

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

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства
(Биологический институт)

УТВЕРЖДЕНО:
Директор
Д. С. Воробьев

Оценочные материалы по дисциплине

Цитогенетика

по направлению подготовки

06.03.01 Биология

Направленность (профиль) подготовки:
Биология

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
В.В. Ярцев

Председатель УМК
А.Л. Борисенко

Томск – 2025

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

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. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- тест;
- контрольная работа;
- индивидуальное задание;
- доклад с презентацией.

Контрольная работа по темам 1– 3 (ИОПК-2.2; ИОПК-3.1)

Задание. В тестовых заданиях выберите правильные ответы. Правильных ответов может быть один или несколько. Отметьте их плюсом или галочкой. В открытых вопросах изложите ответ в лаконичной форме. Максимальное число баллов – 20.

1. Флуоресцентная гибридизация *in situ* позволяет выявить: а) локализацию белков в клетке; б) локализацию генов на хромосоме; в) некоторые хромосомные перестройки; г) эволюционные преобразования кариотипа; д) процесс трансляции.
2. Иммуноокрашивание позволяет выявить: а) локализацию белков в клетке; б) локализацию генов на хромосоме; в) некоторые хромосомные перестройки; г) эволюционные преобразования кариотипа; д) процесс трансляции.
3. Назовите подходы к изучению кариотипов с хромосомами малых размеров.
4. Какие особенности отдельных районов хромосом выявляет дифференциальное окрашивание?
5. Нуклеиновая кислота в составе вириона: 1) всегда упакована в нуклеосомы; 2) в некоторых случаях упакована в нуклеосомы; 3) может быть связана с белками капсида; 4)

представлена ДНК и РНК в пределах одной вирусной частицы; 5) представлена либо ДНК, либо РНК в пределах одной вирусной частицы.

6. Перечислите известные вам структурные типы геномов вирусов.

7. Опишите кратко структурную организацию наследственного аппарата бактерий (элементы, химический состав, упаковка).

8. В чем особенности организации геномов мезокариот по сравнению с прокариотами и эукариотами?

9. Чем отличаются хромосомы от органоидов клетки?

Критерии оценивания: контрольная работа считается успешно выполненной при наборе не менее 16 баллов (80 %).

Контрольная работа по темам 4–5 (ИОПК-3.1)

Задание. Изложите ответ на вопрос максимально чётко и лаконично. Каждый ответ оценивается в 0–2 балла. Максимальное число баллов – 12.

1. Из чего состоит хроматин эукариот?

2. Перечислите основные свойства гистонов.

3. Какие компоненты включает в себя минимальная и полная нуклеосомы?

4. Какова толщина и кратность упаковки хроматиновой фибриллы на нуклеосомном уровне компактизации ДНК?

5. Перечислите основные модели укладки 11 нм хроматиновой фибриллы в метафазную хромосому.

6. В чем специфика организации хроматина мужских половых клеток?

Критерии оценивания: контрольная работа считается успешно выполненной при наборе не менее 9,5 баллов (80 %).

Контрольная работа по теме 6 (ИОПК-3.1)

Задание. Изложите ответ на вопрос максимально чётко и лаконично. Каждый ответ оценивается в 0–2 балла. Максимальное число баллов – 10.

Вариант 1.

1. Что такое центромера и каковы ее функции?

2. В чем специфика организации центромер дрозофилы?

3. В чем заключается центромерный парадокс?

4. Опишите основные особенности организации теломер эукариот.

5. Назовите структурно-функциональные зоны кинетохора.

Вариант 2.

1. Что такое теломера и каковы ее функции?

2. В чем специфика организации теломер дрозофилы?

3. Опишите основные особенности организации центромер высших эукариот.

4. Назовите структурно-функциональные области центромеры.

5. Что такое кинетохор и каковы его функции?

Критерии оценивания: контрольная работа считается успешно выполненной при наборе не менее 8 баллов (80 %).

Тест по теме 7 (ИОПК-3.1)

Выберите правильные утверждения. Правильных ответов может быть несколько. За каждый правильный ответ присваивается 1 балл.

