

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕДИЦИНСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра физики, мединформатики и биологии

А.Д. Ниязалиева

**БИОЛОГИЯ
И ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ**

Учебное пособие

Бишкек 2017

УДК 573 / 574 (075.8)

ББК 28.08

Н 71

Рецензенты:

Б.М. Худайбергенова, д-р биол. наук, проф.,

А.Т. Акматова, канд. биол. наук, доцент,

Р.Р. Караева, канд. биол. наук, доцент

Рекомендовано к изданию Ученым советом

Медицинского факультета КРСУ

Ниязалиева А.Д.

Н 71 **БИОЛОГИЯ И ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ**: учебное пособие. – Бишкек: Изд-во КРСУ, 2017. 124 с.

ISBN 978-9967-19-498-4

Учебное пособие включает закономерности структурно-функциональной организации биологических систем на молекулярном, клеточном, организменном и биосферном уровнях. В пособии подробно рассмотрены основные закономерности организации биологических систем и способы размножения живых организмов и особенности эмбрионального, постэмбрионального развития человека.

Наряду с описанием принципов организменного уровня, существенное внимание уделено характеристике наследственного материала с учетом законов генетики. Основное внимание уделено методам генетики человека и основным принципам медико-генетического консультирования.

С позиции биологических основ экологической образованности поколения молодых медиков изложен краткий раздел «Основы экологии», который направлен на сохранение биосферы в состоянии наиболее благоприятном обитания генетического разнообразия.

После изложения каждого раздела следуют контрольные тестовые вопросы и вопросы для обсуждения, цель которых способствовать развитию у будущих студентов самостоятельности мышления и анализа изученного материала.

Н 1901000000-17

УДК 577 / 574 (075.8)

ББК 28.08

ISBN 978-9967-19-498-4

© ГОУВПО КРСУ, 2017

© Ниязалиева А.Д., 2017

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ. СВОЙСТВА ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ И ИХ ОРГАНИЗАЦИЯ

1.1. Биология – наука о живой природе и теоретическая основа медицины

Биология – это наука о жизни, которая включает в себя все знания относительно природы, а также структуры, функций и особенностей поведения всех живых созданий. Название ее происходит от сочетания двух греческих слов: *bios* (жизнь) и *logos* (учение). Биология изучает не только разнообразные формы живых организмов, но и их развитие, эволюцию.

В системе медицинского образования изучение биологии определяется тем, что биология – это теоретическая основа медицины. Поскольку человек является частью живой природы, закономерности строения и функционирования живых организмов распространяются на процессы жизнедеятельности человека в норме и патологии. Предметом изучения биологии являются: строение и функции живых организмов, их индивидуальное и историческое развитие, среда обитания, а также их взаимоотношение друг с другом и с окружающей средой. В то же время современная биология представляет собой систему научных дисциплин, при которых каждая имеет собственный **предмет изучения**, использует **собственные методы**, ставит **собственные цели и задачи** (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Биологические науки

Раздел биологии	Определение
Зоология (зооценоз)	Наука о животном мире. Совокупность всех животных населяющих Землю называют фауной
Ботаника (фитоценоз)	Наука о растениях. Совокупность всех растений на Земле называют флорой

Раздел биологии	Определение
Микро-биология	Наука о микроорганизмах (бактериях)
Вирусология	Наука о неклеточной форме жизни (вирусах)
Анатомия	Наука о внутреннем строении организмов
Гистология	Наука о тканях, закономерно повторяющихся комплексах клеток
Эмбриология	Наука, изучающая зародышевое развитие организмов
Цитология	Наука, изучающая клеточное строение
Микология	Наука о грибах
Генетика	Наука о законах наследственности и изменчивости организмов и методах управления ими
Физиология	Наука о жизнедеятельности целостного организма
Морфология	Изучает внешнее строение организмов
Биохимия	Наука о химических веществах и процессах протекающих в живых организмах
Теории эволюции	Наука об историческом развитии живой природы
Антропология	Наука о происхождении человека
Биофизика	Наука о физических и физико-химических явлениях в живых организмах
Экология	Наука об отношениях живых организмов между собой и окружающей средой
Селекция	Занимается выведением новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов
Палеонтология	Наука об интерпретации данных прошлых времен на основе ископаемых
Биотехнология	Наука о разработке промышленных методов, позволяющих использовать живые организмы для производства ценных для человека продуктов (аминокислот, ферментов, гормонов, белков) и т.д.

Таблица 2 – Методы изучения биологических исследований

Основные методы биологии	Определение методов
Описательный	Сбор точных данных и фактов
Сравнительный	Основан на установлении различий и сходств в изучаемых объектах
Исторический	Изучает процессы развития прошлых лет
Экспериментальный	Постановка сложных экспериментов с использованием технических средств
Статистический	Обработка первичных данных и выявления общих закономерностей
Моделирование	Метод изучения сложных явлений природы путем конструирования простых моделей и воспроизведения принципов организации живых систем в таких моделях

1.2. Основные свойства живых организмов

Живые организмы характеризуются сложной упорядоченной структурой. Большая часть живых организмов прямо или косвенно использует солнечную энергию.

В определении жизни можно выделить ряд свойств живой материи, которые отличают от неживой (таблица 3).

Таблица 3 – Свойства жизни

Наименование	Определение свойства жизни
Клеточное строение	Все организмы имеют клеточное строение за исключением вирусов)
Обмен веществ и энергии	Все живые организмы способны к обмену веществ с окружающей средой
Рост и развитие	Организмы растут за счет питательных веществ, поступающих из вне. Реализация генетической программы сопровождается ростом организмов

Наименование	Определение свойства жизни
Раздражимость	Живые организмы обладают раздражимостью, т.е. реагируют на действие различных внешних факторов
Самовоспроизведение	Все живые организмы способны размножаться, т.е. воспроизводить себе подобных
Наследственность	Способность живых организмов передавать свои признаки, свойства следующему поколению
Саморегуляция	Живые организмы способны сохранять постоянство внутренней среды – гомеостаз
Изменчивость	Всем живым организмам свойственно изменять свои признаки и свойства под влиянием внешней среды
Целостность и дискретность	Вся живая материя целостна, но любая биологическая система обособлена и состоит из взаимосвязанных элементов
Адаптация	Способность живых организмов приспосабливаться к окружающим условиям и выживать при неожиданных изменениях среды

1.3. Уровни организации жизни

В биологии имеются десятки вариантов определений жизни. Жизнь в ее конкретных проявлениях на Земле представлена многообразными формами организмов. Согласно современным биологическим знаниям, можно выделить совокупность свойств, которые следует признать общими для *всех живых существ* и которые отличают их от тел неживой природы.

Уровни организации *живых систем* отражают иерархичность структурной организации жизни, отличаются друг от друга сложностью организации системы. Например, вирус существует в виде молекулы ДНК или РНК, заключенной в белковую оболочку. Однако свойства живой системы бактерия проявляет, попав

в клетку другого организма, интенсивно размножаясь для дальнейшего существования.

Таким образом, понятие *жизнь* определяется путем постижения следующих специфических свойств живых организмов (таблица 4, рисунок 1):

Таблица 4 – Уровни организации жизни

Уровень	Краткое определение организации жизни
1. Молекулярный	С этого уровня начинаются важнейшие процессы жизнедеятельности организма. И вся живая система осуществляется на уровне взаимодействия нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов и других органических кислот
2. Клеточный	Клетка – элементарная, функциональная, генетическая единица размножения и развития всех живых организмов
3. Тканевой	Совокупность клеток сходных по строению и выполняющих одинаковую функцию
4. Органный	Это структурно-функциональное объединение различных тканей, выполняющих целый ряд функций
5. Организменный	Многоклеточные организмы представляющий систему органов выполняющий различные функции
6. Популяционно-видовой	Виды создают популяцию как систему надорганизменного порядка объединенным общим местом обитания
7. Биогео-ценотический	Биогеоценоз – совокупность разных видов организмов различной организации, взаимодействующих с факторами среды
8. Биосферный	Биосфера – самый высокий уровень организации жизни на Земле. Он включает живые и неживые организмы, которые вступают в круговорот веществ и энергии



Рисунок 1 – Уровни организации живой природы

1.4. История изучения клетки и клеточной теории

Таблица 5 – История изучения клетки

Год открытия	Ученый	Сущность открытия и вклад в развитие теории
1609	Галилео Галилей	Сконструировал первый микроскоп. Изобретение привело к углубленному изучению органического мира
1665	Роберт Гук	Английский физик и ботаник, рассматривая под микроскопом срез пробкового дуба, увидел, что пробка состоит из ячеек, которое ввел в науку термин «клетка» используя микроскоп как биологический инструмент
1628–1694 1632–1723	Марчелло Мальпиги, Неемия Грю	Исследовали тонкую структуру самых различных растительных и животных тканей
1787–1869	Ян Пуркинье	Открыл внутреннее содержимое клетки, назвав его протоплазмой
1683	Антонио ван Левенгук	Голландский учёный усовершенствовал микроскоп, после чего смог пронаблюдать и описать бактерии
1827	Карл Бэр	Доказал предположение Уильяма Гарвея, что все живые организмы развиваются из яйца. Открыл яйцеклетку. Также сделал вывод о том, что каждый живой организм развивается из одной клетки

Год открытия	Ученый	Сущность открытия и вклад в развитие теории
1831–1833	Роберт Броун	Обнаружил в растительной клетке сферическую структуру, которую затем назвал ядром
1839	Теодор Шванн, Маттиас Шлейден	Сформулировали клеточную теорию. Но они ошибочно считали, что клетка определяется не содержимым, а оболочкой, и клетки возникают из первичного клеточного вещества
1858	Рудольф Вирхов	Доказал, что новые клетки возникают только в результате деления ранее существовавших клеток

Современное положение клеточной теории:

1. Все живые организмы – растения, животные и одноклеточные организмы состоят из клеток (исключение вирусы).
2. Новые клетки возникают из материнской клетки в результате деления.
3. Клетка является единицей строения и единицей развития всех живых организмов.
4. Клетки многоклеточных организмов сходны и связаны между собой.

ТЕСТ – 1

1. Биология изучает:

- А) все живые организмы;*
- Б) не живые организмы;*
- В) только мельчайшие организмы;*
- Г) размножение организмов;*
- Д) происхождение жизни на Земле.*

2. Микробиология как наука изучает:

- А) вирусы;*
- Б) микроорганизмы;*
- В) грибы;*
- Г) водоросли;*

Д) клеточное строение.

3. Гистология – наука, изучающая:

А) строение органов;

Б) строение костей;

В) строение тканей;

Г) строение клеток;

Д) внутреннее строение.

4. Генетика – это наука о закономерностях:

А) наследственности и изменчивости организмов;

Б) роста и развития;

В) передачи своих признаков и свойств;

Г) старения организма;

Д) изменения своих признаков и свойств.

5. Цитология изучает строение:

А) клеток;

Б) органов;

В) одноклеточных;

Г) многоклеточных;

Д) вирусов.

6. Микология – это наука о:

А) растениях;

Б) животных;

В) грибах;

Г) микроорганизмах;

Д) бактериях.

7. Экология как наука изучает:

А) все живые организмы;

Б) неживые организмы;

В) только растения;

Г) окружающую среду;

Д) взаимоотношения живых организмов и их среду.

8. Клеточное строение имеют:

А) только растения;

Б) только животные;

- В) вирусы;
- Г) грибы;
- Д) все живые организмы.

9. Биогеоценоз – это:

- А) сообщество растений;
- Б) сообщество микроорганизмов;
- В) среда обитания животных;
- Г) элементы неживой природы;
- Д) устойчивая экосистема с живыми организмами.

10. Клетка была открыта:

- А) Галилеем;
- Б) Гуком;
- В) Левенгуком;
- Г) Броуном;
- Д) Шлейденем.

11. Клеточную теорию сформулировали:

- А) Левенгук и Мальпиги;
- Б) Шванн и Шлейден;
- В) Вирхов и Мечников;
- Г) Боткин и Павлов;
- Д) Шванн, Шлейден и Вирхов.

12. Ян Пуркинье открыл:

- А) внутреннее содержимое клетки;
- Б) одноклеточные организмы;
- В) ядрышко;
- Г) ядро;
- Д) ткани.

13. Микроскоп изобрел:

- А) Р. Гук;
- Б) Н. Грю;
- В) А. Левенгук;
- Г) М. Шлейден;
- Д) Г. Галилео.

13. Современная клеточная теория включает положение о том, что:

А) растения, животные и одноклеточные организмы состоят из клеток;

Б) клетки возникают в результате их деления;

В) клетка – единица развития всех живых организмов;

Г) многоклеточные организмы связаны между собой;

Д) включает все варианты.

14. Важным моментом цитологии является открытие:

А) митоза;

Б) ядрышка;

В) ядра;

Г) протоплазмы;

Д) микроскопа.

15. Любая клетка способна:

А) к обмену веществ;

Б) сокращаться;

В) проводить нервный импульс.

16. Фотосинтез протекает в:

А) гранулярной ЭПС;

Б) митохондриях;

В) хлоропластах;

Г) аппарате Гольджи.

17. Биосинтез некоторых белков идет в:

А) ядре;

Б) гладкой ЭПС;

В) комплексе Гольджи;

Г) митохондриях.

18. Положением клеточной теории следует считать:

А) все клетки организма различаются по своим функциям;

Б) клетки всех организмов сходны по своему строению;

В) обмен веществ, присущ только клеткам высших организмов;

Г) из клеток состоят только животные и растения.

19. К общим признакам растительной и животной клетки не относится:

- А) единство структурных систем – цитоплазмы и ядра;
- Б) единство принципа наследственного аппарата;
- В) единство химического состава;
- Г) наличие пластид в эукариотической клетке;
- Д) сходство процессов обмена веществ.

20. Какое положение клеточной теории принадлежит Р. Вирхову?

- А) Все живые организмы – растения, животные и одноклеточные организмы – состоят из клеток (исключение: вирусы);
- Б) Новые клетки возникают из материнской клетки в результате деления;
- В) Клетка является единицей строения и единицей развития всех живых организмов;
- Г) Клетки многоклеточных организмов сходны и связаны между собой;
- Д) *Новые клетки возникают только в результате деления ранее существовавших клеток.*

Вопросы для обсуждения

1. В чем заключается методологический подход к пониманию сущности жизни?
2. Назовите свойство живого, характерное только для живого.
3. Объясните, какими общими чертами характеризуются разные уровни организации живого?
4. Что доказывает основные положения клеточной теории?
5. В чем заключается существование и свойства неклеточной формы жизни (вирусы)?

Ответы на вопросы для обсуждения: научное понимание происхождения жизни и появление человека; рост – развитие – раздражимость – наследственность – изменчивость – гомеостаз; свойственна иерархическая организация, единство происхождения живых организмов, проявляют свойство живого, паразитируя в клетках других организмов.

2. СПОСОБЫ ПИТАНИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ



Все живые организмы, обитающие на Земле, представляют собой открытые системы, зависящие от поступления вещества и энергии извне. Процесс потребления вещества и энергии называется **питанием**. Химические вещества необходимы для построения тела, энергия – для осуществления процессов жизнедеятельности. Существует два типа питания живых организмов: автотрофное и гетеротрофное.

Автотрофные организмы (от греч. *autos* – сам, *trophe* – пища) способны синтезировать органические вещества из неорганических. Энергию для этого они могут получить из двух источников:

1) **фотоавтотрофы** – из лучистой энергии Солнца. К ним относятся зеленые растения и фотосинтезирующие бактерии. Зеленые растения содержат хлорофилл, с помощью которого они могут использовать энергию Солнца для синтеза органических веществ из углекислого газа и воды;

2) *хемоавтотрофы* – за счет окисления неорганических соединений (аммиака, сероводорода, железа, водорода). Энергия, получаемая при окислении, запасается в организме в форме АТФ.

Гетеротрофные организмы (от греч. *heteros* – разный, иной, *trophe* – пища) – живые организмы, использующие в качестве источника углерода и энергии готовые органические вещества, создаваемые автотрофами. К гетеротрофам относятся животные, грибы, бактерии, бесхлорофилльные растения и водоросли. По способу получения пищи гетеротрофы делят на фаготрофов (голозоев) и осмотрофов. *Фаготрофы (голозои)* заглатывают твердые пища (животные), *осмотрофы* поглощают органические вещества из растворов непосредственно через клеточные стенки (грибы, большинство бактерий). По состоянию источника пищи гетеротрофы делятся на биотрофов и сапротрофов. *Биотрофы* питаются живыми организмами. К ним относятся *зоофаги* (питаются животными) и *фитофаги* (питаются растениями), в том числе *паразиты*. *Сапротрофы* используют в качестве пищи органические вещества мертвых тел или выделения (экскременты) животных. К ним принадлежат сапротрофные бактерии, сапротрофные грибы, сапротрофные растения (*сапрофиты*), сапротрофные животные (*сапрофаги*). Среди них встречаются *детритофаги* (питаются детритом), *некрофаги* (питаются трупами животных), *копрофаги* (питаются экскрементами) и др.

Миксотрофные организмы (от греч. *mixis* – смешение) – организмы, способные одновременно сочетать различные типы питания, т.е. использовать два источника углерода (CO_2 + органические вещества) или энергии (например, энергию света + энергию окисления химического соединения). Например, эвглена зеленая на свету – автотроф, а в темноте – гетеротроф; венерина мухоловка: в её вегетативных органах идёт процесс фотосинтеза, но растение также ловит и переваривает насекомых; также миксотрофным организмам относятся жгутиковые, способные в сильно загрязнённых водоёмах питаться органическими веществами.

2.1. Понятие о метаболизме

В живой клетке происходит непрерывное движение веществ из внешней среды в клетку и из клетки в окружающую среду. Метаболизм (от греч. *metabole* – перемена, превращение), или обмен веществ и энергии, – это совокупность химических реакций в клетке, связанных между собой и с внешней средой. Обменные процессы обеспечивают постоянство внутренней среды организма – *гомеостаз* – в непрерывно меняющихся условиях существования. Метаболизм складывается из двух противоположных процессов: анаболизма и катаболизма.

Анаболизм (от греч. *anabole* – подъем) – совокупность реакций метаболизма, приводящий к биосинтезу сложных соединений более простых. Выполняют функцию обеспечения клетки строительным материалом. Поэтому эту сторону метаболизма называют *пластическим обменом или ассимиляцией*.

Катаболизм – совокупность реакций расщепления сложных соединений на более простые с выделением энергии и синтеза АТФ. Так как в результате катаболизма образуется энергия, эти процессы метаболизма называют *энергетическим обменом или диссимиляцией*. Исходное вещество превращается в продукт (или продукты) через ряд промежуточных соединений, в образовании которых принимают участие *ферменты*. Пластический и энергетический обмены тесно связаны между собой, получая из внешней среды питательные вещества. Энергия и простые вещества, образующиеся при их расщеплении, используются для синтеза необходимых органических веществ, поддержания температуры тела, совершения работы, роста и развития организма и обеспечения структуры и функции всех клеточных элементов, во внешнюю среду выделяются неиспользованные клеткой вещества. В живом организме анаболизм и катаболизм должны быть уравновешены. Если один процесс существенно преобладает над другим, то обмен веществ и энергии нарушается, нарушается жизнедеятельность клетки и всего организма.

2.2. АТФ, ее роль в метаболизме

Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) – универсальный источник и основной аккумулятор энергии в живых клетках. АТФ содержится во всех клетках растений и животных. Количество АТФ в среднем составляет 0,04 % (от сырой массы клетки), наибольшее количество АТФ (0,2–0,5 %) содержится в скелетных мышцах.

По химической структуре АТФ является нуклеотидом. Состоит из азотистого основания аденина, углевода рибозы и трех остатков фосфорной кислоты, соединенных последовательно друг с другом. Большая часть свободного АТФ находится в комплексе с ионами Mg^{2+} . В молекуле АТФ имеются две макроэнергетические связи. Для большинства видов работ, происходящих в клетках, используется энергия гидролиза АТФ. При гидролизе АТФ превращается в АДФ и выделяется 40 кДЖ (12 ккал) энергии. Эта энергия может быть использована для биосинтеза различных веществ, активного транспорта ионов, движения (мышечное сокращение), хемилюминесценции (свечения), производства электрической энергии (у электрического ската), температуру тела и других процессов жизнедеятельности. Запасы АТФ в клетке небольшие, реакции образования и распада АТФ протекают в организме непрерывно. В клетках всех организмов **синтез АТФ** происходит в процессе **фосфорилирования**, т.е. присоединения фосфорной кислоты к АДФ, которое происходит с разной интенсивностью при дыхании в митохондриях (на внутренней мембране), при гликолизе – в цитоплазме, при фотосинтезе – в хлоропластах. АТФ является основным связующим звеном между процессами, сопровождающимися выделением, накоплением и затратами энергии.

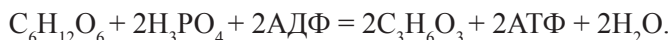
2.3. Пластический и энергетический обмен

У большинства живых организмов – аэробов, живущих в кислородной среде – диссимилиация осуществляется в три этапа: *подготовительный, бескислородный, кислородный (дыхание)*. А у анаэробов, обитающих в среде лишенной кислорода, дисси-

миляция протекает лишь в два первых этапа с образованием промежуточных органических соединений, богатых энергией.

Первый этап *подготовительный*, протекает в желудочно-кишечном тракте. Крупные молекулы органических веществ под воздействием ферментов расщепляются на более простые: углеводы – на моносахариды (глюкозу), жиры – на глицерин и жирные кислоты, белки – на аминокислоты, нуклеиновые кислоты – на нуклеотиды. На этом этапе освобождается 10 % энергии, которая в основном рассеивается в виде тепла.

