


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

УТВЕРЖДАЮ

заведующий кафедрой
биофизики и биотехнологии

 Артюхов В.Г.
18.03.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б.1.В.07 Внутриклеточные сигнальные пути и способы их регуляции

- 1. Шифр и наименование направления подготовки:**
06.04.01 Биология
- 2. Профиль подготовки/специализации:** Биофизика
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** магистр
- 4. Форма образования:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** биофизики и биотехнологии
- 6. Составители программы:**
Башарина Ольга Владимировна, кандидат биологических наук, доцент
- 7. Рекомендована** НМС медико-биологического (биолого-почвенного) факультета, протокол №4 от 18.03.2024 г.
- 8. Учебный год:** 2025-2026 **Семестр(-ы):** 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель: создать у студента глубокие знания теоретических основ предмета, способность устанавливать причинно-следственные связи в функционировании регуляторных структур клетки.

Задачи: обеспечить наличие у студента понимания сущности внутриклеточного гомеостаза, путей передачи сигнала в клетку, механизма формирования клеточного ответа на сигнал; молекулярно-клеточных механизмов регуляции биохимических и биофизических процессов.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к блоку Дисциплины (модули) (Б.1), вариативная часть (Б.1.В.).

Данная дисциплина является предшествующей блоку 2 (Практики) и блоку 3 (Государственная итоговая аттестация) программы.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен планировать работу и выбирать методы решения исследовательских задач адекватно поставленным целям с учетом широкого понимания профессиональной области и/или области	ПК-1.1	Анализирует и обрабатывает информацию по тематике исследования в выбранной области наук, в том числе на междисциплинарном уровне	<p>Знать: основные понятия, категории, современные методики и технологии организации и решения исследовательских задач; основные положения, законы, методы и достижения естественных наук, теоретические основы предмета, современные научные достижения в изучаемой области</p> <p>Уметь: проводить анализ системных объектов; адаптировать современные достижения науки в соответствии с исследовательскими задачами</p> <p>Владеть: способами создания и методами работы с базами данных; основными методами, способами и средствами получения, обработки информации в области естественных наук; навыками самостоятельной научно-исследовательской работы</p>
ПК-4	Способен представлять научные (научно-технические) результаты профессиональному сообществу	ПК-4.2	Представляет результаты работы в устной форме с использованием презентаций на научных семинарах, конференциях	<p>Знать: основные методические модели, методики, технологии и приёмы преподавания в высшей школе, способы представления информации</p> <p>Уметь: представлять</p>

			различного уровня и /или в рамках дискуссий на научных (научно-практических) мероприятиях	<p>результаты работы в устной форме с использованием презентаций; определять степень научности полученной информации; выбирать виды средств и методы научного поиска; применять системный подход в профессиональной области и аргументировано обосновать свои взгляды по современным проблемам биологии</p> <p>владеть: навыками публичной речи, аргументацией, умением вести дискуссии; современными методами и приёмами подготовки и проведения научно-методической работы и публичного представления теоретического и экспериментального материала; приёмами организации и проведения научно-исследовательских биологических работ.</p>
ПК-6	Способен обеспечивать информационное сопровождение процесса создания продуктов интеллектуальной деятельности в области биофизики и биотехнологии	ПК-6.1	Использует технические средства поиска научно-биологической (биофизической и биотехнологической) информации в глобальных компьютерных сетях, универсальные пакеты прикладных компьютерных программ, специализированные базы данных	<p>Знать: пути поиска научно-биологической информации, универсальные пакеты прикладных компьютерных программ</p> <p>Уметь: использовать технические средства поиска научной информации в глобальных компьютерных сетях, выбирать виды средств и методы научного поиска; применять системный подход в профессиональной области</p> <p>владеть: навыками работы на компьютере, с универсальными пакетами прикладных компьютерных программ, специализированными базами данных</p>
ПК-7	Способен к организации и проведению самостоятельных исследований в области биофизики и биотехнологии	ПК-7.1	Применяет знание принципов структурной и функциональной организации биологических объектов, биофизических и биохимических основ их функционирования при решении исследовательских задач	<p>Знать: основные положения, законы, методы и достижения естественных наук; теоретические основы молекулярной биофизики, сущность гомеостаза, принципы, лежащие в основе функционирования регуляторных структур; молекулярно-клеточные механизмы регуляции биохимических и биофизических процессов; пути передачи сигнала в клетку</p>

				и его преобразования; современные научные достижения в изучаемой области уметь: использовать фундаментальные биофизические представления в сфере профессиональной деятельности для решения новых задач; воспринимать инновации в целях совершенствования своей профессиональной деятельности владеть (иметь навык(и)): основными методами научного познания, современными методическими подходами, используемыми при биофизических исследованиях живых объектов
--	--	--	--	---

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 4 ЗЕТ / 144 ч.

Форма промежуточной аттестации – экзамен

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)			
	Всего	По семестрам		
		№ сем. 3		
Аудиторные занятия	54	54		
в том числе:				
лекции	18	18		
практические	36	36		
лабораторные				
Самостоятельная работа	54	54		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 ч., экзамен – 36 ч.)	36	36		
Итого:	144	144		

13.1 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1. Лекции			
1.1	Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов.	Общие представления о регуляции биохимических процессов в клетке. Аллостерический механизм регуляции активности ферментов.	Онлайн-курс «Внутриклеточные сигнальные пути и способы их регуляции» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11557
1.2	Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада.	Регуляция биосинтеза белков. Общие и специфические транскрипционные факторы. Фолдинг белков. Шапероны и фолдазы.	
1.3	Внутриклеточные	Передача внешнего сигнала в клетку.	

