



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики



Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.О.34 **«КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ»**

Специальность: 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика»

Специализация: «Биоинженерия и биоинформатика»

Квалификация выпускника: биоинженер и биоинформатик

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

Согласовано с УМК биолого-почвенного
факультета

Протокол № 5 от 21 марта 2025 г.

Председатель А.Н. Матвеев

Рекомендовано кафедрой физико-химической
биологии, биоинженерии и биоинформатики

Протокол № 12 от 19 марта 2025 г.

Зав. кафедрой В.П. Саловарова

Иркутск 2025 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	6
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	6
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	7
4.3 Содержание учебного материала	10
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	11
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	12
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	12
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	14
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	14
а) перечень литературы	14
б) периодические издания	14
в) базы данных, поисково-справочные и информационные системы.....	15
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины	15
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	15
6.2. Программное обеспечение	16
6.3. Технические и электронные средства обучения	16
VII. Образовательные технологии	16
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	17

I. Цель и задачи дисциплины:

1. Цель:

Рассмотреть актуальные проблемы клеточной биологии, экспериментальные подходы, а также методы визуализации и анализа ключевых параметров жизнедеятельности клеток и их систем.

Задачи дисциплины:

1. Охарактеризовать наиболее важные проблемы современной клеточной биологии и методологические подходы их решения;
2. Рассмотреть современные методы визуализации внутриклеточных структур и процессов;
3. Сформировать представления об использовании экспериментальных подходов в изучении клеток и их систем.

Учебный курс «Клеточная биология» посвящен анализу текущих тенденций развития клеточной биологии. Ключевой раздел курса затрагивает вопросы структурно-функционального устройства клеток, их отдельных компартментов и механизмы поддержания их жизнедеятельности в ходе развития и при воздействии различных физико-химических факторов внеклеточной среды. Кроме того, углубленно рассматриваются современные методологические подходы, активно используемые в цитологии. Набор этих подходов очень широк и позволяет комплексно подойти к расшифровке молекулярных механизмов функционирования клеток и их систем. Содержание дисциплины и объем материала, приведенного в лекционном курсе и на семинарских занятиях, призваны познакомить студентов, как будущих научных работников, с актуальными проблемами и методами, используемыми в клеточной биологии.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

- 2.1. Дисциплина «Клеточная биология» относится к обязательной части учебного плана.
- 2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами учебных программ специалитета, Изучение материала дисциплины базируется на знаниях, полученных в курсах органической и неорганической химии, физики, биохимии.
- 2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: Преддипломная практика, в том числе научно-исследовательская работа, выполнение выпускной квалификационной работы.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика»:

ОПК-2: Способен использовать специализированные знания фундаментальных разделов математики, физики, химии и биологии для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей);

ОПК-3: Способен проводить экспериментальную работу с организмами и клетками, использовать физико-химические методы исследования макромолекул, математические методы обработки результатов биологических исследований.

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-2: Способен использовать специализированные знания фундаментальных разделов математики, физики, химии и биологии для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей);	<i>ИДК ОПК 2.1</i> Демонстрирует специализированные знания в области фундаментальных разделов математики, физики, химии, биологии и перспективы междисциплинарных исследований	Знать: цитологические и молекулярные механизмы функционирования клеток различных специализаций в их развитии и во взаимодействии с другими клетками и факторами внешней среды. Уметь: использовать полученные знания в своей практической деятельности. Владеть: методами биоинженерии и биоинформатики для решения проблем теоретической и практической биологии.
	<i>ИДК ОПК 2.2</i> Умеет использовать навыки проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики с учетом специализированных фундаментальных знаний	Знать: основные методы биоинженерии и биоинформатики, используемые в решении проблем клеточной биологии. Уметь: использовать полученные знания в своей профессиональной деятельности. Владеть: приемами классических и современных биоинформационных методов анализа данных.
ОПК-3: Способен проводить экспериментальную работу с организмами и клетками, использовать физико-химические методы исследования макромолекул, математические методы обработки результатов биологических исследований;	<i>ИДК ОПК 3.1</i> Проводит экспериментальную работу с организмами и клетками с использованием физико-химических методов исследования макромолекул	Знать: фундаментальные и прикладные аспекты использования физико-химических, молекулярно-генетических, иммунологических, биотехнологических, биоинженерных и биоинформационных методов исследования клеток. Уметь: использовать современные методы изучения клеток и их компонентов в своей профессиональной деятельности. Владеть: навыками работы на приборах, используемых для проведения физико-химических, молекулярно-генетических, иммунологических исследований и биоинженерных работ.
	<i>ИДК ОПК 3.2</i> Демонстрирует практические навыки математических методов обработки результатов экспериментальных исследований	Знать: современные математические методы анализа состояния биологически активных молекул, биополимеров, параметров культивирования и функционирования живых объектов и их компонентов в их естественной среде и в экспериментальных условиях

