

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства  
(БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ)



УТВЕРЖДАЮ:

Директор Биологического института

 Д. С. Воробьев

«25» марта 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

**Цитогенетика**

по направлению подготовки

**06.03.01 Биология**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Биология»**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Бакалавр**

Год приема  
**2022**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.08.02.07

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 Д.С. Воробьев

Председатель УМК

 А.Л. Борисенко

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-2. Способен применять принципы структурно-функциональной организации, использовать физиологические, цитологические, биохимические, биофизические методы анализа для оценки и коррекции состояния живых объектов и мониторинга среды их обитания.

– ОПК-3. Способен применять знание основ эволюционной теории, использовать современные представления о структурно-функциональной организации генетической программы живых объектов и методы молекулярной биологии, генетики и биологии развития для исследования механизмов онтогенеза и филогенеза в профессиональной деятельности.

– ПК-2. Способен изучать научно-техническую информацию по направлению исследований и представлять результаты своих исследований в научном сообществе.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-2.1. Демонстрирует понимание принципов структурно-функциональной организации живых систем.

ИОПК-2.2. Использует физиологические, цитологические, биохимические, биофизические методы анализа для оценки и коррекции состояния живых объектов и мониторинга среды их обитания

ИОПК-3.1. Демонстрирует понимание основ эволюционной теории, современные представления о структурно-функциональной организации генетической программы живых объектов при осуществлении профессиональной деятельности.

ИПК-2.1. Владеет навыком поиска и анализа научной информации по направлению исследований.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Знать закономерности структурно-функциональной организации и изменчивости наследственного аппарата вирусов, прокариот и эукариот, а также цитогенетических и биохимических аспектов мейотического деления клетки.

– Уметь применять понятийный аппарат и знание основ цитогенетики для решения практических задач профессиональной деятельности.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы самостоятельно формируемой участниками программы.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 8, зачет.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Генетика», «Цитология и гистология», «Биохимия».

## **6. Язык реализации**

Русский.

## 7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часа, из которых:

– лекции: 20 ч.;

– семинарские занятия: 14 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## 8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Предмет и история цитогенетики.

Предмет и задачи цитогенетики. Предпосылки для установления связи между хромосомами и наследственными факторами Г. Менделя. Хромосомная теория наследственности. Этапы развития цитогенетики.

Тема 2. Структурно-функциональная организация наследственного аппарата вирусов, прокариот, мезокариот.

Разнообразие геномов вирусов. Особенности упаковки и репродукции геномов вирусов. Организация и репродукция вирионов. Структурно-функциональная организация нуклеоида прокариот. Организация и особенности функционирования кольцевого и линейного генетического аппарата бактерий. ДНК-связывающие белки бактерий. Плазмиды бактерий: особенности организации и функционирования, их роль. Организация и репродукция наследственного аппарата у мезокариот.

Тема 3. Методы исследования хромосом.

Классическое и молекулярное кариотипирование. Особенности изучения кариотипов видов с хромосомами малых размеров. Дифференциальное окрашивание хромосом: классификация, принципы, области применения. Гибридизация нуклеиновых кислот *in situ*. История и принцип метода. Флуоресцентная гибридизация *in situ* (FISH). ДНК-пробы: виды, детекция. Многоцветная FISH. Хромосомный пэйнтинг («живопись»). Геномная гибридизация *in situ*. Области применения методов гибридизации нуклеиновых кислот. Полимеразная цепная реакция *in situ* – PRINS. Иммуноокрашивание. Электронная и конфокальная микроскопия в исследованиях хромосом. Принципы и области применения методов. Цитогенетические карты метафазных, политенных хромосом, хромосом типа «ламповых щеток»).

Тема 4. Химические компоненты хромосом эукариот.

