

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

**УТВЕРЖДАЮ**

И.о. заведующего кафедрой  
генетики, цитологии и биотехнологии



Калаев В.Н.

05.06.2023г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.02 Цитогенетика**

1. Код и наименование направления подготовки: 06.03.01 Биология
2. Профиль подготовки: Генетика
3. Квалификация выпускника: Бакалавр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: генетики, цитологии и биотехнологии
6. Составители программы:  
Машкина Ольга Сергеевна, кандидат биологических наук, доцент
7. Рекомендована: НМС медико-биологического факультета 29.05.2023, протокол № 4
8. Учебный год: 2024-2025 гг. Семестр(ы): 4

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:* ознакомление бакалавров с современными представлениями о структуре, функциях и методах изучения хромосом; механизмами их поведения в клеточном цикле; процессами передачи, реализации и изменения генетической информации на уровне структурно функциональных преобразований хромосом.

### *Задачи учебной дисциплины:*

1. Формирование представлений об основных направлениях и современных методах цитогенетики, новейших достижениях в этой области.
2. Освоение современного состояния вопроса о структурно-функциональной организации хромосом (материальных основ наследственности и изменчивости) эукариот, прокариот и вирусов; роли разных типов хромосомных мутаций, отклонений поведения хромосом в митозе и мейозе на фенотип, жизнеспособность и продуктивность организмов.
3. Овладение навыками выполнения исследований с цитогенетическим материалом и изучения генетических явлений в связи с цитологическими особенностями организмов. Умение использовать полученные знания в научно- исследовательской работе и практических целях.
4. Овладение практическими навыками микроскопической техники, изготовления препаратов, оценки структурно-функциональной организации и преобразований хромосом.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина «Цитогенетика» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 06.03.01 Биология.

Бакалавр, овладев дисциплиной, должен: иметь представление о структуре, функциях и методах изучения хромосом; механизмах их поведения в клеточном цикле; процессах передачи, реализации и изменения генетической информации на уровне структурно функциональных преобразований хромосом. Приобрести практические навыки микроскопической техники, изготовления препаратов и их цитогенетического анализа. Владеть основными понятиями в области цитогенетики; методами анализа и оценки генетических явлений в связи с особенностями структурно-функционального состояния клеток организма. Уметь обрабатывать, анализировать и оформлять результаты цитогенетических исследований, формулировать выводы; использовать полученные знания в научных исследованиях. Предшествует следующим дисциплинам «Генетика и эволюция», «Экологическая генетика», «Молекулярная биология», «Генетика человека», «Молекулярная биомедицина», «Современная генетика».

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

| Код  | Название компетенции  | Код(ы) | Индикатор(ы)   | Планируемые результаты обучения  |
|------|---|--------|--|--|
| ПК-3 | Способен обрабатывать, анализировать и оформлять результаты исследований и разработок под руководством специалиста более высокой квалификации | ПК-3.2 | Представляет/ оформляет результаты лабораторных и/или полевых испытаний в соответствии с действующими технологическими регламентами/ требованиями и формулирует выводы | <p>Знать: современное состояние вопроса о структуре, функциях и методах изучения хромосом; механизмах их поведения в клеточном цикле; процессах передачи, реализации и изменения генетической информации на уровне структурно функциональных преобразований хромосом.</p> <p>Уметь: выполнять исследования в различных направлениях цитогенетики; регистрировать, анализировать и интерпретировать полученные результаты с использованием современной аппаратуры и оборудования, методов цитологии и генетики.</p> <p>Владеть: основными понятиями в области цитогенетики; современными методами</p> |

|      |  |        |  |   |
|------|--|--------|--|---|
|      |  |        |  | анализа и оценки генетических явлений в связи с особенностями структурно-функционального состояния клеток организма.  |
| ПК-4 | Способен проводить научные исследования в области генетики с применением современных методов и оборудования по актуальной проблеме | ПК-4.2 | Осуществляет научные исследования с применением классических методов генетики и цитологии по актуальной проблеме | <p>Знать: современное состояние вопроса о структуре, функциях и методах изучения хромосом.</p> <p>Уметь: применять теоретические основы цитогенетики для изучения генетических явлений в связи с цитологическими особенностями организмов; осуществлять научные исследования в области цитогенетики с применением современных методов цитогенетики.</p> <p>Владеть: практическими навыками микроскопической техники; изготовления препаратов и их цитогенетического анализа; оценки структурно-функциональной организации и преобразований хромосом; изучения кариотипа, митоза и мейоза в норме и при различных нарушениях (в том числе, у мутантов, отдаленных гибридов и полиплоидов).</p> |

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 4 ЗЕТ / 144 час.**

**Форма промежуточной аттестации** \_\_ экзамен \_\_

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

| Вид учебной работы                       |              | Трудоемкость |              |  |     |
|--|--------------|--------------|--------------|--|-----|
|  |              | Всего        | По семестрам |  |     |
|  |              |              | 4 семестр    |  | ... |
| Аудиторные занятия                       |              | 68           | 68           |  |     |
| в том числе:                             | лекции       | 34           | 34           |  |     |
|  | практические |              |              |  |     |
|  | лабораторные | 34           | 34           |  |     |
| Самостоятельная работа                   |              | 40           | 40           |  |     |
| в том числе: курсовая работа (проект)    |              |              |              |  |     |
| Форма промежуточной аттестации – экзамен |              | 36           | 36           |  |     |
| Итого:                                   |              | 144          | 144          |  |     |

**13.1. Содержание дисциплины**

| № п/п            | Наименование раздела дисциплины  | Содержание раздела дисциплины   | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*   |
|------------------|--|---|---|
| <b>1. Лекции</b> |  |   |   |
| 1.1              | Цитогенетика как наука. Предмет, задачи и методы цитогенетики. Основные этапы развития. Значение цитогенетики для теории и практики. | Цитогенетика – раздел генетики, изучающий наследственность и изменчивость на уровне клеточных и субклеточных структур, в особенности хромосом. Предмет, задачи и методы цитогенетики. Основные этапы развития. Роль отечественных учёных в становлении цитогенетики. Значение цитогенетики для теории и практики. | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> |
| 1.2              | Методы цитогенетического   | Современные методы микроскопического анализа, системы регистрации и обработки изображений.  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> |