		<p>Уметь: использовать полученные знания в своей профессиональной деятельности.</p> <p>Владеть: методами анализа структурно-функционального состояния клеток и их компонентов для их целевого конструирования и формирования молекулярно-биологических баз данных.</p>
	<p><i>ИДК ОПК 3.3</i></p> <p>Владеет опытом применения методов для исследования макромолекул, обработки результатов биологических исследований, прогнозирования перспектив и социальных последствий своей профессиональной деятельности.</p>	<p>Знать: современные физико-химические и математические методы изучения макромолекул, их конформационных перестроек и специфических взаимодействий.</p> <p>Уметь: использовать полученные знания в своей профессиональной деятельности.</p> <p>Владеть: практическими навыками изучения структурно-функционального состояния клеток и их компонентов для формирования целостного понимания принципов функционирования биологических систем.</p>

IV.СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часов.

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий не менее 20% часов от аудиторной работы (6 часов).

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

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

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Самостоятель ная работа	Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Тема 1. Биологические мембраны	4	12		4	4		4	Устный доклад Реферат
2	Тема 2. Физико-химические методы изучения организации биомембран	4	18		6	6		6	Устный доклад Реферат
3	Тема 3. Мембранный и внутриклеточный транспорт	4	18		6	6		6	Устный доклад Реферат

4	Тема 4. Действие внеклеточных сигналов на клетки	4	24		8	8		8	Устный доклад Реферат
5	Тема 5. Современные клеточные технологии	4	25		8	8	1	8	Устный доклад Реферат

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.)		
4	Тема 1. Биологические мембраны	Подготовка к семинарскому занятию с использованием рекомендуемой литературы. Написание рефератов и доклады по темам: «Фенотипические особенности мембран клеток различного происхождения», «Внутриклеточная компартментализация и ее значение», «Структурно-функциональная специфика внутриклеточных мембран».	1-4	4	Реферат Доклад	Раздел 5 а-г
4	Тема 2. Физико-химические методы изучения организации и биомембран	Подготовка к семинарскому занятию с использованием рекомендуемой литературы. Написание рефератов и доклады по темам: «Возможности методов высокоразрешающей конфокальной микроскопии для изучения биомембран» «Цитохимические маркеры биомембран и методы их идентификации», «ЯМР-спектроскопия биомембран», «Использование лектинов для изучения гликокаликса биомембран». «Fluorescence recovery after photobleaching, (FRAP) метод изучения латеральной подвижности мембранных белков», «Естественные и искусственные мембраны».	5-8	6	Реферат Доклад	Раздел 5 а-г

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
4	Тема 3. Мембранный и внутриклеточный транспорт	Подготовка к семинарскому занятию с использованием рекомендуемой литературы. Написание рефератов и доклады по темам: «Рециклинг биомембран», «Экспериментальные подходы в изучении внутриклеточного транспорта», «Цитоскелет клетки и его значение», «Внутриклеточный везикулярный транспорт», «Структурно-функциональные особенности щелевых и плотных межмембранных контактов», «Эффекты кластеризации и кэппинга мембранных белков и методы их визуализации», «Маркеры внутриклеточных везикул и их транспорт», «Молекулярные механизмы функционирования Na/K-АТФазы в нервных и других соматических клетках».	9-11	6	Реферат Доклад	Раздел 5 а-г
4	Тема 4. Действие внеклеточных сигналов на клетки	Подготовка к семинарскому занятию с использованием рекомендуемой литературы. Написание рефератов и доклады по темам: «Конститутивный и лиганд-зависимый экзоцитоз», «Молекулярные механизмы функционирования потенциал-зависимых и лиганд-зависимых ионных каналов», «Вторичные мессенджеры - внутриклеточные сигнальные молекулы», «Адаптивные механизмы клеток при действии токсичных и нетоксичных агентов», «Структурные особенности рецепторов В-лимфоцитов», «Суперсемейство иммуноглобулиновых рецепторов», «Внутриклеточный пул ионов Ca^{2+} и его значение», «Механизмы функционирования ионных насосов», «Взаимодействие синаптических пузырьков с мембраной», «Адаптивные перестройки синапсов».	12-14	8	Реферат Доклад	Раздел 5 а-г

