. - Библиогр. в конце разд. - ISBN 978-5-4344-0114-2 : 2500.00 р.

**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/biotehnologiya.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 семинарского типа. Аудитория оборудована: *специализированной (учебной) мебелью* на 12 посадочных мест;

*техническими средствами обучения:* Доска аудиторная меловая, Проектор BenQ MS504, служащими для представления учебной информации большой аудитории по дисциплине «Молекулярные основы экспрессии генов»;

*учебно-наглядными пособиями,* обеспечивающими тематические иллюстрации по дисциплине «Молекулярные основы экспрессии генов» в количестве: таблицы – 3 шт., презентации по каждой теме программы.

Компьютерный класс (учебная аудитория) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, организации самостоятельной работы: аудитория с неограниченным доступом к сети Интернет оборудована:

*специализированной (учебной) мебелью* на 20 посадочных мест;

*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; доска меловая.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: аудитория оборудована:

*специализированной мебелью* на 8 посадочных мест; шкаф вытяжной ЛК-1500 ШВ+вентилятор - 2 шт., стол двухтумбовый - 5 шт., стол однотоумбовый - 4 шт., стол компьютерный - 1 шт., проектор Оверхед GEHA OHP Ecovision 24/3 - 1 шт., системный блок в комплекте ASUS - 1 шт., монитор BenQ DL2215 - 1 шт., ноутбук Lenovo G580 в комплекте - 1 шт., multifunctionальное устройство SAMSUNG M2070 - 1 шт., сканер HP Scanjet G2410 - 1 шт., принтер Canon LBP 2900 - 1шт.

### **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 «Основные регуляторные системы метаболизма» 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 деятельности. Здесь участвуют мышление обучающегося и его личностное отношение к усваиваемому материалу.

- *Лекция-беседа.* Предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать

внимание студентов к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей студентов.

- *Практические занятия* – это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы, которое формирует практические умения. Одной из форм практических занятий в вузе является семинар.

- *Семинар-исследование*. Технология проведения такого семинара может быть различной, в зависимости от того, какой метод заложен в его основу. В рамках дисциплины «Основные регуляторные системы метаболизма» проводится семинар с подготовкой и заслушиванием рефератов по актуальным проблемам теории и практики и последующим их обсуждением.

- *Самостоятельная работа студентов* (см. п.4.4).

- *Дистанционные образовательные технологии*. Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей. При освоении дисциплины «Основные регуляторные системы метаболизма» используются следующие технологии:

▪ кейсовая технология – форма дистанционного обучения, основанная на предоставлении обучающимся информационных образовательных ресурсов в виде специализированных наборов учебно-методических комплексов с использованием различных видов носителей информации (кейсов);

▪ интернет-технология – способ дистанционной передачи информации, основанный на использовании глобальных и локальных компьютерных сетей для обеспечения доступа обучающихся к информационным образовательным ресурсам и для формирования совокупности методических, организационных, технических и программных средств реализации и управления учебным процессом независимо от места нахождения его субъектов. Используется Образовательный портал ИГУ - educa.isu.ru.

**Наименование тем занятий с использованием активных форм обучения:  
таблица НЕ ОБЯЗАТЕЛЬНА ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ**

	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	Кол-во часов
Итого часов				

**VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

***Оценочные материалы для входного контроля***

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 «Основные регуляторные системы метаболизма», определяется степень владения новым материалом до начала его изучения.

***Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета***

В рамках дисциплины «Основные регуляторные системы метаболизма» используются следующие формы текущего контроля:

- устный опрос;
- письменная работа;
- реферат;
- контроль самостоятельной работы.

Фонд оценочных средств включает:

- фонд тестовых заданий по дисциплине,
- тематика и материалы заданий,
- перечень тем рефератов/докладов,
- вопросы для самостоятельного изучения (СРС)
- вопросы для зачёта,
- критерии оценки знаний студентов.

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

Ш).