|     |   |  |   |
|-----|---|--|---|
|     | анализа.  | Световая и электронная микроскопия. Методы контрастирования в световой микроскопии: метод фазово-контрастной микроскопии, конфокальная микроскопия, метод «темного поля», метод флуоресцентной микроскопии. Сканирующая электронная микроскопия. Методы микрохирургии и культуры клеток. Клеточная инженерия. Метод автордиографии. ДНК-цитометрия. Фракционирование клеток. Методы молекулярной цитогенетики. Метод гибридизации <i>in situ</i> . Измерение микроскопических объектов.  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">hp?id=9204</a>                                 |
| 1.3 | Хромосома – как предмет цитогенетических исследований. Структурно-функциональная организация хромосом вирусов и прокариот. Хромосомы пластид и митохондрий. | <p>Различные типы организации генетического материала. Разнообразие типов хромосом. Структурно-функциональная организация хромосом вирусов. Доказательства генетической роли ДНК и РНК вирусов. Ретровирусы. Жизненный цикл умеренного бактериофага (литический и лизогенный). Механизмы включения генома РНК- и ДНК-содержащих вирусов в хромосому клетки-хозяина. Транскрипция и обратная транскрипция. Особенности репликации. Вироиды. Структурно-функциональная организация хромосом прокариот. Распространение генов бактерий происходит путем: трансформации, конъюгации, трансдукции, при участии мобильных генетических элементов. Плазмиды – внехромосомные генетические элементы. Эписома. Использование частоты котрансформации, котрансдукции и метода прерывания конъюгации для генетического картирования. Нуклеоид – наследственный аппарат бактерий. Основные этапы репликации ДНК. Репликативная вилка. Способы репликации ДНК у прокариот: <math>\theta</math>-тип, <math>\sigma</math>-тип). Конденсация бактериальной хромосомы.</p> <p>Хромосомы пластид и митохондрий. Особенности цитоплазматического наследования. В мт ДНК записана наша история. Взаимодействие между хромосомами ядра, пластид и митохондрий. Цитоплазматическая мужская стерильность растений – пример взаимодействия между хромосомами ядра и митохондрий.</p> | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> |
| 1.4 | Хроматин – основа хромосомы эукариот. Ядрышко – как производное интерфазных хромосом, место синтеза рРНК и образования рибосом.                             | <p>Эу- и гетерохроматическое состояние хромосом как механизм регуляции генетической активности. Конститутивный и факультативный гетерохроматин, их функции. Робертсоновские транслокации – одна из причин различий между числом хромосом у близкородственных видов. Половой хроматин и его использование при диагностике хромосомных болезней человека. Структурно-функциональная организации генома эукариот и прокариот (сравнительный анализ). Структура эукариотического и прокариотического гена. Процессинг мРНК эукариот. Наличие избыточной ДНК – характерная особенность генетического материала эукариот. Типы хромосомной ДНК. ДНК-фингерпринтинг (генная дактилоскопия). Полирепликонная структура ДНК эукариот и ее биологическое значение. Диминуция хроматина и хромосом у многоклеточных эукариот. С-парадокс. Интерфазная и митотическая формы структурной организации хромосом. Ядрышко – как производное интерфазных хромосом, место синтеза рРНК и образования рибосом. Пространственная организация хромосом в интерфазном ядре и ее роль в регуляции функционирования генов в онтогенезе. Мобильные генетические элементы (МГЭ) как факторы цитогенетической нестабильности. Структура, типы, механизм транзиции МГЭ у прокариот и эукариот.</p>   | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> |

|     |  |  |   |
|-----|--|--|---|
|     |  | Генетические последствия перемещения.  |   |
| 1.5 | Уровни упаковки ДНК в составе хромосом эукариот. Модификации гистонов и ДНК, их роль в регуляции работы хроматина  | Гистоны и негистоновые белки: их роль в компактизации ДНК. Нуклеосомы: строение, роль при функционировании хроматина. Доказательства нуклеосомной организации хроматина. Биологический смысл плотности нуклеосомной укладки. Нуклеомерная фибрилла. Петлевые домены хроматина. Хромомерная организация хромосом. Спирализация и деспирализация – основа структурно - функциональных преобразований хромосом. Модификации гистонов и ДНК, их роль в регуляции работы хроматина. Метилирование ДНК как способ контроля активности генов. Модификация гистонов (метилирование, ацетилирование, фосфорилирование), их роль в регуляции транскрипции. АТФ-зависимое ремоделирование хроматина и его роль в регуляции генетической активности. Понятие "гистоновый код". В гистоновом коде записана информация о дифференциальной экспрессии генов. Эпигенетика и эпигенетическая регуляция активности гена.   | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> |
| 1.6 | Организация митотической хромосомы высших эукариот. Кариотип и методы его изучения.  | Плотность упаковки метафазных хромосом. Особенности хромосом дрожжей и методы их изучения. Молекулярное кариотипирование (пульс электрофорез). Строение и функции центромеры и кинетохора. Белковый состав кинетохора определяет разное поведение одной и той же центромеры в митозе и мейозе. Моноцентрические и голокинетические хромосомы. Неоцентримеры. Теломеры и их функции. "Проблема концевой репликации". Фермент теломеразы и его роль в сохранении полноразмерности теломер. Структура митотических хромосом. Понятие о кариотипе. Методы хромосомного анализа. Составление кариограммы и идиограммы. Методы систематизации хромосом (на примере кариотипа человека). Цитодиагностика и молекулярно-цитогенетические методы в диагностике хромосомных болезней человека.   | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> |
| 1.7 | Клеточный цикл как основа структурно-функциональных преобразований хромосом в процессе реализации генетической программы. Политенные хромосомы. Добавочные хромосомы | Генетический контроль клеточного цикла. Ключевые белки регуляции клеточного цикла – циклины и циклин-зависимые киназы. Функция белков checkpoint- контроля. Хромосомы в клеточном цикле эукариот. Политения и ее распространение в природе. Возникновение политенных (гигантских многонитчатых) хромосом – результат многократных циклов репликации ДНК без перехода клетки к митозу. Структура и генетическая организация политенных хромосом: диски, междиски, пuffy. Гигантские хромосомы - модель для изучения транскрипционной организации хромосом и генетического анализа. Гормональный контроль пufов. Роль хромосом в процессе дифференцировки. Политенные хромосомы как результат "сбоя" клеточного цикла; их использование в генетических исследованиях. В-хромосомы, или сверхчисленные. Отличие В-хромосом от А-хромосом. Структура, функции, поведение в митозе и мейозе. Происхождение «добавочных» хромосом, их возможное участие в эволюции кариотипов. | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> |
| 1.8 | Цитологические механизмы сегрегации хромосом при митозе. Численные изменения хромосом в клетке, связанные с нарушением митоза.                                       | Митоз - не прямое деление клетки. Микротрубочки и их роль в сегрегации хромосом в анафазе митоза. Динеины и кинезины – белки, осуществляющие транспортировку хромосом по микротрубочкам. Генетический контроль митоза. Патологии митоза, приводящие к изменению числа хромосом у дочерних клеток. Полиплоидия и анеуплоидия, типы и цитологические механизмы возникновения; методы получения и пути использования. Цитогенетическая нестабильность как механизм адаптации.   | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> |