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
4	Тема 5. Современные клеточные технологии	Подготовка к семинарскому занятию с использованием рекомендуемой литературы. Написание рефератов и доклады по темам: «Биоинженерия 3D-культивирования клеток», «Технологии создания органоидов различных тканей и перспективы их использования», «Органотипические культуры нервной ткани и их использование в нейробиологии и медицине», «Компоненты межклеточного матрикса и его значение», «Проблемы и перспективы трансплантологии».	15--17	8	Реферат Доклад	Раздел 5 а-г
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) - 32						
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час) - 12						

4.3 Содержание учебного материала

Тема 1. Биологические мембраны

Компартментализация внутреннего содержимого клеток. Биологические мембраны – наиболее общие структурные элементы живой клетки. Характеристика мембранных белков, липидов и сахаров. Фосфолипиды, гликолипиды и холестерол – основные структурные компоненты биомембран. Методы визуализации гликолипидов в составе мембран. Гликобиология. Мезоморфизм липидов в экспериментальных модельных системах. Липиды как мишень экологических адаптаций животных. Факторы, определяющие текучесть биологических мембран. Получение липосом и их использование в медицине.

Структурно-функциональная характеристика мембранных белков и способы их расположения в мембране. Однопроходные и многопроходные белки, профиль гидрофобности белков. Гликозилирование белков. Цитохимическая идентификация мембранных белков. Экспериментальные подходы, используемые для изучения сопряженных с мембраной процессов. Латеральная подвижность мембранных белков и способы ее ограничения. Кластеризация мембранных белков, их кэппинг и опосредованный рецепторами эндоцитоз.

Кооперативные структурные перестройки компонентов биомембран. Асимметрия мембран. Правило топологической эквивалентности биологических мембран. Вклад д.б.н, профессора Ю.П. Козлова в изучение биомембран в норме и патологии. Механизмы повреждения биомембран при развитии патологических процессов в организме. Перекисное окисление липидов и его значение.

Тема 2. Физико-химические методы изучения организации биомембран

Современные методы изучения динамической структуры биомембран: электронно-микроскопические, резонансные и оптические.

Тема 3. Мембранный и внутриклеточный транспорт

Молекулярные механизмы транспорта веществ через мембраны. Особенности проницаемости искусственных и естественных биомембран. Типы мембранного транспорта (простая диффузия, облегченная диффузия, активный транспорт и транспорт по электрохимическому градиенту). Мембранный транспорт у бактерий: векторный перенос групп, транспорт с участием периплазматических рецепторов и ионофоров. Способы транспорта макромолекул: эндоцитоз, экзоцитоз, транцитоз и их биологическое значение.

Пути и механизмы внутриклеточной сортировки белков. Сигнальные пептиды и сигнальные участки. Особенности транспорта белков в ядро, митохондрии, эндоплазматический ретикулум и хлоропласты. Экспериментальные подходы, используемые для изучения внутриклеточного транспорта. Вовлечение микротрубочек и актиновых микрофиламентов в обеспечение внутриклеточного транспорта макромолекул.

Тема 4. Действие внеклеточных сигналов на клетки

Четыре стратегии межклеточных взаимодействий: гормоны, локальные химические медиаторы, нейромедиаторы и экзосомы. Водорастворимые и жирорастворимые лиганды. Мембраносвязанные рецепторы. Структура лигандсвязывающих участков. Эффекторные функции клеточных рецепторов. Механизмы трансформации действия внеклеточных сигналов с участием белков клеточной поверхности. Три класса мембраносвязанных белковых рецепторов: образующие ионный канал, сопряженные с G-белком и каталитические. Циклические нуклеотиды, ионы Ca^{2+} и простагландины – универсальные

вторичные посредники действия внеклеточных сигналов. Взаимодействие сигнальных путей с участием с цАМФ и ионов Ca^{2+} . Сигнальное значение продуктов расщепления фосфоинозитидов биомембран. Каскадные механизмы усиления реакции на внеклеточные сигналы. Молекулярные механизмы адаптации клеток-мишеней на длительное воздействие биологически активных соединений. Вовлечение актиновых микрофиламентов в обеспечение адаптивного функционирования рецепторных сайтов нервных клеток различной специализации. Сигнализация с участием внутриклеточных рецепторов: механизмы действия стероидных гормонов. Первичные и вторичные эффекты действия стероидных гормонов.