- 1) Политенные хромосомы это: а) сверхкомплектные (добавочные) хромосомы; б) многонитчатые хромосомы; в) максимально компактизованные хромосомы; г) гигантские хромосомы; д) активно функционирующие хромосомы.
- 2) Политенные хромосомы встречаются во многих клетках и тканях у: а) *Drosophila melanogaster*; б) *Canis familiaris*; в) *Homo sapiens*; г) *Anopheles messeae*; д) *Triturus cristatus*.
- 3) Политенные хромосомы формируются в следующих структурах: а) слюнные железы, мальпигиевые сосуды двукрылых насекомых; б) нервные клетки млекопитающих; в) эпидермис растений; г) антиподы, синергиды растений; д) трофобласт млекопитающих; е) питающие клетки яичников двукрылых насекомых; ж) половые клетки растений, животных; з) макронуклеус инфузорий; и) микронуклеус инфузорий.
- 4) Хромосомы типа «ламповых щеток»: а) формируются на стадии диплотены; б) интерфазные хромосомы; в) встречаются только у самок; г) имеют боковые петли; д) сильно компактизованные хромосомы; е) у диплоидной особи представляют собой биваленты или унивалент.
- 5) Хромосомы типа «ламповых щеток» формируются в: а) клетках слюнных желез двукрылых насекомых; б) ооцитах птиц; в) ооцитах некоторых насекомых; г) макронуклеусе инфузорий; д) сперматоцитах дрозофил; е) эпителии кишечника млекопитающих.

Ключ к тесту: 1) б, г, д; 2) а, г; 3) а, г, д, е, з; 4) а, г, е; 5) б, в, д. Максимальное число баллов – 16.

Критерии оценивания: тест считается успешно выполненным при наборе не менее 13 баллов (80 %).

Примерный перечень тем докладов к семинарам

Семинар 1. Структурно-функциональная организация наследственного аппарата вирусов, прокариот, мезокариот (ИОПК-3.1; ИПК-2.1).

- 1) Наследственный аппарат вирусов.
- 2) Вироиды.
- 3) Организация и особенности функционирования кольцевого генетического аппарата бактерий.
- 4) Организация и особенности функционирования линейного генетического аппарата бактерий.
- 5) Плазмиды бактерий: особенности организации и функционирования, их роль.
- 6) Наследственный аппарат архей.
- 7) Особенности наследственного аппарата мезокариот (на примере динофлагеллят). Диномитоз.

План доклада:

1. Химический состав наследственного аппарата (тип нуклеиновой кислоты, белки и др.).
2. Размеры наследственного аппарата (длина в мкм и п. н.). Привести примеры организмов с самым малым и самым большим геномом.

3. Упаковка наследственного аппарата. С помощью каких молекул и каким образом происходит компактизация нуклеиновой кислоты. Особенности воспроизводства наследственного аппарата.

Семинар 2. Методы исследования хромосом (ИОПК-2.2; ИПК-2.1).

- 1) Кариотипирование.
Современные представления о кариотипе. Классическое кариотипирование, молекулярное кариотипирование. Особенности изучения кариотипов видов с хромосомами малых размеров.
- 2) Дифференциальное окрашивание хромосом.
Классификация. Принципы и области применения метода.
- 3) Гибридизация нуклеиновых кислот *in situ*.
История метода. Флуоресцентная гибридизация *in situ*. Принцип метода. ДНК-пробы: виды, детекция. Многоцветная FISH. Хромосомный пэйнтинг («живопись»). Геномная гибридизация *in situ*. Области применения методов.
- 4) Полимеразная цепная реакция *in situ* – PRINS. Иммуноокрашивание.
Принципы и области применения методов.
- 5) Электронная микроскопия в исследованиях хромосом.
Принцип и области применения метода.
- 6) Конфокальная микроскопия в исследованиях хромосом. Принцип и области применения метода.
- 7) Искусственные хромосомы: виды, создание, применение.

Семинар 3. Политенные хромосомы (ИОПК-3.1; ИПК-2.1).

- 1) История изучения политенных хромосом. Общая характеристика. Распространение в природе. Роль в организме.
- 2) Морфология политенных хромосом. Особенности репликации ДНК и клеточного цикла в политенных клетках. Типы политенных клеток. Политенная хромосома как модель интерфазной хромосомы.
- 3) Диски, междиски, пuffs политенных хромосом. Значение политенных хромосом в исследованиях организации и функционирования хромосом.
- 4) Цитогенетические карты хромосом (метафазных, политенных, типа «ламповых щеток»). Виды картирования. Принципы составления карт. Области применения.