#### **Темы докладов**

1. Ауксины. История открытия, метаболизм, физиологические эффекты, механизм восприятия и передачи сигнала, механизм действия, применение основных классов фитогормонов.
2. Цитокинины.
3. Гиббереллины.
4. Абсцизовая кислота.
5. Этилен.
6. Жасмоновая кислота.
7. Брассиностероиды.
8. Салициловая кислота.
9. Олигосахарины.
10. Холиномиметики и холинолитики
11. Природные и синтетические яды нейротоксического действия
12. Жировая ткань как источник БАВ
13. Природные и синтетические яды нейротоксического действия
14. Патогены и элиситоры растений, выделяемые токсины. Рецепторы элиситоров

#### **Темы рефератов**

1. Аденилатциклазная сигнальная система.
2. МАР-киназная сигнальная система.
3. Фосфатидатная сигнальная система.
4. Липоксигеназная сигнальная система.
5. Кальциевая сигнальная система.
6. NO-синтазная сигнальная система.
7. Протонная сигнальная система.
8. НАДФН-оксидазная сигнальная система.
9. Взаимодействие сигнальных систем растений.

#### ***Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме зачёта.***

Форма промежуточной аттестации - **зачёт**. 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. Ш.

#### **Примерный список вопросов к экзамену**

1. Передача внешнего сигнала в клетку. Основные компоненты сигнальной трансдукции. Общие схемы действия гидрофильных и гидрофобных экстраклеточных сигнальных веществ.
2. Рецепторы. Константа диссоциации  $K_d$ . Ионотропные рецепторы-каналы на примере н-холинорецепторов. Десенсibilизация рецептора. Н-холиномиметики и н-холинолитики. Ганглиоблокаторы и миорелаксанты. Метаботропные рецепторы. М-холинорецепторы. М-холиномиметики и м-холинолитики.  $\alpha$ -Нейротоксины кобры и крайта. Адренорецепторы.
3. Рецептор с тирозинкиназной активностью, рецепторы к факторам роста. Строение и активация. Активация тирозинкиназы инсулинового рецептора. Рецепторы без собственного каталитического тирозинкиназного домена (бимолекулярные тирозинкиназные рецепторы). Белки, содержащие SH2- SH3- домены. Трансмембранная передача сигнала
4. Серпентиновые рецепторы, сопряженные с G белком. Разнообразие выполняемых сигнальных функций. Лиганды и лиганд-связывающие участки серпентиновых рецепторов. Родопсиновый и адренергический рецепторы. Мускариновые рецепторы. Десенситизация рецепторов фосфорилированием. Ядерные рецепторы. Регуляция активности ядерных рецепторов. Примеры ядерных рецепторов.
5. Участие G-белков в передаче сигнала в клетку. Взаимодействие со специфическими рецепторами. Цикл активности G-белка (схема). Каскадное усиление сигнала. Связь с эффекторами через G-белки. Строение и функционирование. Структура и свойства. Семейство  $\alpha$ -субъединиц G-белков. Комплекс рецептора с агонистом может активировать несколько комплексов G-белков с эффекторами.
6. Регуляция GTP-азной активности  $\alpha$ -субъединицы. Модулирующее влияние G-белков на сродство рецептора к агонисту. Функции  $\beta\gamma$ -субъединиц. Связь G-белков с мембраной. Действие холерного и коклюшного токсина. Ras-белки. Консервативность. Посттрансляционная модификация. Функции Ras.
7. Эффекторные молекулы. Аденилатциклаза. Различия фосфолипаз (A1, A2, C и D) в зависимости от их действия в молекуле фосфолипида. Фосфолипаза C, фосфолипаза A2, cGMP-специфическая фосфодиэстераза фоторецепторов, ионные каналы.
8. Свойства вторичных мессенджеров. Мобилизация. Изменение концентрации ионов  $Ca^{2+}$ . Фосфоинозитольный каскад сигнальной трансдукции. Фосфатидилинозитол как компонент мембран. Образование под действием фосфолипазы C 1,4,5-инозитолтрифосфата и диацилглицерола и их участие в сигнальной трансдукции. Кальмодулин. Структура, функционирование. Фосфоинозитиды. Инозитол-3-фосфат. Рианодиновые рецепторы.
9. Фосфорилирование белков. Протеинкиназы. Дефосфорилирование белков.
10. Сигнальные вещества в животных клетках. Гормоны. Гистогормоны. Тип действия. Классификация. Цитокины. Факторы роста.
11. Нейромедиаторы и нейромодуляторы. Экзоцитоз ацетилхолина в холинергических синапсах. *Ионотропные рецепторы* нейромедиаторов. Катионные каналы и н-холинорецепторы. Прекращение действие медиатора (ацетилхолинэстераза, десенсibilизация рецептора). н-Холиномиметики и н-холинолитики (ганглиоблокаторы и миорелаксанты). м-Холиномиметики и м-холинолитики. *Метаботропные* (медленнодействующие) рецепторы. Нейромедиаторы периферической нервной системы. Непептидные нейромедиаторы центральной нервной системы. Нейромодуляторы. Эффекты нейропептидов. Рецепторы. Природные и синтетические яды нейротоксического действия. Жировая ткань как источник БАВ Природные и синтетические яды нейротоксического действия.