	сигнальные пути.	Межклеточные сигнальные вещества, механизмы их действия. Типы клеточных рецепторов. Внутриклеточные сигнальные пути. Вторичные мессенджеры.	
2. Практические занятия			
2.1	Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов.	Общие представления о регуляции биохимических процессов в клетке. Аллостерический механизм регуляции активности ферментов. Модели аллостерических взаимодействий. Изостерическая регуляция. Адсорбционный механизм регуляции активности ферментов. Ассоциация и диссоциация белков как способ регуляции их функциональных свойств. Ковалентная модификация белков в клетке. Каскады ферментативных реакций и их физиологическая роль.	Онлайн-курс «Внутриклеточные сигнальные пути и способы их регуляции» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11557
2.2	Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада.	Коститутивные и индуцибельные ферменты. Регуляция биосинтеза белков. Общие и специфические транскрипционные факторы. Процессинг РНК. Стабильность мРНК. Регуляция трансляции (позитивная, негативная и тотальная регуляция). Сортировка белков в клетке. Регуляция распада белков в клетке.	
2.3	Внутриклеточные сигнальные пути.	Передача внешнего сигнала в клетку. Межклеточные сигнальные вещества (гормоны, нейромедиаторы, гистогормоны), механизмы их действия. Мембранные рецепторы: ассоциированные с G-белками, с ферментативной активностью и рецепторы – ионные каналы. Внутриклеточные рецепторы. Внутриклеточные сигнальные пути. Вторичные мессенджеры.	
3. Лабораторные работы Не предусмотрены			

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов.	6	12	-	18	36
2	Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада.	6	12	-	18	36
3	Внутриклеточные сигнальные пути.	6	12	-	18	36
	Итого	18	36	-	54	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа студентов осуществляется с использованием рекомендованных учебников и учебных пособий, а также статей в научных

журналах в ходе подготовки к практическим занятиям. Студенты знакомятся с теоретическим материалом в процессе лекционного курса, самостоятельно прорабатывают и усваивают теоретические знания с использованием рекомендуемой литературы, согласно указанному списку (п.15), самостоятельно находят и изучают научную литературу по каждой теме.

На практических занятиях студенты выступают с докладами, учатся представлять научные данные, вести дискуссию.

Текущая аттестация обеспечивает проверку освоения учебного материала, приобретения знаний, умений и навыков в процессе аудиторной и самостоятельной работы студентов, формирования профессиональных компетенций (ПК-1, ПК-9). Текущая аттестация по дисциплине проводится в виде письменного задания и включает в себя регулярные доклады студентов. При подготовке к докладам студенты изучают и конспектируют рекомендуемую преподавателем учебную и научную литературу, самостоятельно осваивают понятийный аппарат. Планирование и организация проверки в ходе текущих аттестаций знаний, умений и навыков осуществляется в соответствии с содержанием рабочей программы и календарно-тематическим планом с применением фонда оценочных средств. Формой промежуточной аттестации знаний, умений и навыков обучающихся является экзамен.

Освоение содержания дисциплины осуществляется с использованием дистанционных образовательных технологий (ДОТ) – электронного учебного курса «Внутриклеточные сигнальные пути и способы их регуляции», расположенного по адресу: <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11557> на портале «Электронный университет ВГУ». Перед началом учебных занятий обучающийся должен:

1. Проверить наличие доступа к курсу. В случае выявления проблем своевременно обратиться к преподавателю или в службу технической поддержки.
2. Изучить интерфейс курса, знать способы взаимодействия с преподавателем в рамках ЭУК: сообщение на форуме, отправка личного сообщения, чат.
3. Ознакомиться с целью и задачами дисциплины, перечнем формируемых компетенций и результатов обучения, программой дисциплины, календарным планом, траекторией освоения дисциплины, комплексом вопросов и требований для промежуточной аттестации.
4. Ознакомиться с перечнем основной и дополнительной литературы, а также списком электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины. Получить доступ к электронным библиотечным системам, на которые оформлена подписка ФГБОУ ВО «ВГУ».

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	<i>Биохимия / под ред. Е. С. Северина .— Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2014 .— — ISBN ISBN 978-5-9704-2786-6 .— <URL:http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970427866.html ></i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	<i>Артюхов В.Г. Молекулярная биофизика: механизмы протекания и регуляции внутриклеточных процессов : учеб. пособие / В.Г. Артюхов, О.В. Башарина ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2012 .— 219 с.</i>
3	<i>Коницев А..С. Молекулярная биология: учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 032400 «Биология» / А.С. Коницев, Г.А. Севастьянова. – М.: Academia, 2005. – 396 с.</i>
4	<i>Кольман Я. Наглядная биохимия / Я. Кольман, К.-Г. Рем ; пер. с нем.: Л. В. Козлова [и др.]; под ред.: П. Д. Решетова, Т. И. Соркиной .— 2-е изд. — М. : Мир, 2004 .— 469 с.</i>
5	<i>Мушкхамбаров Н.Н. Молекулярная биология : учеб, пособие / Н.Н. Мушкхамбаров, С.Л.</i>