|                                |   |  |   |
|--------------------------------|---|--|---|
| 1.9                            | Мейоз как механизм рекомбинации и редукции числа хромосом при формировании гамет. Хромосомы типа "ламповых щеток".              | Мейоз как основа полового размножения. Универсальность мейоза и его этапы. Стадии мейоза и их характеристики. Профаза 1 мейоза. Конъюгация хромосом - центральное событие мейоза. Синаптонемный комплекс (СК) – индикатор динамики мейоза и изменчивости хромосом. СК, его структура и функции. Кариотипирование на основе СК и применение этого метода в цитогенетике. Кроссинговер. Хиазмы. Ахизматический мейоз и его эволюционное значение. Половые хромосомы в мейозе. Хромосомы типа "ламповых щеток" (хромосомы при созревании гамет). Мейоз при микроспорогенезе у растений в норме. Гаметогенез (микрогаметогенез и макрогаметогенез) у голосеменных и покрытосеменных растений.  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> |
| 1.10                           | Генетический контроль мейоза. Мейотические мутации и их цитогенетические последствия.   | Генетический контроль мейоза. Мейотические мутации, влияющие на конъюгацию хромосом, их цитогенетические последствия. Асинапсис, десинапсис и их цитологические и генетические последствия. Мей-мутации, приводящие к формированию нередуцированных гамет и их использование в селекции растений. Цитологические механизмы формирования диад и триад – источников диплоидной пыльцы. Получение мейотических полиплоидов и их значение для селекции. Хромосомные болезни человека, связанные с нарушениями мейоза. Диагностика хромосомных болезней человека с помощью молекулярно-цитогенетических методов. Структурные перестройки хромосом, выявляемые в мейозе. Ауто- и аллополиплоиды у растений (способы их получения, использование в селекции). Особенности мейоза у отдаленных гибридов и полиплоидов. Цитогенетические механизмы стерильности растений. Изучение конъюгации хромосом – основа геномного анализа отдаленных гибридов. Цитомиксис в мейозе при микроспорогенезе и его генетические последствия. | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> |
| <b>2. Лабораторные занятия</b> |   |  |   |
| 2-2                            | Методы цитогенетического анализа.   | Подготовка и фиксация растительного материала для цитогенетических исследований. Изготовление давленных препаратов из корневой меристемы различных видов растений и их анализ. Правила работы с иммерсионным объективом. Измерение микроскопических объектов.  |   |
| 2-4                            | Хроматин – основа хромосомы эукариот. Ядрышко – как производное интерфазных хромосом, место синтеза рРНК и образования рибосом. | Ядрышко: образование, структура, функции, качественные и количественные характеристики. Определение ядрышковых характеристик лесных древесных растений в зависимости от уровня пloidности и условий их произрастания.  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> |
| 2-6                            | Организация митотической хромосомы высших эукариот. Кариотип и методы его изучения.   | Методы хромосомного анализа. Составление кариограммы и идиограммы (на примере хвойных). Характеристика кариотипа.  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> |
| 2-7                            | Клеточный цикл как основа структурно-функциональных преобразований хромосом в процессе реализации генетической                  | Политенные хромосомы – удобная модель для изучения структурно-функциональной организации генома эукариот.  |   |

|      |  |  |   |
|------|--|--|---|
|      | программы.<br>Политенные<br>хромосомы.<br>Добавочные<br>хромосомы  |  |   |
| 2-8  | Цитологические механизмы сегрегации хромосом при митозе. Численные изменения хромосом в клетке, связанные с нарушением митоза. | Полипloidия и анеупloidия как результат нарушения сегрегации хромосом в анафазе митоза. Изучение числа хромосом в корневой меристеме у разных видов и полипloidов растений.  |   |
| 2-9  | Мейоз как механизм рекомбинации и редукции числа хромосом при формировании гамет. Хромосомы типа "ламповых щеток".             | Мейоз при микроспорогенезе у растений в норме. Гаметогенез (микрогаметогенез и макрогаметогенез) у голосеменных и покрытосеменных растений. Особенности фиксации мужских генеративных почек растений и техника изготовления микропрепаратов для изучения микроспоро- и гаметогенеза. Цитологический контроль при фиксации материала.   | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> |
| 2-10 | Генетический контроль мейоза. Мейотические мутации и их цитогенетические последствия.  | Различные типы отклонений мейоза, связанные с действием мей-мутантных генов. Мей-мутации, влияющие на конъюгацию хромосом. Асинапсис, десинапсис и их цитологические и генетические последствия. Определение метафазной формулы – как показателя правильности конъюгации хромосом. Определение мейотического индекса – как показателя правильности прохождения мейоза при микроспорогенезе у растений. Мей-мутации, приводящие к формированию нередуцированных микроспор. Цитологические механизмы формирования диад и триад – источников диплоидной пыльцы. Получение мейотических полипloidов и их значение для селекции. Особенности мейоза у отдаленных гибридов и полипloidов. Изучение конъюгации хромосом – основа геномного анализа отдаленных гибридов. Величина пыльцевых зерен – один из косвенных показателей правильности течения мейоза. | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> |

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| №<br>п/п | Наименование темы<br>(раздела) дисциплины   | Виды занятий (количество часов) |              |              |                        |       |
|----------|---|---------------------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|
|          |   | Лекции                          | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Всего |
| 1        | Цитогенетика как наука. Предмет, задачи и методы цитогенетики. Основные этапы развития. Значение цитогенетики для теории и практики.                        | 2                               |              | -            | 4                      | 6     |
| 2        | Методы цитогенетического анализа.   | 2                               |              | 4            | 4                      | 10    |
| 3        | Хромосома – как предмет цитогенетических исследований. Структурно-функциональная организация хромосом вирусов и прокариот. Хромосомы плазмид и митохондрий. | 6                               |              | -            | 4                      | 10    |
| 4        | Хроматин – основа хромосомы эукариот. Ядрышко – как производное интерфазных хромосом, место синтеза рРНК и образования рибосом.                             | 4                               |              | 2            | 4                      | 10    |
| 5        | Уровни упаковки ДНК в составе   | 4                               |              | -            | 4                      | 8     |

|    |  |    |  |    |    |     |
|----|--|----|--|----|----|-----|
|    | хромосом эукариот. Модификации гистонов и ДНК, их роль в регуляции работы хроматина  |    |  |    |    |     |
| 6  | Организация митотической хромосомы высших эукариот. Кариотип и методы его изучения.  | 2  |  | 6  | 4  | 12  |
| 7  | Клеточный цикл как основа структурно-функциональных преобразований хромосом в процессе реализации генетической программы. Политенные хромосомы. Добавочные хромосомы | 4  |  | 2  | 4  | 10  |
| 8  | Цитологические механизмы сегрегации хромосом при митозе. Численные изменения хромосом в клетке, связанные с нарушением митоза.                                       | 2  |  | 2  | 4  | 8   |
| 9  | Мейоз как механизм рекомбинации и редукции числа хромосом при формировании гамет. Хромосомы типа "ламповых щеток".   | 2  |  | 6  | 4  | 12  |
| 10 | Генетический контроль мейоза. Мейотические мутации и их цитогенетические последствия.  | 6  |  | 12 | 4  | 22  |
|    | экзамен  |    |  |    |    | 36  |
|    | Итого:   | 34 |  | 34 | 40 | 144 |

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Программа дисциплины предусматривает проведение лекционных и лабораторных занятий. Лекционный материал раскрывает основные теоретические вопросы данной дисциплины. Лабораторные занятия обеспечивают формирование необходимых умений и навыков (в рамках соответствующих дисциплине компетенций).