Структурная организация ДНК в составе хромосом. Доказательства унитарной организации хромосом. Белки хромосом. Гистоны: фракционный состав, физико-химические свойства, вторичная и третичная структура, роль в упаковке и регуляции активности ДНК. Классификация негистоновых белков хромосом, их гетерогенность, тканеспецифичность, функции. Минорные компоненты хроматина (ионы металлов, РНК), их роль в структурно-функциональной организации хромосом.

Тема 5. Структурно-функциональная организация хроматина эукариот.

Строение нуклеосом. Взаимодействие между гистонами и гистоны-ДНК в составе нуклеосом. Фазирование нуклеосом. Организация нуклеосомной фибриллы при репликации и транскрипции. АТФ-зависимое ремоделирование хроматина. Посттрансляционные модификации гистонов в составе нуклеосом.

Наднуклеосомная организация хроматина. Модели непрерывной и дискретной 30-нм фибриллы. Метилирование ДНК. Третий уровень компактизации ДНК (петлевая укладка). Роль негистоновых белков в компактизации ДНК. Особенности организации хроматина мужских половых клеток. Организация хроматина в интерфазном ядре. Хромосомные территории. Высшие уровни упаковки ДНК. Хроматида.

Тема 6. Специализированные районы хромосом эукариот.

Центромера. Функции центромеры. Структурные типы центромер. Организация точечных центромер (на примере дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*). Организация региональных центромер низших эукариот (на примере дрожжей *Schizosaccharomyces pombe*). Состав ДНК центромер высших эукариот (млекопитающих, растений). Центромерные белки высших эукариот. Особенности организации центромер дрозофилы. Понятие о нецентромере. Парадокс центромерной ДНК. Кинетохор: ультраструктура и функции.

Теломеры. Функции теломер. Молекулярная организация теломер дрожжей, позвоночных, растений. Особенности организации теломер дрозофилы. Проблема концевой недорепликации ДНК. Гипотеза о роли концевой недорепликации ДНК в процессе старения организма. Теломераза: строение, функции, механизм действия. Альтернативные механизмы восстановления теломерной ДНК.

Тема 7. Специализированные хромосомы.

Политенные хромосомы (ПХ). История изучения ПХ и их общая характеристика. Распространение ПХ в природе, их роль. Особенности репликации ДНК и клеточного цикла в политенных клетках. Морфология ПХ. Типы политении. Диски ПХ и оценка числа генов. Пуфы ПХ. Химизм пуфинга. Междиски ПХ. Политенная хромосома как модель интерфазной. Значение политенных хромосом в исследованиях организации и функционирования хромосом.

Хромосомы типа ламповых щеток (ЛЩ). Распространение хромосом типа ЛЩ. Методы получения препаратов хромосом типа ЛЩ. Структура ЛЩ в ооцитах амфибий. Морфология боковых петель. Формирование хромосом типа ЛЩ, их химический состав. Специфика функционирования ЛЩ. Хромосомы типа ЛЩ в сперматоцитах *Drosophila*, их структура и функционирование. Хромосомы типа ЛЩ у других организмов. Значение хромосом типа ЛЩ.

Тема 8. Изменчивость хромосомного набора.

Добавочные, или В-хромосомы. Отличия добавочных хромосом от хромосом основного набора. Число, форма и размеры В-хромосом. Поведение В-хромосом в митозе и мейозе. Механизмы элиминации и аккумуляции В-хромосом. Влияние В-хромосом на развитие организма. Происхождение и пути эволюции В-хромосом.

Запрограммированные перестройки хромосом в онтогенезе. Диминуция хроматина в онтогенезе нематод (*Parascaris univalens*, *Ascaris suum* и др.). Диминуция хроматина у циклопов. Развитие макронуклеуса у брюхоночных инфузорий. Элиминация хромосом у двукрылых насекомых. Биологическое значение диминуции хроматина и элиминации хромосом.

Тема 9. Цитогенетика и биохимия мейоза.