Электровозбудимые клетки. Потенциал-зависимые ионные каналы, потенциал действия и его распространение в нервных клетках. Деполяризация и гиперполяризация клеток. Потенциал-зависимые кальциевые каналы и их значение. Роль потенциал-зависимых калиевых каналов. Высвобождение нейромедиаторов путем экзоцитоза. Лиганд-зависимые ионные каналы и формирование пост-синаптического возбуждающего потенциала. Возбуждающие и тормозные нейромедиаторы. Электрические и химические синапсы и их особенности. Стойкие изменения синапсов и поведение: экспериментальные модели. Нервно-мышечное соединение - наиболее изученный синапс. Молекулярные механизмы электромеханического сопряжения мышечных волокон. Использование метода Patch-clamp в нейробиологии. Цитохимические методы изучения функциональных особенностей нервных клеток.

Фото- хемо- и механо- рецепторы органов чувств. Классификация рецепторов. Принципы структурно-функциональной организации сенсорных систем. Морфо-функциональная специфичность сенсорных клеток. Первичные процессы хемо-, фото- и механо- рецепции. Первичночувствующие и вторичночувствующие рецепторные клетки. Свойства рецепторных потенциалов. Трансформация рецепторных потенциалов в последовательность потенциалов действия. Адаптивные механизмы в системе центрального и периферического отделов анализаторов. Афферентная и эфферентная регуляция чувствительности рецепторных клеток.

Тема 5. Современные клеточные технологии

Получение гибридных клеток (гибридом) способных к образованию антител В-лимфоцитов. Технология слияния клеток миеломы и В-лимфоцитов и культивирование гибридных клеток. Поддержание жизнеспособности целевых клеточных линий в планшетах. Метод радиоиммунного сканирования ячеек для отбора гибридом с антителами необходимой специфичности.

Репрограммирование (перепрограммирование) клеток. История открытия (Дж. Гёрдон, 1962 г.) феномена репрограммирования соматических клеток. Проблемы и перспективы использования технологии репрограммирования клеток в медицине.

Технология 3D-культивирования клеток. Создание самоорганизующихся жизнеспособных моделей биологических органов, обладающих свойствами естественных развивающихся органов. Использование «зачатков» (органоидов) тканей и органов для изучения и моделирования органогенеза, различных заболеваний, тестирования и скрининга на них различных лекарственных препаратов и токсичных веществ, а также для экспериментов по их трансплантации. Эмбриониды (эмбриональные тельца) трёхмерные агрегаты клеток, содержащие клетки всех трёх зародышевых листков. Гастролоиды - трёхмерные агрегаты плюрипотентных стволовых клеток. 3-D биопечать различных органов и тканей. Роль межклеточного матрикса в формировании искусственных тканей.

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 практичес кая подготовк а		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1	Тема 1. Биологические мембраны		4	Реферат Доклад	ОПК-2 ИДК ОПК 2.1, ОПК 2.2 ОПК-3 ИДК ОПК 3.1, ОПК 3.2, ОПК 3.3
2	Тема 2	Физико-химические методы изучения организации биомембран		6	Реферат Доклад	ОПК-2 ИДК ОПК 2.1, ОПК 2.2 ОПК-3 ИДК ОПК 3.1, ОПК 3.2, ОПК 3.3
3	Тема 3	Мембранный и внутриклеточный транспорт		6	Реферат Доклад	ОПК-2 ИДК ОПК 2.1, ОПК 2.2 ОПК-3 ИДК ОПК 3.1, ОПК 3.2, ОПК 3.3
4	Тема 4	Действие внеклеточных сигналов на клетки		8	Реферат Доклад	ОПК-2 ИДК ОПК 2.1, ОПК 2.2 ОПК-3 ИДК ОПК 3.1, ОПК 3.2, ОПК 3.3
5	Тема 5	Современные клеточные технологии		8	Реферат Доклад	ОПК-2 ИДК ОПК 2.1, ОПК 2.2 ОПК-3 ИДК ОПК 3.1, ОПК 3.2, ОПК 3.3