	<i>Кузнецов. – М., 2003. – 535 с..</i>
6	<i>Финельштейн А.В. Физика белка : Курс лекций с цв. и стереоскоп. ил.: Учебное пособие для студ. вузов, обуч. по биол. специальностям / А. В. Финкельштейн, О. Б. Птицын ; Ин-т белка РАН.— М. : Университет, 2002.— 374 с. http://phys.protres.ru/lectures/protein_physics/</i>
7	<i>Фундаментальная и клиническая физиология : учебник для студ. высш. мед. учеб. заведений и биол. фак. ун-тов, обуч. по специальности "Физиология" / под ред.: А.Г. Камкина, А.А. Каменского; пер. с англ.: М.А. Каменской [и др.]; пер. с нем.: Е.Н. Банзелюка [и др.].— М. : Academia, 2004.— 1072 с.</i>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
8	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ, ЭБС МЕДФАРМ, ЭБС Университетская библиотека
9	Elibrary.ru – научная электронная библиотека
10	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11557 – ЭУК «Физико-химические основы регуляторных процессов в биосистемах» на платформе "Электронный университет ВГУ"
11	ЭБС "Консультант студента" : https://www.studentlibrary.ru

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	<i>Артюхов В.Г. Молекулярная биофизика: механизмы протекания и регуляции внутриклеточных процессов : учеб. пособие / В.Г. Артюхов, О.В. Башарина ; Воронеж. гос. ун-т.— Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2012.— 219 с.</i>

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

Учебная дисциплина реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Онлайн-курс «Внутриклеточные сигнальные пути и способы их регуляции» <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=11557>, в котором размещена учебная и научная литература по курсу, материалы для подготовки к текущим и промежуточной аттестации.

Microsoft Office Professional 2003 Win32 Russian, бессрочная лицензия Academic Open, дог. 0005003907-24374 от 23.10.2006.

Офисная система LibreOffice 4.4.4 (Свободно распространяемое программное обеспечение)

Microsoft Windows Professional 8.1 Russian Upgrade Academic Open License No Level. Бессрочная лицензия Academic OLP, дог. 3010-07/73-14 от 29.05.2014.

Microsoft Office 2013 Russian Academic Open License No Level. Бессрочная лицензия Academic OLP, дог. 3010-07/73-14 от 29.05.2014

1. Чтение лекций с использованием слайд-презентаций.
2. Информационно-коммуникационные технологии (консультации преподавателя через тематические форумы и вебинары с использованием электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО "ВГУ" - Образовательный портал «Электронный университет ВГУ» (www.moodle.vsu.ru).
3. Информационные технологии (доступ в Интернет)

4. ЭБС «Консультант студента» <http://www.studmedlib.ru/>

5.ЗНБ ВГУ www.lib.vsu.ru

6. Консультант плюс – информационно-справочная система

7.ЭБС «Университетская библиотека online» <https://biblioclub.ru/>

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа Специализированная мебель, проектор Acer X115H DLP, экран для проектора, ноутбук Lenovo G580 с возможностью подключения к сети «Интернет», WinPro 8, OfficeSTD, Kaspersky Endpoint Security, Google Chrome	г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом. I, ауд. 190
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа Специализированная мебель, экран настенный Digis Optimal-C DSOC-1103, проектор Acer X115H DLP, ноутбук Lenovo G500 с возможностью подключения к сети «Интернет», WinPro 8, OfficeSTD, Kaspersky Endpoint Security, Google Chrome	г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом. I, ауд. 365
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторные занятия), для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специализированная мебель, лабораторная посуда, рН-метр портативный HI83141, микроскопы Микмед, Спектрофотометр ПЭ-54-00 УФ, программно-методический комплекс биохимиллюм.анализа, центрифуга Eppendorf, шейкер-инкубатор для планшета Elmi SHAKER ST 3	г. Воронеж, Университетская пл., д.1, пом. I, ауд. 61
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторные занятия), для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Компьютеры Celeron, Pentium, проектор Sanyo, WinPro 8, OfficeSTD, Kaspersky Endpoint Security, Google Chrome	г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом. I, ауд. 67

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-1.1. Анализирует и обрабатывает информацию по тематике исследования в выбранной области наук, в том числе на междисциплинарном уровне	Знать: основные понятия, категории, современные методики и технологии организации и решения исследовательских задач; основные положения, законы, методы и достижения естественных наук, теоретические основы предмета, современные научные достижения в изучаемой области	Темы 1-3 : 1. Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов. 2. Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада. 3. Внутриклеточные сигнальные пути.	Темы докладов
	Уметь: проводить анализ системных объектов; адаптировать современные достижения науки в соответствии с исследовательскими задачами	Темы 1-3 : 1. Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов. 2. Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада. 3. Внутриклеточные сигнальные пути.	Темы докладов
	Владеть: способами создания и методами работы с базами данных; основными методами, способами и средствами получения, обработки информации в области естественных наук; навыками самостоятельной научно-исследовательской работы.	Темы 1-3 : 1. Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов. 2. Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада. 3. Внутриклеточные сигнальные пути.	Темы докладов
ПК-4.2. Представляет результаты работы в устной форме с использованием презентаций на научных семинарах, конференциях различного уровня и /или в рамках дискуссий на научных (научно-практических)	Знать: основные методические модели, методики, технологии и приёмы преподавания в высшей школе, способы представления информации	Темы 1-3 : 1. Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов. 2. Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада. 3. Внутриклеточные	Темы докладов

