

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
биологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан биологического факультета,

академик



/М.П. Кирпичников/
» 2022 г.

ВРЕМЕННАЯ ПРОГРАММА-МИНИМУМ
кандидатского экзамена по специальности

I.5.22. Клеточная биология

кафедра клеточной биологии и гистологии биологического факультета МГУ

Шифр и наименование области науки: I.5. Биологические науки

Наименование отраслей науки,

по которым присуждаются ученые степени: Биологические науки

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Ученым советом факультета
(протокол № 4 от 31 марта 2022 г.)

Москва 2022

I. Описание программы:

Настоящая программа охватывает основополагающие разделы и области знания, в основе данной программы лежат следующие дисциплины:

Современные проблемы биологии по специальности (клеточная биология).

II. Основные разделы и вопросы к экзамену:

Клеточная биология

Раздел 1. Предмет клеточной биологии.

Тема 1. Клеточная теория.

Определение понятия «Клетка». Гомологичность клеток; прокариотические и эукариотические клетки; многоклеточные организмы, состоящие из клеток, объединенных в функциональные системы и связанные друг с другом с помощью молекулярной регуляции. Понятие totipotентность ядер клеток многоклеточного организма, эпигенетика и дифференцировка клеток многоклеточного организма. Митоз как способ сегрегации хромосом и деления клеток эукариотов. Функциональные системы клетки: ядро – система хранения, воспроизведения и реализации генетической информации; биосинтетическая система – система синтеза и топогенеза биополимеров; митохондрии и хлоропласты – системы энергообеспечения клеток; цитоскелет – опорно-двигательная система. Центральная догма молекулярной биологии.

Тема 2. Методы клеточной биологии.

Световая и электронная микроскопия, флуоресцентная микроскопия, цитохимическое окрашивание и иммуно-цитохимическое окрашивание (мечение) клеток, радиоавтография, молекулярная гибридизация, метод FISH, культура клеток, клеточная гибридизация, видеомикроскопия; связь клеточной биологии с молекулярной биологией, генетикой, биохимией и биофизикой; практическое применение достижений клеточной биологии.

Раздел 2. Структурно-функциональная характеристика ядра.

Тема 1. Организация интерфазного ядра. Хромосомный цикл.

Структура хроматина и химический состав. Строение хромосом. Понятие о клеточном цикле. Краткая характеристика фаз клеточного цикла. Хромосомный цикл и клеточный цикл.

Тема 2. Ядерная ДНК.

Типы ДНК. Репликоны. Механизм репликация ДНК. Механизм работы топоизомераз. Репликация теломерных районов хромосом, функция теломеразы. Полиплоидия. Варианты полиплоидизации клеток. Понятия зуплоидности и анеуплоидности.

Тема 3. Уровни компактизации хроматина и хромосом.

Понятия эухроматина и гетерохроматина. Роль гистонов и негистоновых белков в компактизации хроматина. Модификации гистонов и функциональное состояние хроматина. Структура хромосом. Структура специализированных районов хромосом. Карнотип. Варианты дифференциального окрашивания хромосом. Методы гибридизации. Метод полимеразной цепной реакции – ПЦР. Метод «ДНК отпечатков пальцев».

Модели организации хромосом, Хромосомный скэйфолд. Хромосомы «типа ламповых щетов». Роль конденсинов и когезинов в компактизации хромосом.

Тема 4. Ядерный белковый матрикс. Способы выявления, химический состав, структурные компоненты, ДНК в составе матрикса, РНК в составе матрикса, роль ядерного белкового матрикса в функционировании ядер.

Раздел 3. Субъдомены ядра.

Тема 1. Транскрипция и ядерные транскрипты.

Механизм транскрипции. Типы РНК. Типы РНК-полимераз. Созревание продуктов транскрипции. Понятия процессинга и сплайсинга. Морфология продуктов транскрипции.

Тема 2. Варианты субъдоменов ядра.

Тема 3. Ядрышко – структура и функции. Ядрышковый организатор, число ядрышек в ядре, амплификация ядрышек. Компоненты ядрышка, ультраструктура, белки ядрышка, участие в синтезе рибосомных РНК и формировании субъединиц рибосом. Судьба ядрышковых компонентов при митозе; периферический хромосомный материал. Нетрадиционные функции ядрышка.

Тема 4. Хромосомные территории в интерфазном ядре.

Раздел 4. Ядерная оболочка.