Мейоз и его биологическое значение. Типы мейоза. Характеристика основных стадий мейоза. Ультраструктура хромосом в мейозе. Современные представления о конъюгации хромосом в мейозе. Синаптонемальный комплекс (СК): ультраструктура, функции, формирование и исчезновение. СК при ахизматическом мейозе. СК-каротирирование.

Генетическая рекомбинация (кроссинговер). Основные закономерности мейотического кроссинговера. Основные гипотезы о механизме кроссинговера. Рекомбинационные узелки. Факторы, влияющие на кроссинговер: генетические, биологические, абиотические. Кроссинговер в отсутствие синаптонемного комплекса. Инвертированный мейоз. Генетическая регуляция мейоза.

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения письменных контрольных работ по лекционному и семинарскому материалу, оценки докладов с презентациями и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

**Зачет в восьмом семестре** проводится устно по билетам. Каждый билет содержит два теоретических вопроса из разных разделов курса. Формирование ИОПК-2.1., ИОПК-2.2., ИОПК-3.1., ИПК-2.1. оценивается при проведении письменных контрольных работ, во время устных выступлений на семинарских занятиях с докладами и на зачёте.

### Вопросы к зачёту по дисциплине «Цитогенетика»

1. Предмет, задачи, история цитогенетики.
2. Хромосомная теория наследственности.
3. Кариотипирование.
4. Дифференциальное окрашивание хромосом.
5. Гибридизация нуклеиновых кислот *in situ*. Иммуноокрашивание.
6. Электронная и конфокальная микроскопия в исследованиях хромосом.
7. Цитогенетические карты.
8. Структурно-функциональная организация наследственного аппарата вирусов.
9. Структурно-функциональная организация наследственного аппарата прокариот.
10. Структурно-функциональная организация наследственного аппарата мезокариот.
11. Центромера: определение, функции, классификация.
12. Точечные центромеры (на примере дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*).
13. Региональные центромеры низших эукариот (на примере дрожжей *Schizosaccharomyces pombe*).
14. Центромеры высших эукариот.
15. Особенности организации центромер и теломер дрозофилы.
16. Понятие о нецентромере. Парадокс центромерной ДНК.
17. Кинетохор: ультраструктура и функции.
18. Теломеры: определение, функции, молекулярная организация.
19. Проблема концевой недорепликации ДНК.
20. Искусственные хромосомы: создание, применение.
21. Химические компоненты хромосом эукариот.
22. Белки хромосом.
23. Строение нуклеосом.
24. Организация нуклеосомной фибриллы при репликации и транскрипции.
25. Своеобразие организации хроматина мужских половых клеток.
26. Модели организации 30-нм фибриллы ДНК.
27. Третий уровень компактизации ДНК. Хроматида.
28. Организация хроматина в интерфазном ядре.
29. Политенные хромосомы: общая характеристика, распространение, значение.
30. Морфология политенных хромосом: типы политении, диски, междиски, пуфы.
31. Хромосомы типа ламповых щеток: распространение, морфология,

- функционирование.
32. Хромосомы типа ламповых щеток в сперматоцитах *Drosophila*.
  33. Добавочные, или В-хромосомы.
  34. Диминуция хроматина у нематод.
  35. Диминуция хроматина у циклопов.
  36. Развитие макронуклеуса у брюхохоресничных инфузорий.
  37. Элиминация хромосом у двукрылых насекомых.
  38. Мейоз: биологическое значение, типы, хронология.
  39. Современные представления о конъюгации хромосом в мейозе.
  40. Цитогенетические, молекулярные и биохимические аспекты мейотического кроссинговера.

### Критерии оценивания:

Оценка	Критерии оценки
Не зачтено	Нет ответа даже на общие вопросы
Зачтено	Чётко сформулированные ответы на общие вопросы. Знание основных терминов, понятий, закономерностей.