мероприятиях		сигнальные пути.	
	Уметь: представлять результаты работы в устной форме с использованием презентаций; определять степень научности полученной информации; выбирать виды средств и методы научного поиска; применять системный подход в профессиональной области и аргументировано обосновать свои взгляды по современным проблемам биологии	Темы 1-3 : 1. Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов. 2. Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада. 3. Внутриклеточные сигнальные пути.	Темы докладов
	владеть: навыками публичной речи, аргументацией, умением вести дискуссии; современными методами и приемами подготовки и проведения научно-методической работы и публичного представления теоретического и экспериментального материала; приемами организации и проведения научно-исследовательских биологических работ	Темы 1-3 : 1. Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов. 2. Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада. 3. Внутриклеточные сигнальные пути.	Темы докладов
ПК-6.1. Использует технические средства поиска научно-биологической (биофизической и биотехнологической) информации в глобальных компьютерных сетях, универсальные пакеты прикладных компьютерных программ, специализированные базы данных	Знать: пути поиска научно-биологической информации, универсальные пакеты прикладных компьютерных программ	Темы 1-3 : 1. Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов. 2. Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада. 3. Внутриклеточные сигнальные пути.	Темы докладов
	Уметь: использовать технические средства поиска научной информации в глобальных компьютерных сетях, выбирать виды средств и методы научного поиска; применять системный подход в профессиональной области	Темы 1-3 : 1. Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов. 2. Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада. 3. Внутриклеточные сигнальные пути.	Темы докладов
	Уметь: использовать технические средства поиска научной информации в глобальных компьютерных сетях, выбирать виды средств и методы научного	Темы 1-3 : 1. Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов.	Темы докладов

	поиска; применять системный подход в профессиональной области	2. Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада. 3. Внутриклеточные сигнальные пути.	
ПК-7.1. Применяет знание принципов структурной и функциональной организации биологических объектов, биофизических и биохимических основ их функционирования при решении исследовательских задач	Знать: основные положения, законы, методы и достижения естественных наук; теоретические основы молекулярной биофизики, сущность гомеостаза, принципы, лежащие в основе функционирования регуляторных структур; молекулярно-клеточные механизмы регуляции биохимических и биофизических процессов; пути передачи сигнала в клетку и его преобразования; современные научные достижения в изучаемой области	Темы 1-3 : 1. Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов. 2. Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада. 3. Внутриклеточные сигнальные пути.	комплект КИМ к текущей аттестации
	уметь: использовать фундаментальные биофизические представления в сфере профессиональной деятельности для решения новых задач; воспринимать инновации в целях совершенствования своей профессиональной деятельности	Темы 1-3 : 1. Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов. 2. Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада. 3. Внутриклеточные сигнальные пути.	комплект КИМ к текущей аттестации
	владеть (иметь навык(и)): основными методами научного познания, современными методическими подходами, используемыми при биофизических исследованиях живых объектов	Темы 1-3 : 1. Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа. Способы регуляции активности ферментов. 2. Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада. 3. Внутриклеточные сигнальные пути.	Устный опрос
Промежуточная аттестация			Комплект КИМ к промежуточной аттестации

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Оценка результатов обучения на промежуточной аттестации происходит по следующим показателям:

1. Знание учебного материала и владение понятийным аппаратом дисциплины «Биофизика».
2. Способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.
3. Умение связывать теоретические знания с практическими навыками.
4. Умение устанавливать междисциплинарные связи.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Ответ студента полностью соответствует всем оцениваемым показателям. Компетенции сформированы полностью и используются в полном объеме.	Отлично
Ответ студента не полностью соответствует всем оцениваемым показателям, компетенции сформированы и проявляются фрагментарно и не в полном объеме. При ответе студент допускает незначительные ошибки и неточности, которые устраняются им самостоятельно.	Хорошо
Ответ студента не в полной мере соответствует оцениваемым показателям. Компетенции сформированы в общих чертах, при ответе обучающийся допускает существенные ошибки и неточности, демонстрирует поверхностные знания дисциплины, не способен сочетать теоретические знания и практические умения и навыки.	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем из перечисленных показателей. Компетенции не сформированы. Знания студента не систематизированы, он допускает грубые профессиональные ошибки, не способен переносить теоретические знания на практику, устанавливать междисциплинарные связи.	Неудовлетворительно

20.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

20.3.1. Перечень вопросов для формирования контрольно-измерительных материалов текущей аттестации

1. Дайте определение гомеостаза.
2. Какие виды гомеостаза вы знаете?
3. Каковы основные способы регуляции внутриклеточного гомеостаза?
4. Что собой представляют аллостерические ферменты?
5. Охарактеризуйте изостерический способ регуляции активности ферментов.
6. Что собой представляют необходимые и несущественные активаторы?
7. Какие основные модели аллостерических взаимодействий вы знаете? Опишите модель Кошланда.