Тема 1. Структура ядерной оболочки. Ламина – структура и функция. Ядерные поры: модели строения.

Тема 2. Механизмы ядерно-цитоплазматического транспорта.

Раздел 5. Мембранные компоненты клетки.

Тема 1. Свойства биологических мембран. Общие свойства липидов. Белки мембран. Понятия интегральных белков. Строение липопротеидных мембран и их свойства. Углеводный компонент мембран.

Тема 2. Химический состав и строение плазматической мембраны.

Барьерно-транспортная роль плазматической мембраны. Компартменты в плазматической мембране.

Тема 3. Транспорт через плазматическую мембрану низко-молекулярных соединений. Транспортные белки низкомолекулярных соединений: канальные белки, белки переносчики, АТФ-зависимые помпы (K/Na - помпа, протонные – помпы, Ca – помпа, семейство ABC). Унипортальный транспорт. Ко-транспорт антипортом и симпортом. Оsmотическое давление и регуляция объема клетки. Внутриклеточный pH.

Явление множественной лекарственной устойчивости.

Раздел 6. Эндоцитоз.

Тема 1. Транспорт высокомолекулярных соединений. Варианты эндоцитоза. Варианты сортировки и транспорта рецепторов и лигандов. Ранние и поздние эндосомы. Роль белков окаймления (клатринов, адаптинов и коатомеров) в эндо- и экзоцитозе и везикулярном транспорте. Роль кавесол. Понятие трансцитоза ионов, низкомолекулярных и высокомолекулярных органических соединений.

Тема 2. Фагоцитоз. Рецепторы фагоцитоза. Фагосомы и фаголизосомы.

Раздел 7. Клеточные взаимодействия.

Тема 1. Клеточная адгезия. Белки адгезии: семейства кадгеринов, иммуноглобулинов, интегринов, селектинов, адгезивных протеогликанов. Гомо- и гетерофиллическая адгезия.

Тема 2. Специализированные клеточные контакты. Классификация. Структура и белки адгезивных контактов (десмосома, пояс адгезии, полудесмосома, фокальный контакт). Структура и белки изолирующих (плотных) контактов. Структура и белки канальных контактов. Коммуникативные контакты. Функциональные особенности специализированных межклеточных контактов. Методы изучения.

Раздел 8. Синтез и топогенез белков.

Тема 1. Механизм синтеза белка – трансляция. Строение рибосом. Полисомы. Синтез белков в гиалоплазме.

Тема 2. Синтез белков в гранулярном эндоплазматическом ретикулуме. Строение гранулярного эндоплазматического ретикулума. Роль ЭПР в синтезе секреторных, мембранных и лизосомных белков. Сигнальные последовательности. SRP частицы. Ко-трансляционный перенос белков в мембранные и цистерны ЭПР. Модификации

белков в эндоплазматическом ретикулуме. Роль белков-шаперонов. Адресование секреторных, мембранных и лизосомных белков. Понятие стресса ЭПР. Методы изучения.

Тема 3. Аппарат Гольджи – структура и функции.

Модели организации аппарата Гольджи. Модификация и адресование белков. Участие в синтезе гликозамингликанов. Протеогликаны. Методы изучения.

Тема 4. Везикулярный транспорт. Роль белков окаймления Сор I, Сор II и клатринов в везикулярном транспорте. Механизм адресования и слияния везикул с мембранными компонентами биосинтетической системы. Транспорт белков от ЭПР к аппарату Гольджи через везикулярно-тубулярный компартмент. Антероградный и ретроградный варианты транспорта.

Тема 5. Экзоцитоз – транспорт белков от аппарата Гольджи к плазматической мембране. Созревание секреторных гранул.

Тема 6. Гладкий эндоплазматический ретикулум - морфология и функции.

Участие в синтезе липидов стероидных гормонов, участие в поддержании гомеостаза ионов кальция, роль цитохрома Р-450 в клетках печени при интоксикации, саркоплазматический ретикулум и его роль в депонировании кальция при мышечном сокращении. Методы изучения.

Раздел 9. Клеточные системы деградации.

Тема 1. Аутофагия. Механизм образования аутофагосом. Роль аутофагии в поддержании жизнеспособности клеток. Методы изучения.

Тема 2. Лизосомы. Классификация, строение, модели образования лизосом. Лизосомные мембранные белки и гидролазы, роль pH в регуляции активности гидролаз. Понятия: эндолизосомы, аутолизосомы, фаголизосомы и аутофаголизосомы. Методы изучения. Лизосомные болезни.