Семинар 4. Запрограммированные перестройки хромосом в онтогенезе (ИОПК-2.1; ИПК-2.1).

- 1) Диминуция хроматина в онтогенезе нематод (*Parascaris univalens*, *Ascaris suum* и др.).
- 2) Диминуция хроматина у циклопов.
- 3) Развитие макронуклеуса у брюхоресничных инфузорий.
- 4) Элиминация хромосом у двукрылых насекомых.
- 5) Биологическое значение диминуции хроматина и элиминации хромосом.

Семинар 5. Добавочные, или В-хромосомы (ИОПК-3.1; ИПК-2.1).

- 1) Общая характеристика В-хромосом.
Распространение. Особенности добавочных хромосом по сравнению с хромосомами основного набора. Число, форма и размеры В-хромосом.
- 2) Поведение В-хромосом в митозе и мейозе. Механизмы элиминации и аккумуляции В-хромосом.
- 3) Значение В-хромосом. Методы исследования В-хромосом. Происхождение и пути эволюции В-хромосом.

Критерии оценивания:

Оценка	Критерии оценки
5 баллов (отлично)	В докладе использованы современные источники литературы, тема раскрыта полностью. В презентации представлены качественные фотографии, рисунки, схемы, иллюстрирующие доклад. Студент свободно рассуждает по теме доклада, отвечает на все вопросы.
4 балла (хорошо)	В докладе использованы современные источники литературы, тема раскрыта частично. В презентации представлены качественные фотографии, рисунки, схемы, иллюстрирующие доклад. Студент затрудняется ответить на некоторые вопросы.
3 балла (удовлетворительно)	В докладе использован 1 источник литературы, тема освещена поверхностно, иллюстраций мало. Студент не может ответить на вопросы.
2 балла (неудовлетворительно)	Доклад не представлен.

Задание по теме 2. Заполнение таблицы (ИОПК-3.1).

После семинара 1 «Наследственный аппарат вирусов, прокариот, мезокариот» заполните таблицу в краткой, тезисной форме.

Таблица 1 – Особенности организации и функционирования наследственного аппарата у разных групп организмов

Группа организмов	Характеристика наследственного аппарата			
	Химические компоненты	Размеры	Упаковка	Воспроизводство
Вирусы				
Вироиды				
...				

Задание по теме 7. Заполнение таблицы (ИОПК-3.1).

Проведите сравнительный анализ различных признаков и свойств политенных хромосом и хромосом типа ламповых щеток. Постарайтесь определить около 10 признаков для сравнения (особенности морфологии, организации, функционирования, распространение и т. д.). Заполните таблицу по примеру.

Таблица 2 – Характеристика политенных хромосом и хромосом типа ламповых щеток

№	Признак	Политенные хромосомы	Ламповые щетки
1	Размер	...	гигантские (до 1 мм)
2	Распространение (организмы)	...	...
3	Тип клеток	соматические	половые
	...	...	...

Критерии оценивания:

Оценка	Критерии оценки
5 баллов (отлично)	В таблице четко и лаконично приведены все необходимые характеристики.
4 балла (хорошо)	В приведенных характеристиках есть неточности, либо приведены не все характеристики. Выполнено 80–90% задания
3 балла (удовлетворительно)	В приведенных характеристиках есть много неточностей, таблица заполнена не полностью. Выполнено 60–80% задания
2 балла (неудовлетворительно)	Задание не выполнено, либо выполнено менее 60 % объема

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Зачет в восьмом семестре проводится на основе средних значений баллов, полученных студентом за все контрольные работы, тест, выполнение индивидуальных заданий, доклады на семинарских занятиях. В течение семестра студент должен подготовить 3–4 доклада в зависимости от размера группы. Если среднее значение баллов за все контрольные работы, тест и выполнение индивидуальных заданий не менее 80 %, а за доклады не менее 90 % от максимально возможных, то студент получает зачёт. Если баллов набрано меньше, то студент сдает устный зачёт по билетам. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса из перечня:

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

1. Предмет, задачи, история цитогенетики. Хромосомная теория наследственности.
2. Мейоз: биологическое значение, типы, хронология.
3. Современные представления о конъюгации хромосом в мейозе.
4. Цитогенетические, молекулярные и биохимические аспекты мейотического кроссинговера.
5. Диминуция хроматина у нематод и циклопов. Элиминация хромосом у двукрылых насекомых.
6. Развитие макронуклеуса у брюхоночных инфузорий.
7. Проблема концевой недорепликации ДНК.