8. Какие основные модели аллостерических взаимодействий вы знаете? Опишите модель Моно-Уаймена-Шанже.
9. Какие методы применяют для изучения аллостерической регуляции ферментов.
10. В чем состоит физиологическое значение положительной кооперативности?
11. В чем состоит физиологическое значение отрицательной кооперативности?
12. Что собой представляет краудинг?
13. В чем состоит влияние эффекта краудинга на функционирование аллостерических ферментов?
14. Кратко опишите ассоциативный механизм регуляции активности ферментов.
15. Каким образом изменение концентрации фермента может влиять на его удельную активность?
16. Какие факторы могут влиять на изменение степени диссоциации ферментов?
17. Кратко опишите диссоциативный механизм регуляции активности ферментов.
18. В чем состоит влияние адсорбции на функциональные свойства ферментов?
19. В чем состоит физиологическая важность обратимого связывания ферментов субклеточными структурами?
20. В чем состоит влияние адсорбции на стабильность ферментов?
21. При каких условиях реализуется адсорбционный механизм регуляции активности ферментов.
22. Что собой представляют мультиферментные комплексы и конъюгаты?
23. Каковы основные способы регуляции активности ферментов анаболических путей?
24. В чем состоит биологический смысл несовпадения катаболических и анаболических путей?
25. Каковы основные способы регуляции активности ферментов амфиболических путей?
26. Каковы основные способы ковалентной модификации белковых молекул в клетке?
27. Каковы основные способы регуляции активности ферментов катаболических путей?
28. Что собой представляют каскады ферментативных реакций?
29. Каково значение каскадов в функционировании клетки?
30. Что собой представляют ферменты протеинкиназы?
31. Механизмы регуляции транскрипции
32. Какие основные способы регуляции трансляции Вы знаете?
33. Как регулируется распад белков в клетке?
34. Функции протеасом в клетке
35. Лизосомы и распад белков

20.3.2. Перечень тем докладов студентов

1. Механизм и функции гомеостаза. Виды гомеостаза.
2. Уровни регуляции клеточного ответа.
3. Изостерическая регуляция активности ферментов.
4. Аллостерическая регуляция активности ферментов.
5. Особенности кинетики аллостерических ферментов.
6. Модели аллостерических ферментов. Оценка кооперативности.
7. Положительная и отрицательная кооперативность, ее физиологическое значение.
8. Диссоциативный механизм регуляции активности ферментов.
9. Адсорбция и десорбция ферментов как механизм регуляции их активности.
10. Компарментализация ферментов у поверхности субклеточных структур.
11. Ковалентная модификация белков как способ регуляции их активности.
12. Фосфорилирование как способ регуляции активности ферментов.
13. Каскады ферментативных реакций, их физиологическая роль.
14. Киназный каскад.
15. Каскад реакций свертывания крови.
16. Каскадные реакции в развитии апоптоза.
17. Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада. Репрессия и дерепрессия ферментов.
18. Особенности регуляции синтеза белков у прокариот.
19. Система оперона.
20. Регуляция экспрессии генов у эукариот, общие факторы транскрипции.
21. Специфические факторы транскрипции, механизмы действия.
22. Специфические факторы транскрипции, роль в развитии патологии.
23. Регуляция трансляции.
24. Процессинг РНК.
25. Стабильность мРНК, ее роль в регуляции уровня трансляции.
26. Распад белков. Роль лизосом и протеасом в разрушении белков.
27. Регуляция митотического цикла. Циклины.
28. Межклеточные сигнальные вещества (гормоны, интерлейкины и факторы роста, нейромедиаторы), классификация и механизмы их действия.
29. Биосинтез, секреция и транспорт гормонов, их метаболизм и инактивация.
30. Регуляция гормональных систем. Концепция железы – мишени.
31. Механизмы действия гормонов на клеточном уровне. Гидрофобные и гидрофильные гормоны.
32. Передача внешнего сигнала в клетку. Основные типы клеточных рецепторов.
33. Свойства рецепторов.
34. Регуляция рецепторов.
35. Нарушение функционирования рецепторов и его роль в развитии патологии.
36. Агонисты и антагонисты. Лиганд-рецепторные взаимодействия

37. Структура и локализация внутриклеточных рецепторов. Механизм передачи сигнала от внутриклеточного рецептора в клетку.
38. Структура рецепторов, сопряженных с G-белками.
39. Структура G-белков.
40. Молекулярные механизмы сопряжения G-белков с мембранными рецепторами.
41. Передача сигнала от рецептора, ассоциированного с G-белком, в клетку.
42. Рецепторы, ассоциированные с ферментативной активностью. Рецепторы с тирозинкиназной активностью.
43. Рецепторы с гуанилатциклазной активностью.
44. Тирозинкиназные рецепторы без собственного тирозинкиназного домена.
45. Структура рецепторов – ионных каналов (на примере ацетилхолиновых рецепторов).
46. Внутриклеточные сигнальные пути, начинающиеся от мембранного рецептора. cAMP-опосредованные пути.
47. Структура и особенности функционирования аденилатциклазы.
48. Внутриклеточные сигнальные пути, начинающиеся от мембранного рецептора. cGMP-опосредованные пути, не зависящие от оксида азота NO.
49. Внутриклеточные сигнальные пути, начинающиеся от мембранного рецептора. cGMP- и NO-опосредованные пути.
50. NO-синтаза – фермент, синтезирующий NO[•]. Структура, механизм функционирования и биологическое значение NO-синтаз.
51. Эндотелиальная NO-синтаза. Сосудорасширяющее действие NO[•].
52. Нейрональная NOS. Роль NO[•] в нервной системе.
53. Индуцибельная NO-синтаза. NO[•] в иммунных реакциях. Токсическое действие оксида азота.
54. Внутриклеточные сигнальные пути, начинающиеся от мембранного рецептора. Пути, опосредованные липидами и ионами кальция.
55. Фосфолипаза C, ее роль в сигнальных путях.
56. Внутриклеточные Ca-связывающие белки. Механизм их функционирования и роль во внутриклеточной сигнализации.
57. Регуляторные пути, опосредованные липидами (сфинголипидами и эйкозаноидами). Сфингозин и его производные.
58. Регуляторная роль эйкозаноидов.
59. Холестерин – друг или враг?
60. Транспорт холестерина в организме.
61. Внутриклеточные сигнальные пути, опосредованные белком Ras.
62. Протеинкиназы: классификация, основные структурные элементы, роль в регуляции внутриклеточных процессов.
63. Протеинкиназы A-G-C класса, примеры сигнальных путей с их участием.
64. Тирозиновые протеинкиназы. Рецепторные и цитоплазматические тирозиновые протеинкиназы.
65. Аутофагия, ее механизм.
66. Апоптоз – генетически запрограммированная гибель клеток. Общие представления об апоптозе, его биологическое значение. Апоптоз и патологии.
67. Молекулярные механизмы апоптоза. Пути запуска апоптоза.