Тема 3. Протеасомы и убиквитилирование.

Раздел 10. Системы энергообеспечения клеток: гликолиз, аэробное окисление и фотосинтез.

Тема 1. Гликолиз. Образование АТФ при гликолизе. Методы изучения.

Тема 2. Митохондрии. Окислительное фосфорилирование. Особенности химического состава, строения и функции наружной и внутренней митохондриальных мембран и матрикса. Образование АТФ путем окислительного фосфорилирования – краткая характеристика белковых комплексов, участвующих в переносе протонов, транспорте электронов и синтезе АТФ. Представление о цикле Кребса. Понятия кондриона и митохондриального ретикулума. Межмитохондриальные контакты.

Тема 3. Фотосинтез. Строение хлоропласта и его функции. Этапы фотосинтеза. Локализация процессов фотосинтеза в хлоропласте.

Тема 4. Биогенез митохондрий и хлоропластов. Митохондриальный геном. Митохондриальная ДНК, синтез белков митохондрий и их топогенез. Механизмы слияния и деления митохондрий. Происхождение митохондрий. Эндосимбиоз и редукция генома. Геном хлоропластов, синтез белков хлоропластов и их топогенез.

Раздел 11. Компоненты цитоскелета.

Тема 1. Актиновые микрофиламенты. Строение молекулы/мономера актина. Изоформы актина, их экспрессия в различных типах клеток. Полимеризация актина *in vitro*. Строение актинового филамента, неравнозначность его концов. Динамика полимеризации актина. Динамическая нестабильность и тредмиллинг актиновых филаментов. Локализация и функции актина в клетках. Роль актиновых филаментов в движении клеток. Белки, ассоциированные с актиновыми филаментами.

Тема 2 . Моторные белки - миозины. Разнообразие и общие свойства миозинов, их структура, функция и локализация. Перестройки актомиозиновой системы при распластывании клеток по субстрату и при делении клеток. Строение миофибрилл мышечного волокна, структура саркомера, белки, регулирующие взаимодействие мио-

зина и актина. Роль ионов кальция в регуляции актомиозиновой системы.

Тема 3. Промежуточные филаменты. Структура и функции промежуточных филаментов. Классификация белков промежуточных филаментов. Локализация промежуточных филаментов в клетках.

Тема 4. Микротрубочки. Структура и функции микротрубочек, центросомы, центриолей, базальных тел и аксонемы. Сборка микротрубочки, неравнозначность ее концов. Динамика полимеризации тубулина. Динамическая нестабильность и тред-миллинг. Расположение микротрубочек в различных типах клеток. Белки, ассоциированные с микротрубочками (MAP).

Тема 5. Моторные белки - кинезины и динеины. Динактиновый комплекс. Строение, участие во внутриклеточном транспорте.

Тема 6. Центросома. Строение центросомы в клетках животных, центросомный цикл и клеточный цикл. Роль центросомы в инициации сборки микротрубочек и организации микротрубочек в цитоплазме. Структура и белковый состав центриолей. Материнская и дочерняя центриоли. Цикл удвоения центриолей и клеточный цикл. Образование центриолей *de novo*. Нецентросомные центры организации микротрубочек.

Тема 7. Реснички и жгутики. Центриоль, как базальное тело жгутика и реснички, роль в формировании аксонемы. Строение, функции и принцип движения аксонемы реснички и жгутика. Пути образования базальных тел.

Раздел 12. Митоз.

Тема 1. Фазы митоза. Формирование веретена. Основная цель митоза. Изменение структуры хромосом, роль конденсированных и когезивных. Основные события в каждой из фаз митоза.

Тема 2. Митотическое веретено. Структура веретена и типы микротрубочек в его составе. Понятия астрального и анастрального веретена. Механизмы формирования митотического веретена. Разрушение ядерной оболочки в прометафазе. Кинетохор, его структура, белковый состав, динамика формирования. Варианты прикрепления кинетохоров к микротрубочкам веретена. Механизмы контроля ассоциации микротрубочек и кинетохоров.

Тема 3. Механизмы движения хромосом. Движение хромосом во время прометафазы. Образование метафазной пластинки. Механизм движения хромосом в анафазе. Анафаза А и анафаза В.

Тема 4. Механизм цитокинеза. Основные события во время телофазы. Цитокинез и его стадии. Структура контрактильного кольца и механизм его сокращения. Поведение органелл в митозе.