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. Подготовка докладов по теме 2. Подготовка к контрольному опросу	ОПК-2, ОПК-3	ОПК 2.1, ОПК 2.2 ОПК-3.1
2.	Тема 2	1. Подготовка докладов по теме 2. Подготовка к контрольному опросу	ОПК-2, ОПК-3	ОПК 2.1, ОПК 2.2 ОПК-3.1
3	Тема 3	1. Подготовка докладов по теме 2. Подготовка к контрольному опросу	ОПК-2, ОПК-3	ОПК 2.1, ОПК 2.2 ОПК-3.1
4	Тема 4	1. Подготовка докладов по теме 2. Подготовка к контрольному опросу	ОПК-2, ОПК-3	ОПК 2.1, ОПК 2.2 ОПК-3.1
5	Тема 5	1. Подготовка докладов по теме 2. Подготовка к контрольному опросу	ОПК-2, ОПК-3	ОПК 2.1, ОПК 2.2 ОПК-3.1

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 «Современные проблемы клеточной биологии» используются следующие формы самостоятельной учебной работы:

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

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

Реферат – форма письменной работы, которую рекомендуется применять при освоении вариативных (профильных) дисциплин профессионального цикла. Представляет собой краткое изложение содержания научных трудов, литературы по определенной теме. Объем реферата может достигать 15-20 стр.; время, отводимое на его подготовку – от 2 недель до месяца. Подготовка реферата подразумевает самостоятельное изучение студентом нескольких литературных источников (учебников, монографий, научных статей и т.д.) по определённой теме, не рассматриваемой подробно на лекции, систематизацию материала и краткое его изложение. Цель написания реферата – привитие студенту навыков краткого и лаконичного представления собранных материалов и фактов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным отчетам, обзорам и статьям.

Структура реферата включает:

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

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

Критерии оценивания реферата:

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

при этом материал в недостаточной степени проанализирован автором, оформление реферата соответствует техническим требованиям.

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

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

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

Критерии оценивания устного доклада:

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

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

- Оценка «удовлетворительно». Тема раскрыта не полно, материал приведен как простая констатация фактов, не проанализирован, студент показывает поверхностные знания. Презентация частично соответствует установленным требованиям. При обсуждении доклада студент не всегда дает правильные, исчерпывающие ответы на задаваемые вопросы.

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

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

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) перечень литературы

1. Цитология [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие. - ЭВК. - Иркутск : ИГУ, 2012. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ;+
2. Ченцов, Юрий Сергеевич. Введение в клеточную биологию [Текст]: учебник для студ. ун-тов / Ю. С. Ченцов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Академкнига, 2005. - 495 с.: ил., цв. ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 487. - ISBN 5-94628-105-4 (38 экз);+
3. Верещагина, Валентина Александровна. Основы общей цитологии [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов / В. А. Верещагина. - 2-е изд., перераб. - М. : Академия, 2007. - 172 с. : ил.; 21 см. -

- (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 170. - ISBN 978-5-7695-3744-8. – 78 экз. +
4. Тимакова Т. К. Методы световой и электронной микроскопии в биологии и ветеринарии: Учебно-методическое пособие / Т. К. Тимакова. - Ярославская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. - 72 с. Режим доступа: - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-2877-2
 5. Балалаева И. В., Сергеева Е. А., Катичев А. Р. Оптическая микроскопия в исследовании структуры и функций биологических объектов. Часть 1. Широкопольная оптическая микроскопия: Учебно-методическое пособие/ И. В. Балалаева. - Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2012. - 58 с. - Режим доступа: - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-2877-2 +
 6. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии [Электронный ресурс] / К. Уилсон, Дж Уолкер. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лаборатория знаний"" (ранее ""БИНОМ. Лаборатория знаний", 2020. - 855 с. - (Методы в биологии). - Режим доступа: - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-00101-786-8 +

б) периодические издания

Журнал «Цитология» Главный редактор : Томилин Алексей Николаевич.
<https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=977918>