68. Апоптоз, включаемый рецепторами смерти плазматической мембраны.
69. Апоптоз, включаемый митохондриальными белками.
70. Структурно-функциональные свойства каспаз.

Тестовые вопросы к текущей аттестации

Закрытые тестовые вопросы

1. Каскады ферментативных реакций нужны для
 1. резкого увеличения выхода продукта
 2. ослабления выхода продукта
 3. уменьшение скорости ассоциации белковых молекул
 4. снижение концентрации фермента

Ответ: 1

2. Регуляция ферментативной активности конститутивных по-синтаз

1. зависит от Ca^{2+}
2. не зависит от Na^{2+}
3. зависит от Na^{2+}
4. осуществляется путем изменения скорости их синтеза в клетке

Ответ: 1

3. Фолдинг многих высокомолекулярных белков, имеющих сложную конформацию (например, доменное строение), осуществляется в специальном пространстве, сформированном

1. Hsp50
2. Hsp60
3. Hsp90
4. Hsp70

Ответ: 2

4. Краудинг может ускорять

1. диссоциацию белковых молекул
2. ферментативные реакции, протекающие с уменьшением свободного объема

3. переход аллостерических ферментов из Т-состояния в R-состояние
4. репликацию ДНК

Ответ: 2

5. К основным способам «краткосрочной» регуляции активности ферментов относятся

1. ассоциация и диссоциация олигомерных молекул ферментов
2. ограниченный протеолиз
3. убиквитинирование белков
4. изменение экспрессии генов

Ответ: 1

6. Физиологическое значение обратимого связывания ферментов с субклеточными структурами

1. адсорбция ферментов может приводить к изменению их каталитических и регуляторных свойств

2. адсорбция ферментов может обеспечивать их транспорт через мембрану

3. адсорбированные ферменты менее стабильны, чем свободные ферменты.

4. адсорбция может служить фактором, повышающим скорость деградации ферментов в клетке

Ответ: 1

7. Выберите верные утверждения

1. Диссоциативный механизм регуляции активности ферментов наблюдается только у олигомерных ферментов

2. на изменение степени диссоциации молекул фермента не влияет изменение его концентрации

3. Если активный центр в олигомере формируется в зоне контакта субъединиц, то удельная ферментативная активность понижается при увеличении концентрации фермента

4. Если образуются ассоциаты с меньшей активностью, чем исходные молекулы, то удельная ферментативная активность повышается при увеличении концентрации фермента

Ответ: 1

8. Особенности регуляции экспрессии генов у эукариот

1. наличие оперонов

2. три типа РНК-полимераз

3. отсутствие РНК-интерференции

4. прерывистость генов

Ответ: 2

9. Общие факторы транскрипции

1. это такие транскрипционные факторы, которые необходимы для связывания РНК-полимеразы с промотором

2. общие для всех РНК-полимераз

3. это такие транскрипционные факторы, которые необходимы для терминации транскрипции

4. связываются с удаленными регуляторными последовательностями ДНК

Ответ: 1

10. К специфическим факторам транскрипции относятся, например

1. РНК-полимеразы

2. TFIIA, TFIIB, TFIID

3. РНК-полимераза

4. некоторые АФК

Ответ: 4

11. Значение каскадов ферментативных реакций в том, что происходит

1. резкого увеличение выхода продукта
2. ослабление выхода продукта
3. уменьшение скорости ассоциации белковых молекул
4. снятие сигнала

Ответ: 1

12. Метилирование ДНК – это

1. модификация молекулы ДНК с изменением ее нуклеотидной последовательности
2. изменение промотора гена
3. присоединение метильной группы к азотистому основанию, как правило, к цитозину в составе CpG-динуклеотида в позиции С5 цитозинового кольца с образованием 5-метилцитозина при помощи специфических ферментов.
4. присоединение метильной группы к дезоксирибозе

Ответ: 3

Открытые тестовые вопросы

1. При действии какого вторичного мессенджера активируется протеинкиназа А?

Ответ: сАМФ

2. Какие вещества, как правило, являются лигандами для рецепторов – ионных каналов?

Ответ – нейромедиаторы

3. Из каких доменов состоят мембранные рецепторы?

Ответ: домен узнавания, трансмембранный домен и домен сопряжения (передачи сигнала)

4. Сколько раз тирозинкиназный рецептор пересекает мембрану?

Ответ: 1

5. Сколько раз рецептор, ассоциированный с G-белком, пересекает мембрану?

Ответ: 7

6. Взаимодействие α -субъединицы G-белка с белком-эффектором длится до тех пор пока она

Ответ: связана с ГТФ

7. Какие домены, как правило, опосредуют белок-белковые взаимодействия в сигнальных путях, активируемых рецепторами с тирозинкиназной активностью?

Ответ: SH2-домены и SH3-домены

8. Активация тирозинкиназных рецепторов сопровождается...