Тема 5. Особенности митоза растительных клеток. Митоз у высших растений, особенности образования веретена. Особенности цитокинеза – структура и механизм формирования фрагмопласта.

Тема 6. Типы митотического деления. Эволюция митоза. Классификация, понятия плевро- и ортомитоза, закрытого, полуоткрытого и открытого митозов.

Тема 7. Варианты патологических митозов.

Раздел 13. Мейоз.

Тема 1. Фазы мейоза при оогенезе и сперматогенезе. Принципы образования половых клеток. "Зародышевый путь", соматические и герминативные клетки; два клеточных цикла с одним раундом репликации ДНК. Первое мейотическое деление, редукция числа аллелей, второе мейотическое деление, расходжение гомологичных хроматид – редукция числа хромосом, созревание половых клеток.

Тема 2. Характеристика стадий профазы I мейоза. Длительность у разных организмов, стадии: лептотена, зиготена, синапсис гомологичных хромосом, синтез z-ДНК, синаптонемальный комплекс, пахитена, механизм кроссинговера, синтез p-ДНК, хиазмы, диплотена, активация транскрипции, хромосомы типа ламповых щеток, амплифицированные ядра в ооцитах, диакинез – расходжение бивалент-

тов.

Раздел 14. Регуляция клеточного цикла.

Тема 1. Характеристика фаз клеточного цикла. Открытие фаз клеточного цикла. Метод радиоавтографии в изучении клеточного цикла. Методы проточной цитофлюориметрии и иммуноцитохимии в изучении клеточного цикла. Общие закономерности прохождения клеточного цикла и его фаз. Понятие об экзогенных и эндогенных факторах регуляции.

Тема 2. Эндогенная регуляция клеточного цикла. Экспериментальные модели для изучения клеточного цикла. Основные механизмы эндогенной регуляции клеточного цикла. Роль комплексов циклинов и циклин-зависимых киназ (Cdk-cyclin complexes). Роль фосфорилирования / дефосфорилирования. Фосфатазы – регуляторы клеточного цикла. Ингибиторы комплексов циклинов /циклин-зависимых киназ и циклин- зависимых киназ (CKIs). Роль протеолиза в регуляции клеточного цикла. Механизмы прохождения пункта ограничения (restriction point) и пунктов проверки (check points). Роль белка p53 в регуляции клеточного цикла.

Тема 3. Экзогенные регуляторы: митогены, факторы роста и цитокины. Передача сигналов и активация генов раннего и позднего пролиферативного ответов.

Раздел 15. Клеточная гибель.

Тема 1. Основные понятия клеточной гибели, классификация. Основные понятия: неспецифическая, программируемая и регулируемая клеточная гибель. Варианты регулируемой клеточной гибели и их классификация. Апоптоз, аутофагическая гибель, некротоз (программированный некроз).

Тема 2. Признаки и механизмы апоптоза. Клеточные проявления апоптоза. Сопоставление морфологических признаков апоптоза и некроза. Методы регистрации апоптоза. Молекулярные механизмы апоптоза. Индукторы апоптоза. Рецепторный и митохондриальный пути индукции апоптоза. Каскад активации каспаз. Действие нуклеаз. Генная регуляция апоптоза. Эндогенные индукторы и ингибиторы апоптоза. Механизм фагоцитоза апоптотических телец. Роль апоптоза в патогенезе и лечении заболеваний.

Тема 3. Аутофагическая гибель клеток. Клеточные проявления аутофагической гибели. Роль аутофагии в выживании клеток. Взаимосвязь между апоптозом и аутофагической гибеллю.

Тема 4. Некротоз (программированный некроз.) Механизм некротоза. Клеточные проявления некротоза. Роль энергетической катастрофы в индукции некротоза.

Раздел 16. Особенности строения и функционирования растительных и бактериальных клеток.

Тема 1. Растительные клетки. Клеточная стенка: химический состав, строение и способы образования. Пластиды. Типы пластид, их ультраструктура и пути образования. Вакуоли растений, их строение и функции.

1. Плазмодесмы, как вариант специализированного контакта между растительными клетками.

Тема 2. Бактериальные клетки. Особенности строения бактериальных клеток. Нуклеоид бактерий. Фотосинтетические структуры бактерий. Базальное тело и жгутик. Клеточная стенка бактерий. Особенности деления бактерий.