Второй этап *бескислородный*, или *неполное окисление*. Бескислородное, неполное расщепление глюкозы, называют гликолизом (*glykos* – сладкий, *lysis* – расщепление). Имеется у всех организмов и протекает в цитоплазме клетки, не требует присутствия кислорода. Вещества, образовавшиеся на первом этапе, подвергаются ферментативному распаду, в результате которых молекула глюкозы в присутствии H_3PO_4 и АДФ расщепляется и в бескислородных условиях превращается в молочную кислоту (анаэробное дыхание) с выделением АТФ и H_2O :



Гликолиз – один из древнейших метаболических процессов, известный почти у всех живых организмов.

У растений и микроорганизмов процессами, аналогичными гликолизу, являются различные виды брожения. Расщепление глюкозы до молочной кислоты присуще молочнокислым бактериям. У дрожжевых грибов молекула глюкозы без участия кислорода превращается в этиловый спирт (*спиртовое брожение*).



На втором этапе 40 % энергии генерируется в виде АТФ, 60 % энергии рассеивается в виде тепла. У анаэробов гликолиз является единственным процессом получения энергии.

Третий этап энергетического обмена – это стадия аэробного дыхания, или кислородного расщепления, которая осуществляется в митохондриях и присутствует у только аэробных организмов в присутствии кислорода.

2.4. Фотосинтез и хемосинтез

Фотосинтезом называют процесс образования органических молекул из неорганических за счет энергии солнечного света, поглощаемого пигментами растений. Большой вклад в изучение процесса фотосинтеза внес русский ученый К.А. Тимирязев (1843–1920).

Реакции фотосинтеза можно отнести как к пластическому (синтез органических веществ), так и к энергетическому обмену (синтез АТФ). Это фотосинтетическое фосфорилирование, осуществляемое в хлоропластах, является не только преобразователем солнечной энергии, но и уловителем неорганического углерода CO_2 воздуха. Здесь же происходит образование органических веществ.

Процесс фотосинтеза осуществляется в хлоропластах в два этапа. В *гранах (тилакоидах)* протекают реакции, вызываемые светом – **световые**, а в строме – реакции, не связанные со светом – **темновые**, или реакции фиксации углерода.

Для **световой стадии** (на мембранах тилакоидов гран хлоропластов) обязательна солнечная энергия. Под действием света происходит возбуждение электронов хлорофилла – пигмента хлоропластов и происходит фотолиз воды. **Темновая стадия** (в строме хлоропластов) протекает ночью и днем. Для этой стадии необходимы АТФ и CO_2 , поступивший из воздуха. *Поглощение углекислого газа и образование глюкозы в растениях* называют темновой фазой фотосинтеза, поскольку она может идти в темноте. Суммарное уравнение:



Хемосинтез – способ автотрофного питания, при котором источником энергии для синтеза органических веществ служат процессы окисления неорганических соединений. Хемосинтез был открыт в 1888 году русским биологом С.Н. Виноградским. Существует несколько групп хемосинтезирующих бактерий, из которых наибольшее значение имеют нитрифицирующие, серобактерии и железобактерии. Нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак, образующийся при гниении органических остатков

сначала до азотистой, а затем до азотной кислоты. Этот процесс сопровождается выделением энергии. Азотная кислота, реагируя с минеральными соединениями почвы, образует нитраты, которые хорошо усваиваются растениями. Благодаря жизнедеятельности бактерий-хемосинтетиков в природе накапливаются большие запасы селитры.

2.5. Биологические полимеры – нуклеиновые кислоты

Основой наследственного материала живых организмов являются нуклеиновые кислоты – дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) и рибонуклеиновая кислота (РНК).

Изучение структуры нуклеиновых кислот впервые провели американский биолог Дж. Уотсон и английский физик Ф. Крик. Они представили трехмерную модель молекулы ДНК, за открытие которой в последующем были удостоены Нобелевской премии.

Существует два типа нуклеиновых кислот:

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) – биологический полимер, состоящий из двух полинуклеотидных цепей, соединенных друг другом.

ДНК представляют макромолекулы – полимеры, состоящие из мономеров-нуклеотидов. В состав каждого нуклеотида входят три компонента: азотистое основание – пурины (аденин и гуанин) пиримидины (цитозин, тимин и урацил), сахар – пентозный углевод (дезоксирибоза или рибоза) и остаток фосфорной кислоты.

В каждой цепи нуклеотиды соединяются между дезоксирибозой одного и остатка фосфорной кислоты последующего нуклеотида при помощи водородных связей. Соединение может происходить только попарно: азотистое основание *A* одной цепи полинуклеотидов всегда связано с *T* другой цепи, а *G* с *C* противоположной полинуклеотидной цепочки. Подобная избирательная способность соединения нуклеотидов, ведущая к формированию пары *A – T* и *G – C* и называется *комплементарностью*.

В структурной организации молекулы ДНК можно выделить три уровня: первичный, вторичный и третичный. *Первич-*

ная структура ДНК – это последовательность нуклеотидов, состоящих из сахара (пентозы), азотистого основания и остатка фосфорной кислоты. Построение полинуклеотидной цепи осуществляется строго в одном направлении, в 5*-положении пентозы последующего нуклеотида, к 3*-гидроксильной группе пентозы предыдущего нуклеотида. *Вторичная структура* – это две полинуклеотидные цепи, соединенные между собой по принципу комплементарности и антипараллельности. Принцип комплементарности означает, что при соединении двух полинуклеотидных цепей устанавливаются водородные связи. Установленная связь поддерживается присоединением пурина пиримидину, а именно аденин (*A*) с тиминном (*T*), гуанин (*G*) с цитозином (*C*). Благодаря комплементарности, число пуринов всегда равно числу пиримидинов ($A + G = T + C$). Эта закономерность называется правилом Чаргаффа (1951). *Третичная структура* представляет собой правозакрученную пространственную спираль в молекуле ДНК. В каждый виток спирали входит 10 пар нуклеотидов. Уникальные части ДНК являются структурной основой большинства генов человека. В них закодирована информация о первичной структуре полипептидов (рисунок 2).

Вторая нуклеиновая кислота – это РНК, которая также является полимером и состоит из мономеров – нуклеотидов.

РНК имеет ряд отличий от ДНК:

- молекула РНК однонитевая, состоит из одной полинуклеотидной цепи;
- в молекуле РНК сахар пентоза представлен рибозой;
- молекула РНК вместо тимина содержит урацил;
- содержание РНК в клетке зависит от интенсивности синтеза белка.

В зависимости от функций выделяют несколько видов РНК: транспортная (тРНК), рибосомная (рРНК), матричная или информационная (мРНК, или иРНК).

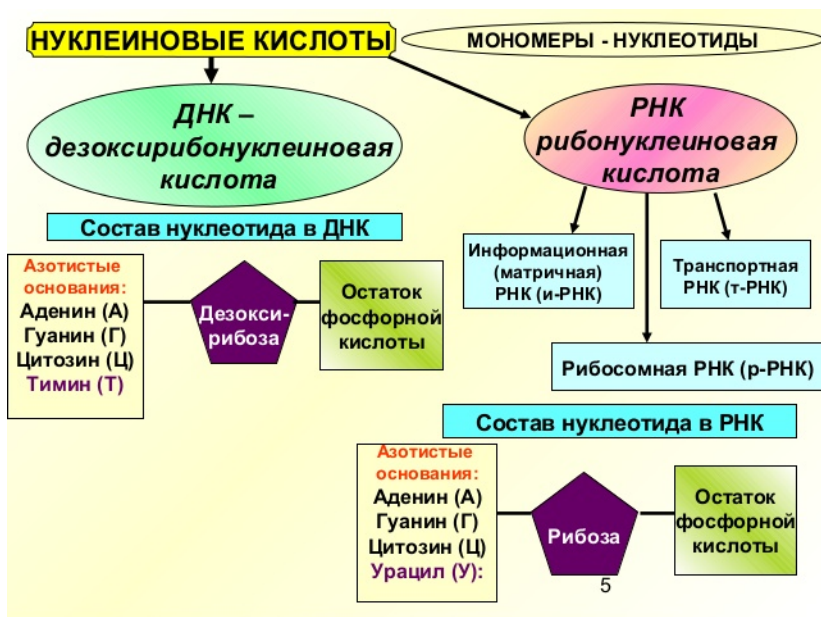


Рисунок 2 – Схема строения нуклеиновых кислот

Генетический код. Информация в ДНК хранится в виде последовательности четырех нуклеотидов, а белки состоят из 20 различных аминокислот. **Генетический (биологический) код** – это способ кодирования информации о строении белков в виде нуклеотидной последовательности, в которой 3 нуклеотида точно определяют соответствующую аминокислоту. Генетический код обладает характерными особенностями:

Триплетность – три нуклеотида формируют кодон, кодирующий аминокислоту. Всего существует 64 возможных сочетания ($4^3 = 64$). Из них 61 триплет кодирует разные аминокислоты, а три триплета – УАА, УАГ, и УГА – терминирующие триплеты, дают сигнал окончания синтеза белка.

Функции ДНК: хранение наследственной информации в виде генетического кода; передача наследственной информации путем репликации, или самовоспроизведения ДНК.

Информационная, или **матричная иРНК** – составляет 5 % из всех РНК, участвует в синтезе белка, играет важную роль, осуществляет перенос информации о структуре белка от ДНК в рибосомы.

Рибосомная рРНК (рисунок 3) составляет существенную часть более 85 % структуры рибосомы. Рибосомная РНК зависит от длины участка ДНК и синтезируются в ядрышках, в клетке большое количество субъединиц транспортируются через ядерные поры в цитоплазму. Рибосомы место стадии трансляции синтеза белков.

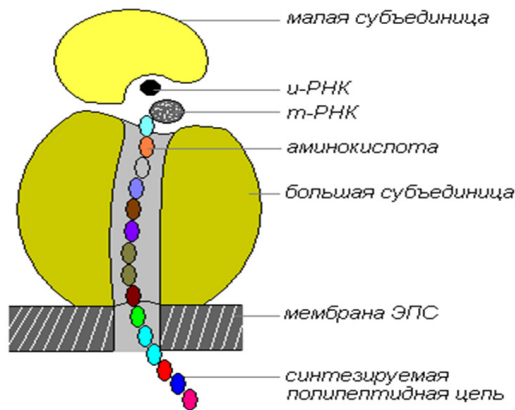


Рисунок 3 – Строение рибосомы

Транспортная РНК осуществляет перенос аминокислот в рибосомы, к месту синтеза белка. Молекулы тРНК по форме напоминают лист клевера и имеют два активных центра:

а) акцепторный участок с заряженной аминокислотой, богатой энергией;

б) антикодонная петля – включающая антикодон – три нуклеотида (триплет), вступающие в комплементарное взаимодействие с соответствующим триплетом мРНК при синтезе белка. Транспортные РНК являются посредниками между 4-буквенной последовательностью нуклеиновых кислот и 20-ти буквенной последовательностью белков (таблица 6).

Присоединение аминокислоты к тРНК осуществляется ферментом *аминоацил-тРНК-синтетазой*, имеющей специфичность к какой-либо аминокислоте и соответствующей к тРНК. Аминокислота присоединяется к 3'-концу акцепторной петли тРНК через свою α -карбоксильную группу, и связь между аминокислотой и тРНК становится макроэргической (таблица 7).

Таблица 6 – Таблица генетического кода

Аминокислота	Кодирующие триплеты — кодоны					
Аланин	ГЦУ	ГЦЦ	ГЦА	ГЦГ		
Аргинин	ЦГУ	ЦГЦ	ЦГА	ЦГГ	АГА	АГТ
Аспарагин	ААУ	ААЦ				
Аспарагиновая кислота	ГАУ	ГАЦ				
Валин	ГУУ	ГУЦ	ГУА	ГУГ		
Гистидин	ЦАУ	ЦАЦ				
Глицин	ГГУ	ГГЦ	ГГА	ГГГ		
Глутамин			ЦАА	ЦАГ		
Глутаминовая кислота			ГАА	ГАГ		
Изолейцин	АУУ	АУЦ	АУА			
Лейцин	ЦУУ	ЦУЦ	ЦУА	ЦУГ	УУА	УУГ
Лизин			ААА	ААГ		
Метионин				АУТ		
Пролин	ЦЦУ	ЦЦЦ	ЦЦА	ЦЦГ		
Серия	УЦУ	УЦЦ	УЦА	УЦГ	АГУ	АГЦ
Тирозин	УАУ	УАЦ				
Треонин	АЦУ	АЦЦ	АЦА	АЦГ		
Триптофан				УГТ		
Фенилаланин	УУУ	УУЦ				
Цистеин	УГУ	УГЦ				
Знаки препинания			УГА	УАГ	УАА	

Таблица 7 – Особенности генетического кода

Наименование	Определение
Специфичность (однозначность)	Каждому кодону соответствует только одна аминокислота

Наименование	Определение
Вырожденность	Одна аминокислота может кодироваться несколькими кодонами
Универсальность	Биологический код одинаков для всех видов организмов на Земле
Коллинеарность	Последовательность кодонов соответствует последовательности аминокислот в кодируемом белке
Неперекрываемость	Триплеты не накладываются друг на друга, а располагаются рядом
Отсутствие знаков препинания	Между триплетами нет дополнительных нуклеотидов или других сигналов
Однонаправленность	При синтезе белка считывание кодонов идет в одном направлении от 5' к 3' концу

2.6. Биосинтез белка

Совокупность реакций во всех клетках любых организмов, как автотрофных, так и гетеротрофных, способна осуществлять синтез белков – ведущее звено пластического обмена. С помощью ферментов из простых низкомолекулярных веществ образуются сложные высокомолекулярные соединения: из аминокислот синтезируются белки, из моносахаридов – сложные углеводы, из азотистых оснований и сахаров – нуклеотиды, а из них – нуклеиновые кислоты.

Для того, чтобы синтезировался белок, информация о последовательности аминокислот в его первичной структуре доставляется к рибосоме. Этот процесс включает два этапа: транскрипцию и трансляцию.

Прокариот синтез белка рибосомой (трансляция) пространственно не отдалён от транскрипции и может происходить еще до завершения синтеза мРНК.

Транскрипция. Процесс переписывания информации в виде РНК с матрицы ДНК по принципу комплементарности называется транскрипцией (от англ. *transcription* – переписывание).

Основными структурами, которые участвуют в транскрипции, являются: матрица – одна из цепей ДНК- растущая цепь – РНК-субстрат для синтеза – рибонуклеотиды-ферменты РНК-полимеразы и белковые факторы транскрипции. Биосинтез РНК происходит на участке ДНК, который называется транскриптон, начало – промотор, конец – терминатор. Выделяют четыре стадии транскрипции: подготовительная, инициация, элонгация и терминация (рисунок 4).

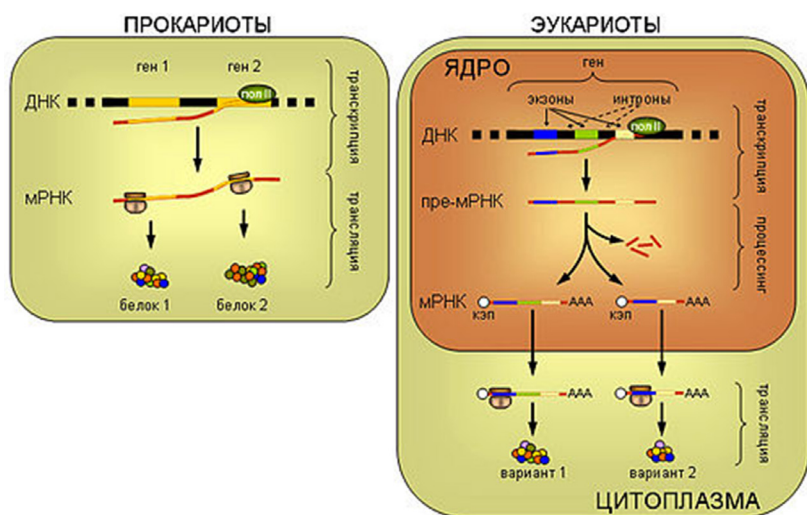


Рисунок 4 – Схема процесса транскрипции и трансляции прокариот и эукариот

Подготовительная стадия обеспечивается связыванием определенной последовательности нуклеотидов промотора ДНК и присоединением фермента РНК-полимеразы. **Инициация** – начало синтеза РНК и образование первой связи между двумя нуклеотидами. Происходит синтез затравочного фрагмента РНК длиной 8–10 рибонуклеотидов и раскручивание спирали ДНК перед РНК-полимеразой. **Элонгация** обеспечивает продвижение РНК-полимеразы вдоль ДНК со скоростью 40–50 нуклеотидов в секунду и происходит рост цепи.

Терминация. РНК-полимераза остановится, когда достигнет терминирующего кодона. С помощью белкового фактора терминации от матрицы ДНК отделяется фермент и синтезированная молекула РНК – предшественник мРНК, или тРНК, или рРНК. После транскрипции происходит **процессинг** или созревание иРНК. Он включает в себя модифицирование первичного транскрипта и удаление из него некодирующих участков (интронов) с последующим соединением кодирующих последовательностей – экзонов, называемый сплайсинг.

Трансляция (от англ. *translation* – перевод) – это биосинтез белка на матрице мРНК. Трансляция происходит в цитоплазме на рибосомах и представляет центральный процесс в синтезе белков. Помимо рибосом в нем участвуют матрица – мРНК, растущая цепь – полипептид, субстрат для синтеза – аминокислоты, рибосомальные белки, рРНК и белковые факторы. Выделяют 4 основные стадии трансляции: подготовительная, инициация, элонгация и терминация (рисунок 5).

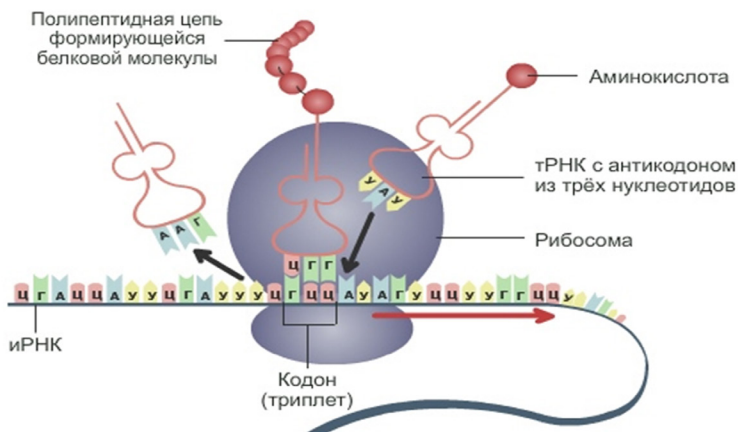


Рисунок 5 – Процесс трансляции

Подготовительная стадия – стадия активации аминокислот: с помощью фермента АМФ аминокислота взаимодействует с АТФ. На стадии **инициации** формируются два тройных

комплекса: первый комплекс – мРНК + малая субъединица + белковый фактор инициации; второй комплекс – метионил-тРНК + белковый фактор инициации + ГТФ. Тройные комплексы объединяются с большой субъединицей рибосомы с помощью энергии ГТФ и формирует пептидильный (П) и аминокцильный (А) центры. Затем *иницирующая* метионил-тРНК связывается с первым кодоном АУГ мРНК и располагается в пептидильном центре рибосомы. *Элонгация* представляет собой циклический процесс, включает 3 стадии:

1) аминокцил тРНК присоединяется к кодону мРНК, при этом аминокислота встраивается в А-центр рибосомы;

2) специальный фермент осуществляет перенос метионина с метионил-тРНК на аминокцил тРНК А-центра с образованием пептидной связи между метионином и второй аминокислотой;

3) фермент траснлоказа перемещает мРНК относительно рибосомы на один триплет, первый кодон оказывается вне рибосомы, второй кодон перемещается в П-центр, а в А-центр поступает третий кодон.

На стадии *терминации* синтез белка продолжается до терминирующих кодонов – УАА, УАГ, УГА. При вхождении этих кодонов внутрь рибосомы происходит активация белковых факторов терминации, которые последовательно катализируют:

1) гидролитическое отщепление полипептида от конечной тРНК;

2) отделение от П-центра тРНК;

3) диссоциацию рибосомы, и реакции превращения полипептида в активный белок. Одна рибосома способна синтезировать полную полипептидную цепь. После завершения синтеза полипептидная цепочка отделяется от матрицы – молекулы иРНК, сворачивается в спираль и приобретает свойственную ей (вторичную, третичную или четвертичную) структуру. Рибосомы работают очень эффективно: в течение 1 секунды бактериальная рибосома образует полипептидную цепь из 20 аминокислот.

ТЕСТ – 2

1. Пластический обмен в клетках животных не может происходить без энергетического обмена, т.к. энергетический обмен обеспечивает клетку:

- А) ферментами;
- Б) кислородом;
- В) молекулами АТФ;
- Г) молекулами белка;
- Д) аминокислотами.

2. В световой фазе фотосинтеза, в отличие от биосинтеза белка:

- А) используется энергия АТФ;
- Б) участвуют ферменты;
- В) происходит синтез АТФ;
- Г) реакции имеют матричный характер.

3. Энергетический обмен не может идти без пластического, т.к. пластический обмен поставляет для энергетического:

- А) богатые энергией молекулы АТФ;
- Б) ферменты для ускорения реакций;
- В) мономеры;
- Г) углекислый газ и воду.

4. Процесс разложения воды в клетках растений под воздействием солнечного света называют:

- А) реакцией окисления;
- Б) реакцией восстановления;
- В) фотосинтезом;
- Г) фотолизом.

5. Гликолиз происходит:

- А) в цитоплазме только, у аэробных организмов;
- Б) в митохондриях;
- В) в цитоплазме у анаэробных организмов;
- Г) в ядре.