На лабораторных занятиях регулярно проводится опрос по теоретическим вопросам изучаемых тем, разбираются и выполняются лабораторные задания. В ходе выполнения лабораторных работ студенты приобретают навыки обращения с биологическими объектами, лабораторным оборудованием и инструментарием, самостоятельно осуществляют эксперименты, регистрируют, анализируют и интерпретируют результаты цитогенетических исследований. Результаты лабораторной работы оформляются в рабочей тетради студента в виде рисунка, расчетов, составления таблиц, выводов. В конце лабораторного занятия результаты работы докладываются преподавателю, при необходимости обсуждаются в группе. В случае пропуска лабораторного занятия студент обязан его самостоятельно выполнить под контролем преподавателя во время индивидуальных консультаций.

Выполнение самостоятельной работы (СР) предполагает качественную подготовку ко всем видам заданий: освоение теоретического материала в процессе лекционного курса; подготовку к лабораторным занятиям (освоение теории вопроса; выполнение заданий, предусмотренных программой лабораторного практикума); к текущему контролю знаний и к экзамену. Студенты самостоятельно прорабатывают и усваивают теоретические знания с использованием рекомендованных преподавателем учебной литературы и электронных ресурсов (пункты 15 и 16), работы с текстом конспекта лекций, а также презентаций лекционных и лабораторных занятий, которые размещены в электронном учебно-методическом комплексе (УМК) по дисциплине «Цитогенетика» (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204>). В процессе самостоятельной подготовки при освоении дисциплины необходимо сначала изучить основную литературу, а затем – дополнительную, что будет способствовать более глубокому освоению материала.

Контроль результатов СР обучающихся проводится в ходе проведения лабораторных занятий (практические задания – выполнение и сдача лабораторных работ) и текущей аттестации (тест, подготовка рефератов и докладов по темам, предложенным преподавателем). Текущая аттестация обеспечивает проверку освоения учебного материала, приобретения знаний, умений и навыков в процессе аудиторной и самостоятельной работы.

При необходимости учебный процесс реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) на платформах Moodle (<https://edu.vsu.ru>), ВГУ «Открытое образование» (<https://openedu.ru/university/vsu/>). В этом случае лекции и

лабораторные занятия проводятся в режиме «Видеоконференция», после чего студент предоставляет преподавателю конспект занятия, выполняет тест, или контрольную работу. При использовании ДОТ обучающийся самостоятельно прослушивает онлайн-курс, содержащий лекционный и лабораторный материал, выполняет задания для самопроверки, а затем проходит промежуточный контроль знаний по материалам онлайн-курса.

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

а) основная литература:

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 1     | Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции / С.Г. Инге-Вечтомов. - СПб. : Изд-во Н-Л, 2015. 718 с.   |
| 2     | Машкина О.С. Основы генетики : учебное пособие / О.С. Машкина, М.Н. Назарова, В.Н. Попов ; Воронежский государственный университет. - Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019. - 191с.   |
| 3     | Машкина О.С. Цитология : учебно-методическое пособие для вузов / О.С. Машкина, М.В. Белоусов, В.Н. Попов.— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2013. — 97 с. - <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-114.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-114.pdf</a> |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 4     | Борисов Ю.М. В-хромосомы / Ю.М. Борисов, Т.А. Мышлявкина // Успехи современной биологии. - 2018. - Т. 138, № 4. - С. 336–351.   |
| 5     | Жимулев И.Ф. Общая и молекулярная генетика: учебное пособие / Жимулев И.Ф. - Сибирское университетское издательство, 2007. - 480 с. - <a href="https://www.studmed.ru/zhimulev-if-obshchaya-i-molekulyarnaya-genetika_c3c113adebd.html">https://www.studmed.ru/zhimulev-if-obshchaya-i-molekulyarnaya-genetika_c3c113adebd.html</a> |
| 6     | Коряков Д.Е. Хромосомы. Структура и функции / Д.Е. Коряков, И.Ф. Жимулев. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. – 258 с.   |
| 7     | Лебедева М.А. Эпигенетические механизмы и их роль в развитии растений / М.А. Лебедева, В.Е. Творогова, О.Н. Тиходеев // Генетика. - 2017. Т. 53, № 10. - С. 1115–1131.  |
| 8     | Першина Л.А. Межвидовая несовместимость при отдаленной гибридизации растений и возможности ее преодоления / Л.А. Першина, Н.В. Трубочеева // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2016. Т. 20, №4. - С. 416-425.   |
| 9     | Практикум по цитологии и цитогенетике растений / В.А. Пухальский [и др.]. – М. : КолосС, 2007. – 198 с.   |
| 10    | Разин С.В. Хроматин: упакованный геном / С.В. Разин, А.А. Быстрицкий. – М.: Бином. Лаборатория знаний. 2012. - 176 с.   |
| 11    | Симановский С.А. Генетический контроль мейоза у растений / С.А. Симановский, Ю.Ф. Богданов // Генетика. - 2018. - Т. 54, №4. - С. 397–411.  |
| 12    | Современные представления о структурной организации хроматина / Илатовский А.В. [и др.] // Цитология. – 2012. – Т. 54, № 4. – С. 298–306.   |
| 13    | Цитология и генетика мейоза // сб. под ред. В.В. Хвостовой и Ю.Ф. Богданова. – М. : Наука, 1975. – 196с.  |
| 14    | Щапова А.И. Пространственная организация хромосом в клеточном ядре эукариот и ее особенности у разных видов растений и животных / А.И. Щапова // Вестник ВОГиС. – 2010. – Т. 14, №4. – С. 612-621.  |
| 15    | Эпигенетика / Под. ред. С.Д. Эллиса, Т. Дженювейна, Д. Рейнберга. – М. : Техносфера, 2010. – 496 с.   |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

| № п/п | Ресурс   |
|-------|--|
| 22    | Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. – <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> |
| 23    | <a href="http://www.edu.vsu.ru">http://www.edu.vsu.ru</a> Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"                                 |
| 24    | <a href="http://www.studmedlib.ru/">http://www.studmedlib.ru/</a> Консультант студента. Электронная библиотека медицинского вуза               |
| 25    | <a href="http://eLIBRARY.RU">eLIBRARY.RU</a> – научная электронная библиотека  |
| 26    | УМК «Цитогенетика» ( <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204</a> )                     |