в) 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://neuroscience.ru/> . Популярный российский интернет-ресурс, посвященный актуальным вопросам современной нейробиологии, которые возникают, в том числе и на стыке с вопросами существования иммунологических принципов функционирования элементов нервной системы;
6. <http://www.fptl.ru/biblioteka/biotehnologiya.html>
7. <http://www.medbook.net.ru/010512.shtml>
8. Союз образовательных сайтов - Естественные науки
9. <http://tusearch.blogspot.com> - Поиск электронных книг, публикаций, законов, ГОСТов на сайтах научных электронных библиотек.
9. Google Scholar –Поисковая система по научной литературе.
10. Science Research Portal - Научная поисковая система, осуществляющая полнотекстовый поиск в журналах многих крупных научных издательств, таких как Elsevier, Highwire, IEEE, Nature, Taylor & Francis и др. Ищет статьи и документы в открытых научных базах данных: Directory of Open Access Journals, Library of Congress Online Catalog, Science.gov и Scientific News.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Аудитория для проведения занятий лекционного типа: оборудована специализированной (учебной) мебелью на 25 посадочных мест; техническими средствами обучения: проектор Epson EB-X03, доска маркерная; учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации по дисциплине: презентации по темам программы.

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

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

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

6.2. Программное обеспечение:

DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal (Windows 10 Education 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine, Windows 7 Professional with Service Pack 1 32/64-bit (English) - Microsoft Imagine, Windows Server 2008 Enterprise and Standard without Hyper-V with SP2 32/64-bit (English) - Microsoft Imagine, Access 2016 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine, Access 2010 32/64-bit (Russian) - Microsoft Imagine). Договор №03-016-14 от 30.10.2014г.

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 250-499. Форум Контракт №04-114-16 от 14ноября 2016г KES. Счет №РСЦЗ-000147 и АКТ от 23ноября 2016г Лиц. №1B08161103014721370444.

Microsoft Office Enterprise 2007 Russian Academic OPEN No Level. Номер Лицензии Microsoft 43364238.

Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic OPEN No Level. Номер Лицензии Microsoft 41059241.

Office 365 профессиональный плюс для учащихся. Номер заказа: 36dde53d-7cdb-4cad-a87f-29b2a19c463e.

6.3. Технические и электронные средства:

Презентации по всем темам курса.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для освоения дисциплины «Клеточная биология» 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 «Экология микроорганизмов» 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 «Экология микроорганизмов» 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.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

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

Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета

В рамках дисциплины «Клеточная биология» используются следующие формы текущего контроля:

- устный доклад-
- реферат;
- контроль самостоятельной работы.

Фонд оценочных средств включает:

- перечень тем рефератов
- перечень тем докладов,
- вопросы для самостоятельного изучения (СРС)
- вопросы для подготовки к тестированию,
- критерии оценки знаний студентов.

Назначение оценочных средств: выявить сформированность компетенций ОПК-2, ОПК-3 (см. п. III).

Темы рефератов

1. Цитохимические методы изучения внутриклеточных компартментов клетки.
2. Возможности методов высокоразрешающей конфокальной лазерной микроскопии.
3. Использование метода Patch-clamp в нейробиологии.
4. Цитохимические маркеры дифференцировки нейронов.
5. Методы изучения рециклинга мембран.
6. Эндоцитоз и экзоцитоз.
7. Мембранный транспорт
8. Апоптоз и методы его цитохимической идентификации.
9. Внутриклеточный транспорт.
10. Вторичные мессенджеры - внутриклеточные сигнальные молекулы.
11. Цитоскелет клетки.
12. Компоненты межклеточного матрикса и его значение.
13. Молекулярные механизмы функционирования потенциал-зависимых и лиганд-зависимых ионных каналов.
14. Митохондрии и апоптоз клетки.
15. Активные формы кислорода и патология клетки
16. Возможности методов высокоразрешающей конфокальной микроскопии для изучения биомембран
17. Цитохимические маркеры биомембран и методы их идентификации
 18. ЯМР-спектроскопия биомембран
 19. Использование лектинов для изучения гликокаликса биомембран
 20. Fluorescence recovery after photobleaching, (FRAP) метод изучения латеральной подвижности мембранных белков
 21. Естественные и искусственные мембраны
 22. Биоинженерия 3D-культивирования клеток
 23. Технологии создания органоидов различных тканей и перспективы их использования
 24. Органотипические культуры нервной ткани и их использование в нейробиологии и медицине
 25. Компоненты межклеточного матрикса и его значение
 26. Проблемы и перспективы трансплантологии