6. Синтез большей части АТФ у аэробных организмов происходит:

- А) при окислении в матриксе митохондрий;
- Б) с участием наружной мембраны митохондрий;
- В) в цитоплазме;
- Г) с участием внутренней мембраны митохондрий.

7. К фотосинтезу способны:

- А) цианобактерии;
- Б) только растения;
- В) животные;
- Г) грибы;
- Д) простейшие.

8. Процесс расщепления органических веществ до более простых – это:

- А) пластический обмен;
- Б) энергетический обмен;
- В) ассимиляция;
- Г) анаболизм;
- Д) катаболизм.

9. В каком виде запасается энергия при расщеплении органических веществ?

- А) В двух молекулах АТФ;
- Б) Расходуется в виде тепла;
- В) Синтезируются четыре молекулы АТФ;
- Г) В виде химических связей.

10. Липиды окисляются в результате:

- А) энергетического обмена;
- Б) пластического обмена;
- В) фотосинтеза;
- Г) хемосинтеза.

11. В процессе фотосинтеза используется газ воздуха:

- А) кислород;
- Б) углекислый газ;
- В) азот;
- Г) угарный газ.

12. Результатом световой фазы фотосинтеза не является:

- А) фотолиз воды;
- Б) образование углеводов;
- В) окисление и восстановление молекулы хлорофилла;
- Г) образование АТФ.

13. Фотолиз воды происходит:

- А) внутри митохондрий на кристах;
- Б) в строме пластид;
- В) в тилакоидах пластид;
- Г) в аппарате Гольджи.

14. В эукариотической клетке:

- А) РНК и белки синтезируются в цитоплазме;
- Б) РНК и белки синтезируются в ядре;
- В) РНК синтезируется в ядре, белки – в цитоплазме;
- Г) РНК синтезируется в цитоплазме, белки – в ядре.

15. Выберите правильную последовательность передачи информации в процессе белка:

- А) ДНК --- информационная РНК --- белок;
- Б) ДНК --- транспортная РНК --- белок;
- В) рибосомная РНК --- транспортная РНК --- белок;
- Г) матричная РНК --- ДНК --- транспортная РНК --- белок.

16. Транскрипция, в отличие от репликации ДНК:

- А) это реакция матричного синтеза;
- Б) осуществляется по принципу комплементарности;
- В) использует в качестве матрицы только одну из цепей ДНК;
- Г) осуществляется ферментом ДНК – полимеразой.

17. Какое из перечисленных соединений образуется во время транскрипции?

- А) РНК – полимеразы;
- Б) ДНК;
- В) р-РНК;
- Г) белок.

18. Транскрипция:

А) начинается на СТАРТ-кодоне АУГ и заканчивается на СТОП-кодоне;

Б) начинается на рибосоме и заканчивается на другой рибосоме;

В) начинается на одном конце хромосомы и заканчивается на другом;

Г) *начинается на промоторе и заканчивается на терминаторе гена.*

19. В клеточном цикле транскрипция генов происходит:

А) в интерфазе;

Б) в профазе;

В) в метафазе;

Г) на всех стадиях клеточного цикла.

20. Для трансляции не нужны:

А) аминокислоты;

Б) РНК-полимераза;

В) т-РНК;

Г) м-РНК.

Вопросы для обсуждения

1. Осуществляется ли обмен веществ и энергии (метаболизм) на всех уровнях организма: клеточном, органном, тканевом и организменном? Что он обеспечивает в клетке?
2. Где происходит расщепление органических веществ?
3. Как называют многоступенчатое расщепление глюкозы без участия кислорода?
4. Как называется этап, происходящий путем синтеза на одной из цепей молекулы ДНК одно-цепочной молекулы РНК?
5. Как в биосинтезе белка называется этап, где происходит перевод последовательности нуклеотидов в молекуле и РНК в последовательность аминокислот в полипептиде?

Ответы на вопросы для обсуждения: на клеточном и организменном уровне, расщепляется ферментами в желудочно-кишечном тракте, брожение, транскрипция, трансляция.

3. ЦИТОЛОГИЯ

Наука о клетке называется *цитологией* (от греч. *kítos* – клетка, *logos* – наука). Предмет цитологии – клетки многоклеточных животных и растений, а также одноклеточных организмов, к числу которых относятся бактерии, простейшие и одноклеточные водоросли. Цитология изучает строение и химический состав клеток, функции внутриклеточных структур, функции клеток в организме животных и растений, размножение и развитие клеток, приспособления клеток к условиям окружающей среды.

Современная цитология имеет самые тесные связи с другими биологическими науками, например, с ботаникой, зоологией, физиологией, учением об эволюции органического мира, а также с молекулярной биологией, химией, физикой, математикой. Впервые название «клетка» в середине XVII века применил Р. Гук. Рассматривая тонкий срез пробки с помощью микроскопа, Гук увидел, что пробка состоит из ячеек – клеток.

3.1. Строение клетки

Все живые организмы состоят из клеток. Клетка – это элементарная, функциональная генетическая единица живого. Различают два типа клеточной организации: прокариотический и эукариотический.

Прокариотические клетки устроены очень просто. Это одноклеточные организмы (бактерии и сине-зеленые водоросли), не имеющие ядра. Роль ДНК у прокариот выполняет гигантская молекула – нуклеоид. На цитоплазме нет многих клеточных органелл, имеются рибосомы и впячивание мембраны – мезосомы. На поверхности клетки прокариот имеется слизистый чехол, ворсинки и жгутики, имеющие особую структуру.

Эукариотическая клетка – это сложно устроенные клетки растительного и животного происхождения, имеющие ядро

и клеточные органеллы. Ядро содержит хромосомы и определяет специфичность белков, синтезируемых данной клеткой. Растительные клетки имеют целлюлозную клеточную стенку, вакуоль, пластиды и пристеночно расположенное ядро. А в животной клетке ядро располагается по центру, в нем отсутствуют пластиды и вакуоль, но цитоплазма богата различными органеллами. Мембрана имеет гладкую поверхность, сверху покрыта гликокаликсом (белки, жиры). Клетки грибов имеют хитиновые покровы и в них отсутствуют пластиды.

3.2. Строение эукариотической клетки

Главные составляющие эукариотической клетки – это клеточная мембрана, цитоплазма и ядро (рисунок 6). Клеточная оболочка, или плазмалемма, представлена двумя слоями: липидным и белковым. Гидрофобные участки – концы – повернуты друг к другу, а гидрофильные участки – головки – находятся на поверхности слоя. Белки способны перемещаться в плоскости мембраны, они выполняют различные функции: транспортная, барьерная, рецепторная, регуляторная. *Наиболее важное свойство мембран – избирательная проницаемость.* Функция плазмалемной системы животной клетки – это связь со средой, а клеточная стенка у растений выполняет больше опорную функцию. Процесс поступления веществ в клетку называется эндоцитозом, обратно из клетки – экзоцитозом, они выполняются несколькими путями:

Фагоцитоз – поглощение живых клеток фагоцитами (одноклеточные организмы).

Пиноцитоз – поглощение веществ в растворенном состоянии.

Осмоз – поступление воды через избирательно проницаемую мембрану клетки.

Диффузия – процесс поступления веществ, способных растворяться в липидах и ионов.

Натрий калиевый насос – перенос вещества белкам переносчиками против градиента концентрации с затратами энергии.

3.3. Клеточные органеллы

Клеточные органеллы – это постоянные структуры цитоплазмы, имеющие определенное строение и выполняющие в клетке специфические функции.

Органеллы, не имеющие мембранных структур:

Рибосомы – мелкие органеллы, состоящие из белков и рРНК, объединенные большой и малой субъединицами в присутствии мРНК. Они свободно находятся в цитоплазме или прикрепляются к эндоплазматическому ретикулуму. Обязательные функции рибосом – это синтез белка. Во время интенсивного синтеза белка несколько рибосом формируют на молекуле мРНК *полирибосому*.

Клеточный центр – характерен для животных клеток, локализован около ядра. Состоит из парных центриолей, расположенных перпендикулярно по отношению друг к другу. Каждая центриоль имеет вид цилиндра, стенка которого образована 27 микротрубочками (9 триплетов). В функцию центриолей входит образование нитей веретена деления и в процессе деления клетка обеспечивает расхождение хромосом.

Микротрубочки и микрофиламенты – это тонкие белковые нити, которые пронизывают цитоплазму в разных направлениях и образуют цитоскелет клетки. Микротрубочки состоят из белка тубулина, микрофиламенты из белка – актина. Участвуют в образовании опорно-сократительного комплекса мембраны, цитоскелета, клеточного центра, нитей веретена деления, ресничек, ресничек и жгутиков.

Одномембранные клеточные органеллы – ЭПС, аппарат Гольджи, лизосомы, пероксисомы – образуют в клетке единую вакуолярную систему клетки.

Эндоплазматическая сеть (ЭПС) – это система внутриклеточных каналов, стенки которых образованы однослойной мембраной. ЭПС пронизывает всю цитоплазму клетки в разных направлениях и подразделяет ее на изолированные участки, образуя клеточные ячейки – компартментации. Различают два вида ЭПС:

- 1) гранулярная или шероховатая, где происходит синтез белков;

2) агранулярная или гладкая, без рибосом, где идет синтез липидов и углеводов.

Функции ЭПС – транспорт веществ, подразделение клетки на компартменты, образование комплекса Гольджи, синтез жиров и углеводов, образование мембран пероксисом.

Комплекс Гольджи – представляет систему уплощенных полостей (дисков), названными диктиосомой, расположенных друг на друге по 4–6 штук. Он присутствует всюду, кроме эритроцитов и сперматозоидов. Основные функции: упаковка и сортировка белков, транспортная, синтетическая, построение клеточной стенки у растений, обезвреживание ядовитых веществ, формирование лизосом.

Лизосомы – микроскопические пузырьки разных размеров. Различают первичные и вторичные лизосомы. Первичные лизосомы – это пузырьки, содержащие гидролитические ферменты (гидролазы, протеазы, липазы, нуклеазы). Эти ферменты способны расщеплять белки, жиры, углеводы и нуклеиновые кислоты. К вторичным лизосомам относятся пищеварительная вакуоль, в которой происходит переваривание веществ, поступивших в клетку путем эндоцитоза, и образуется при слиянии первичных лизосом фагоцитарными или пиноцитарными пузырьками.

Пероксисомы – мельчайшие пузырьки, разновидность лизосом, содержащие два основных фермента: каталазу и пероксидазу. Встречаются в клетках простейших, грибов, высших растений и животных. Основная функция – окисление веществ с образованием перекиси водорода, которая используется для окисления вредных веществ.

Двумембранные клеточные органеллы – это митохондрии и пластиды.

Митохондрии – это органеллы палочковидной овальной формы. Наружная мембрана гладкая, внутренняя образует многочисленные складки – кристы. Содержимое митохондрий (матрикс) – коллоидный раствор, заполняющий область цитоплазмы. Наибольшее количество митохондрий содержится там, где велика потребность в АТФ, – это скелетные мышцы и сердце. Митохонд-

рии называют «энергетическими станциями» клетки. Источником энергии в клетке могут быть белки, жиры и углеводы.

Пластиды – органеллы, окруженные оболочкой, присутствуют только в растительных клетках. В зависимости от окраски различают хлоропласты (содержат пигмент зеленого цвета, участвуют в фотосинтезе), хромопласты (содержат пигменты красного и желтого цвета), лейкопласты (не имеют окраски). Пластиды и митохондрии имеют собственную ДНК и обеспечивают возможность самозарождения органелл.

3.4. Цитоплазма

Цитоплазма – внутреннее содержимое клетки, состоит из основного вещества гиалоплазмы, органоидов и включений. Гиалоплазма – это вязкое вещество, которое находится в постоянном движении и поддерживает связь между органеллами. Гиалоплазма содержит около 90 % воды, различные белки, аминокислоты, нуклеотиды, ионы неорганических соединений. В ней происходит синтез аминокислот, жирных кислот, протекают химические и метаболические процессы. Постоянными структурами цитоплазмы являются органеллы или органоиды, которые выполняют в клетке специфические функции. В зависимости от функций различают: органоиды **общего назначения** (рибосомы и лизосомы), присутствующие во всех эукариотических клетках, тогда как органоиды **специального назначения** – это микроворсинки, жгутики и реснички – присутствуют только в специализированных клетках как эпителия кишечника, мышечные и нервные клетки.

Микротрубочки и **микрофиламенты** – тонкие белковые нити, которые пронизывают цитоплазму в разных направлениях и образуют цитоскелет клетки. Микротрубочки состоят из белка – тубулина, микрофиламенты – из белка актина. Участвуют в образовании сократительного комплекса мембраны, клеточного центра, нитей веретена деления, ворсинок, ресничек, и жгутиков.

Включения – непостоянные (временные) компоненты цитоплазмы, транспортируемые по каналам ЭПС. Виды включений: запасные питательные вещества (гликоген, крахмал, углеводы,

белки, жиры); пигменты (меланин, гемоглобин); секреты (гормоны, ферменты); экскреторные соединения (мочевая и щавелевая кислоты).

3.5. Клеточное ядро

Ядро является постоянным, центральным и структурным компонентом всех клеток высших растений и животных. Большинство клеток имеют одно ядро, но встречаются и многоядерные клетки (клетки печени – двуядерные, многоядерными бывают клетки простейших, водорослей, грибов).

В строении ядра различают ядерную оболочку, отделяющую от цитоплазмы кариоплазму или ядерный сок, хроматин, одно или несколько ядрышек. Ядерная оболочка образована двумя мембранами (наружной и внутренней). Отверстие в ядерной оболочке называют ядерными порами занимающей от 10 до 15 % всей поверхности клеточного ядра. Количество пор и размеры зависят от функционального состояния клетки.

Ядерный сок, или кариоплазма – внутреннее содержимое ядра. Кариоплазма – вязкий раствор, состоящий из белков, нуклеотидов, ионов. В ней находится хроматин. Ядерный сок обеспечивает нормальное функционирование генетического материала ядра – хроматина.

Хроматин – тонкие нити в виде глыбок и гранул. При делении клеток хроматин удваивается и спирализуется, образуя компактные структуры – хромосомы.

Ядрышко – мелкая сферическая структура диаметром 1–5 мкм. Число ядрышек всегда колеблется от одного до десяти, основная функция – синтез рРНК.

Главные функции ядра: 1) хранение генетической информации и передача ее дочерним клеткам в процессе деления; 2) контроль за жизнедеятельностью клетки.

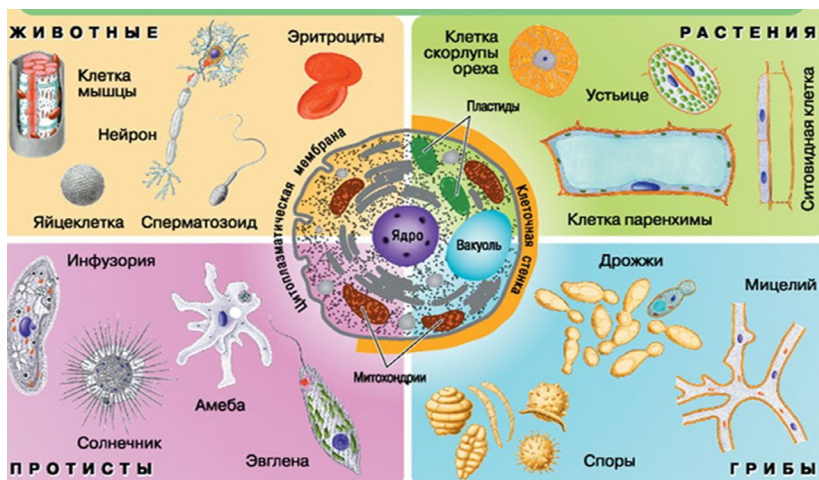


Рисунок 6 – Про- и эукариотическая клетки

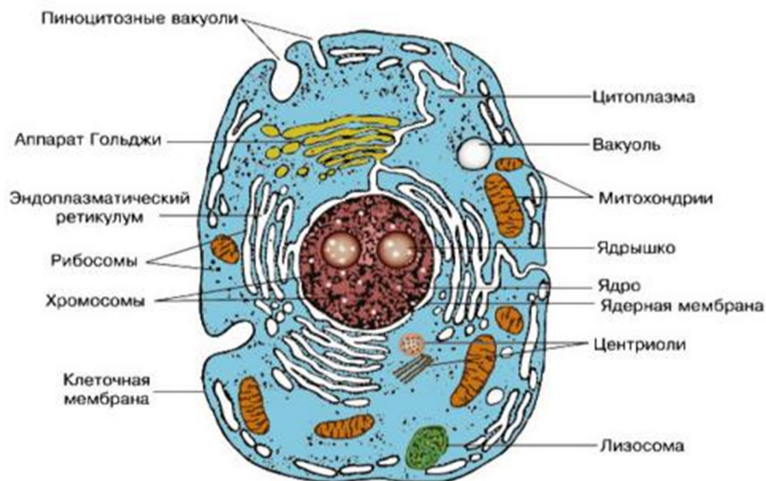


Рисунок 7 – Схема строения животной клетки

ТЕСТ – 3

1. Отметьте полное определение клетки. Клетка – это:

- А) сложная система живого организма;
- Б) единица всех живых организмов;
- В) простая, открытая система;
- Г) определенная структура животных и растений;
- Д) элементарная, структурная и функциональная генетическая единица живых организмов.

2. Прокариоты, как одноклеточные организмы, отличаются:

- А) наличием ядра и всех органелл;
- Б) отсутствием ядра и наличием всех органелл;
- В) наличием ядра и отсутствием всех органелл;
- Г) отсутствием ядра и наличием двух органелл;
- Д) наличием нечетко выраженного ядра.

3. К прокариотам относятся:

- А) простейшие;
- Б) животные;
- В) сине-зеленые водоросли;
- Г) грибы;
- Д) растения.

4. Основное вещество бактерий – это:

- А) цитоплазма;
- Б) рибосома;
- В) гранулы гликогена, липидов и серы;
- Г) различные включения;
- Д) скрученные двойные цепи молекулы ДНК.

5. Эукариоты – это клетки, относящиеся к царству:

- А) растения;
- Б) животные;
- В) грибы;
- Г) простейшие;
- Д) все варианты правильные.

6. Поверхностный аппарат эукариотической клетки не состоит из:

- А) цитоплазматической мембраны;
- Б) целлюлозы;
- В) кутикулы;
- Г) оболочки;
- Д) хитина.

7. Во внутреннее содержимое эукариотической клетки не входит:

- А) цитоплазма;
- Б) ядро;
- В) клеточные органеллы;
- Г) жгутики;
- Д) включения.

8. Важнейшая функция цитоплазматической мембраны, заключающаяся в избирательной проницаемости:

- А) структурная;
- Б) барьерная;
- В) регуляторная;
- Г) транспортная;
- Д) защитная.

9. К одномембранным клеточным органеллам не относятся:

- А) эндоплазматическая сеть;
- Б) лизосомы;
- В) пероксисомы;
- Г) аппарат Гольджи;
- Д) клеточный центр.

10. Эндоплазматическая сеть в клетке не выполняет следующие функции:

- А) компартментация цитоплазмы;
- Б) транспорт веществ;
- В) синтез белка;
- Г) синтез липидов и углеводов;
- Д) формирование пероксисом.

11. К основным функциям аппарата Гольджи в клетке не относятся:

- А) синтез жиров и углеводов;
- Б) образование комплексных соединений;
- В) формирование первичных лизосом;
- Г) формирование пероксисом и вакуолей;
- Д) упаковка и сортировка белков.

12. К двумембранным органоидам клетки не относятся:

- А) пероксисомы;
- Б) микротрубочки;
- В) пластиды;
- Г) митохондрии;
- Д) клеточный центр.

13. Источником энергии в клетке могут быть:

- А) белки;
- Б) жиры;
- В) углеводы;
- Г) глюкоза;
- Д) верны все варианты.

14. К немембранным органоидам цитоплазмы относятся:

- А) пероксисомы;
- Б) пластиды;
- В) лизосомы;
- Г) рибосомы;
- Д) клеточный центр.

15. Органоидам специального назначения относят:

- А) жгутики;
- Б) реснички;
- В) микроворсинки;
- Г) микротрубочки;
- Д) микрофиламенты.

16. Ядро как структурный постоянный компонент присутствует в клетках:

- А) животных;*
- Б) высших растений;*
- В) эритроцитах;*
- Г) сперматозоидах;*
- Д) прокариотах.*

17. Цитоплазма, как внутреннее содержимое клетки, не состоит из:

- А) гиалоплазмы;*
- Б) органоидов;*
- В) включения;*
- Г) аминокислоты;*
- Д) органических веществ.*

18. Основная функция цитоплазматического матрикса:

- А) является внутренней средой клетки;*
- Б) поддерживает мембранные системы;*
- В) поддерживает органеллы и включения;*
- Г) выполняет опорную функцию;*
- Д) все варианты верны.*

19. Структура клетки, управляющая процессами жизнедеятельности эукариотов:

- А) мембрана;*
- Б) цитоплазма;*
- В) ядро;*
- Г) митохондрии;*
- Д) рибосома.*

20. Хромосомы располагаются в:

- А) цитоплазме;*
- Б) ядрышке;*
- В) ядре;*
- Г) клетке;*
- Д) митохондрии.*

Вопросы для обсуждения

1. Основное отличие прокариотических клеток от эукариотических.
2. В какой клетке ДНК связана с белком и организована в хромосомы?
3. Назовите и охарактеризуйте компоненты мембранной системы растительной и животной клетки.
4. Назовите состав цитоплазматического матрикса.
5. В чем заключается роль клеточного ядра?

Ответы на вопросы для обсуждения: размеры клеток, наличие или отсутствие ядра, полисахариды и гликокаликс, коллоидный раствор, белки, жиры, минеральные соли, хранение и передача наследственного аппарата.

4. РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ

Главная сущность процесса размножения состоит в сохранении жизни каждого отдельного вида животных и растений, также в организации преемственности между потомством и родительскими существами. Молекулярную основу размножения всех организмов составляет не только способность ДНК к самоудвоению, но анатомические и физиологические свойства организмов, их поведение, гормональный контроль. Размножение организмов сопровождается процессами роста и развития.

4.1. Клеточный цикл

Клеточный цикл – существование клетки от момента ее возникновения (деление материнской клетки) до ее собственного деления или смерти. Клеточный цикл состоит из периода интерфазы и митоза (рисунок 8).

Интерфаза – стадия покоя клетки, предшествующая митозу. В ней происходит синтез ДНК. Различают три периода интерфазы: пресинтетический (G 1), синтетический (S) и постсинтетический (G 2).

Пресинтетический период (G 1) – это время, когда клетка растет, увеличивает объем цитоплазмы и количество органелл. Протекает с накоплением РНК и белка.

Синтетический период (S) – на протяжении этого времени происходят репликация ДНК, синтез РНК и белков. После окончания S периода каждая хромосома состоит из двух сестринских хроматид.

Постсинтетический период (G 2) – время остановки синтеза ДНК и накопления энергии, синтез белка и РНК, подготовка к делению.

4.2. Митоз. Способы клеточного деления

Митоз представляется как циклический процесс, при котором происходит точное распределение хромосом по двум до-

черным клеткам. Благодаря этому поддерживается постоянство кариотипа в поколениях клеток. **Митоз** – непрямое деление соматической клетки, при котором происходит удвоение хромосом и их расхождение по двум дочерним клеткам. Образовавшиеся две идентичные клетки имеют диплоидный набор хромосом, соответствующий исходной материнской клетке. Митоз состоит из четырех фаз: профазы, метафазы, анафазы, телофазы.

Цитокинез – это распределение цитоплазмы в растительных и животных клетках, которое происходит по-разному. В растительных клетках на месте метафазной пластинки образуется клеточная стенка, которая делит клетку на две дочерние. Животные клетки делятся с образованием перетяжки, где образуются две клетки, которые генетически идентичны исходной, хотя каждая из них содержит только одну копию наследственной информации материнской клетки.

Весь процесс митотического деления занимает от нескольких минут до нескольких часов, в зависимости от видовых особенностей живых организмов (таблица 8).

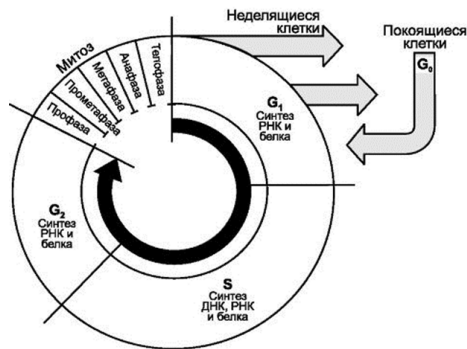


Рисунок 8 – Клеточный цикл

Таблица 8 – Краткая характеристика фаз митоза

Фаза митоза, набор хромосом	Рисунок	Характеристика фазы, расположение хромосом
Профаза $2n4c$		Хромосомы спирализуются, центриоли (животных клеток) расходятся к полюсам клетки, распадается ядерная оболочка, исчезают ядрышки и формируется веретено деления
Метафаза $2n4c$		Выстраивание максимально конденсированных двуххроматидных хромосом в экваториальной плоскости клетки (метафазная пластинка), прикрепление нитей веретена деления одним концом к центриолям, другим – к центромерам хромосом
Анафаза $4n4c$		Деление двуххроматидных хромосом на хроматиды и расхождение этих сестринских хроматид к противоположным полюсам клетки (при этом хроматиды становятся самостоятельными однохроматидными хромосомами)
Телофаза $2n2c$		Хромосомы, находящиеся на противоположных полюсах клетки, деспирализуются, у каждого полюса формируется ядерная оболочка, ядрышки восстанавливаются. Два образовавшихся ядра (кариокинез) генетически идентичны. За телофазой следует цитокинез

Биологическое значение митоза:

- 1) Генетическая стабильность в клетке.
- 2) Увеличение числа клеток в организме.
- 3) Рост организма.
- 4) Способ бесполого размножения.
- 5) Регенерация клеток.

4.3. Формы размножения

Размножение или пролиферация (от лат. *proles* – потомство, *ferre* – нести) клеток – процесс, который приводит к росту и обновлению, характерный как для одноклеточных, так и для многоклеточных организмов. Различают два основных типа размножения: бесполое и половое.

Бесполое размножение – возникновение двух и более новых особей в результате деления, почкования, спорообразования и обособления группы соматических клеток, способных к дальнейшему существованию (таблица 9).

Процесс полового размножения осуществляется путем полового процесса между двумя физиологически различными особями – мужской и женской. Половое размножение происходит в результате образования и слияния гамет, образованием зиготы и следующей за ней стадией эмбриогенеза, и заканчивается ростом и развитием организма.

Таблица 9 – Типы бесполого размножения

Виды деления	Определение бесполого размножения
Деление	Свойственно одноклеточным организмам. Материнская клетка делится митотически на две или несколько одинаковых дочерних клеток
Шизогония	Дробление ядра и распад организма на 100 особей эукариотов, жгутиковых и споровиков
Спорогония	Деление одной особи на 1000 дочерних особей. Так размножаются малярийный плазмодий, бактерии и цианеи
Почкование	Образование на теле материнской клетки небольшого бугорка, после происходит отделение дочерней особи
Вегетативное размножение	Характерен только для растений, у которых часть материнского тела дает новый организм.
Фрагментация	Распад многоклеточного организма на части у ленточных и ресничных червей, которые превращаются в самостоятельные особи

Полиэмбриония	Деление эмбриона на несколько частей, каждая из которых развивается самостоятельный организм (осы, броненосец, человек)
Клонирование	Искусственный способ размножения, не встречающийся в естественных условиях. Имплантация ядра соматической клетки в яйцеклетку организма донора

Половое размножение. Половое размножение существует более трех млрд лет, характеризуется наличием полового процесса внутри половых органов, при котором происходит слияние двух гаплоидных половых клеток. Половой процесс у одноклеточных происходит путем конъюгации и копуляции.

Конъюгация свойственна инфузориям. Генетический материал, так называемый макронуклеус, обеспечивает обменные процессы в клетке, микронуклеус – содержит ДНК. Во время конъюгации инфузории туфельки сближаются пелликулами, образуя цитоплазматический мостик, благодаря чему происходит обмен генетической информацией. Макронуклеус растворяется, микронуклеус делится мейозом, образуя два ядра (мигрирующее и стационарное) с гаплоидным набором хромосом. В результате, стационарное ядро одной особи сливается с мигрирующим ядром другой, образуя *синкарион* с диплоидным набором хромосом. В процессе перестройки ядра инфузории образуют новые макро- и микронуклеус, где из них вновь возникает новое сочетание простейших организмов размножающихся бесполом путем.

Копуляция – половой процесс, также характерный для одноклеточных организмов. В процессе эволюции особи приобретают половые различия, превращаясь в гаплоидные гаметы, затем происходит слияние низших организмов с образованием диплоидной зиготы.

В процессе эволюции у различных видов животных различие между гаметами становится нарастающим. В первом случае морфологические различия между клетками отсутствуют (изогамия), обе гаметы подвижны, такое размножение присуще бактериям, ракам и корненожкам. Дальнейшее изменение связано

с усложнением полового процесса и дифференцировкой гамет. Появляются две разные гаметы, мелкие и крупные гетерогаметы (анизогамия) у хламидомонад и колониальных жгутиконосцев. Последующая форма гетерогамии, при которой гаметы резко различаются, называется оогамией: яйцеклетки – большие, неподвижные, сперматозоиды – маленькие и подвижные.

Партеногенез – это особая форма полового размножения у многоклеточных, когда организм развивается из гамет без оплодотворения. Партеногенез встречается у ракообразных, колорадок, насекомых, ящериц, птиц (индюшек, голубей).

4.4. Гаметогенез

Половой процесс включает два этапа: образование половых клеток и оплодотворение. Процесс образования половых клеток называется гаметогенезом. Развитие гамет происходит в половых железах – гонадах. Овогенез – процесс развития яйцеклетки в яичнике. Сперматогенез – процесс развития сперматозоидов в семенниках животных и человека.

Гаметогенез делят на несколько периодов: размножение, рост, созревание и период формирования, характерный только для сперматогенеза.

Сперматогенез – происходит в мужских половых железах (семенниках). Поперечный разрез стенки семенного канальца представлен несколькими слоями клеток, наружной – *сперматогониями*, которые образованы на ранних стадиях эмбриогенеза из первичных гонад. По мере достижения организма половой зрелости, сперматогонии делятся путем митоза. В этом периоде происходит *размножение первичных половых клеток*, сперматогониев и перемещение их в зону роста. В зоне роста происходит увеличение объема цитоплазмы, и образуются сперматоциты I порядка.

Главным процессом *периода роста* является репликация ДНК. Вслед за этим происходит удвоение хромосом ($2n4c$), клетка готовится к делению. *Третий период – период созревания*, включающий два деления мейоза (редукционное и эквационное). В результате редукционного деления образуются сперматоциты

II порядка – $n2c$. Во втором мейотическом делении образуются сперматиды – округлые клетки с гаплоидным набором хромосом nc . *Завершающий период* сперматогенеза – период формирования. Сперматиды приобретают жгутик, превращаясь в зрелые и подвижные половые гаметы – сперматозоиды, выходящие из семенного канальца.

Оформленный сперматозоид имеет: головку, шейку и хвост. На головке находится ядро, составляющее основную массу головной части. На переднем конце головки расположен специальный органоид – акросома. Это – видоизмененный комплекс Гольджи. В акросоме содержатся ферменты (гиалуронидаза и протеаза), необходимые для растворения яйцевых оболочек. В шейке находится центриоль и несколько спиралеобразных митохондрий. Хвост сперматозоида представляет собой жгутик – орган передвижения.

Овогенез – процесс развития яйцеклеток (половых клеток), происходящий в женских половых железах – яичниках. На ранней стадии эмбрионального развития из будущих яичников развиваются овогонии – первичные половые клетки.

Еще до рождения женской особи у млекопитающих и человека завершается *период размножения первичных половых клеток* – овогониев.

В эмбриогенезе сформировавшиеся ооциты (I) порядка с хромосомной формулой $2n4c$ находятся в фолликулах яичников. У девочек к третьему году жизни сохраняются и остаются неизменными на многие годы. *В периоде роста (II)*, с наступлением половой зрелости, один раз в месяц один из ооцитов (I) порядка увеличивается в размерах и, для обеспечения питания яйцеклетки, окружается фолликулярными клетками. Затем наступает *период созревания (III)*, где под влиянием половых гормонов проходит редукционное деление клетки. Ооцит (I) порядка в мейозе (I) проходит редукционное деление, в результате которого образуется один ооцит (II) порядка ($n2c$) и одно полярное тельце.

Второе мейотическое деление в яичнике продолжается до стадии метафазы (II). На этой стадии фолликул яичника лопаются, и созревшая яйцеклетка попадает в маточные трубы (таблица 10).

Таблица 10 – Сравнительная характеристика сперматогенеза и овогенеза

Происхождение названия	От греч. <i>spermatos</i> – семья	От лат. <i>ovum</i> – яйцо
Процесс формирования	Мужских половых клеток	Женских половых клеток
Развитие гамет (гонада)	В семенниках	В яичниках
Первичные половые клетки	Сперматогонии	Овогонии
Гаметоциты делятся путем мейоза	Сперматоциты I и Сперматоциты II порядка	Ооциты I и Ооциты II порядка
Из первичного гаметоцита образуются	Четыре сперматиды без жгутика	Одна яйцеклетка и три полярных тельца
Формирование, созревание	Четыре сперматозоида	Одна яйцеклетка
Накопление желтка	Отсутствует	Имеется
Относительные размеры	55–70 мкм, подвижные, со жгутиком	130–170 мкм, неподвижные, округлые

Таким образом, овогенез включает три периода: размножение, рост и созревание. Яйцеклетки – самые крупные клетки млекопитающих, неподвижные, имеют шарообразную форму, содержат ядро, цитоплазму и все клеточные органеллы. Яйцеклетка содержит питательные вещества, желток, необходимые для питания зародыша.

По характеру распределения желтка в цитоплазме различают следующие типы яйцеклеток: алецитальное – желтка очень мало (характерен для человека); изолецитальное – желтка немного, распределен равномерно (низшие хордовые, иглокожие, млекопитающие); телolecитальное – желтка много в цитоплазме (птицы, земноводные, рептилии); центролецитальное – желток находится по центру (насекомые).

4.5. Мейоз


Мейоз – это форма деления клеток, протекающая уменьшением числа хромосом, при котором из одной диплоидной ($2n$) клетки образуется четыре гаплоидные (n) клетки. В. Флеминг (1882) впервые описал мейоз в животных клетках, Э. Страсбургер (1888) – в клетках растений.

Мейоз включает два деления: первое – редукционное (с уменьшением числа хромосом) и второе – эквационное (с уравнением числа хромосом).


Процессу мейоз также предшествует интерфаза, при котором происходит однократное удвоение хромосом – репликация ДНК. К концу интерфазы материнская клетка приобретает формулу ($2n4c$), т.е. на две гомологичные хромосомы ($2n$) приходится четыре хроматиды ($4c$). Мейоз как непрерывный процесс можно разделить на стадии мейоза: **профазы, метафазы, анафазы и телофазы** (таблица 11).

Таблица 11 – Краткая характеристика стадий мейоза

Фаза мейоза, набор хромосом (n – хромосомы, c – ДНК)	Рисунок	Характеристика фазы, расположение хромосом
МЕЙОЗ I		
Профаза I $2n4c$		Распадение ядерных мембран, расхождение центриолей к разным полюсам клетки, формирование нитей веретена деления, «исчезновение» ядрышек, конденсация двуххроматидных хромосом
Мейоз I начинается с профазы и состоит из пяти подстадий:		
Лептотена	Происходит спирализация и уплотнение хромосом. Появляются тонкие, одиночно перекрученные нити хромосом	

Фаза мейоза, набор хромосом (n – хромосомы, c – ДНК)	Рисунок	Характеристика фазы, расположение хромосом
Зиготена		Протекает очень важный процесс – прилипание отдельных участков гомологичных хромосом, после соединения идет по всей длине. Две соединенные хромосомы называются бивалентом, который состоит из четырех хроматид
Пахитена		В нем происходит утолщение и укорочение хромосом в биваленте. Соединение хромосом на этой стадии обеспечивает самый главный процесс, называемый кроссинговером, делающим возможным образование новых комбинаций отцовских и материнских генов в половых клетках
Диплотена		Стадия отталкивания друг от друга гомологичных хромосом от центра бивалента. Хорошо видны участки перекрещенных хромосом, называемых хиазмами. К концу этой стадии биваленты раскручиваются и происходит перемещение хиазм к концам
Диакинез		Происходит спирализация, утолщение и укорочение хромосом. Перемещенные хиазмы на концах исчезают, биваленты перемещаются к экватору. Ядерная мембрана и ядерная оболочка концу диакинеза растворяются
Метафаза 1 2n4c		Биваленты прикреплены центромерами к нитям веретена деления, центромеры гомологичных хромосом располагаются от плоскости экватора снизу и сверху

Фаза мейоза, набор хромосом (n – хромосомы, c – ДНК)	Рисунок	Характеристика фазы, расположение хромосом
Анафаза 1 2n4c		Происходит расхождение гомологичных хромосом к полюсам клетки. Биваленты разъединяются на две хромосомы. У полюсов клетки наблюдается комбинация отцовских и материнских хромосом
Телофаза 1 в обеих клетках по 1n2c		Формируются новые ядра, где произошла редукция или уменьшение числа хромосом. Набор хромосом становится гаплоидным и удвоенным, и в конце мейоза они деспирализуются.
МЕЙОЗ II		
Профаза 2 1n2c		Хромосомы спирализуются, исчезают ядерная оболочка и ядрышко. Формируется ахроматиновое веретено. Центриоли перемещаются к противоположенным полюсам клетки
Метафаза 2 1n2c		Хромосомы прикрепляются к нитям веретена деления в области центромеры, где формируется метафазная пластинка
Анафаза 2 2n2c		Происходит деление центромер и сестринские хроматиды расходятся к полюсам веретена деления, превращаясь в самостоятельные хромосомы

Фаза мейоза, набор хромосом (n – хромосомы, c – ДНК)	Рисунок	Характеристика фазы, расположение хромосом
Телофаза 2 в обеих клетках по 1n1c Всего 4 по 1n1c		В клетке происходит цитокинез. Формируются четыре клеточных ядра, каждое из которых содержит гаплоидный набор хромосом

Таким образом, мейоз (I) начинается с диплоидной клетки с удвоенным набором хромосом. В результате образуются две гаплоидные клетки с двойным набором ДНК.

А в результате мейоза (II) образуются четыре гаплоидные клетки с одинарным набором хромосом.

Отличие мейоза от митоза:

а) профазе мейоза (I) состоит из пяти стадий, в ней происходят важные процессы, связанные с конъюгацией гомологичных хромосом и кроссинговером;

б) функциональная единица митоза – хроматида, а мейоза – хромосома;

в) в мейозе (I) и в мейозе (II) происходит только однократное удвоение хромосом;

г) в митозе образуется две клетки с диплоидным набором хромосом, в мейозе образуется четыре клетки с гаплоидным набором хромосом.

Биологическое значение мейоза:

а) лежит в основе полового размножения и образования половых клеток у многоклеточных;

в) главное биологическое значение заключается в поддержании постоянства числа хромосом в поколениях организмов;

г) мейоз создает резерв генетической изменчивости благодаря рекомбинации генов при кроссинговере в профазе (I).

ТЕСТ – 4

1. В основе формирования органов и систем у многоклеточного организма лежит процесс:

- А) митоза;
- Б) амитоза;
- В) конъюгации;
- Г) мейоза;
- Д) оплодотворения.

2. Важный процесс во время митоза, благодаря которому образуются две дочерние клетки с равным материнскому набору хромосом, это:

- А) деление цитоплазмы;
- Б) деление мембраны;
- В) спирализация хромосом;
- Г) удвоение хромосом и их расхождение;
- Д) образование хроматид.

3. Путем митоза делятся только:

- А) половые клетки;
- Б) соматические клетки;
- В) клетки с любым набором хромосом;
- Г) полиплоидные клетки;
- Д) тетраплоидные клетки.

4. К амитозу, как к способу деления неполноценной клетки, не нуждающейся в сохранении генетической информации, не относятся:

- А) половые клетки;
- Б) клетки простейших;
- В) клетки растущего картофеля;
- Г) клетки печени;
- Д) клетки хряща.

5. Во время клеточного цикла, составляющего интерфазу и митоз, не происходит процесс:

- А) накопления различных веществ;
- Б) деления ядра;

- В) удвоения количества ДНК;
- Г) синтеза РНК и белков;
- Д) накопления энергии.

6. Самая продолжительная фаза митоза, где происходят сложные явления в цитоплазме и ядре, это:

- А) интерфаза;
- Б) профаза;
- В) метафаза;
- Г) анафаза;
- Д) телофаза.

7. Выстраивание хромосом по экватору происходит в:

- А) профазе;
- Б) метафазе;
- В) анафазе;
- Г) телофазе;
- Д) интерфазе.

8. Процесс, не являющийся функцией мейоза и заканчивающийся образованием:

- А) регенерация клеток;
- Б) образование гамет;
- В) гаплоидные клетки;
- Г) уменьшение числа клеток;
- Д) разовое удвоение хромосом.

9. К основным формам бесполого размножения не относится деление путем:

- А) митоза;
- Б) мейоза;
- В) почкования;
- Г) фрагментации;
- Д) спорообразования.

10. Вегетативное размножение свойственно только:

- А) простейшим;
- Б) кольчатым червям;
- В) растениям;

- Г) грибам;
- Д) бактериям.

11. Особой формой полового размножения многоклеточных организмов является партеногенез – как развитие из:

- А) оплодотворенных гамет;
- Б) зиготы;
- В) женских гамет;
- Г) мужских гамет;
- Д) гамет без оплодотворения.

12. В процессе сперматогенеза к первичным половым клеткам относят:

- А) овогонии;
- Б) сперматоциты;
- В) сперматогонии;
- Г) сперматиды;
- Д) сперматозоид.

13. В процессе овогенеза отсутствует период:

- А) деления митозом;
- Б) размножения;
- В) созревания;
- Г) формирования;
- Д) роста.

14. На стадии дифференцировки сперматиды имеют набор хромосом:

- А) $2n2c$;
- Б) $2n4c$;
- В) $n2c$;
- Г) $4(nc)$;
- Д) nc .

15. Сперматогенез не включает:

- А) рост;
- Б) размножение;
- В) созревание;
- Г) формирование;
- Д) оплодотворение.

16. В структуре сперматозоида отсутствуют:

- А) рибосомы;
- Б) головки;
- В) шейки;
- Г) жгутики;
- Д) митохондрии.

17. У организмов, размножающихся половым путем, в результате мейоза образуются:

- А) два дочерней клетки;
- Б) четыре дочерние клетки;
- В) восемь дочерних клеток;
- Г) одна дочерняя клетка;
- Д) три дочерние клетки.

18. Кроссинговер – это процесс, который приводит к:

- А) исчезновению признаков;
- Б) мутациям;
- В) изменчивости;
- Г) образованию новых комбинаций генов*;
- Д) соединению хромосом.

19. Кроссинговер протекает на стадии:

- А) лептонемы;
- Б) зиготены;
- В) пахитены;
- Г) диплотены;
- Д) диакинезе.

20. Количество хроматид остающихся в конце мейоза:

- А) 2;
- Б) 3;
- В) 4;
- Г) 1;
- Д) 2.