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 1     | Буторина А.К. Картирование генома и обратная генетика : учебное пособие / А.К. Буторина, О.С. Машкина. — Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2005. - 67 с. |
| 2     | Общая биология : учеб. пособие для вузов / А.К. Буторина [и др.]. — Воронеж : Воронеж. гос. ун-  |

|   |   |
|---|---|
|   | т, 2007. — 140 с.   |
| 3 | Машкина О.С. Основы генетики : учебное пособие / О.С. Машкина, М.Н. Назарова, В.Н. Попов ; Воронежский государственный университет. - Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019. - 191с.   |
| 4 | Машкина О.С. Цитология : учебно-методическое пособие для вузов / О.С. Машкина, М.В. Белоусов, В.Н. Попов.— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2013. — 97 с. - <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-114.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-114.pdf</a> |

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины используются элементы электронного обучения и дистанционные образовательные технологии (ДОТ). Программа курса реализуется с применением УМК «Цитогенетика» <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204>

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

|   |  |
|---|--|
| <b>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b><br>специализированная мебель, проектор ACER x115 H, ноутбук Lenovo B590 с возможностью подключения к сети «Интернет», экран настенный Digis optimal, WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc, OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc   | 394018, г. Воронеж, площадь<br>Университетская, д.1, пом. I, ауд. 190  |
| <b>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторные занятия), для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:</b><br>специализированная мебель, проектор NEC V281W, экран настенный Digis optimal, ноутбук Lenovo B590 с возможностью подключения к сети «Интернет», шкаф с вытяжным устройством малый, микроскопы ("Микмед-1", Primo Star, "Микмед-6", Микмед 2, Микромед 3 вар. 3-20, Carl Zeiss), WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc, OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc | 394018, г. Воронеж, площадь<br>Университетская, д.1, пом. I, ауд. 187  |
| <b>Дисплейный класс, аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы:</b><br>специализированная мебель, компьютеры (системный блок Intel Celeron CPU 430 1.8 GHz, монитор Samsung SyncMaster 17) (12 шт.) с возможностью подключения к сети «Интернет»   | 394018, г. Воронеж, площадь<br>Университетская, д.1, пом. I, ауд. 67   |
| <b>Компьютерный класс, аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы:</b><br>специализированная мебель, компьютеры (системный блок Pentium Dual Core CPU E6500, монитор LG Flatron L1742 (17 шт.) с возможностью подключения к сети «Интернет»   | 394018, г. Воронеж, площадь<br>Университетская, д.1, пом. I, ауд. 40/5 |
| <b>Компьютерный класс, помещение для самостоятельной работы:</b><br>специализированная мебель, компьютеры (системный блок Intel Core i5-2300 CPU, монитор LG Flatron E2251 (10 шт.) с возможностью подключения к сети «Интернет»  | 394018, г. Воронеж, площадь<br>Университетская, д.1, пом. I, ауд. 40/3 |
| <b>Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:</b><br>специализированная мебель, проектор ACER x115 H, ноутбук Lenovo B590 с возможностью подключения к сети «Интернет», WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc, OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc  | 394018, г. Воронеж, площадь<br>Университетская, д.1, пом. I, ауд. 184а |

## Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля)   | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства |
|-------|--|----------------|-------------------------------------|--------------------|
| 1     | Цитогенетика как наука. Предмет, задачи и методы цитогенетики. Основные этапы развития. Значение цитогенетики для теории и практики. | ПК-3           | ПК-3.2                              | Тест               |

| №<br>п/п   | Наименование раздела дисциплины<br>(модуля)  | Компетенция(и) | Индикатор(ы)<br>достижения<br>компетенции | Оценочные<br>средства   |
|--|--|----------------|---|---|
| 2  | Методы цитогенетического анализа.  | ПК-3<br>ПК-4   | ПК-3.2<br>ПК-4.2                          | Практическое<br>задание<br>Тест   |
| 3  | Хромосома – как предмет<br>цитогенетических исследований.<br>Структурно-функциональная организация<br>хромосом вирусов и прокариот.<br>Хромосомы пластид и митохондрий.          | ПК-3           | ПК-3.2                                    | Темы для<br>подготовки<br>докладов с<br>презентацией<br>Тест                            |
| 4  | Хроматин – основа хромосомы эукариот.<br>Ядрышко – как производное<br>интерфазных хромосом, место синтеза<br>рРНК и образования рибосом.   | ПК-3<br>ПК-4   | ПК-3.2<br>ПК-4.2                          | Практическое<br>задание<br>Тест   |
| 5  | Уровни упаковки ДНК в составе<br>хромосом эукариот. Модификации<br>гистонов и ДНК, их роль в регуляции<br>работы хроматина   | ПК-3           | ПК-3.2                                    | Темы для<br>подготовки<br>докладов с<br>презентацией<br>Тест                            |
| 6  | Организация митотической хромосомы<br>высших эукариот. Кариотип и методы его<br>изучения.  | ПК-3<br>ПК-4   | ПК-3.2<br>ПК-4.2                          | Практическое<br>задание<br>Тест   |
| 7  | Клеточный цикл как основа структурно-<br>функциональных преобразований<br>хромосом в процессе реализации<br>генетической программы. Полиенные<br>хромосомы. Добавочные хромосомы | ПК-3           | ПК-3.2                                    | Темы для<br>подготовки<br>докладов с<br>презентацией<br>Тест                            |
| 8  | Цитологические механизмы сегрегации<br>хромосом при митозе. Численные<br>изменения хромосом в клетке, связанные<br>с нарушением митоза.  | ОПК-3          | ОПК-3.2                                   | Практическое<br>задание<br>Тест   |
| 9  | Мейоз как механизм рекомбинации и<br>редукции числа хромосом при<br>формировании гамет. Хромосомы типа<br>“ламповых щеток”.  | ОПК-3          | ОПК-3.2                                   | Практическое<br>задание<br>Тест   |
| 10   | Генетический контроль мейоза.<br>Мейотические мутации и их<br>цитогенетические последствия.  | ПК-3<br>ПК-4   | ПК-3.2<br>ПК-4.2                          | Практическое<br>задание<br>Тест<br>Темы для<br>подготовки<br>докладов с<br>презентацией |
| Промежуточная аттестация<br>форма контроля – экзамен |  |                |   | Перечень<br>вопросов,<br>примеры КИМ  |

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

1. Практические задания
2. Тест (контрольная работа)
3. Темы для подготовки докладов с презентацией.

#### Практические задания (примеры).

1. Прорастить семена различных растений, зафиксировать корешки проростков в «уксусном алкоголе», изготовить давленные препараты (окрашенные гематоксилином) из корневой

меристемы, просмотреть их под световым микроскопом (объективы 40х и 90х). Найти делящиеся клетки, определить на какой стадии митоза они находятся. Зарисовать в тетради. Провести сравнительную оценку интерфазных клеток корневой меристемы различных растений по их размеру. Для этого: установить цену одного деления окуляр-микрометра (окуляр 10х, объектив 40х), провести измерение клеток и определить их размеры в мкм. Сделать выводы.