Темы докладов

1. Использование суперразрешающей микроскопии в биологии и медицине.
2. Использование флуоресцентных зондов для изучения динамики ионов Ca^{2+} .
3. Использование оптогенетики в решении проблем нейробиологии.
4. Термогенетика — новый способ воздействия на нервные клетки.
5. Применение флуоресцентных белков для изучения экспрессии и транспорта

- внутриклеточных белков.
6. Использование специальных красителей для избирательной визуализации внутриклеточных белков.
 7. FRET-микроскопия для изучения межмолекулярных взаимодействий в живых системах.
 8. Хемогенетика — технология исследования функций отдельных групп нейронов.
 9. Лизосомы и аутофагия.
 10. Стволовые клетки и их потенциал в регенеративной медицине.
 11. Инженерные клеточные гели для тканевой инженерии.
 12. Апоптоз: запрограммированная клеточная гибель.
 13. Гомеостаз ионов кальция в клеточной физиологии и патологии.
 14. Функции ионных каналов.
 15. Взаимодействие клетки с внеклеточным матриксом.
 16. Технологии одноклеточной омике (single-cell omics) - мощный инструмент для изучения гетерогенности и функций клеток.
 17. Методы анализа 3D изображений биологических структур, полученных с помощью конфокальной микроскопии.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме (зачета).

Форма промежуточной аттестации - **зачет**. Система оценок: пятибалльная. 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 компетенций (ОПК-2, ОПК-3), заявленной в п. III.

Вопросы для подготовки к тестированию (зачету)

1. Компартиментализация внутреннего содержимого клеток.
 2. Биологические мембраны – наиболее общие структурные элементы живой клетки.
 3. Характеристика мембранных белков, липидов и сахаров. Фосфолипиды, гликолипиды и холестерол - основные структурные компоненты биомембран.
 4. Методы визуализации гликолипидов в составе мембран. Гликобиология. Мезоморфизм липидов в экспериментальных модельных системах.
 5. Липиды как мишень экологических адаптаций животных.
 6. Факторы, определяющие текучесть биологических мембран.
 7. Получение липосом и их использование в медицине.
 8. Структурно-функциональная характеристика мембранных белков и способы их расположения в мембране. Однопроходные и многопроходные белки, профиль гидрофобности белков.
 9. Гликозилирование белков. Цитохимическая идентификация мембранных белков. Экспериментальные подходы, используемые для изучения сопряженных с мембраной процессов.
 10. Латеральная подвижность мембранных белков и способы ее ограничения. Кластеризация мембранных белков, их кэппинг и опосредованный рецепторами эндоцитоз.
 11. Кооперативные структурные перестройки компонентов биомембран. Асимметрия мембран. Правило топологической эквивалентности биологических мембран.
1. Вклад д.б.н, профессора Ю.П. Козлова в изучение биомембран в норме и патологии. Механизмы повреждения биомембран при развитии

патологических процессов в организме. Перекисное окисление липидов и его значение.


2. Физико-химические методы изучения организации биомембран
3. Современные методы изучения динамической структуры биомембран: электронно-микроскопические, резонансные и оптические.
4. Мембранный и внутриклеточный транспорт
5. Молекулярные механизмы транспорта веществ через мембраны.
6. Особенности проницаемости искусственных и естественных биомембран.
7. Типы мембранного транспорта (простая диффузия, облегченная диффузия, активный транспорт и транспорт по электрохимическому градиенту).
8. Мембранный транспорт у бактерий: векторный перенос групп, транспорт с участием периплазматических рецепторов и ионофоров.
9. Способы транспорта макромолекул: эндоцитоз, экзоцитоз, транцитоз и их биологическое значение.
10. Пути и механизмы внутриклеточной сортировки белков. Сигнальные пептиды и сигнальные участки.
11. Особенности транспорта белков в ядро, митохондрии, эндоплазматический ретикулум и хлоропласты.
12. Экспериментальные подходы, используемые для изучения внутриклеточного транспорта.
13. Вовлечение микротрубочек и актиновых микрофиламентов в обеспечение внутриклеточного транспорта макромолекул.
14. Действие внеклеточных сигналов на клетки
15. Четыре стратегии межклеточных взаимодействий: гормоны, локальные химические медиаторы, нейромедиаторы и экзосомы.
16. Водорастворимые и жирорастворимые лиганды. Мембраносвязанные рецепторы.
17. Структура лигандсвязывающих участков. Эффекторные функции клеточных рецепторов.
18. Механизмы трансформации действия внеклеточных сигналов с участием белков клеточной поверхности.
19. Три класса мембраносвязанных белковых рецепторов: образующие ионный канал, сопряженные с G-белком и каталитические.
20. Циклические нуклеотиды, ионы Ca^{2+} и простагландины – универсальные вторичные посредники действия внеклеточных сигналов.
21. Взаимодействие сигнальных путей с участием с цАМФ и ионов Ca^{2+} .
22. Сигнальное значение продуктов расщепления фосфоинозитидов биомембран. Каскадные механизмы усиления реакции на внеклеточные сигналы.
23. Молекулярные механизмы адаптации клеток-мишеней на длительное воздействие биологически активных соединений.
24. Вовлечение актиновых микрофиламентов в обеспечение адаптивного функционирования рецепторных сайтов нервных клеток различной специализации.
25. Сигнализация с участием внутриклеточных рецепторов: механизмы действия стероидных гормонов.
26. Первичные и вторичные эффекты действия стероидных гормонов.
27. Электровозбудимые клетки. Потенциал-зависимые ионные каналы, потенциал действия и его распространение в нервных клетках.