Вопросы для обсуждения

1. Перечислить, на каких уровнях организации живого происходит размножение организмов?
2. Охарактеризовать особенности бесполого размножения.
3. Что лежит в основе полового размножения?
4. Формы копуляции, возникшие в процессе эволюции.
5. Сходства и особенности отличия процесса овогенеза и сперматогенеза.

Ответы на вопросы для обсуждения: клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный, две идентичные клетки, изогамия, анизогамия, оогамия, наличие сходных трех стадий, в сперматогенезе имеется стадия формирования, из сперматоцита I порядка получается четыре половые клетки, из ооцита I порядка получается одна полноценная половая клетка (рисунок 9).

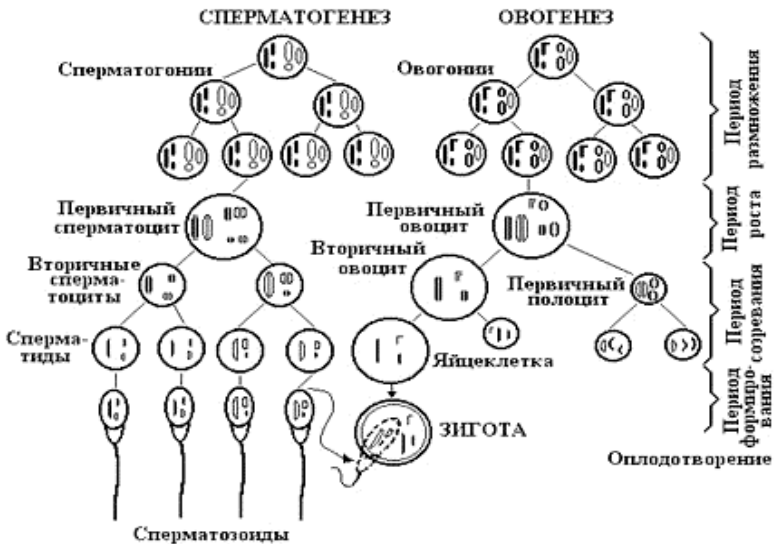


Рисунок 9 – Схема процесса гаметогенеза

5. ОНТОГЕНЕЗ – ПРОЦЕСС ИНДИВИДУАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗМА

Эмбриология – это наука о закономерностях эмбрионального развития зародыша. Термин «эмбриология» возник от греч. *embryo*, что означает «в оболочках». Эмбрион, или зародыш, – это организм, развивающийся под покровом яйцевых оболочек или внутри материнского организма в специализированном органе. В задачи эмбриологии входит изучение развития зародыша от момента оплодотворения до рождения (вылупления из яйцевых оболочек или выхода из материнского организма), а также изучение **прогенеза** – процесса образования мужских и женских половых клеток. **Онтогенез** – индивидуальное развитие многоклеточного организма с момента образования зиготы и до наступления смерти.

Способы индивидуального развития разнообразны. Различают два основных типа онтогенеза: прямой и непрямой.

5.1. История развития представлений об онтогенезе

Первые знания зародышей животных представлены метафизическими и идеалистическими взглядами. Это отражено в теориях преформизма (Гиппократ) и эпигенеза (Аристотель).

Согласно **теории преформизма**, в яйце находится полностью сформированный организм, а в ходе онтогенеза происходит количественное увеличение отдельных частей организма.

В основе теории эпигенеза лежат противоположенные представления о том, что растущий организм развивается из однородной бесструктурной массы.

Дальнейшее развитие эпигенетической теории связано с работами академика К.Ф. Волфа. В труде «Теория развития» 1759 года, изучая зародыш курицы, Вольф показал, что первоначально яйцо представляет собой однородную массу. Следует отметить,

что он впервые обратил внимание на существование зародышевых листков.

В 1828 году К. Бэр отметил безуспешность теории преформизма и эпигенеза. Он установил, что содержимое яйца неоднородно, и зародышевые листки имеются только в эмбриональном периоде у всех позвоночных животных.

Позднее в 1871 году русский палеонтолог В.О. Ковалевский выдвинул теорию *зародышевых листков*, доказывая сходство зародышевых листков у разных видов животных.

5.2. Индивидуальное развитие

Непрямой тип развития встречается у организмов, яйцеклетки которых не богаты желтком. Личинки таких животных проходят несколько личиночных стадий и ведут активный образ жизни, ведущий к метаморфозам (от греч. *metamorphosis* – превращение). Например, жабры у головастика лягушки. Непрямое развитие дает организмам значительное преимущества.

Прямой тип развития происходит без личиночной стадии и метаморфоза. Он протекает двумя путями: первый встречается у рыб, пресмыкающихся, птиц, а также беспозвоночных, яйца которых богаты желтком. Второй – эмбриональный или внутриутробный путь развития – характерен для высших млекопитающих и человека.

Неполный метаморфоз – вырождение нового организма из яйцевых оболочек, близкое по строению ко взрослому, но меньших размеров. Личинка интенсивно питается, растет, один раз линяет и сбрасывает хитинизированный покров, после превращается в нимфу. Новая мягкая кутикула расправляется, насекомое увеличивается и после нескольких линек достигает половой зрелости, превращаясь во взрослую особь – имаго. Такое развитие с неполным метаморфозом характерно для пауков, клещей, вшей, кузнечиков и клопов. **Полный метаморфоз** – личинки отличаются от взрослой особи. Рост личинки ведет к многократной линьке, затем к окукливанию и плавно переходит в имагинальную

стадию. С полным превращением развиваются комары, мухи, бабочки, пчелы, жуки и блохи.

Эмбриональное развитие начинается с момента оплодотворения и преобразования зиготы в многоклеточный организм и завершается выходом из яйцевых оболочек или рождением нового организма. В эмбриональном развитии различают стадии оплодотворения, дробления, гастрюляции, нейруляции и гистоорганогенеза (рисунок 10). **Оплодотворение** – слияние женских и мужских половых гамет, в результате которого образуется зигота. **Осеменение** – процесс соединения сперматозоидов с яйцеклеткой. Выделяют: наружное осеменение, когда сперматозоид и яйцеклетка выделяются в водную среду (рыбы, земноводные), где происходит их слияние. При внутреннем осеменении встречи гамет происходит внутри женского организма.

Дробление когда зигота вступает ряд последовательных митотических делений с образованием однослойного зародыша – бластулы. Центральная полость бластулы наполнена жидкостью и называется бластоцелем. В результате дробления образуются клетки с однослойной стенкой – бластомеры. Бластомеры не дифференцируются, но из него формируются тесно прилегающие друг другу клетки – морула. В моруле образуется полость – бластоцель. Наружный слой клетки называется бластодермой. Вслед за дроблением наступает следующая стадия эмбриогенеза – гастрюляция.

Гастрюляция – процесс образования из однослойного зародыша двух-трехслойной структуры, называемой гастрюлой. Гастрюляция происходит путем впячивания внутрь (инвагинации) одного участка стенки бластулы. Впяченный участок соприкасается с другой стенкой, образуя новую полость – гастроцель. Полость гастрюлы открывается в наружу – бластопором. Наружный слой стенки гастрюлы называется эктодермой; из него образуются кожа и нервная система. Внутренний слой, выстилающий полость, называется энтодермой; он превращается в пищеварительный тракт и органы: печень, легкие и поджелудочную железу. У всех многоклеточных между эктодермой и энтодермой формируется третий слой клеток – мезодерма. Мезодермальный слой,

примыкающий к эктодерме, дает начало мышцам стенки тела, а слой, связанный с энтодермой, дает начало мускулатуре пищеварительного тракта. Из мезодермы образуется скелет, выделительная, половая и кровеносная система.

Нейруляция. После завершения гастрюляции начинается этап эмбрионального развития – нейруляция, в ходе которой формируются осевые органы: нервная трубка, хорда, кишечная трубка, и начинается гисто-органогенез. Сначала происходит образование нервной трубки, которая закладывается на спинной стороне зародыша, и постепенно из спинной эктодермы образуется *нервная пластинка*. Вдоль этой нервной пластинки образуется *нервный желобок*. Боковые края желобка, переходя в нервные складки, смыкаются верхними краями, образуя полую *нервную трубку*. В ходе эмбрионального развития из каждого зародышевого листка развиваются определенные органы и системы органов, т.е. происходит гисто-органогенез.

Гисто-органогенез – процесс закладки и формирования тканей органов и систем органов в эмбриональном периоде в результате целого ряда последовательных этапов: размножения, миграции, роста клеток, межклеточных взаимодействий и гибели клеток.



Рисунок 10 – Стадии развития зародыша животного

5.3. Регенерация и трансплантация

Регенерация – это свойство организмов в ходе онтогенеза восстанавливать утраченные или поврежденные части тела. Различают регенерацию физиологическую и репаративную.

Физиологическая регенерация обеспечивает замены утраченных частей тела или числа клеток в процессе жизнедеятельности организма. Физиологическая регенерация свойственна всем живым организмам, особенно широко распространена в животном мире. Например, у членистоногих она представлена линькой, которая связана с ростом. У ящериц регенерация выражается в замещении хвоста и чешуи, у птиц – перьев, ногтей и шпор. У млекопитающих примером физиологической регенерации является обновление форменных элементов крови, ногтей, рост волос.

Репаративная регенерация – это свойство организма восстанавливать части тела после действия повреждающих факторов или восстановление нарушения целостности организма. Например, у просто устроенных организмов – кишечноротовых, кольчатых червей и некоторых других – способность восстанавливать утраченное, очень высока. У человека высокой регенеративной способностью обладают эпителиальная, соединительная, мышечная и костная ткани. Регенерация после травмы протекает путем заживления ран, благодаря усиленному клеточному размножению.

Трансплантация – пересадка какого-либо органа или ткани на новом месте. Например, пересаженными органами или трансплантатом могут быть почки, сердце, печень, легкие, костный мозг, стволовые клетки и волосы. Организмы, от которых берут материал для пересадки, являются донором, а организм, принимающий материал для пересаживания – реципиентом.

Виды трансплантации:

1) Ауто трансплантация – реципиент трансплантата является его донором для самого себя. Например, пересадка кожи с неповрежденных участков на места ожогов.

2) Изотрансплантация – донором трансплантата является 100 % генетически и иммунологически идентичные реципиенты.

3) Аллотрансплантация – донором трансплантата является иммунологически и генетически отличающийся человеческий организм.

4) Ксенотрансплантация – трансплантация органов от животного другого биологического вида.

ТЕСТ – 5

1. Онтогенез – процесс индивидуального развития организма от:

- А) зиготы до смерти;
- Б) половой клетки до полового размножения
- В) зиготы до дробления;
- Г) половой клетки до гастрюляции;
- Д) половой клетки до смерти.

2. Согласно теории преформизма, в яйце находится:

- А) не полностью сформированный организм;
- Б) полностью сформированный организм;
- В) количественно увеличенные части организма;
- Г) маленький организм;
- Д) недоразвитый зародыш.

3. В представлении теории эпигенеза лежит:

- А) бесструктурный организм;
- Б) организм из однородной массы;
- В) организм из однородной бесструктурной массы;
- Г) неоднородный бесструктурный организм;
- Д) структурированный организм.

4. Один из способов индивидуального развития – непрямой тип развития, встречается у организмов:

- А) с аллецитальным желтком;
- Б) умеренно телолецитальных;
- В) центролецитальных;
- Г) изолецитальных;
- Д) резко телолецитальных.

5. При неполном метаморфозе, из яйцевых оболочек выходит:

- А) куколка;
- Б) нимфа;
- В) имаго;
- Г) яйцо;
- Д) личинка.

6. Полный метаморфоз характеризуется отличием:

- А) личинки;
- Б) куколки;
- В) нимфы;
- Г) имаго;
- Д) взрослой особи.

7. В процесс эмбрионального развития не входит:

- А) оплодотворение;
- Б) осеменение;
- В) дробление;
- Г) гастрюляция;
- Д) нейруляция.

8. Процесс дробления включает ряд:

- А) непоследовательных митотических делений зиготы;
- Б) мейотических делений;
- В) последовательных митотических делений зиготы;
- Г) делений бластомеров;
- Д) дробления бластулы.

9. В результате дробления сначала формируется:

- А) бластула;
- Б) бластоцель;
- В) гастроцель;
- Г) морула;
- Д) бластодерма.

10. Гастрюляция – процесс образования из однослойного зародыша многослойного, который называется:

- А) бластулой;
- Б) зародышевыми листками;
- В) бластомерами;

- Г) бластопором;
- Д) гастролой.

11. Стадии эмбриогенеза:

А) зигота, дробления, гастрюляция, нейруляция, гисто-органогенез;

- Б) оплодотворение, осеменение, гастрюляция, нейруляция;
- В) дробления, гастрюляция, нейруляция, гисто-органогенез;
- Г) оплодотворение, осеменение, зигота, дробления;
- Д) зигота, оплодотворение, дробления, гастрюляция.

12. В онтогенезе из эктодермы формируется:

- А) пищеварительный тракт;
- Б) нервная система;
- В) эпителий легких;
- Г) половая система;
- Д) хорда.

13. Из внутреннего зародышевого листка формируются:

- А) эпидермис кожи;
- Б) органы чувств;
- В) поджелудочная, щитовидная железы;
- Г) кровеносная система;
- Д) скелет.

14. Из третьего зародышевого листка – мезодермы формируются:

- А) передний и задний отделы кишечника;
- Б) печень;
- В) эмаль зубов;
- Г) брюшина, перикард и хорда;
- Д) паращитовидная железа.

15. Первичная полость гастроцель формируется путем:

- А) эпиполии;
- Б) иммиграции;
- В) деляминации;
- Г) гастрюляции;
- Д) инвагинации.

16. Способ гастрюляции, в результате которого происходит расслоение бластулы:

- А) деляминация;
- Б) иммиграция;
- В) инвагинация;
- Г) эпиболия;
- Д) смешанный тип гастрюляции.

17. Формирование зародыша происходит в:

- А) онтогенезе;
- Б) эмбриогенезе;
- В) овогенезе;
- Г) гистогенезе;
- Д) филогенезе.

18. Завершающий этап эмбрионального развития:

- А) гастрюляция;
- Б) иммиграция;
- В) нейруляция;
- Г) гистогенез;
- Д) гисто-органогенез.

19. Процесс нейруляции не включает формирования:

- А) нервной трубки;
- Б) хорды;
- В) кожных покровов;
- Г) кишечной трубки;
- Д) гисто-органогенеза.

20. Наука, изучающее зародышевое развитие организмов:

- А) микробиология;
- Б) физиология;
- В) генетика;
- Г) эмбриология;
- Д) гистология.

Вопросы для обсуждения

1. Наука, изучающая период индивидуального развития, который начинается оплодотворением и заканчивается (у млекопитающих и человека) рождением плода – это..?
2. Какими качественными и количественными особенностями характеризуется процесс эмбрионального развития позвоночных?
3. Как называется зародыш, не имеющей полости?
4. Объяснить фазы гастрюляции. На какой фазе идет развитие зародышевых листков?
5. Какие внезародышевые органы предшествуют возникновению тела зародыша, необходимы для развития эмбриона?

Ответы на вопросы для обсуждения: эмбриология, рост, развитие и увеличение массы тела, бластула, гастрюляция, амнион, серозная оболочка, желточный мешок, аллантоис.

6. ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ

Генетика – наука, изучающая наследственность и изменчивость организмов. Бесконечное разнообразие видов растений, животных и микроорганизмов поддерживается тем, что каждый вид сохраняет в ряду поколений характерные для него черты. Основные признаки передачи наследственных признаков были установлены на растительных и животных организмах. При этом живые существа индивидуальны: все люди разные, все животные чем-то отличаются друг от друга, так же, как и колоски пшеницы. Два эти важнейших свойства живых существ – быть похожими на своих родителей и отличаться от них – и составляют суть понятий «наследственность» и «изменчивость». Основоположником является чешский естествоиспытатель Грегор Мендель (1822–1884) (таблица 12).

Таблица 12 – Основные понятия и термины генетики

Наименование	Определение основных понятий генетики
Наследственность	Свойство живых систем передавать из поколения в поколение особенности индивидуального развития и изменение признаков в определенных условиях среды
Изменчивость	Способность организмов приобретать новые признаки и свойства. Материальными носителями наследственной информации являются гены
Ген	Участок молекулы ДНК, в котором содержится информация о структуре белка
Генотип	Совокупность генов диплоидного набора хромосом по данному признаку у организма
Фенотип	Совокупность признаков и свойств или реализация генотипа на внешнем уровне в определенных условиях у организма
Геном	Совокупность всех генов организма или определенного вида организмов. Общая длина генома человека примерно равна 1 500 000 пар нуклеотидных оснований с гаплоидным набором молекулы ДНК

Наименование	Определение основных понятий генетики
Аллельные гены	Одинаковые или альтернативные (разные) варианты определенного гена
Альтернативные признаки	Различное внешнее проявление одного и того же признака
Локус	Участок хромосомы или местоположение конкретного гена
Гомозигота	Диплоидный организм или клетка, несущая одинаковые аллели в гомологичных хромосомах
Гетерозигота	Сочетание разных аллелей (Аа, Вв)
Доминантный признак	Доминирующий или преобладающий признак, проявляющийся как в гомозиготном, так и в гетерозиготном состоянии (АА, Аа). Признак, преобладающий у большинства природной популяции. Проявляется у гибридов в первом поколении в результате скрещивания двух альтернативных форм. Проявляется у гетерозигот
Рецессивный признак	Подавляемый или отступающий признак, проявляющийся только в гомозиготном состоянии (аа)
Моногибридное скрещивание	Скрещивание особей по одной паре альтернативных признаков
Дигибридное или полигибридное скрещивание	Скрещивание форм, различных по двум или более альтернативным признакам
Чистые линии	Особи с гомозиготными генотипами, не дающие расщепления и образующие только один тип гамет
Генетические знаки	Р – родители ; ♂ – мужской организм; ♀ – женский организм, F ₁ , F ₂ – гибриды первого и второго поколения соответственно

6.1. Закономерности наследования при моногибридном и полигибридном скрещиваниях

Основные закономерности наследования признаков в поколениях были открыты чешским исследователем Г. Менделем

в опытах на горохе. В своих исследованиях Мендель использовал гибридологический метод, все эксперименты проводил только с чистыми линиями. Чистыми линиями часто называют сорта растений, дающих при самоопылении генетически идентичное и морфологически сходное потомство.

Моногибридное скрещивание – скрещивание чистых линий гороха по одной паре альтернативных признаков (желтые и зеленые семена), все гибриды первого поколения имели одинаковый признак. Отсюда следует **первый закон Менделя – закон единообразия или доминирования гибридов первого поколения.**

Схема записи скрещивания первого закона Менделя

P°: (родители)	Желтые (AA)	Зеленые (aa)
G°: (гаметы)	A	a
F ₁ °: (первое поколение)	(Aa) (все растения имели желтые семена)	

Второй закон Менделя – закон расщепления или гипотеза «чистоты» гамет. Затем Г. Мендель скрестил гибридов первого поколения между собой и в потомстве обнаружил расщепление. В потомстве появились новые признаки, отличающиеся от родительских форм. При скрещивании гетерозиготных особей по одной паре альтернативных признаков во втором поколении наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 3:1 и по генотипу 1:2:1.

Схема записи скрещивания второго закона Менделя

P: F ₁ :	Aa желтые	Aa желтые
G:	A; a	A; a
F ₂ :	AA; Aa; Aa; aa (75 % растений имеют доминантный признак, 25 % – рецессивный)	

Особи, имеющие доминантный аллель AA и Aa, имели желтую окраску семян. Особи, имеющие рецессивный аллель, имели зеленую окраску семян. В 1902 году У. Бэтсон предложил цито-

логическое обоснование второму закону Г. Менделя. Он показал, что в результате мейоза образуются гаплоидные гаметы, в которых присутствует только один аллель из пары альтернативных аллелей.

На основании проведенных исследований, Бэтсон выдвинул гипотезу «чистоты» гамет: аллели, находящиеся в гетерозиготном состоянии, не смешиваются и передаются в чистом виде.

После изучения наследования по одному признаку, Г. Мендель решил усложнить свои опыты и исследовал характер наследования по двум и более признакам одновременно.

В следующих опытах Мендель перекрестно опылил горох, имевший желтые и гладкие семена (AABB), и растение с зелеными и морщинистыми семенами (aabb). При скрещивании чистых линий в результате все гибриды первого поколения были желтые гладкие.

P: ♀ AABB – желтые гладкие

♂ aabb – зеленые морщинистые

G: AB; ab

F₁: AaBb – желтые гладкие

Каждый из гибридов первого поколения образует четыре типа гамет (AB, Ab, aB, ab). Это связано с независимым расхождением негомологичных хромосом в процессе мейоза в разные гаметы. Сочетание гамет при случайном оплодотворении приводит к независимому распределению аллельных генов среди зигот. При скрещивании дигетерозигот во втором поколении появилось расщепление по фенотипу **9:3:3:1**.

Генотипы: 1:AABB, 2:AaBB; 2:AABb, 4:AaBb; 1:AAbb, 2:Aabb; 1:aaBB, 2:aaBb; 1:aabb.

Фенотипы: 9/16 были желтыми горошинами, 3/16 желтыми морщинистыми горошинами, 3/16 гладкими зелеными горошинами, 1/16 морщинистыми зелеными горошинами.

Отсюда следует **третий закон Менделя** – закон независимого наследования и комбинирования при скрещивании гомозиготных организмов, анализируемых по двум и более парам

альтернативных признаков, во втором поколении наблюдается независимое наследование и комбинирование признаков.

Изложенные выше законы Менделя проиллюстрированы на основе простого и ясного взаимоотношения между генами и признаками. Опыты Менделя показали, что аллельные гены при скрещивании не сливаются друг с другом, не изменяются, а сохраняют свои свойства при наследовании из поколения в поколение (рисунок 11).