12. Сигнальные молекулы растений. Фитогормоны (ауксины, цитокинины, гиббереллины, абсцизовая кислота, этилен, брассиностероиды, жасмоновая кислота, салициловая кислота).
13. Сигнальные молекулы растений. Фитопатогены как индукторы защитных механизмов растений. Микроорганизмы; грибы. Нематоды. Растительноядные насекомые. Токсины, выделяемые фитопатогенами. Элиситоры – первичные сигналы, запускающие процессы индукции и регуляции фитоиммунитета; их природа. Вторичные элиситоры. Белки, липиды и их производные. Олигосахаридные продукты. Расонеспецифичные и расоспецифичные элиситоры (генетический пинг-понг, или взаимодействие "ген-на-ген"). Рецепторы элиситоров.
14. Сигнальные системы клеток растений. Аденилатциклазная сигнальная система. Схема.  $G_s$ -белки, стимулирующие аденилатциклазу, и  $G_i$ -белки, тормозящие активность фермента. Структура, локализация, оптимум pH аденилатциклазы. Модификация и активность мембраносвязанного фермента. Регуляция содержания цАМФ. Умножение сигнала. Функции цАМФ во внеклеточной среде.
15. MAP-киназная сигнальная система. Схема. Активация. *WIPK* и *SIPK*. Участие в активации липоксигеназного сигнального пути. Индукция образования транскриптов протеинкиназ и посттрансляционная модификация интермедиатов. Четыре группы MAPKKK. Каскад MAPKKK → MAPKK → MAPK –сигнальная "воронка". Преходящий характер. Протеинфосфатазы.
16. Фосфатидатная сигнальная система. Фосфолипазы D. Структура, субстраты. Связывание с мембраной. Факторы, влияющие на активность фосфолипаз D. Изоформы, различающиеся по оптимальному значению pH. Фосфатидная кислота как липидный вторичный мессенджер. Превращение фосфатидата в интермедиаты других сигнальных путей. Фосфатидная кислота в роли кальциевого ионофора.
17. Кальциевая сигнальная система. Локализация кальциевых каналов. Кальциевая "вспышка". Взаимодействие ионов кальция с белками. Фосфолипаза C. Изоформы: мембраносвязанная и растворимая. Схема кальциевой сигнальной системы. Кальциевая волна и примембранное повышение содержания ионов кальция. Причины. Регуляция. Пути снижения концентрации ионов кальция.  $Ca^{2+}$  каналы высших растений.  $Ca^{2+}$ -связывающие белки растений.  $Ca^{2+}$ -АТФазы растений.  $Ca^{2+}/H^+$  антипортеры.  $Na^+/Ca^{2+}$ -обменник. Кальмодулиннезависимые и  $Ca^{2+}$ -зависимые протеинкиназы. Регуляция функционирования цитоскелета с помощью кальциевой сигнальной системы.
18. Липоксигеназная сигнальная система. Схема. Активация фосфолипазы  $A_2$ . Липоксигеназы. Эпоксидные формы и гидроксипроизводные гидроперекисей жирных кислот. Гидропероксидлиазы. Алленоксидсинтаза. Жасмоновая кислота. Оксипирины. Активация липоксигеназного пути. Функции интермедиатов. Роль хлоропластов в функционировании липоксигеназной сигнальной системы. Передача сигнала от плазмалеммы к хлоропластам. Конформационные изменения мембран тилакоидов при фотострессе. Автокаталитические процессы. Оксипирины. Торможение сигнала. Передача сигнала к протеинкиназам и протеинфосфатазам. Взаимодействие липоксигеназной, циклоаденилатной, кальциевой и НАДФ-оксидазной сигнальных систем.
19. НАДФН-оксидазная сигнальная система. Активные формы кислорода. Окислительный "взрыв". НАДФН-оксидаза. Другие ферменты, продуцирующие АФК. Подавление ингибиторами протеинкиназ образования перекиси водорода и активация ингибиторами протеинфосфатазы 2A. Стимулирующее влияние фосфолипазы C на активность НАДФН-оксидазы, участие G-белков. "Салициловая вспышка", механизм. Салициловая кислота – ингибитор каталазы, и других железосодержащих ферментов. Реакция сверхчувствительности. Янтарная кислота