28. Деполяризация и гиперполяризация клеток. Потенциал-зависимые кальциевые каналы и их значение. Роль потенциал-зависимых калиевых каналов. Высвобождение нейромедиаторов путем экзоцитоза.
29. Лиганд-зависимые ионные каналы и формирование пост-синаптического возбуждающего потенциала.
30. Возбуждающие и тормозные нейромедиаторы.
31. Электрические и химические синапсы и их особенности.
32. Стойкие изменения синапсов и поведение: экспериментальные модели. Нервно-мышечное соединение - наиболее изученный синапс.
33. Молекулярные механизмы электромеханического сопряжения мышечных волокон.
34. Использование метода Patch-clamp в нейробиологии. Цитохимические методы изучения функциональных особенностей нервных клеток.
35. Фото- хемо- и механо- рецепторы органов чувств. Классификация рецепторов.
36. Принципы структурно-функциональной организации сенсорных систем. Морфо-функциональная специфичность сенсорных клеток.
37. Первичные процессы хемо-, фото- и механо- рецепции. Первичночувствующие и вторичночувствующие рецепторные клетки.
38. Свойства рецепторных потенциалов. Трансформация рецепторных потенциалов в последовательность потенциалов действия.
39. Адаптивные механизмы в системе центрального и периферического отделов анализаторов. Афферентная и эфферентная регуляция чувствительности рецепторных клеток.
40. Современные клеточные технологии. Получение гибридных клеток (гибридом) способных к образованию антител В-лимфоцитов.
41. Технология слияния клеток миеломы и В-лимфоцитов и культивирование гибридных клеток.
42. Поддержание жизнеспособности целевых клеточных линий в планшетах.
43. Метод радиоиммунного сканирования ячеек для отбора гибридом с антителами необходимой специфичности.
44. Репрограммирование (перепрограммирование) клеток. История открытия (Дж. Гёрдон, 1962 г.) феномена репрограммирования соматических клеток.
45. Проблемы и перспективы использования технологии репрограммирования клеток в медицине.
46. Технология 3D-культивирования клеток.
47. Создание самоорганизующихся жизнеспособных моделей биологических органов, обладающих свойствами естественных развивающихся органов.
48. Использование «зачатков» (органоидов) тканей и органов для изучения и моделирования органогенеза, различных заболеваний, тестирования и скрининга на них различных лекарственных препаратов и токсичных веществ, а также для экспериментов по их трансплантации.
49. Эмбриониды (эмбриональные тельца) трёхмерные агрегаты клеток, содержащие клетки всех трёх зародышевых листков.
50. Гастролоиды - трехмерные агрегаты плюрипотентных стволовых клеток. 3-D биопечать различных органов и тканей.
51. Роль межклеточного матрикса в формировании искусственных тканей.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме (зачета).

Форма промежуточной аттестации - **зачет**. Система оценок: пятибалльная. 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 компетенций (ОПК-2, ОПК-3), заявленной в п. III.

Разработчик:

 доцент Клименков И.В.
(подпись)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика».

Программа рассмотрена на заседании кафедры физико-химической биологии, биоинженерии и биоинформатики 19.03.2025 г. протокол № 12.

Зав. кафедрой, д.б.н., профессор В.П. Саловарова 

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