Ответ: их димеризацией и фосфорилированием внутриклеточных тирозинкиназ

9. Какие гормоны связываются с транспортными белками после высвобождения в кровотоке

Ответ: стероидные и тиреоидные гормоны

10. Гуанилатциклаза катализирует реакцию...

Ответ: ГТФ → цГМФ

11. Какой рецептор вовлечен в развитие астмы?

Ответ: β -адренергический

12. Инактивация G-белков происходит в результате...

Ответ: медленного гидролиза ГТФ до ГДФ альфа-субъединицей, затем происходит реассоциация (объединение) субъединиц

Дать краткий ответ на вопросы

1. Какие факторы могут влиять на изменение степени диссоциации ферментов?

Ответ: Изменение степени диссоциации молекул фермента может происходить под влиянием следующих факторов:

- при наличии субстрата (или при изменении его концентрации);
- под действием аллостерических лигандов;
- при изменении концентрации фермента;
- при изменении других условий среды, например, температуры, величины pH, концентрации или ионной силы раствора и др.

2. При каких условиях реализуется адсорбционный механизм регуляции активности ферментов

Ответ: Адсорбционный механизм регулирования активности ферментов и ферментных комплексов реализуется при соблюдении следующих условий:

- существует обратимое равновесие между свободной формой фермента и адсорбированным ферментом;
- каталитические характеристики фермента изменяются при его адсорбции;
- обратимое равновесие между свободной и связанной формами фермента является чувствительным к воздействию клеточных метаболитов.

Физиологическая важность обратимого связывания ферментов субклеточными структурами рассматривается в следующих аспектах:

- адсорбция ферментов может приводить к изменению их каталитических и регуляторных свойств и, следовательно, является фактором, регулирующим активность ферментов;
- адсорбция ферментов может обеспечивать компартментализацию метаболитов у поверхности, на которой адсорбированы эти ферменты;
- адсорбированные ферменты способны образовывать упорядоченные мультиферментные структуры (метаболоны), благодаря чему появляется возможность регулировать метаболический процесс как единое целое;
- ферменты, адсорбированные на белковых порах мембран, могут участвовать в активном транспорте метаболитов через мембрану;

- адсорбированные ферменты более стабильны, чем свободные ферменты. Таким образом, адсорбция может служить фактором, снижающим скорость деградации ферментов в клетке.

3. Основные свойства клеточных рецепторов.

Ответ: Клеточные рецепторы представлены белками (чаще – сложными белками – гликопротеинами). Для обеспечения рецепторной функции молекулы белков должны отвечать ряду требований.

- Все рецепторы имеют по крайней мере два функционально разных домена (участка): первый домен (домен узнавания) связывает гормон, а второй генерирует сигнал, который сопрягает узнавание гормона с определенным внутриклеточным процессом. • Рецепторы имеют высокую избирательность к лиганду.

- Рецепторы обладают тканевой специфичностью.

- Связывание гормона рецептором основано на том, что конформация определенного участка молекулы гормона комплементарна участку молекулы рецептора. Степень сходства, или соответствия, определяет прочность связывания, измеряемую величиной константы сродства.

- Кинетика связывания лиганда описывается кривой с насыщением, соответствующим состоянию полной занятости всех молекул рецепторов, число которых на мембране ограничено.

- Лиганд-рецепторные взаимодействия реализуются при помощи слабых нековалентных сил: электростатических, ион-дипольных, ван-дер-ваальсовых и гидрофобных взаимодействий, водородных связей.

- Связывание лиганда и его клеточный (физиологический) эффект обратимы, параметры сродства соответствуют физиологическим концентрациям лиганда;

- Количество клеточных рецепторов динамично, то есть изменяется в зависимости от состояния клетки (например, при развитии ряда патологий, при действии некоторых лекарственных веществ).

4. Применение блокаторов клеточных рецепторов в медицине

Ответ: Холиноблокаторы препятствуют взаимодействию ацетилхолина с холинорецепторами (расположены преимущественно в постсинаптической мембране нервных волокон) → снижается проницаемость постсинаптической мембраны → нет деполяризации клеточной мембраны → нет генерации потенциала действия.

М-холиноблокаторы (атропин, скополамин, платифиллин)

N-холиноблокаторы (пентамин, арфонад)

Адреноблокаторы блокируют адренорецепторы, препятствуют действию на них медиаторов (катехоламинов), а также циркулирующих в крови катехоламинов.

Блокаторы рецепторов тормозных медиаторов в ЦНС (таких как ГАМК, глицин).

Из антисекреторных средств, снижающих продукцию соляной кислоты в желудке, в настоящее время в клинической практике находят своё применение два класса: H₂-блокаторы гистаминовых рецепторов и ингибиторы протонной помпы.

Могут обсуждаться и другие блокаторы различных групп рецепторов.

5. Роль РНК-интерференции в организме человека

Ответ: РНК-интерференция выполняет функцию подавления экспрессии генов, мобильных генетических элементов, а также вирусных генов. Данный механизм обнаружен у большинства видов живых организмов. Главная функция пиРНК — подавление активности МГЭ на уровне транскрипции и трансляции. Считается, что пиРНК активны только во время эмбриогенеза, когда непредсказуемые перетасовки генома особенно опасны и могут привести к гибели зародыша. описаны микроРНК, участвующие в регуляции клеточного цикла и апоптоза у растений, дрозофилы и нематоды; у человека микроРНК регулируют иммунную систему и развитие гематopoэтических стволовых клеток. Применение технологий на основе биочипов показало, что на различных этапах жизни клеток включаются и выключаются целые пулы малых РНК. Для биологических процессов идентифицировали десятки специфичных микроРНК, уровень экспрессии которых в определённых условиях изменяется в тысячи раз, подчёркивая исключительную управляемость этих процессов.