- природный миметик салициловой кислоты. Ди- и три-карбоксилые органические кислоты цикла Кребса. Образование ингибиторов протеиназ патогена и растения-хозяина. Активация перекисью водорода и салицилатом апоптоза. Участие метилсалицилата в аллелопатических взаимоотношениях в фитоценозах.
20. NO-синтазная сигнальная система. "Молекула года". NO-синтаза (строение, изоформы). "NO-взрыв". Сходства и различия в функционировании NO-сигнальных систем у животных и растений. Активация гуанилатциклазы при взаимодействии NO с гемом. Участие цГМФ в сигнальной сети клеток. Разветвление NO-синтазного сигнального пути. Индукция NO накопления салицилата, который активирует MAP-киназу. Механизм взаимодействия NO с нуклеиновыми кислотами и белками. Время жизни NO и других звеньев сигнального пути. Рецепторы.
21. Протонная сигнальная система. Быстрое преходящее изменение в цитозоле концентрации  $H^+$ . Фосфорилирование/дефосфорилирование белков  $H^+$ -каналов. Интермедиаты, протонозависимая изоформа MAP-киназ. Источники протонов для цитозоля. Локализация протонных каналов и  $H^+$ -АТФаз. Растительные АТФазы. Стимуляция работы  $H^+$ -АТФаз плазмалеммы  $Ca^{2+}$ -активируемыми протеинкиназами.
22. Сигнальная функция цитоскелета. Роль цитоскелета в морфогенезе на клеточном уровне. Структура цитоскелета и его функционирование. Регуляция функционирования микротрубочек и микрофибрилл интермедиатами некоторых сигнальных систем клеток. Влияние абсцизовой кислоты. Сходство трехмерной структуры цитоскелетных моторных белков с G-белками. Участие цитоскелета в преобразовании внешних сигналов. Чувствительность к изменениям pH. Функционирование цитоскелета при патогенезе. Деградация тубулиновой мРНК при атаке фитифторы. Деполимеризация актина при проникновении *Rhizobium* в корневые волоски.
23. Взаимодействие сигнальных систем со стрессовыми фитогормонами. Накопление при патогенезе стрессовых фитогормонов, которые вызывают синтез защитных соединений. Локальная и системная устойчивость. Абсцизовая кислота. Этилен. Салициловая кислота. Брассиностероиды. Системин. Метилжасмонат. Активация сигнальных систем. Неспецифичные и специфичные ответы клеток.
24. Регуляция ионных потоков интермедиатами сигнальных систем. Ингибирование синтеза фитоалексинов блокаторами ионных каналов. Ионофоры, применяемые в исследованиях. Действующие концентрации интермедиатов. Автокаталитические механизмы. Протеинкиназы, влияющие на функционирование ионных каналов и помп. Потенциалзависимые и циклонуклеотидрегулируемые ионные каналы.
25. Взаимодействие сигнальных систем. Включение различных сигнальных систем разными элиситорами или одним элиситором. Дивергенция сигнальных потоков. Раздельное (параллельное) функционирование сигнальных систем и их интеграция. Взаимопревращение "стартовых" фосфолипидов кальциевой и фосфатидатной сигнальных систем. Взаимодействие на уровне факторов регуляции транскрипции. Модулирование одних сигнальных систем с помощью промежуточных продуктов других. Регуляция фермента первой реакции.



**Разработчики:**



(подпись)

доцент А.В. Третьякова

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.*