Гистология

Раздел 1. Общая гистология

- Классификация тканей на основе их развития, функций и строения. Физиологическое и репартивное обновление тканей.
- Эпителиальная ткань. Морфологическая, физиологическая и онтогенетическая классификация. Микроскопическое и электронномикроскопическое строение эпителиев. Гистогенез, регенерация. Элементы сравнительной гистологии эпителиев.

3. Эпителий желез. Общая характеристика. Классификация желез в связи с их строением и функцией. Микроскопическое и электронномикроскопическое строение. Цитофизиология секреторной клетки. Типы секреции.
4. Ткани внутренней среды: общая характеристика. Современные представления о гемопоэзсе.
5. Клеточные основы защитных реакций. Специфическая и неспецифическая защита. Характеристика лимфоцитов как клеток, обеспечивающих иммунную защиту.
6. Рыхлая и плотная соединительная ткань. Морфология и функции клеток. Структура, формирование межклеточного матрикса. Обновление клеток соединительной ткани и проблема их происхождения в постнатальном онтогенезе. Воспалительная реакция.
7. Хрящевая ткань. Гистогенез хрящевой ткани. Особенности роста и питания хряща. Различные виды хрящевой ткани. Регенерация хряща. Возрастные изменения хрящевой ткани.
8. Костная ткань. Костные клетки. Структура и химический состав межклеточного матрикса кости. Грубоволокнистая и пластинчатая кость. Остеон. Гистогенез костной ткани. Рост и перестройка кости в онтогенезе. Регенерация костной ткани.
9. Мышечная ткань. Общая моррофункциональная характеристика. Классификация. Гладкая мышечная ткань: микроскопическое и электронномикроскопическое строение. Происхождение и гистогенез.
10. Поперечно-полосатая мышечная ткань. Структурно-химические основы сокращения миофибрилл. Гистогенез. Миосателлиты.
11. Сердечно-мышечная ткань. Микроскопическое и электронномикроскопическое строение. Особенности гистологической организации проводящей системы сердца. Секреторные кардиомиоциты. Стволовые клетки миокарда.
12. Нервная ткань. Общая моррофункциональная характеристика. Типы нейронов и их строение.
13. Строение и функции нейроглии. Взаимоотношения нейронов и нейроглии. Гистогенез нервной ткани. Понятие о нейральной стволовой клетке.

Раздел 2. Частная гистология

1. Общий план строения сосудистой стенки. Характеристика клеточных элементов стенки сосуда. Отличительные признаки артериальной и венозной стенки.
2. Центральные органы эндокринной системы. Гистологическое строение гипофиза. Типы гормонов гипофиза.
3. Периферические органы эндокринной системы: принципы регуляции выработки гормонов в организме, строение и функции щитовидной и парашитовидной желез, надпочечников.
4. Лимфоидная система. Строение неинкапсулированных лимфоидных фолликулов и лимфатических узлов. Селезенка, микроскопическое строение, функции. Тимус, его строение и функции.
5. Общий план строения стенок вне- и внутрилёгочных воздухоносных путей (трахея и бронхи разного калибра). Мукоцилиарный транспорт.
6. Строение и функции респираторного отдела легких. Сурфактант и его функции. Недыхательные функции лёгкого.
7. Общий план строения стенки пищеварительного тракта. Отличительные особенности стенки пищевода и желудка.
8. Строение и функции стенки тонкого кишечника. Ворсинки и крипты. Типы и функциональная активность клеток. Обновление кишечного эпителия.
9. Печень и поджелудочная железа. Строение, понятие о дольке, ацинусе, островках. Функции. Регенерация.
10. Строение и функции яичника. Овариально-менструальный цикл. Гормональный цикл. Строение стенки матки.

11. Семенник. Клеточный состав стенки семенного канальца. Строение и функции клеток Сертоли. Гемато-тестикулярный барьер. Добавочные железы мужской половой системы, предстательная железа.
12. Строение и функции коркового и мозгового вещества почки. Строение и функции нефрона. Юкстагломерулярный аппарат, клеточный состав, функции.
13. Цитоархитектоника и миелоархитектоника коры больших полушарий мозга и коры мозжечка. Строение и функции спинного мозга.
14. Орган зрения. Строение роговицы, сосудистой оболочки. Сетчатка глаза: типы нейронов, особенности пигментного эпителия.
15. Органы слуха и равновесия. Представление о волосковых клетках. Механизмы восприятия и передачи звуков.