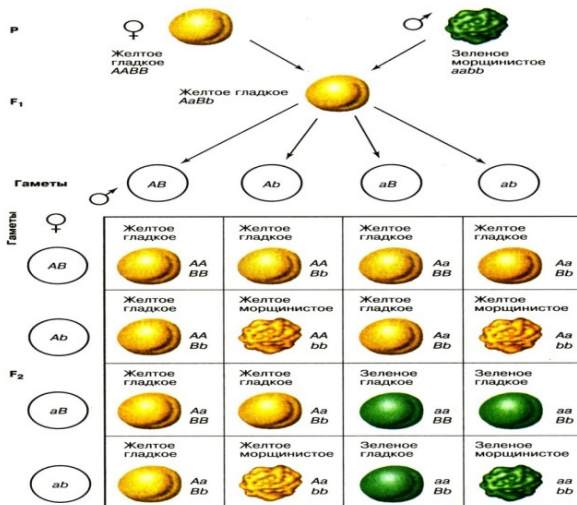


Рисунок 11 – Схема записи скрещивания третьего закона Менделя

Анализирующее скрещивание (тест-кросс-испытание).

Скрещивание гибридной особи с особью-«анализатором», гомозиготной по рецессивным аллелям. На практике, в селекции растений и животных для установления генотипа, родительскую особь, проявляющую доминантные признаки (**АА, Аа**), скрещивают с рецессивной (**аа**) гомозиготной особью. Если анализируемая особь окажется гомозиготной, то в этом случае повторяется правило единообразия гибридов первого поколения.

Р : ♀ **АА** x ♂ **аа**

G: **А а**

F₁: **Аа, Аа, Аа, Аа** – **100 % единообразие.**

Если анализируемая особь гетерозиготна, то произойдет расщепление.

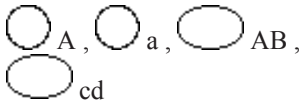
P: ♀ Aa x ♂ aa

G: A a a

F₁: Aa, Aa, aa, aa – 50 % – Aa; 50 % – aa расщепление 2:2.

При оформлении задач необходимо уметь пользоваться символами, принятыми в традиционной генетике и приведенными в таблице 13.

Таблица 13 – Основные общепринятые символы и знаки генетики

Символы и знаки	Определение
♀ и ♂	Женская и мужская особь
×	Знак скрещивания
P	Родительские особи
F ₁ , F ₂	Организмы первого и второго поколения
A, B, C...	Доминантные аллели или гены, кодирующие доминантные признаки
a, b, c...	Рецессивные аллели или аллельные гены, кодирующие рецессивные признаки
AA, BB, CC...	Генотипы особей, гомозиготных по доминантному аллелю
Aa, Bb, Cc...	Генотипы гетерозиготных особей
aa, bb, cc...	Генотипы рецессивных особей
AaBb, AaBbCc	Генотипы ди- и три гетерозигот
	Гаметы

Пример решения и оформления задач

У человека альбинизм – аутомосомный рецессивный признак. Мужчина альбинос женился на женщине с нормальной пигментацией. У них родилось двое детей – нормальный и альбинос. Определить генотипы всех указанных членов семьи.

Решение:

A – аллель, определяющий нормальную пигментацию;

a – аллель, определяющий альбинизм.

Запись схемы брака по фенотипам

P	♀	×	♂
	нормальная пигментация		альбинос
F ₁	♀		♂
	альбинос (aa)		нормальная пигментация (Aa)

Выяснение и запись генотипов по условию задачи:

1. Генотип особи с рецессивным признаком известен – **aa**.

2. Особь с доминантным признаком может иметь генотип **AA**

или **Aa**:

P	♀ A* норма	×	♂ aa альбинос
F ₁	aa альбинос		A* норма

Определение генотипов организмов по генотипам родителей и потомков:

1. Генотип мужчины и ребенка альбиносов – **aa**, так как оба они несут рецессивный признак;
2. Так как женщина и здоровый ребенок содержат в генотипе доминантный аллель, **A** – доминантный признак;
3. Генотип ребенка с нормальной пигментацией – **Aa**, поскольку его отец гомозиготен по рецессиву (**aa**) и мог передать ему только ген **a**;
4. Один из детей имеет генотип **aa**. Один аллельный ген ребенок получает от матери, а другой от отца. Согласно I закону Менделя, мать должна нести также рецессивный ген **a**. Значит, ее генотип – гетерозиготный (**Aa**).

Запись решений генотипов и схемы

P	♀ Aa норма	×	♂ aa альбинос
Гаметы	○ A ○ a		○ a
F ₁	aa альбинос 50 %		Aa норма 50 %

Ответ: Генотип мужа – **aa**, жены – **Aa**, ребенка с нормальной пигментацией – **Aa**, ребенка-альбиноса – **aa**.

Пример решение задачи на дигибридное скрещивание

Условие: У человека ген карих глаз доминирует над голубым, а умение владеть преимущественно правой рукой над леворукостью. Обе пары генов расположены в разных хромосомах. Голубоглазый правша-мужчина, отец которого был левшой, женился на кареглазой левше-женщине, где все члены семьи в течение нескольких поколений имели карие глаза. Какое потомство следует ожидать от этого брака?

Дано:

A – ген карих глаз
a – ген голубых глаз
B – ген праворукости
b – ген леворукости
♂: **aaBb**
♀: **AaBb**

Решение:

P: ♂ **aaBb** × ♀ **AaBb**
G: **aB**, **ab** **Ab**
F₁: **AaBb**; **Aabb**
AaBb-кареглазый правша – 50%
Aabb-кареглазый левша – 50%

Найти: F₁ – ?

Объяснение задачи: нам нужно пользоваться для обозначения генотипов этих признаков двумя разными буквами алфавита. Как всегда, обозначим большими буквами **доминантные** признаки, и маленькими буквами – **рецессивные**. Следовательно, карие глаза – **A**, голубые глаза – **a** преимущественное владение правой

6.2. Взаимодействие генов

После вторичного открытия законов Менделя было обнаружено существование других форм взаимоотношений между генами. Установлено, что гены в одном организме не существуют независимо, а могут оказывать определенное влияние друг на друга, взаимодействуя, приводить к изменению проявления признаков.

Различают следующие основные виды взаимодействия аллельных генов: *полное доминирование, неполное доминирование, кодоминирование, сверх доминирование и аллельное исключение.*

Полное доминирование – взаимодействие, при котором доминантный аллель полностью подавляет рецессивный, имеет одинаковое фенотипическое проявление как у гомозиготных (AA), так и у гетерозиготных (Aa) организмов, данное проявление признака соответствует законам Менделя. Например, наследование окраски семян гороха (100 % желтый цвет).

Неполное доминирование проявляется тогда, когда доминантный аллель неполностью подавляет рецессивный, поэтому гетерозиготы имеют промежуточный признак. Например, при наследовании окраски цветков ночной красавицы особи с генотипом AA – имеют красные цветы, Aa – розовые цветы, aa – белые цветы.

Кодоминирование – это взаимодействие двух доминантных аллелей одного гена; в сочетании проявляются, как новый вариант признака. Например, два доминантных аллеля (I^A и I^B) в сочетании формируют новый вариант группы крови (IV группу крови $I^A I^B$).

Во взаимодействии неаллельных генов различают: *комплементарность, эпистаз, полимерию, плейотропию.*

Комплементарность – это такой тип взаимодействия генов, при котором за формирование признака отвечают несколько неаллельных генов (AAвв, ааВВ). Только совместное сочетание доминантных и рецессивных аллелей могут изменять фенотипическое проявление признака. Например, комплементарное действие проявляется при скрещивании двух белых форм растений, в потомстве которых появляются окрашенные формы. Окраска

цветов проявляется при взаимодействии доминантных неаллельных генов А и В.

P: ♀ **AAвв** × ♂ **aaBB** (белые цветы)


G: **Av aB**

F₁: **AaBb** – красные цветы

При скрещивании двух гетерозигот первого поколения с красными цветами, из (16) комбинаций (9) будут иметь красные цветы, а (7) – белые цветы.









Генотип исходных растений известен по условию задачи. Они гомозиготны и будут давать один тип гамет, которые можно объединить единственным образом. Потомство F₁ будет единообразно по генотипу (AaBb) и фенотипу (красные цветы):

Схема скрещивания

P	♀ AAвв белый	×	♂ aaBB белый
Гаметы	 Av		 aB
F ₁	AaBb красные 100%		

Дигетерозиготные потомки F₁ будут давать по 4 типа гамет, которые могут комбинироваться 16-ю способами. Построив решетку Пеннета, можно убедиться, что организмов, одновременно имеющих доминантные гены А и В (красные цветы), будет примерно 9/16. То есть, в F₂ будет наблюдаться расщепление по цвету в пропорции 9:7.

Схема скрещивания

F ₁	♀ AaBb красный	×	♂ AaBb красный
Гаметы	 AB  Av  aB  av		 AB  Av  aB  av
F ₂	A*B* красный 9/16		AAвв* aaBB* aавв белый 7/16

Ответ: В F_1 все потомство будет единообразным и будет иметь красную окраску цветов. В F_2 9/16 растений будут иметь красные, а 7/16 – белые цветы.

Эпистаз – это взаимодействия разных неаллельных генов, при котором аллель одного гена в доминантном или рецессивном состоянии подавляет проявления аллеля другого гена. Различают доминантный и рецессивный эпистаз. Доминантный эпистаз выражается в подавлении одной формы доминантного аллельного гена другим аллелем другого доминантного действия гена.

Например, наследование масти лошадей, когда скрещивание гомозиготных серых лошадей с рыжими дает в F_1 только серых.

При скрещивании дигетерозигот в F_2 образуются 12 серых, 3 вороных, 1 рыжая фенотипические группы. Рецессивный эпистаз выражается когда рецессивный аллель гена в гомозиготном состоянии, подавляет доминантный аллель **гипостатического** гена (ричунок 12).

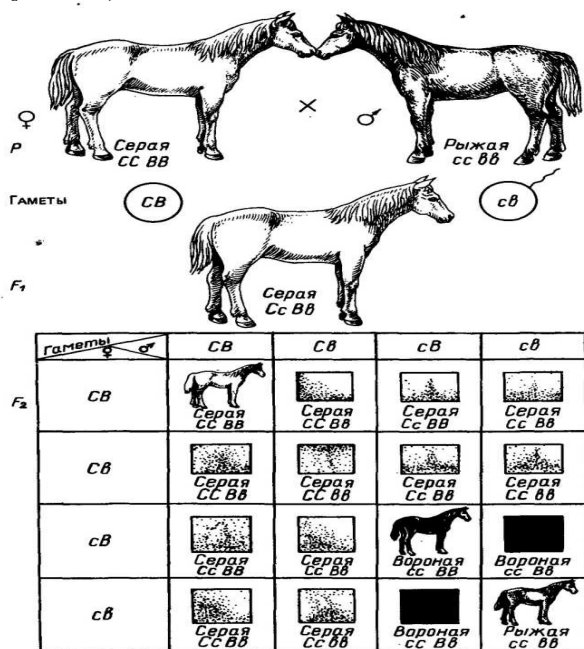


Рисунок 12 – Наследование масти лошадей

При действии эпистаза во многих случаях проявление одного гена маскируется действием другого, находящегося в другом локусе. *Эпистатический ген* маскирует или предотвращает выражение *гипостатического гена*. Например, ген белой масти у лошадей является эпистатическим по отношению к многим генам, определяющим любую другую окраску и ее распределение. При наличии соответствующего фактора никакая окраска, кроме белой, проявиться не может.

Полимерия – это взаимодействие неаллельных генов, при котором количество доминантных аллелей разных генов влияет на степень проявления одного признака. Типы полимерии:

1) При некумулятивной полимерии признак проявляется независимо от числа доминантных генов в генотипе.

Например: наследования оперения у кур.

P: ♀ $A_1A_1A_2A_2$ x ♂ $a_1a_1a_2a_2$

оперен. не оперен.

F₁: ♀ $A_1a_1A_2a_2$ x ♂ $A_1a_1A_2a_2$

оперен. оперен.

F₂: (9 : A_1A_2 + 3 F₁ : $A_1a_2a_2$ + 3 : $a_1a_1A_2$) : 1 $a_1a_1a_2a_2$

15 оперен. 1 не оперен.

2) При кумулятивной полимерии степень проявления признака зависит от числа доминантных генов. Например, степень пигментации кожи обусловлена 4 доминантными аллелями P1, P2, P3, P4 (у негров). По мере убывания доминантного аллеля интенсивность пигментации снижается, а отсутствие доминантного аллеля обуславливает светлую кожу p1, p2, p3, p4 (у европейцев).

Например: наследования пигментации кожи (у негров).

P: ♀ $A_1A_1A_2A_2$ x ♂ $a_1a_1a_2a_2$

темный белый

F₁: ♀ $A_1a_1A_2a_2$ x ♂ $A_1a_1A_2a_2$

мулат мулат

F₂: 1 $A_1A_1A_2A_2$: 4 $A_1a_1A_2A_2$: 6 $A_1a_1A_2a_2$: 4 $A_1a_1a_2a_2$: 1 $a_1a_1a_2a_2$

$A_1A_1A_2a_2$ $A_1A_1a_2a_2$ $a_1a_1A_2A_2$ $a_1a_1A_2a_2$

темный = темный > св. мулат > св. мулат > белый

(4A) (3A) (2A) (1A) (0)



Плейотропия – взаимодействие одного того же гена на несколько признаков и свойств. Ген может действовать на различные признаки не в равной степени, как сильное влияние на один признак и более слабое влияние на другие признаки. Например, у человека встречается ген, определяющий одновременно развитие дефекта ногтей и коленной чашечки. В основе плейотропного действия генов лежит его раннее проявление в онтогенезе.

Примеры задач на группы крови

1. У двух родителей с **I** группой крови может быть ребенок только с **I** группой.
2. От брака человека с **IV** группой крови с лицом, имеющим любую группу, не может родиться ребенок с **I** группой.
3. От брака людей, имеющих **I** и **II** группы крови, не может родиться ребенок с **III** или **IV** группами крови.
4. У кроликов аллели дикой окраски **C**, гималайской окраски **C*** и альбинизма **C**** составляют серию множественных аллелей, доминирующих в нисходящем порядке (т.е. аллель **C** доминирует над двумя другими, а аллель **C*** доминирует над аллелем **C****). Какие следует провести скрещивания, чтобы определить генотип кролика с диким видом окраски?

Схемы скрещивания:

1 вариант

Р:	♀ СС	×	♂ C*C
Фенотипы	дикая окраска		альбинос
Гаметы:	C		C*C
F ₁ :	СС* дикая окраска 100%		

2 вариант

P	♀CC* дикая окраска	×	♂C*C** альбинос
гаметы	C C*		C*
F ₁	CC* дикая окраска 50 %		C*C** гималайская окраска 50 %

3 вариант

P	♀CC* дикая окраска	×	♂C*C** альбинос
гаметы	C C*		C* C**
F ₁	C*C дикая окраска 50 %		C*C** альбинос 50 %

6.3. Цитологические основы наследственности

Хромосома – это структурный элемент клеточного ядра, определенного размера, состоящий из ДНК. Название хромосома произошло из-за способности окрашиваться основными красителями (*chroma* – цвет, *soma* – тело; *chromosoma* – окрашенное тело). Термин ввел В. Вольдеер (1888).

Хромосомы являются основными носителями наследственной информации, передаваемой из поколения в поколение у всех живых организмов и у человека. Главная функция хромосом – это самоудвоение, точное распределение по дочерним клеткам и передача наследственной информации. Они состоят из двух палочкообразных, идентичных телец – хроматид. Все хромосомы имеют **центромеру** или первичную перетяжку, два плеча и две **теломеры** – концевые участки, на некоторых хромосомах имеются вторичные перетяжки и спутники. Центромера как важная часть хромосомы определяет его движение и имеет сложное строение. Концевые участки хромосом – это теломеры, они препятствуют слипанию концов хромосом во время репликации и тем самым сохраняют их целостность. В зависимо-

сти от расположения центromеры различают четыре типа хромосом (рисунок 13):

- **метацентрические** – плечи имеют одинаковую длину, центromера расположена по середине;
- **субметацентрические** – плечи разной длины, центromера сдвинута к одному концу хромосом;
- **ацентрические** – плечи очень короткие, такие хромосомы визуально определяется своими размерами;
- **телоцентрические** – у человека они отсутствуют.

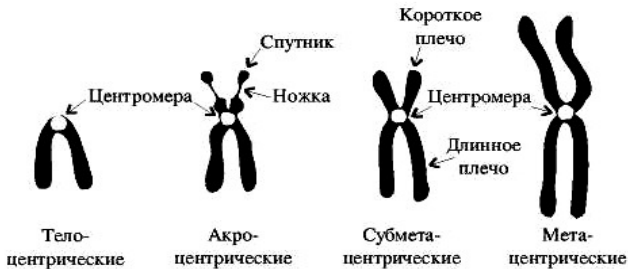


Рисунок 13 – Типы хромосом

Некоторые хромосомы близко к концу имеют вторичные перетяжки-спутники, которые соединяют остальную часть тонкой нитью хроматина. Хроматин состоит из молекул ДНК, связанных с белками.

В течение жизненного цикла клетки хромосомы подвергаются изменениям, и поэтому основные сведения о строении хромосом были получены во время митоза.

Кариотип – это диплоидный 46 (2n) набор хромосом, который имеет каждый организм, определяется числом, размерами, структурой. Термин ввел Г.А. Левитский (1924). Кариотип человека характеризует конкретный организм – это паспорт вида (рисунок 14).

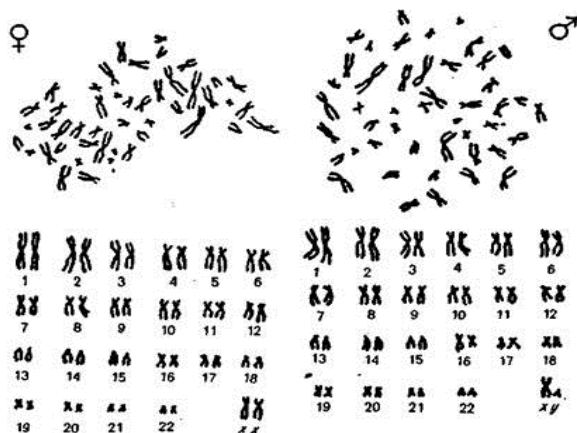


Рисунок 14 – Нормальный кариотип женщины и мужчины

Кариотип индивида формируется в момент слияния половых гамет и имеет ряд свойств: 1) парность хромосом; 2) индивидуальность; 3) постоянство чисел; 4) непрерывность, каждая «хромосома из хромосомы».

Количество хромосом в кариотипе не зависит от уровня организации. Например, примитивный организм радиоларии в своих клетках имеет 1000–1600 хромосом, клетки шимпанзе – 48, человека – 46, картофеля – 48, дрозофила – 8.

Наследственная информация организма линейно упорядочена по отдельным хромосомам, и представлена 24 разными хромосомами – 22 пары аутосом, X- и Y-хромосомы. Хромосомы, имеющие одинаковый порядок генов, называют гомологичными, негомологичные хромосомы имеют разное строение и разный набор генов.

Хромосомы выполняют важную функцию основного генетического материала клетки, т.е. контроль над всеми процессами жизнедеятельности.

Для нормального развития необходимы гены полного набора хромосом.

6.4. Определение пола

Пол – важная фенотипическая характеристика особи, включающая ряд признаков и свойств организма, обеспечивающих воспроизведение потомства и передачу наследственной информации.

Было выявлено, что субметацентрическая, большая хромосома (X) и акроцентрическая, маленькая хромосома (Y) определяют пол организма и содержат большинство генов, формирующих половые признаки.

У большинства видов соотношение полов сводится 1:1, что может быть обусловлено образованием двух типов гамет.

Гомогаметный пол – гаметы одного типа, XX – обозначаются как женские половые хромосомы.

Гетерогаметный пол – гаметы разного типа, XY – обозначаются как мужские половые хромосомы.

В природе существует несколько механизмов определения пола.

Прогамное – пол зиготы предопределяется в процессе созревания яйцеклеток (тли, коловратки, кольчецоносцы). **Сингамное** – пол определяется в момент слияния гамет, в процессе оплодотворения (птицы, рыбы, млекопитающие). **Эпигамное** – определение пола происходит после оплодотворения в процессе онтогенеза и зависит от внешних факторов.

Классический пример эпигамного определения пола – морской червь *Bonellia viridis*. Самки крупнее, а самцы мелкие и ведут паразитический образ жизни в половых путях самок. Если личинка прикрепляется ко дну водоема, то из нее развиваются самки, если к хоботку самки, то самцы.

Эусингамный – пол гаплоидного типа, широко распространен у пчел, ос, муравьев. У этих животных половые хромосомы отсутствуют. Из неоплодотворенных гаплоидных (n) яиц развиваются самцы, из оплодотворенных диплоидных (2n) яиц развиваются самки.

Признаки полового диморфизма указывают на различие:

1. *Морфофизиологический* – различие по половым органам, строению волос и характеру оволосения, развитию молочных желез и мускулатуры, распределению жировой ткани и т.д.;
2. *Генетический* – различие по половым хромосомам;
3. *Эндокринный* – различие по половым гормонам (эстро-, андрогены);
4. *Поведенческий* – различие поведенческих аспектов.

Различают 5 типов хромосомного определения пола:

1. ♀ XX x ♂ XO – у прямокрылых насекомых Y-хромосомы нет, генотип самца – XO;
2. ♀ XX x ♂ XY – у дрозофилы, млекопитающих (человека);
3. ♀ XY x ♂ XX – у птиц, бабочек, рептилий: гетерогаметный пол – женский, а гомогаметный – мужской;
4. ♀ XO x ♂ XX – у тли;
5. Гаплоидно-диплоидный тип – у пчел: самцы развиваются из неоплодотворенных гаплоидных яйцеклеток, самки – из оплодотворенных диплоидных яйцеклеток.