2. Подсчитать на готовых препаратах количество ядрышек в интерфазных клетках листовой меристемы деревьев тополя, различающихся по уровню пloidности. Полученные результаты занести в таблицу. Рассчитать число ядрышек на одну клетку. Сделать вывод как изменяется количество ядрышек в клетке в зависимости от уровня пloidности (диплоидный, триплоидный, тетраплоидный).
3. Используя ксерокопию митотических хромосом хвойных, измерить хромосомы, мм (длину короткого и длинного плеча, отметив место положения вторичной перетяжки). Полученные данные перенести на миллиметровку. Определить цену деления (1мм= ...мкм) и перевести полученные значения длин короткого и длинного плеча в мкм. Данные занести в таблицу, заполнив все графы (длина короткого и длинного плеча, абсолютная и суммарная длина хромосом, центромерный индекс, тип хромосом). Подобрать пары гомологичных хромосом по размерам и особенностям строения. Составить идиограмму хромосомного набора. Дать характеристику анализируемого кариотипа (число хромосом, суммарная и средняя длина хромосом диплоидного набора, классификация хромосом по типам, число пар хромосом с вторичными перетяжками). Сопоставить полученные данные с литературными. Сформулировать выводы.
4. Ознакомиться с процедурой цитологического контроля (определения стадии развития мужской генеративной ткани) экспресс методом при фиксации материала. Самостоятельно изготовить давленные препараты, окрашенные ацетокармином (или метиленовым синим), просмотреть на световом микроскопе, определить стадию развития мужской генеративной ткани. Сделать выводы.
5. Провести тетрадный анализ диплоидного и триплоидного растения, определить мейотический индекс. Сделать выводы о правильности прохождения мейоза при микроспорогенезе. Обосновать причины нарушений мейоза у триплоидов.

#### **Критерии оценки:**

«зачтено» выставляется студенту, если все задание выполнено и правильно оформлено в тетради (название, цель, схема опыта, оформление результатов опыта), самостоятельно сформулированы выводы.

«не зачтено» выставляется студенту, если задание не выполнено (или выполнено с ошибками).

#### **Тест (контрольная работа). Примеры, структура теста.**

##### **Выбрать правильные ответы (один или несколько)**

1. Основным белком хроматина (ДНП) является: 1) негистоновые белки; 2) гистоны; 3) фибриллин; 4) нуклеолин.
2. С помощью какого метода окраски описаны кариотипы основных хлебных злаков (пшеница, рожь, ячмень и др.): 1) тотального (сплошного) окрашивания; 2) С-метода; 3) Q-метода; 4) R-метода
3. Мутация, приводящая к синтезу измененного белка, называется: 1) nonsense-мутация; 2) missense-мутация; 3) samesense-мутация; 4) транзиция
4. Какие нарушения митоза могут привести к некрatному изменению числа хромосом в клетке? 1) отставание отдельных хромосом в анафазе; 2) полное нерасхождение сестринских хроматид в анафазе; 3) мосты в анафазе; 4) нарушение цитотомии.
5. При каком нарушении мейоза могут образоваться половые клетки с нередуцированным (диплоидным) набором хромосом? 1) десинапсисе; 2) полном нерасхождении хромосом в анафазе I; 3) частичном нерасхождении хромосом в анафазе II ; 4) структурных нарушениях хромосом

##### **Дать короткий ответ**

1. Какое число хромосом должен иметь фертильный гибрид растений от скрещивания вида А ( $2n = 18$ ) с видом В ( $2n = 24$ )?

2. В результате мутации последовательность генов в хромосоме изменилась с ABCDEFGH на ABCFEDH. Определите тип хромосомной мутации.
3. При каком типе генетической рекомбинации у гетерозигот наблюдается появление мозаиков в результате образования отдельных гомозиготных клеток?
4. С помощью какого вещества осуществляют остановку митоза и сокращение хромосом для изучения кариотипа?
5. Что такое гистоновый код? Чем он отличается от генетического?
6. Чем отличаются транспозоны от ретротранспозонов? Каков механизм их перемещения?
7. К какому типу полиплоидов относится мягкая пшеница (*Triticum aestivum*)? Какие виды участвовали в ее происхождении?
8. Анализ препаратов митотических хромосом человека, подвергшегося воздействию радиации, выявил наличие в кариотипе кольцевых и дицентрических хромосом. Поясните, как можно объяснить их появление.

### **Ситуационные, практико-ориентированные задачи / мини-кейсы:**

#### **Работа с рисунком.**

1. Как называется процесс рекомбинации генетического материала, изображенный на рисунке? Что такое эписома и *Hfr*-клетки?
2. Подпишите все составляющие структурного гена эукариот. Используйте нумерацию, указанную на рисунке.
3. На какой стадии мейоза находятся клетки ржи? Ответ поясните
4. Определите тип нарушения мейоза на фотографии. Каковы цитологические механизмы его появления и возможные генетические последствия.

#### **Ситуационная задача**

1. Анализ препаратов митотических хромосом человека, подвергшегося воздействию радиации, выявил наличие в кариотипе кольцевых и дицентрических хромосом. Поясните, как можно объяснить их появление.
2. В результате мутации последовательность генов в хромосоме изменилась с ABCDEFGH на ABCFEDH. Определите тип хромосомной мутации.

#### **Эссе**

1. В анафазе первого деления мейоза наблюдается полное нерасхождение хромосом. Каковы возможные цитогенетические последствия данного нарушения у растений и животных?
2. С чем связана стерильность триплоидных растений? Ответ обоснуйте
3. В чем разница между аутополиплоидами и аллополиплоидами? Дайте развернутый ответ, а также поясните это формулой их генотипов.
4. К более тяжелым нарушениям развития у человека приводит анеуплоидия по аутосомам или половым хромосомам? Почему?

#### **Критерии оценки:**

«отлично» выставляется студенту, если он набирает более 85% от максимально возможного балла за тест.

«хорошо» выставляется студенту, если он набирает от 65 до 84% от максимально возможного балла за тест.

«удовлетворительно» выставляется студенту, если он набирает от 45 до 64% от максимально возможного балла за тест.

«неудовлетворительно» выставляется студенту, если он набирает менее 45% от максимально возможного балла за тест.

### **20.1.4 Темы для подготовки докладов с презентацией (примеры)**

1. Эу- и гетерохроматическое состояние хромосом как механизм регуляции генетической активности.
2. Модификации гистонов и ДНК, их роль в регуляции работы хроматина.
3. Методы систематизации хромосом (на примере кариотипа человека).
4. Цитодиагностика и молекулярно-цитогенетические методы в диагностике хромосомных болезней человека.
5. Хромосомы плазмид и митохондрий.
6. Диминуция хроматина и хромосом.
7. Политенные хромосомы в генетических исследованиях.