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

8. Классические и современные методы кариотипирования.
9. Дифференциальное окрашивание хромосом.
10. Гибридизация нуклеиновых кислот *in situ*. Иммуноокрашивание.
11. Электронная и конфокальная микроскопия в исследованиях хромосом.

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

12. Цитогенетические карты.
13. Структурно-функциональная организация наследственного аппарата вирусов.
14. Структурно-функциональная организация наследственного аппарата прокариот.
15. Структурно-функциональная организация наследственного аппарата мезокариот.
16. Центромера: определение, функции, классификация.
17. Организация центромер низших и высших эукариот.
18. Особенности организации центромер и теломер дрозодилы.
19. Понятие о нецентромере. Парадокс центромерной ДНК.
20. Кинетохор: ультраструктура и функции.
21. Теломеры: определение, функции, молекулярная организация.
22. Искусственные хромосомы: создание, применение.
23. Химические компоненты хромосом эукариот.
24. Строение нуклеосом. Нуклеосомная фибрилла при репликации и транскрипции.
25. Своеобразие организации хроматина мужских половых клеток.
26. Модели укладки нуклеосомной фибриллы в метафазную хромосому.
27. Организация хроматина в интерфазном ядре.
28. Политенные хромосомы: общая характеристика, распространение, значение.
29. Морфология политенных хромосом: типы политении, диски, междиски, пuffs.
30. Хромосомы типа ламповых щеток: распространение, морфология, функционирование.
31. Хромосомы типа ламповых щеток в сперматоцитах *Drosophila*.
32. Добавочные, или В-хромосомы.

Достижение индикатора ИПК-2.1 оценивается при подготовке докладов к семинарам.

Критерии оценивания:

Оценка	Критерии оценки
Не зачтено	Нет ответа даже на общие вопросы.
Зачтено	Чётко сформулированные ответы на вопросы билета. Частично неполный ответ.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Вопросы для проверки остаточных знаний

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

1. Поведение хромосом в мейозе.

Ответ должен содержать информацию о структурно-функциональных преобразованиях хромосом в мейозе, формировании синаптонемного комплекса, рекомбинации хромосом, особенностях мейотического деления по сравнению с митотическим.

2. Диминуция хроматина и элиминация хромосом в онтогенезе беспозвоночных животных.

Ответ должен содержать определение диминуции хроматина, перечисление организмов, для которых она характерна, описание ключевых этапов процесса диминуции в онтогенезе.

3. Проблема концевой недорепликации ДНК.

Ответ должен содержать описание механизма недорепликации ДНК и ее последствий для организма.

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

4. Кариотип и методы его изучения.

Ответ должен содержать определение кариотипа, описание его основных параметров и методов изучения.

5. Методы изучения хромосом.

Ответ должен содержать описание методов изучения хромосом (рутинное и дифференциальное окрашивание, гибридизация нуклеиновых кислот *in situ*, иммуноокрашивание, электронная, конфокальная микроскопия и др.).

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

6. Структурно-функциональная организация хромосом эукариот.

Ответ должен содержать информацию о структуре и функциях как хромосом эукариот в целом, так и их специализированных районов – центромеры, теломер.

7. Химические компоненты хромосом эукариот.

Ответ должен содержать информацию о химическом составе хромосом эукариот, свойствах и значении каждого компонента (ДНК, гистоны, негистоновые белки, минорные компоненты).

8. Специализированные хромосомы.

Ответ должен содержать информацию о структуре, функциях и распространении полигенных хромосом и хромосом типа ламповых щеток.

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

Задание: провести анализ цитогенетической изученности (изученности хромосомных наборов) конкретного вида/рода растений или животных с использованием отечественных и зарубежных научных библиотек, баз данных. Представить результаты анализа в виде краткого сообщения до 5000 знаков.

Критерии оценивания:

- полнота и соответствие найденной информации поставленной задаче;
- структурированность изложения и корректность оформления.

Информация о разработчиках

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