Дифференциация пола – первичная дифференцировка пола у индивида связана с эмбриональным периодом развития, половые железы закладываются до 4–6-й недели и обеспечиваются только X-хромосомой, состоят из одинаковых зачатков независимо от пола будущего ребенка.

Формирование первичных половых гонад в половые железы и половые органы происходит до 12-й недели эмбрионального развития. При наличии Y-хромосомы и гена формируются семенники, при продуцировании гормона тестостерона дифференцируются внутренние и наружные половые органы по мужскому типу.

Если Y-хромосомы нет, то гены X-хромосомы и первичные гонады дифференцируются в яичники, при этом формируются женские внутренние и наружные половые органы.

6.5. Сцепление генов. Закон Т. Моргана

Основным доказательством хромосомной теории наследственности стали опыты Т. Моргана и его ученика А. Стертеванта в эксперименте на мухах-дрозофилах. Они учитывали две пары альтернативных признаков: серый (**B**) и черный (**b**) цвет тела и нормальные (**V**) и короткие (**v**) крылья. При скрещивании гомозиготных особей с серым цветом тела и нормальными крыльями с мухами с черным цветом тела и короткими крыльями получили единообразие гибридов первого поколения – мух с серым телом и нормальными крыльями, подтвердился I закон Менделя.

P:	♀ BBVV серый цвет тела нормальные крылья	×	♂ bbvv черный цвет тела короткие крылья
Гаметы	B V		b v
F ₁ :	BbVv – серый цвет тела и нормальные крылья		

Далее, проведено анализирующее скрещивание гибридов первого поколения с рецессивной гомозиготной самкой с дигетерозиготным самцом.

P:	F ₁ ♀ bbvv черный цвет тела нормальные крылья	×	F ₁ : ♂ BbVv черный цвет тела нормальные крылья
Гаметы	b v		B b V v
F ₂ :	BbVv – серый цвет тела и нормальные крылья – 50 % bbvv – черный цвет тела и короткие крылья – 50 %		

В эксперименте ожидали получить четыре разных фенотипа (третий закон Менделя) по 25 %, а получил два фенотипа (50 % каждого).

Вывод из эксперимента: поскольку у организмов генов много, а хромосом относительно мало, то следовательно, в каждой хромосоме содержится большое количество генов и *гены, локализованные в одной хромосоме, передаются сцепленно вместе.*

Гены, локализованные в одной хромосоме, передаются вместе и составляют одну группу сцепления. Группу сцепления составляют две гомологичные хромосомы, а количество групп сцепления соответствует гаплоидному числу хромосом (у человека 46 хромосом – 23 группы сцепления). *Если гены, локализованные в одной хромосоме, передаются всегда вместе, то такое сцепление называется полным.*

Однако, дальнейшая постановка эксперимента показала, что сцепление генов в некоторых случаях может нарушаться.

При скрещивании дигетерозиготной самки мухи-дрозофилы с рецессивным самцом результат был следующий:

P:	F_1 ♀ ♂ BbVv серый цвет тела нормальные крылья	×	F_1 : ♂ bbvv черный цвет тела короткие крылья
Гаметы	B b V v		b v
F_2 :	BbVV – серый цвет тела нормальные крылья – 41,5%; bbvv – черный цвет тела короткие крылья – 41,5 %; Bbvv – серый цвет тела короткие крылья – 8,5 %; bbVv – черный цвет тела нормальные крылья		

Предположение автором получения мух четырех фенотипов по 25 % не подтвердилось, а получили потомков четырех фенотипов в соотношении: 41,5 % – особей с серым телом и нормальными крыльями и с черным телом и короткими крыльями, 8,5 % – мух с серым телом и короткими крыльями и с черным

телом и нормальными крыльями. Было выяснено, что причиной появления хромосом с новыми комбинациями родительских генов является *кроссинговер*. Вы помните, что этот процесс происходит в профазе I мейоза и представляет собой обмен соответствующими участками между гомологичными хромосомами. Таким образом, *кроссинговер препятствует полному (абсолютному) сцеплению генов*. Гаметы, которые образуются в результате кроссинговера, и особи, которые развиваются при участии таких гамет, называются кроссоверными или рекомбинантными.

6.6. Основные положения теории Т. Моргана

1. Гены расположены в хромосомах линейно в определенных локусах и находящийся в них набор генов для каждой хромосомы является строго специфичным.
2. Гены, расположенные в одной хромосоме, могут передаваться вместе и образуют группу сцепления.
3. В процессе мейоза между гомологичными хромосомами происходит обмен участками – кроссинговер.
4. Расстояние между генами пропорционально проценту кроссинговера и выражается в морганидах (1 морганида = 1 %).

Таким образом, при сцепленном наследовании генов процессе мейоза образуются два варианта гамет: некроссоверные – идентичные родительским и кроссоверные – сочетанные гаметы обоих родителей в результате кроссинговера. В результате, доля некроссоверных гамет составляет 83 %, а кроссоверных гамет – 17 %.

Кроссинговер имеет огромное значение для эволюции, поскольку при рекомбинации аллелей могут возникать новые сочетания признаков, более благоприятных для существования вида в определенных условиях окружающей среды, которое имеет важное значения для успешной адаптации организмов (рисунки 15).

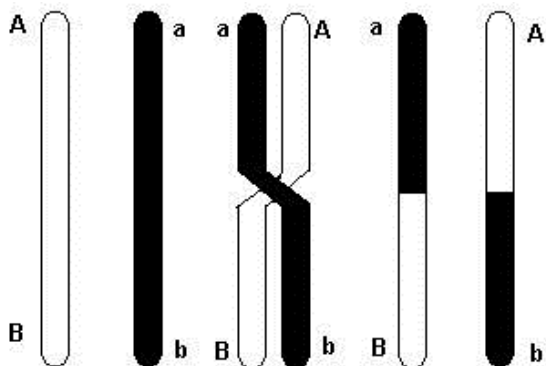


Рисунок 15 – Схема кроссинговера между гомологичными хромосомами

Хромосомные карты человека – это схема взаимного расположения генов, образующих одну группу сцепления, на определенном расстоянии. Расстояние между генами измеряется частотой кроссинговера выраженной в процентах. Единицей такого расстояния является 1 % кроссинговера, который в честь Т. Моргана получил название 1 морганида. Если частота рекомбинаций между генами равна 3 % кроссинговера т.е. 3 морганида, то обычно они передаются сцепленно. Если эта цифра равна 40 % кроссинговера, то это означает, что гены наследуются независимо друг от друга. Хромосомные карты строятся в зависимости от расстояния между генами.

Пример задачи на сцепление с полом

Генная гемофилия – неизлечимое наследственное заболевание, вызывающее нарушение свертываемости крови и поражающее детей мужского пола (девочки не болеют гемофилией, но являются носительницами гена гемофилии). У здорового человека при открытии кровотечения включается защитный механизм – кровь начинает сворачиваться, в результате чего образуется сгусток, который закрывает брешь в поврежденном сосуде. А у больного гемофилией кровь не сворачивается. Это означает,

что мальчик или мужчина, у которого диагностировано заболевание гемофилия, может умереть после обычной травмы, в результате которой открылось кровотечение.

Задача. Ген гемофилии сцеплен с полом и локализован в X-хромосоме.

Доминантным является нормальный признак, здоровый человек – (А), гемофилия – (а) проявляется у потомства F₁.

Схема скрещивания

P:	♀ X ^A X ^A норма		×	♂ X ^a Y гемофилия	
гаметы:	X ^A			X ^a Y	
F ₁ :	X ^A X ^a здоровые, но носители гена			X ^A Y здоровый	
F ₁ P:	♀ X ^A X ^a гетерозиготная носитель гена		×	♂ X ^a Y гемофилия	
Гаметы:	X ^A X ^a			X ^a Y	
F ₂ :	X ^A X ^a норма	X ^a X ^a гемофилия		X ^A Y норма	X ^a Y гемоф.
Ответ:	♀ и ♂ – 50 % – здоровые; ♀ и ♂ – 50 % – гемофилия				

Если назвать основные характеристики X-сцепленного рецессивного наследования, то они будут таковыми:

- обычно заболевание поражает мужчин;
- фенотипические здоровые женщины являются гетерозиготными носительницами;
- среди сыновей гетерозиготных матерей соотношение больных и здоровых составляет 1:1.

Такое наследование получило название **«крисс-кросс»** (крест-накрест) сыновья наследуют признак матери, а дочери – признак отца.

6.7. Изменчивость. Типы изменчивости

Изменчивость – важное свойство живых организмов, выражающееся в способности приобретать новые признаки. Различают два типа изменчивости: ненаследственную (модификационная) и наследственную (мутационная и комбинативная).

Модификационная изменчивость не приводит к изменениям генотипа, такие организмы изменчивости не наследуются и не выходят за пределы нормы. В основном, модификации проявляются при воздействии факторов окружающей среды – это среда обитания в различных географических зонах, характер питания, интенсивность солнечной радиации. Степень изменения ферментативных реакций организма определяется генотипом и обозначается нормой реакцией. Термин ввел И.И. Шмальгаузен XX веке. Модификационная изменчивость носит групповой или массовый характер, особи находящиеся в одинаковых условиях, приобретают сходные признаки.

Например: 1. Под действием ультрафиолетовых лучей у всех людей возникает загар – накопление в коже гранул пигмента меланина. 2. Листья одного и того же растения изменяют свою форму в зависимости от того, находятся они в темном лесу или в воде. Следовательно, модификации имеют приспособительное значение для адаптации и могут быть кратковременны, т.е. исчезают при устранении вызывающего фактора.

Внешние условия среды не всегда изменяют признаки организма. Такая способность выражается в узкой **норме реакции** (пластичный, например: цвет кожи, масса тела, уровень сахара в крови) либо в широкой норме реакции, (непластичный, например: цвет волос, цвет глаз, рост, группа крови и др.). Модификационная изменчивость многих признаков у растений, животных и человека подчиняется общим закономерностям и повышает приспособляемость организма к неблагоприятным условиям жизни.

Комбинативная изменчивость наследуется и является источником генетического разнообразия. Она возникает вследствие случайной рекомбинации аллелей в генотипе у потомков. Ком-

бинативная изменчивость обеспечивается новой комбинацией генов, т.е. перемешиванием у потомков генов, которые они получили от родителей.

Существуют следующие источники комбинативной изменчивости:

- рекомбинация генов при кроссинговере;
- независимое расхождение хроматид в мейозе;
- случайное сочетание хромосом при оплодотворении.

Мутационная изменчивость – наследственное изменение генотипа, обусловленное возникновением мутаций в половых клетках.

Термин мутация (от лат. *mutatio* – изменение) введен Г. де Фризом. Существует несколько классификаций мутационной изменчивости: генные, хромосомные и геномные мутации.

Генные мутации – нарушение последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК. Генные мутации изменяют структуры белков, заключающиеся в появлении новой последовательности аминокислот в полипептидной цепи, как следствие – изменения функциональной активности белковой молекулы.

Хромосомные мутации – это изменение структуры и числа хромосом. Это формы мутации, которые приводят к утрате (делеция) или к удвоению (дупликация) внутри хромосом отдельных ее фрагментов, поворот участка хромосом на 180 градусов (инверсия), обмен участками или присоединение участка одной хромосомы к другой хромосоме (транслокационная мутация).

Геномные мутации обусловлены нарушением нормального расхождения хромосом и изменением его числа в процессе мейоза. В результате первого и второго мейотических делений, неразделенные хромосомы двигаются к одному полюсу и формируют *гетероплоидии* (анеуплоидии) – увеличение или уменьшение числа хромосом какой-то одной пары. Если в мейозе I гомологичные хромосомы не разойдутся к различным полюсам клетки, то может образоваться два типа гамет:

- 1) с двумя гомологичными хромосомами;
- 2) с нехваткой гомологичной хромосомы.

При оплодотворении таких клеток гаметой с нормальным набором хромосом в зиготе может оказаться одна лишняя хромосома (трисомия – XXX), недостаток одной хромосомы (моносомия – XO).

Подобный случай нарушения генного баланса сопровождается нарушением развития хромосомных заболеваний, как при болезни Дауна у человека – присутствие в кариотипе трех хромосом 21-й пары.

У растений часто отмечается увеличение числа хромосом, кратное гаплоидному набору – полиплоидии. У высших растений полиплоидия обеспечивает надежность генетической системы, повышает жизнеспособность, плодовитость и другие жизненные свойства для обеспечения высокой продуктивности.

6.8. Методы изучения генетики человека

Медицинская генетика – изучает закономерности наследственности и изменчивости у человека при патологии, характер их наследования при распространении заболеваний среди людей в различных популяциях.

Цель медицинской генетики состоит в разработке новых методов диагностики лечения и профилактики наследственной патологии человека.

Задачей медицинской генетики является определение полной нуклеотидной последовательности ДНК генома человека и установление точной локализации генов в хромосомах.

Объект исследования генетики человека – человек. Для человека, как представителя животного мира, характерна биосоциальная сущность. Это характеризуется определенными анатомическими особенностями строениями, включающими различные физиологические и патологические процессы, протекающие в организме человека. Сущность человека в социуме определяют его сознание, поведение, культура и взаимосвязь с обществом.

Человек, связанный с биологической и социальными сущностями, является относительно «неудобным» объектом генетических исследований.

«Неудобные» особенности изучения генетики человека установлены следующими составляющими биологической сущности:

- в кариотипе много хромосом и генов (около 26 тыс.);
- низкая рождаемость в семье (2–3 ребенка);
- длительная смена поколений (25 лет) и невозможность прослеживания наследования признаков более чем в 2–3 поколениях;
- позднее половое созревание (для девочек 11–13 лет, для мальчиков 14–15 лет);
- большой генетический полиморфизм;
- невозможность создания условий для жизни потомства;
- невозможность создания браков для изучения генетических исследований;
- невозможность проведения экспериментов;
- необходимость учитывать различные особенности культуры, традиции и обычаи народов. Несмотря на все перечисленные трудности, генетика человека на сегодняшний день изучена лучше, чем генетика других организмов. При изучении генетики человека используют методы, представленные в таблице 14.

Таблица 14 – Основные методы генетики человека

Название метода	Сущность метода	Примеры использования
Клинико-генеалогический	Изучение родословной семьи за возможно большее число поколений. Позволяет установить характер наследования признаков, а именно: доминантный или рецессивный, аутомсомный или сцепленный с полом	Установлено наследование таких заболеваний, как гемофилия, дальтонизм и др.
Близнецовый	Изучение наследования признаков у однойцевых близнецов и влияния среды на фенотипическое проявление признаков	Этот метод демонстрирует, что формирование фенотипа человеческого организма есть результат действия генов и условий среды, в которой развивается данный человек
Цитогенетический	Исследование под микроскопом хромосомного набора клеток человека	Выявлено множество изменений в структуре хромосом, их числе и размерах. Доказана хромосомная природа синдрома Дауна, синдрома Клайнфельтера, синдрома Тернера и множества других наследственных аномалий
Биохимический	Изучение наследственных нарушений обмена веществ	Выявлены фенилкетонурия и другие формы наследственных заболеваний (сахарный диабет, серповидно клеточная анемия)
Популяционно-статистический метод	Позволяет изучить генотип, генетический груз, генетическую структуру популяции и демографические процессы	Выявлены происхождения различных видов мутаций и интенсивность мутационного процесса, установлена роль наследственности в возникновении наследственных заболеваний

6.9. Методы генетики соматических клеток

Методы генетики соматических клеток дают возможность изучать различные аспекты генетики человека в эксперименте.

Гибридизация – слияние совместно культивируемых клеток различных тканей, образующих гибридные клетки или гибридомы. Например, для культивирования на искусственных питательных средах чаще используют клетки соединительной ткани и крови.

Клонирование – это появление естественным путем или получение нескольких генетически идентичных организмов путем бесполого размножения. Термин «клонирование» применяют и по отношению к клеткам многоклеточных организмов.

Селекция – отбор соматических клеток с помощью селективных питательных сред.

Культивирование – выращивание клеток, тканей, органов животных или растений в специальной питательной среде для получения большего количества материала для медико-биологических исследований.

Генная и клеточная инженерия – это методы (инструменты), лежащие в основе современной биотехнологии. Методы клеточной инженерии направлены на разработки клеток нового типа. Они могут быть использованы для воссоздания из отдельных фрагментов разных клеток жизнеспособной клетки, несущей генетический материал обеих исходных клеток.

6.10. Генетика популяций.

Закон Харди-Вайнберга

В природных популяциях постоянно имеются возможности для стабильного размножения, для многих видов. Харди-Вайнберг, 1908: «При одинаково высокой жизнеспособности разных генотипов первоначальное соотношение аллелей, независимо от их исходной частоты, сохраняется во всех последующих поколениях». Это известно, как закон Харди-Вайнберга. Отклонение от равенства свидетельствует о том, что на популяцию действует

какой-либо из факторов. Например, мутирование гена по отбору, или когда в результате миграции-иммиграции особей популяции обмениваются генами с другими популяциями того же вида. Однако сохранение равновесия не всегда свидетельствует об отсутствии действия этих факторов.

Например, при половом отборе частоты генов могут меняться от поколения к поколению, а частоты генотипов будут удовлетворять соотношению $p^2 : 2pq : q^2 = 1$. Это могут быть гены «низкорослости» и «высокорослости», как в случае менделевского гороха (см. *Законы Менделя*), или наличие-отсутствие предрасположенности к рождению двойни. Харди и Вайнберг показали, что при свободном скрещивании, отсутствии миграции особей и отсутствии мутаций относительная частота индивидуумов с каждым из этих аллелей будет оставаться постоянной в популяции, из поколения в поколение.

Основные положения закона Харди-Вайнберга:

1) частота аллелей в популяции – величина постоянная и описывается формулой

$$P + q = 1,$$

где p – частота доминантного аллеля (A), q – частота рецессивного аллеля (a);

2) частота генотипов – величина постоянная и выражается формулой

$$(p + q) = p^2 + 2pq + q^2 = 1,$$

где p^2 – частота гомозиготного по доминантному аллелю генотипа AA, $2pq$ – частота гетерозиготного генотипа Aa, q^2 – частота гомозиготного по рецессивному аллелю генотипа aa.

Из закона Харди-Вайнберга следуют два важных положения: 1) концентрация данного аллеля может меняться только под действием внешних факторов, влияющих на численность и состав популяции; 2) в популяции будут накапливаться разные аллели, и это приводит к разнообразию генов, которое по мере мутирования будет возрастать. Такое генотипическое разнообразие, называется **генофондом** и имеет большое значение для эволюции, так как представляет собой материал для отбора.

ТЕСТ – 6

1. Генетика – наука, изучающая:

- А) наследственность и изменчивость;
- Б) хромосомы;
- В) ДНК и РНК;
- Г) гены;
- Д) мутации.

2. Ген – это участок:

- А) молекулы ДНК;
- Б) хромосомы;
- В) полипептида;
- Г) РНК.

3. Генотип – совокупность генов:

- А) гаплоидного набора хромосом;
- Б) полиплоидного набора хромосом;
- В) диплоидного набора хромосом;
- Г) в генофонде популяций.

4. Чистые линии – это особи с:

- А) гетерозиготными генотипами;
- Б) гомозиготными генотипами;
- В) дигетерозиготные особи;
- Г) дигомозиготные особи.

5. У потомства от скрещивания двух гетерозиготных особей наблюдается расщепление по фенотипу:

- А) 1 : 2 : 1;
- Б) 4 : 2;
- В) 9 : 3 : 3 : 1;
- Г) 3 : 1;
- Д) 2 : 2.

6. К основным видам взаимодействия аллелей не относится:

- А) полное доминирование;
- Б) неполное доминирование;
- В) сверхдоминирование;

- Г) комплементарность;
- Д) кодоминирование.

7. В формировании сложных признаков при взаимодействии неаллельных генов не участвует следующий тип взаимодействия:

- А) эпистаз;
- Б) комплементарность;
- В) полимерия;
- Г) аллельное исключение;
- Д) плейотропия.

8. Закономерности сцепленного наследования генов установлены исследователями:

- А) Г. Менделем;
- Б) Г. де Фризом;
- В) Д. Уотсоном;
- Г) Ф. Криком;
- Д) Т. Морганом.

9. При полном сцеплении генов наследование признаков при скрещивании дигетерозиготных самцов дрозофилы с рецессивными самками расщепление по фенотипу оказалось:

- А) 25 % и 75 %;
- Б) 25 % и 50 %;
- В) 50 % и 50 %;
- Г) 75 % и 25 %.

10. К основным положениям хромосомной теории наследственности не относится:

- А) гены находятся в хромосомах и представляют группу сцепления;
- Б) гены в хромосоме расположены линейно;
- В) между гомологичными хромосомами может происходить обмен участками (кроссинговер);
- Г) расстояние между генами в хромосоме пропорционально частоте кроссинговера между ними;

Д) анализируемые гены находятся в разных хромосомах и наследуются независимо друг от друга.