Раздел 3. Биология стволовых клеток

1. Стволовые клетки (СК) – понятия и определения. Физиологическое и репаративное обновление тканей.
2. Характеристика и свойства СК. Микроокружение («ниши») СК.
3. Факторы дифференцировки и пластичность СК. Эмбриональные стволовые клетки (ЭСК). Индукция плорипотентности в соматических клетках.
4. Кроветворная стволовая клетка. Современные представления о структуре кроветворного дифферона. Методы клеточной маркировки и клонирования в исследовании механизмов гемопоэза и стволовых кроветворных клеток. Современные представления о структуре и функции ниши кроветворной стволовой клетки. Проблемы регуляции дифференцировок при гемопоэзе, факторы дифференцировки.
5. Мезенхимная стволовая клетка: характеристика, потенции к дифференцировке и перспективы клинического использования. Понятие о мезенхимных мультипотентных стромальных клетках (ММСК). Современные критерии и источники получения МСК.
6. Нейрональные стволовые клетки и стволовые клетки сетчатки глаза: основные маркеры, локализация, потенции дифференцировке.

III. Критерии оценивания

Критерии и показатели оценивания ответа на экзамене			
1	2	3	4
Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Фрагментарные знания по всем заданным вопросам, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов клеточной биологии.	Неполные знания по некоторым заданным вопросам, слабое ориентирование в материале, определенные трудности в сопоставлении и анализе сведений из нескольких разделов клеточной биологии.	Полные знания, но содержащие отдельные пробелы в областях клеточной биологии, незначительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.	Искрывающие знания по всем заданным вопросам, свободное владение материалом, грамотные сопоставление и анализ сведений из различных тем по биологии клеток и тканей в широком смысле.

IV. Рекомендуемая основная литература:

1. Биология стволовых клеток и клеточные технологии: учебник: в 2-х т. (под ред. М. А. Пальцева). М., «Медицина», «Шико», 2009.
2. Гистология, эмбриология и цитология /Под ред. Ю.И.Афанасьева, Н.А.. Юриной ГЭОТАР-Медиа., 2021.
3. Клетки (под ред. Льюин Б. и др.). М., Изд-во «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2011.
4. Фрешни Р.Я. Культура животных клеток: практическое руководство (пер. 5-го англ. изд.). М., «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2010.
5. Alberts B., Johnson A., Lewis J., Raff M., Roberts K., Walter P. Molecular Biology of the Cell. 6-th edition. 2015. 1465p.
6. Lodish H. Berk A, et al. Molecular cell biology. «W.H. Freeman and Co», 8th edition, 2016.

V. Дополнительная литература:

1. Быков В. Л. Частная гистология человека. СПб.: СОТИС, 2013.
2. Епифанова О.И. Лекции о клеточном цикле. М., 2003.
3. Жимулев И.Ф. Общая и молекулярная генетика. Изд.2-ое, Новосибирск, 2003.
4. Жункейра Л.К., Карнейро Ж. Гистология: атлас и учебное пособие. М.:ГЭОТАР-
5. Иммунология по Ярилину. Под ред С.А. Недослапова, Д. В. Купраша. 2 ое изд., испр. и доп. ГЭОТАР-Медиа., 2021.
6. Коряков Д.Е., Жимулев И.Ф. Хромосомы. Структура и функции. Новосибирск, Изд-во Сибирского отделения РАН, 2009.
7. Лузиков В.Н. Экзоцитоз белков (курс лекций). М., ИКЦ «Академкнига», 2006.
8. Николлс Дж.Г., Мартин А.Р., Валлас Б.Дж., Фукс П.А. От нейрона к мозгу. 2-е изд. М., Изд-во ЛКИ, 2008.
9. Омельяненко Н.П., Слуцкий Л.И. Соединительная ткань (гистофизиология и биохимия) (под ред. Миронова С.П.). В 2-х томах. М., изд. «Известия», 2009.
10. Шубникова Е.А., Юрина Н.А., Гусев И.Б., Балезина О.П., Большакова Г.Б. Мищечные ткани. М., «Медицина», 2001.
11. Pollard T., Earnshaw W.C., Lippincott-Schwartz J. Cell Biology. (2-nd edition). 2007.

VI. Авторы временной программы:

1. Онищенко Галина Евгеньевна, д.б.н., профессор, зав.каф.
2. Липина Татьяна Владимировна, к.б.н., доцент