8. Добавочные В-хромосомы.
9. Хромосомы типа «ламповых щеток».
10. Теломеры и «проблема концевой репликации».
11. Клеточный цикл как основа структурно-функциональных преобразований хромосом в процессе реализации генетической программы. Ключевые белки регуляции клеточного цикла. Функции белков checkpoint контроля.
12. Роль структурных перестроек хромосом в эволюционных преобразованиях кариотипов.
13. Численные изменения хромосом в клетке, связанные с нарушением митоза. Полиплоидия и анеуплоидия (цитологические механизмы их возникновения).
14. Ауто – и аллополиплоиды у растений (способы их получения и использование в селекции).
15. Генетический контроль поведения хромосом в мейозе. Мейотические мутации, приводящие к формированию нередуцированных (диплоидных) гамет и их использование в селекции растений.
16. Особенности мейоза у отдаленных гибридов и полиплоидов.

#### **Критерии оценки:**

«зачтено» ставится студенту, если он раскрыл тему доклада, ответил на дополнительные вопросы, соблюдены требования к оформлению презентации.

«не зачтено» ставится студенту, если он не раскрыл тему реферата, не ответил на дополнительные вопросы, не соблюдены требования к оформлению презентации.

**Технология проведения.** Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета.

Текущая аттестация производится в формах:

1. Практических заданий
2. Тестов (или контрольной работы)
3. Докладов с презентацией.

Тестирование проводится с использованием электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Цитогенетика» <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9204>, по всем темам лекционных и отдельным разделам лабораторных занятий. Тестирование включает в себя разноуровневые задания (вопросы, работу с рисунками, ситуационные задачи), позволяющие лучше оценить знания обучающегося. Для ответа на вопросы требуется знание материала лекционных и лабораторных занятий, а также материала, рекомендованного для самостоятельной работы.

Критерии оценивания приведены выше. При оценивании используются количественные и качественные шкалы оценок.

Текущая аттестация является обязательной, ее результаты оцениваются в балльной системе и по решению кафедры могут быть учтены при промежуточной аттестации обучающихся.

Контроль результатов самостоятельной работы (СР) обучающихся проводится в ходе проведения лабораторных занятий (устный опрос, выполнение и сдача лабораторных работ) и текущей аттестации (подготовка докладов с презентацией, тестирование). Текущая аттестация обеспечивает проверку освоения учебного материала, приобретения знаний, умений и навыков в процессе аудиторной и самостоятельной работы.

## **20.2. Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- вопросов к экзамену

#### **Перечень вопросов к экзамену:**

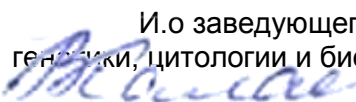
1. Цитогенетика как наука. Предмет, задачи и методы цитогенетики. Теоретическое и практическое значение цитогенетики (для эволюции кариотипов организмов, процессов видообразования, а также для практики сельского хозяйства и медицины).
2. Основные этапы формирования цитогенетики как науки. Роль отечественных ученых в становлении цитогенетики.
3. Строение хромосом вирусов (ДНК и РНК-содержащие вирусы; опыт, доказывающий, что именно РНК вируса, является генетическим материалом клетки). Перекрывающиеся гены у вирусов.

4. Механизмы включения генома РНК- и ДНК-содержащих вирусов в хромосому клетки-хозяина. Особенности репликации. Ретровирусы. Вироиды.
5. Организация наследственного материала у прокариот. Нуклеоид. Плазмиды. Упаковка ДНК в составе нуклеоида. Способы репликации ДНК у прокариот.
6. Способы переноса генетической информации у бактерий (трансформация и трансдукция). Картирование генов с помощью этих процессов.
7. Способы переноса генетической информации у бактерий (конъюгация). Картирование генов с помощью конъюгации.
8. Хромосомы плазмид и митохондрий. Особенности цитоплазматического наследования.
9. Цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС) - пример взаимодействия между хромосомами ядра и митохондрий
10. Клеточный цикл как основа структурно-функциональных преобразований хромосом эукариот в процессе реализации генетической программы. Ключевые белки регуляции клеточного цикла – циклины и циклин-зависимые киназы. Функция белков checkpoint-контроля.
11. Хроматин – основа хромосомы эукариот. Различные фракции хроматина интерфазного ядра. Эу- и гетерохроматическое состояние хромосом как механизм регуляции генетической активности.
12. Функциональное значение гетерохроматина. Робертсоновские транслокации и их роль в эволюции кариотипа человека. Половой хроматин.
13. Наличие избыточной ДНК - характерная особенность генетического материала эукариот. Типы хромосомной ДНК. Высоко повторяющиеся последовательности или satДНК. Микросателлиты и минисателлиты как разновидности satДНК. ДНК-фингерпринтинг (генная дактилоскопия).
14. Диминуция хроматина и хромосом.
15. Структура эукариотического и прокариотического гена.
16. Мобильные генетические элементы у прокариот и эукариот (структура, типы, механизм транзиции). Генетические последствия перемещения МГЭ.
17. Упаковка ДНК в хромосомах эукариот (уровни компактизации ДНК). Гистоны – основные белки, принимающие участие в компактизации ДНК.
18. Модификации гистонов и ДНК, их роль в регуляции работы хроматина. Гистоновый код.
19. Организация митотической хромосомы высших эукариот. Общая схема строения хромосом эукариотических организмов. Типы хромосом в зависимости от расположения центромеры.
20. Строение и функции центромеры и кинетохора. Моноцентрические и голокинетические хромосомы. Неоцентромеры. Сцепление хроматид в митозе.
21. Теломеры и их функции. Молекулярная организация теломерного конца хромосомы. “Лимит Хейфлика”. Фермент теломеразы и его роль в сохранении полноразмерности теломера.
22. Плотность упаковки метафазных хромосом. Особенности хромосом дрожжей и методы их изучения. Молекулярное кариотипирование (пульс электрофорез).
23. Митоз – не прямое деление клетки. Микротрубочки и их роль в сегрегации хромосом в анафазе митоза. Динеины и кинезины – белки, осуществляющие транспортировку хромосом по микротрубочкам.
24. Патологии митоза, приводящие к изменению числа хромосом у дочерних клеток. Полиплоидия и анеуплоидия, цитологические механизмы их возникновения. Основное число хромосом вида. Авто- и аллополиплоиды.
25. Понятие «кариотип» и «идиограмма». Методы изучения кариотипа.
26. Метод дифференциального окрашивания хромосом и его роль в изучении кариотипа человека. Денверская и Парижская классификация хромосом человека.
27. Гибридизация in situ. ISH- и FISH- гибридизация. Хромосомный пэинтинг. Значение этих методов для изучения кариотипа животных и растительных организмов.
28. Политенные хромосомы.
29. Добавочные хромосомы (В-хромосомы).
30. Мейоз как механизм рекомбинации и редукции числа хромосом при формировании гамет (половых клеток). Стадии мейоза и их характеристики.
31. Профаза I мейоза. Конъюгация хромосом - центральное событие мейоза. Синаптонемный комплекс. Кроссинговер.