До недавнего времени считалось, что микроРНК только подавляют — полностью или частично — работу генов. Однако недавно оказалось: действие микроРНК может кардинально отличаться в зависимости от состояния клетки! В активно делящейся клетке микроРНК, связавшись с комплементарной последовательностью в 3'-участке мРНК, ингибирует синтез белка (трансляцию). Однако в состоянии покоя или стресса (например, при росте на бедной среде) то же самое событие приводит к прямо противоположному эффекту — усилению синтеза целевого белка

20.3.3. Перечень вопросов для формирования контрольно-измерительных материалов (промежуточная аттестация)

1. Механизм и функции гомеостаза. Уровни регуляции клеточного ответа.
2. Общие представления о регуляции биохимических процессов в клетке.
3. Изостерическая регуляция активности ферментов.
4. Аллостерическая регуляция активности ферментов.
5. Диссоциативный механизм регуляции активности ферментов.
6. Адсорбция и десорбция ферментов как механизм регуляции их активности.
7. Компартиментализация ферментов у поверхности субклеточных структур.
8. Ковалентная модификация белков как способ регуляции их активности.
9. Каскады ферментативных реакций, их физиологическая роль.
10. Регуляция количества фермента путем изменения скорости его синтеза и распада. Репрессия и дерепрессия ферментов.
11. Регуляция экспрессии генов у эукариот, общие и специфические факторы транскрипции.
12. Регуляция трансляции. Стабильность мРНК, ее роль в регуляции уровня трансляции.
13. Распад белков. Роль лизосом и протеасом в разрушении белков.
14. Регуляция митотического цикла.
15. Межклеточные сигнальные вещества (гормоны, интерлейкины и факторы роста, нейромедиаторы), классификация и механизмы их действия.
16. Биосинтез, секреция и транспорт гормонов, их метаболизм и инактивация.
17. Регуляция гормональных систем. Концепция железы – мишени.
18. Механизмы действия гормонов на клеточном уровне. Гидрофобные и гидрофильные гормоны.
19. Передача внешнего сигнала в клетку. Основные типы клеточных рецепторов.
20. Свойства рецепторов. Регуляция рецепторов. Нарушение функционирования рецепторов.
21. Агонисты и антагонисты. Лиганд-рецепторные взаимодействия
22. Структура и локализация внутриклеточных рецепторов. Механизм передачи сигнала от внутриклеточного рецептора в клетку.
23. Структура рецепторов, сопряженных с G-белками. Молекулярные механизмы сопряжения G-белков с мембранными рецепторами.
24. Структура G-белков.

25. Передача сигнала от рецептора, ассоциированного с G-белком, в клетку.
26. Рецепторы, ассоциированные с ферментативной активностью. Рецепторы с тирозинкиназной активностью, рецепторы с гуанилатциклазной активностью.
27. Тирозинкиназные рецепторы без собственного тирозинкиназного домена.
28. Структура рецепторов – ионных каналов (на примере ацетилхолиновых рецепторов).
29. Внутриклеточные сигнальные пути, начинающиеся от мембранного рецептора. сАМР-опосредованные пути. Структура и особенности функционирования аденилатциклазы.
30. Внутриклеточные сигнальные пути, начинающиеся от мембранного рецептора. сGMP-опосредованные пути, не зависящие от оксида азота NO.
31. Внутриклеточные сигнальные пути, начинающиеся от мембранного рецептора. сGMP- и NO-опосредованные пути.
32. NO-синтаза – фермент, синтезирующий NO[•]. Структура, механизм функционирования и биологическое значение NO-синтаз.
33. Эндотелиальная NO-синтаза. Сосудорасширяющее действие NO[•].
34. Нейрональная NOS. Роль NO[•] в нервной системе.
35. Индуцибельная NO-синтаза. NO[•] в иммунных реакциях. Токсическое действие оксида азота.
36. Внутриклеточные сигнальные пути, начинающиеся от мембранного рецептора. Пути, опосредованные липидами и ионами кальция.
37. Фосфолипаза C, ее роль в сигнальных путях.
38. Внутриклеточные Ca-связывающие белки. Механизм их функционирования и роль во внутриклеточной сигнализации.
39. Регуляторные пути, опосредованные липидами (сфинголипидами и эйкозаноидами). Сфингозин и его производные.
40. Регуляторные пути, опосредованные липидами (сфинголипидами и эйкозаноидами). Регуляторная роль эйкозаноидов.
41. Внутриклеточные сигнальные пути, опосредованные белком Ras.
42. Протеинкиназы: классификация, основные структурные элементы, роль в регуляции внутриклеточных процессов.
43. Протеинкиназы А-Г-С класса, примеры сигнальных путей с их участием.
44. Тирозиновые протеинкиназы. Рецепторные и цитоплазматические тирозиновые протеинкиназы.
45. Апоптоз – генетически запрограммированная гибель клеток. Общие представления об апоптозе, его биологическое значение.
46. Апоптоз и патологии.
47. Молекулярные механизмы апоптоза. Пути запуска апоптоза.
48. Апоптоз, включаемый рецепторами смерти плазматической мембраны.
49. Апоптоз, включаемый митохондриальными белками.
50. Структурно-функциональные свойства каспаз.