### 11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=17411>
  - б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
  - в) Планы семинарских занятий по дисциплине представлены в курсе Moodle.
  - г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов представлены в курсе Moodle.
- Самостоятельная работа студентов предполагается в форме подготовки докладов и презентаций к семинарским занятиям и контрольным работам.

### 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

- а) основная литература:
  - Клетки / под ред. Б. Льюина и др. ; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 951 с.
  - Коряков Д. Е. Хромосомы: структура и функции / Д. Е. Коряков, И. Ф. Жимулев. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. – 258 с.
  - Разин С. В. Хроматин: упакованный геном // С. В. Разин, А. А. Быстрицкий. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 191 с.
  - Смирнов А. Ф. Структурно-функциональная организация хромосом / А. Ф. Смирнов. – СПб: Нестор-История, 2009. – 204 с. – URL: [https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o\\_17688](https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_17688)
- б) дополнительная литература:
  - Бабынин Э. В. Молекулярный механизм гомологичной рекомбинации в мейозе: происхождение и биологическое значение // Цитология. – 2007. – Т. 49, № 3. – С. 182–193.
  - Бадаева Е. Д. Структура генома и хромосомный анализ растений / Е. Д. Бадаева, Е. А. Салина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17, № 4/2. – С. 1017–1043.
  - Богданов Ю. Ф. Белковые механизмы мейоза // Природа. – 2008. – № 3. – С. 3–9.
  - Борисов Ю. М. В-хромосомы и пластичность вида // Экологическая генетика. – 2013. – Т. 11, № 2. – С. 73–83.

- Грач А. А. Особенности структурной организации теломер у различных видов организмов // Цитология. – 2009. – Т. 51, № 11. – С. 869–878.
- Проблема диминуции хроматина на рубеже XX и XXI веков / Гришанин А. К., Шеховцов А. К., Бойкова Т. В. [и др.] // Цитология. – 2006. – Т. 48, №5. – С. 379–397.
- Жимулёв И. Ф. Политенные хромосомы: морфология и структура / И. Ф. Жимулёв. – Новосибирск: Наука, 1992. – 480 с.
- Красикова А. В., Куликова Т. В. Хромосомы типа ламповых щеток: современные представления и перспективы исследований / А. В. Красикова, Т. В. Куликова. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2019. – 104 с.
- Прозоров А. А. Дополнительные хромосомы бактерий: свойства и происхождение // Микробиология. – 2008. – Т. 77, № 4. – С. 437–447.
- Равин Н. В. Геном прокариот / Н. В. Равин, С. В. Шестаков // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17, № 4/2. – С. 972–984.
- Раутиан М. С. Молекулярная организация генома инфузорий // Генетика. – 2010. – Т. 46, № 9. – С. 1192–1195.
- Рубцов Н. Б. Хромосома человека в четырех измерениях // Природа. – 2007. – № 8. – С. 3–9.
- Рубцов Н. Б., Карамышева Т. В. Многоцветие современной цитогенетики, или multicolor FISH today / Н. Б. Рубцов, Т. В. Карамышева // Вестник ВОГиС. – 2000. – С.11–15.
- Торгашева А. А. Мейоз: что нужно пережить ради уменьшения числа хромосом вдвое // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17, № 1. – С. 17–28.

в) ресурсы сети Интернет:

- Сайт, посвященный исследованиям хромосом типа ламповых щеток. – URL: <http://projects.exeter.ac.uk/lampbrush/>
- Сайт «Биомолекула». Раздел «Хроматин». – URL: <https://biomolecula.ru/themes/hromatin>

### 13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
  - Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
  - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).
- б) информационные справочные системы:
  - Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
  - Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
  - ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
  - ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
  - Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
  - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
  - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>
  - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000- . – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp?>

### 14. Материально-техническое обеспечение

- Аудитории для проведения занятий лекционного типа.
- Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

### **15. Информация о разработчиках**

Митренина Елизавета Юрьевна, кандидат биологических наук, кафедра генетики и клеточной биологии БИ ТГУ, доцент.