11. Изменчивость – это свойство живых организмов:

- А) приобретать новые признаки;*
- Б) не приобретать новые признаки;*
- В) только приспосабливаться;*
- Г) быстро эволюционировать;*
- Д) выжить любых условиях.*

12. Изменения модификационной изменчивости:

- А) не относится к изменениям генотипа и наследуется;*
- Б) модификации неадекватны, приводят к мутациям;*
- В) связано с воздействием условий среды;*
- Г) носит групповой характер;*
- Д) соответствуют факторам среды, т.е. являются определенными.*

13. Комбинативная изменчивость не обусловлена:

- А) изменениями генотипа;*
- Б) разнообразными сочетаниями генов;*
- В) приспособляемостью к определенным условиям;*
- Г) рекомбинацией при кроссинговере;*
- Д) случайным сочетанием хромосом.*

14. В соответствии с уровнем организации наследственного материала не относятся следующие типы мутации:

- А) генные – изменение структуры генов;*
- Б) хромосомные – изменения структуры хромосом;*
- В) геномные – изменения числа хромосом;*
- Г) фенкопии – врожденные пороки развития.*

15. Репарация ДНК – это:

- А) восстановление поврежденной структуры молекулы ДНК;*
- Б) самоудвоение молекулы ДНК;*
- В) транскрипция специфического участка в молекуле ДНК;*
- Г) комплементарная последовательность нуклеотидов рРНК;*
- Д) удлинение синтезированного полипептида.*

16. Хромосомные мутации возникают:

- А) в соматических клетках;
- Б) в половых клетках;
- В) в бластоцисте;
- Г) в зиготе;
- Д) в эмбриональной клетке.

17. К гетероплоидам относится:

- А) полисомия;
- Б) тетросомия;
- В) трисомия и моносомия;
- Г) дисомия;
- Д) нулесомия.

18. Болезнь Дауна встречается по:

- А) 13 хромосоме;
- Б) 18 хромосоме;
- В) 4 и 5 хромосомам;
- Г) 21 хромосоме;
- Д) 9 хромосоме.

19. К основным методам генетики человека не относится:

- А) генеалогический;
- Б) близнецовый;
- В) дерматоглифический;
- Г) цитогенетический;
- Д) диагностический и профилактический.

20. Генетический анализ в популяции рассчитывается с помощью:

- А) популяционно-статистического метода;
- Б) близнецового метода;
- В) цитогенетического метода;
- Г) молекулярно-генетического метода;
- Д) математического моделирования.

Вопросы для обсуждения

1. Ученый, заложивший основы классической генетики и проведший ряд опытов по скрещиванию гороха.
2. Перечислить новые направления генетики, ставшие, по сути, самостоятельными науками.
3. Благодаря какому процессу возникло многообразие жизненных форм и стала возможной биологическая эволюция?
4. Кто создал теорию «Ограничения пола наследственности дрозофилы», которая стала важным этапом в развитии генетики в начале XX века?
5. Где располагается наследственный материал организма – дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)?
6. Как называется наследственная информация, кодирующаяся в молекуле ДНК благодаря сочетанию трех нуклеотидов?
7. Свойство живых организмов приобретать новые признаки.
8. Свойство живых организмов, связанное с изменением генотипа и сохраняющееся в ряде поколений.
9. Какой процесс повышает генетическое разнообразие внутри популяции и поставляет материал для естественного отбора и образования новых видов?
10. Какие перспективы имеет развитие генной инженерии?

Ответы вопросов для обсуждения: Грегер Мендель, синтетическая биология, бионика, возникновение Жизни на Земле, хромосомная теория наследственности Т. Моргана; в ядре, генетический код, изменчивость, наследственность, мутация, перспективы конструирования новых биологических организмов – трансгенных растений и животных с заранее запланированными свойствами.

7. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

Экология (от греч. *oikos* – дом, жилище и *logos* – наука) изучает условия существования живых организмов и взаимосвязи между организмами и средой, в которой они обитают. Термин «экология» был введен в науку немецким биологом Э. Геккелем в 1866 году. Современная экология является фундаментальной наукой со следующими подразделами: **Аутоэкология** – направление, изучающее взаимоотношения живых организмов с условиями окружающей среды. Ее задачей является изучение способов адаптации организмов к существующим условиям.

Демэкология – изучает популяции, группы организмов, относящиеся к одному виду. Основной задачей демэкологии является изучение и выяснение условий для формирования популяции, структуру и динамику численности.

Эйдэкология – направление, изучающее экологию видов.

Синэкология – экология сообществ, которая занимается изучением популяций разнообразных видов животных, растительных форм и микроорганизмов, образующих биоценозы.

Экология человека – наука, изучающая закономерности взаимодействия человека как биосоциального существа со сложным многокомпонентным окружающим миром, постоянно усложняющегося средой обитания.

Медицинская экология – раздел экологии, изучающий причинно-следственные связи между качеством окружающей среды и состоянием здоровья человека.

7.1. Объекты и методы экологии

Объектами исследования в экологии являются отдельные организмы, популяции и сообщества живых организмов разных видов (в первую очередь, человек и человеческое общество), которые обмениваются энергией и информацией с окружающей средой. Методы изучения – традиционные для науки:

1. Наблюдение и сравнение.
2. Научные эксперименты в естественных и лабораторных условиях.

3. Моделирование (математическое и физическое).
4. Система экспериментальных исследований: а) методы мониторинга биологических объектов; б) воздушной среды и водных объектов; в) загрязнения продуктов питания; г) радиационного загрязнения.

7.2. Задачи экологии

Основными задачи экологии как науки являются:

- исследование закономерностей организации жизни и связи с антропогенными воздействиями на природные системы и биосферу;
- прогнозирование изменений природы под влиянием деятельности человека и управление процессами, протекающими в биосфере;
- регуляция численности популяций;
- разработка системы мероприятий, обеспечивающих применение химических средств борьбы с вредными видами;
- своевременное выявление технологических процессов, отрицательно влияющих на здоровье человека;
- прогнозирование и оценка отрицательных последствий антропогенного влияния.

7.3. Экологические законы (Коммонера)

- 1) **«Все связано со всем»**. Закон обращает внимание на связь процессов в природе и предостерегает человека от необдуманного воздействия, что может привести к непредвиденным последствиям;
- 2) **«Все должно куда-то деваться»**. Закон «развития природной системы за счет окружающей среды», он призывает крайне обдуманно рассматривать проблему отходов материального производства;
- 3) **«Природа знает лучше»**. Закон об изучении естественных экосистем и сознательном отношении к преобразующей деятельности среды;
- 4) **«Ничто не дается даром»**. Это закон рационального природопользования.

7.4. Основные понятия и термины в экологии

Популяция – совокупность особей одного вида, находящихся во взаимодействии между собой и населяющих общую территорию.

Сообщество – совокупность взаимосвязанных особей и видов в пределах определенной среды. В сообществе перенос энергии от источника (растений) через другие организмы называют пищевой цепью. Все живые организмы связаны между собой, поскольку являются объектами питания других организмов. Сообщество может состоять из продуцентов, консументов и редуцентов.

Продуценты – производители органического (живого) вещества в любой экосистеме, например, растения.

Консументы – потребители органического вещества *живых организмов*. К ним относятся растительноядные животные (*фитофаги*), плотоядные животные (*зоофаги*).

Симбиотрофы (бактерии, грибы, простейшие), питающиеся соками и выделениями организма хозяина.

Детритофаги – организмы, питающиеся остатками растений и животных (мертвыми органическими веществами). К этим организмам относятся гнилостные бактерии, личинки насекомых, грибы, черви.

Редуценты – это бактерии и низшие грибы. Они завершают деструктивную работу консументов и детритофагов, доводя разложение органики до минерализации, возвращая в среду экосистемы неорганические вещества.

Экосистема – это система, состоящая из живых и неживых элементов природной среды, между которыми происходит обмен веществом, энергией и информацией (по А. Тенсли).

Адаптация – эволюционно возникшее приспособление организмов к условиям среды, выражающееся в изменении их внешних и внутренних особенностей.

Биоценоз – совокупность растений, животных и микроорганизмов, населяющих определенную территорию относительно однородными условиями жизни.

Биотоп – однородное по абиотическим факторам (среда, воздух, вода, почва) пространство, занятое биоценозом.

Биогеоценоз – элемент биосферы, отвечающий биотопу (части атмосферы, литосферы и гидросферы, тесно связанные между собой в единый комплекс). Биогеоценоз является элементарной экологической системой, включающей две составляющие:

- *абиотические факторы*, включающие радиацию (космическая, солнечная) с годовой и суточной цикличностью; высотные и глубинные факторы распределения тепла и света с градиентами циркуляции воздушных масс; факторы *литосферы* с рельефом, различным минеральным составом; факторы *гидросферы* с градиентами состава, водо-и газообмена.
- *антропогенные факторы* – влияние деятельности человека на окружающую среду; изменение состава и режима атмосферы, рек, океанов, почв при загрязнении радиоактивными веществами; нарушение состава и структуры *экосистем*.

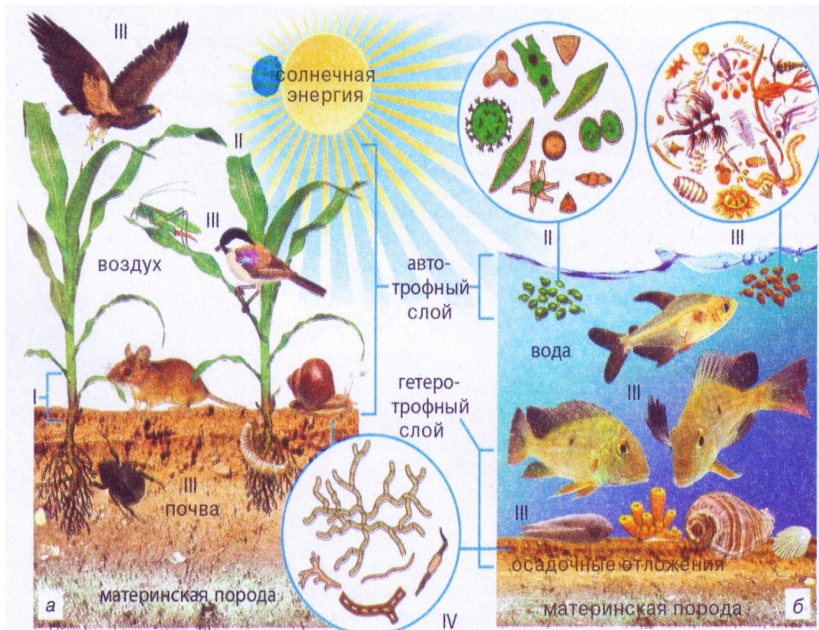


Рисунок 16 – Структура наземной и водной экосистем

Техногенная среда включает города, промышленные зоны, инженерные сети и коммуникации, транспортные системы и искусственные сооружения.

Биосфера – это глобальная экосистема, поддерживающая планетарный круговорот веществ, та область Земли, которая охвачена влиянием живого вещества.

Атмосфера – это газовая оболочка Земли, которая включает газы земной поверхности, растворенные в воде и находящиеся в почве.

Гидросфера – это водная оболочка Земли, которая включает океаны, моря, реки, озера, болота, ледники и подземные воды.

Литосфера – это твердая оболочка Земли, которая включает земную кору вместе с почвенным слоем и живыми организмами.

7.5. Биологические взаимоотношения

В природе популяции разных видов организмов объединяются в макросистемы – сообщества – биоценозы. В биоценозах между различными видами организмов возникают определённые связи, основной формой которых служат пищевые взаимоотношения, которые формируют сложные цепи и циклы питания. Эти взаимоотношения и связи объединяют организмы в единое целое, в биологическую макросистему и называются **биотическими**. Среди разнообразия взаимосвязей живых существ выделяют определённые типы отношений (таблица 15).

Таблица 15 – Биотические взаимоотношения организмов

Тип взаимодействия	Вид 1	Вид 2	Характер взаимодействия	Примеры
Нейтрализм	0	0	Ни одна популяция не оказывает никакого воздействия на другую	Лось и белка на одной территории
Комменсализм: а) нахлебничество б) сотрапезничество в) квартиранство	+	0	а) один из двух обитающих совместно видов извлекает пользу из совместного существования, не причиняя вреда другому виду; б) Использование разных частей одного ресурса; в) Один вид использует другой в качестве жилья или убежища другого вида	а) Рыба-прилипала – акула б) Копытные – сурки в) Кольчатый червь – ракотшельник
Антибоз	+	–	Обе взаимодействующие популяции или одна из них испытывают отрицательное влияние	Короеды в древесинах
Конкуренция: а) межвидовая б) внутривидовая	–	–	Взаимодействие возникает, если у двух близких видов наблюдаются сходные потребности: а) оба вида испытывают угнетение; б) подавление особей внутри одного вида	а) Серая крыса – чёрная крыса б) Борьба за территорию

Тип взаимодействия	Вид 1	Вид 2	Характер взаимодействия	Примеры
Аменсализм	–	0	Один вид испытывает угнетение, другой – безразличен	Светлолюбивые травы – ели
Паразитизм	+	–	Один вид использует представителей другого вида как источник питания. Организм хозяина служит для паразита местом обитания	Бычий цепень – человек
Хищничество	+	–	Один вид поедает представителей другого вида	Щука – карась
Протокооперация	+	+	Взаимовыгодное, но необязательное сотрудничество двух популяций	Пчелы – луговые травы
Мутуализм	+	+	Выгодное и обязательное сотрудничество	Буйволы птицы – носороги
Симбиоз	+	+	Сожительство, при котором оба партнера или один из них получает пользу от другого	Термиты – жгутиковые простейшие

ТЕСТ – 7

1. Термин «экология» предложил:

- А) Э. Геккель;
- Б) В.И. Вернадский;
- В) Ч. Дарвин;
- Г) А. Тенсли.

2. Какой уровень организации живой материи познается экологией?

- А) биоценотический;
- Б) органный;
- В) клеточный;
- Г) молекулярный.

3. Какое из словосочетаний отражает термин «аутэкология»?

- А) экология видов;
- Б) экология популяций;
- В) экология особей;
- Г) экология сообществ.

4. Организмы, которые не являются продуцентами, – это:

- А) фотоавтотрофы;
- Б) цианобактерии;
- В) хемоавтотрофы;
- Г) детритофаги.

5. Синэкология изучает...

- А) экологию видов;
- Б) глобальные процессы на Земле;
- В) экологию микроорганизмов;
- Г) экологию сообществ.

6. Как называются компоненты неживой природы, которые воздействуют на организмы?

- А) абиотические факторы;
- Б) биотические факторы;
- В) антропогенные факторы.

7. Какой из перечисленных ниже факторов относится к биотическим?

- А) антропогенный;
- Б) эдафический;
- В) орографический;
- Г) комменсализм.

8. К какой оболочке земли относятся такие компоненты, как земная кора, мантия, почвенный слой?

- А) атмосфера;
- Б) гидросфера;
- В) биосфера;
- Г) литосфера.

9. Какие экологические факторы не относятся к абиотическим?

- А) вырубка леса;
- Б) климат;
- В) рельеф;
- Г) магнитное поле.

10. Какой из разделов экологии включает комплекс мероприятий, направленных на обеспечение сохранения здоровья человека и защиту окружающей природной среды?

- А) глобальная экология;
- Б) экология человека;
- В) инженерная экология;
- Г) экология народного населения.

11. Кто является основателем экологии?

- А) Э. Геккель;
- Б) Р. Декарт;
- В) Ф. Ницше
- Г) З. Фрейд.

12. Как называются растения, создающие органическое вещество из неорганического вещества с помощью окружающей среды?

- А) продуценты;
- Б) редуценты;

- В) консументы;
- Г) детритофагию

13. Какая из представленных энергетических цепочек является сложной?

- А) ксенобиотик – воздух – человек;
- Б) ксенобиотик – почва – растение – человек;
- В) ксенобиотик – вода – человек;
- Г) ксенобиотик – пища – человек;

14. Что является примером локального мониторинга окружающей природной среды?

- А) система контроля загрязнения воздуха на магистралях;
- Б) природные зоны;
- В) ландшафтные комплексы;
- Г) прогноз землетрясений.

15. Совокупность особей одного вида, которая длительно существует в определенной части ареала, относительно обособлено от других совокупностей того же вида, называется...

- А) популяцией;
- Б) сообществом;
- В) содружеством;
- Г) группой.

16. Как называют совокупность популяций разных живых организмов (растений, животных и микроорганизмов), обитающих на определенной территории?

- А) биоценоз;
- Б) фитоценоз;
- В) зооценоз;
- Г) микробоценоз.

17. Определенная территория с абиотическими факторами среды обитания (климат, почва, вода) называется...

- А) биотоп;
- Б) биотон;
- В) биогеоценоз;
- Г) экосистема.

18. Термин «экосистема» был предложен в 1935 году ученым...

- А) В.И. Вернадским;
- Б) В.Н. Сукачевым;
- В) А. Тенсли;
- Г) Г.Ф. Гаузе.

19. Совокупность пищевых цепей в экосистеме, соединенных между собой и образующих сложные пищевые взаимоотношения, – это...

- А) пастбищная цепь;
- Б) пищевая сеть;
- В) детритная цепь;
- Г) трофический уровень.

20. В составе устойчивой экосистемы требуется присутствие...

- А) достаточного числа консументов и редуцентов;
- Б) продуцентов, консументов и редуцентов;
- В) достаточного числа продуцентов и редуцентов;
- Г) достаточного числа продуцентов и консументов.

Вопросы для обсуждения

1. Что изучает экология и что является фундаментом общей экологии?
2. Что понимается под экологическими факторами?
3. Какова основная цель охраны природы?
4. Почему в настоящее время остро встает проблема взаимоотношения человека и природы?
5. Для чего нужно изучать и знать экологические законы?

Ответы на вопросы для обсуждения: взаимоотношения любых живых организмов, живые и неживые элементы живой природы на которые организмы реагируют, сохранить биоразнообразия, потребительское отношение людей к природным богатствам, человек, не знающий законов жизнедеятельности природы, изменяет и нарушает естественные процессы.

Составьте цепи питания, которые складываются в лесу.



MyShared

<http://parnwa-ox.narod.ru/>

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ. СВОЙСТВА ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ И ИХ ОРГАНИЗАЦИЯ	3
1.1. Биология – наука о живой природе и теоретическая основа медицины.....	3
1.2. Основные свойства живых организмов	5
1.3. Уровни организации жизни.....	6
1.4. История изучения клетки и клеточной теории.....	8
Современное положение клеточной теории.....	9
ТЕСТ – 1	9
2. СПОСОБЫ ПИТАНИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ	14
2.1. Понятие о метаболизме	16
2.2. АТФ, ее роль в метаболизме	17
2.3. Пластический и энергетический обмен	17
2.4. Фотосинтез и хемосинтез.....	19
2.5. Биологические полимеры – нуклеиновые кислоты	20
2.6. Биосинтез белка	25
ТЕСТ – 2	29
3. ЦИТОЛОГИЯ	33
3.1. Строение клетки.....	33
3.2. Строение эукариотической клетки.....	34
3.3. Клеточные органеллы.....	35
3.4. Цитоплазма	37
3.5. Клеточное ядро.....	38
ТЕСТ – 3	40
4. РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ	45
4.1. Клеточный цикл	45
4.2. Митоз. Способы клеточного деления	45
4.3. Формы размножения.....	48

4.4. Гаметогенез.....	50
4.5. Мейоз.....	53
ТЕСТ – 4	57
5. ОНТОГЕНЕЗ – ПРОЦЕСС ИНДИВИДУАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗМА	62
5.1. История развития представлений об онтогенезе	62
5.2. Индивидуальное развитие.....	63
5.3. Регенерация и трансплантация	66
ТЕСТ – 5	67
6. ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ	72
6.1. Закономерности наследования при моногибридном и полигибридном скрещиваниях	73
6.2. Взаимодействие генов	81
6.3. Цитологические основы наследственности	86
6.4. Определение пола	89
6.5. Сцепление генов. Закон Т. Моргана	91
6.6. Основные положения теории Т. Моргана	93
6.7. Изменчивость. Типы изменчивости	96
6.8. Методы изучения генетики человека	98
6.9. Методы генетики соматических клеток.....	101
6.10. Генетика популяций. Закон Харди-Вайнберга	101
ТЕСТ – 6	103
7. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ	108
7.1. Объекты и методы экологии	108
7.2. Задачи экологии.....	109
7.3. Экологические законы (Коммонера)	109
7.4. Основные понятия и термины в экологии	110
7.5. Биологические взаимоотношения	112
ТЕСТ – 7	115

ЛИТЕРАТУРА

1. *Тушикин Е.И.* Общая биология с основами экологии и природоохранной деятельности: учеб. пособ. для нач. проф. образования. Изд. 4-е, испр. и доп. М.: Изд. центр «Академия», 2004. 384 с.
2. *Ецжанов Т.Е., Таимухамбетов Б.Г.* Учебник-тест для подготовки к ЕНТ. Алматы: ШЫН-КІТАП, 2011. 239 с.
3. *Пехов А.П.* Биология: медицинская биология, генетика и паразитология: учебник для вузов. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 656 с.
4. *Кобзарь В.Н.* Биология: учеб. пособ. 6-е изд., доп. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2013. 460 с.
5. *Кобзарь В.Н.* Биология: Структурированный курс: учеб. пособ. Изд. 2-е, доп. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2013. 164 с.
6. *Гайнутдинов И.К., Юровская Э.Д.* Медицинская генетика: учебник. М.: «Дашков и К», 2013. 330 с.
7. *Кобзарь В.Н., Васильченко В.В.* Тесты и задачи по биологии: учеб. пособ. Изд. 4-е, доп. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2013. 240 с.
8. *Кобзарь В.Н.* Биология: учеб. пособ. Изд. 7-е, доп. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2015. 462 с.

Ниязалиева Айнагуль Дуйшеналиевна

БИОЛОГИЯ И ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

Учебное пособие

Редактор *К.В. Тимофеева*

Компьютерная верстка *А.Ш. Мельниковой*

Подписано в печать 30.10.2017

Формат 60×84 ¹/₁₆. Печать офсетная.

Объем 7,75 п. л. Тираж 100 экз. Заказ 7

Издательство КРСУ

720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44

Отпечатано в типографии КРСУ

720048, г. Бишкек, ул. Горького, 2