32. Хромосомы типа “ламповых щеток” (хромосомы при созревании гамет).
33. Генетический контроль мейоза. Мейотические мутации, влияющие на конъюгацию хромосом, их цитогенетические последствия.
34. Особенности мейоза у отдаленных гибридов и полиплоидов. Мейотические мутации, приводящие к формированию нередуцированных гамет и их использование в селекции растений.

### Примеры контрольно-измерительного материала

**УТВЕРЖДАЮ**

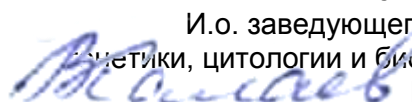
И.о. заведующего кафедрой  
генетики, цитологии и биотехнологии  
 В.Н. Калаев

Специальность \_\_06.03.01 Биология  
Дисциплина \_ **Цитогенетика (Б1.В.02)**  
Вид контроля \_ Экзамен  
Вид аттестации \_ промежуточная

### Контрольно-измерительный материал №2

1. Основные этапы формирования цитогенетики как науки. Роль отечественных ученых в становлении цитогенетики.
2. Строение и функции центромеры и кинетохора. Моноцентрические и голокинетические хромосомы. Неоцентромеры. Сцепление хроматид в митозе.

**УТВЕРЖДАЮ**

И.о. заведующего кафедрой  
генетики, цитологии и биотехнологии  
 В.Н. Калаев

Специальность \_\_06.03.01 Биология  
Дисциплина \_ **Цитогенетика (Б1.В.02)**  
Вид контроля \_ Экзамен  
Вид аттестации \_ промежуточная

### Контрольно-измерительный материал №6

1. Хромосомы плазмид и митохондрий. Особенности цитоплазматического наследования. Цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС) - пример взаимодействия между хромосомами ядра и митохондрий. Ее использование в селекции растений.
2. Патологии митоза, приводящие к изменению числа хромосом у дочерних клеток. Полиплоидия и анеуплоидия, цитологические механизмы их возникновения. Основное число хромосом вида. Авто- и аллополиплоиды.

#### Критерии оценки:

«отлично» выставляется студенту, если он раскрывает вопросы по теме билета и отвечает на дополнительные вопросы.

«хорошо» выставляется студенту, если он раскрывает вопросы билета, но не отвечает на некоторые дополнительные вопросы.

«удовлетворительно» выставляется студенту, если он отвечает билет по наводящим вопросам и неточно отвечает на дополнительные вопросы.

«неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не раскрывает темы по вопросам билета и не отвечает на дополнительные вопросы.

#### Технологии проведения.

Формой промежуточной аттестации знаний, умений и навыков обучающихся является экзамен. Обязательным условием допуска студентов к промежуточной аттестации является: выполнение и сдача всех (предусмотренных программой) лабораторных работ; положительные

результаты текущей аттестации (выполнение практических и тестовых заданий, подготовка реферата и доклада с презентацией).

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний. Дополнительные вопросы включают вопросы лабораторных занятий, что позволяет оценить степень сформированности умений и навыков.

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используются следующие показатели:

1) знание учебного материала (современное состояние вопроса о структуре, функциях и методах изучения хромосом (материальных носителей генетической информации); механизмах их поведения в клеточном цикле; процессах передачи, реализации и изменения генетической информации на уровне структурно функциональных преобразований хромосом) и владение понятийным аппаратом;

2) умение связывать теорию с практикой; знание влияния разных типов хромосомных мутаций, отклонений поведения хромосом в митозе и мейозе на фенотип, жизнеспособность и продуктивность организмов.

3) умение применять теоретические знания и полученные практические навыки для выполнения научных исследований в различных направлениях цитогенетики; применять знания по цитогенетике для изучения генетических явлений в связи с цитологическими особенностями организмов; регистрировать, анализировать и интерпретировать полученные результаты;

4) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

5) владение основными понятиями в области цитогенетики. Владение практическими навыками: микроскопической техники; изготовления препаратов и их цитогенетического анализа; оценки структурно-функциональной организации и преобразований хромосом; методами изучения кариотипа, принципами составления идиограммы; изучения митоза, мейоза при микроспорогенезе и микрогаметогенезе в норме и при различных патологиях (в том числе, у мутантов, отдаленных гибридов и полиплоидов) и др. Владение методами анализа и оценки генетических явлений в связи с особенностями структурно-функционального состояния клеток организма.

При оценивании используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

5 баллов ставится, если обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их при решении практических задач;

4 балла ставится, если обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений и навыков приведенным в таблицах показателям, но допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач;

3 балла ставится, если обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблице показателям, допускает значительные ошибки при решении практических задач;

2 балла ставится, если обучающийся демонстрирует явное несоответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблице показателям.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

| Критерии оценивания компетенций   | Шкала оценок   |
|---|----------------|
| Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Продemonстрировано знание основных понятий и методов цитогенетики. Обучающийся способен иллюстрировать ответ примерами, использовать фундаментальные знания по цитогенетике для изучения генетических явлений в связи с цитологическими особенностями организмов; способен регистрировать, анализировать и интерпретировать полученные результаты, самостоятельно формулировать выводы. | <i>Отлично</i> |
| Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (или двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Содержатся отдельные пробелы в знании структуры,   | <i>Хорошо</i>  |

|  |                            |
|--|----------------------------|
| функции и методах изучения хромосом; механизмах их поведения в клеточном цикле; процессах передачи, реализации и изменения генетической информации на уровне структурно функциональных преобразований хромосом. Недостаточно продемонстрировано умение использовать фундаментальные знания по цитогенетике для изучения генетических явлений в связи с цитологическими особенностями организмов; анализировать и интерпретировать полученные результаты, самостоятельно делать выводы. |                            |
| Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем из перечисленных показателей; обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Демонстрирует частичные знания основных понятий и методов цитогенетики. Не умеет использовать фундаментальные знания по цитогенетике для изучения генетических явлений в связи с цитологическими особенностями организмов; анализировать и интерпретировать полученные результаты, самостоятельно делать выводы.      | <i>Удовлетворительно</i>   |
| Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым четырем из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания. Демонстрирует отсутствие умений и навыков использования фундаментальных знаний по цитогенетике для изучения генетических явлений в связи с цитологическими особенностями организмов; допускает грубые ошибки при анализе и интерпретации полученных результатов.   | <i>Неудовлетворительно</i> |