

**ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН**

Г. И. Лернер

# **БИОЛОГИЯ**

## **ПОЛНЫЙ СПРАВОЧНИК ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ**

- Все нужные для ЕГЭ темы школьного курса биологии — «Биология — наука о живой природе», «Клетка как биологическая система», «Организм как биологическая система», «Многообразие организмов», «Человек и его здоровье», «Надорганизмационные системы. Эволюция органического мира», «Экосистемы и присущие им закономерности»
- Большое количество наглядных таблиц и схем
- Типовые задания частей А, В, С с развернутыми ответами и комментариями

**Георгий Исаакович Лернер**  
**Биология. Полный справочник**  
**для подготовки к ЕГЭ**

[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=333122](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=333122)

*БИОЛОГИЯ : Полный справочник для подготовки к ЕГЭ / Г.И. ЛЕРНЕР: АСТ, Астрель; Москва; 2009*  
*ISBN 978-5-17-060750-1, 978-5-271-24452-0*

**Аннотация**

Данный справочник содержит весь теоретический материал по курсу биологии, необходимый для сдачи ЕГЭ. Он включает в себя все элементы содержания, проверяемые контрольно-измерительными материалами, и помогает обобщить и систематизировать знания и умения за курс средней (полной) школы.

Теоретический материал изложен в краткой, доступной форме. Каждый раздел сопровождается примерами тестовых заданий, позволяющими проверить свои знания и степень подготовленности к аттестационному экзамену. Практические задания соответствуют формату ЕГЭ. В конце пособия приводятся ответы к тестам, которые помогут школьникам и абитуриентам проверить себя и восполнить имеющиеся пробелы.

Пособие адресовано школьникам, абитуриентам и учителям.

# Содержание

От автора	6
Раздел 1	7
1.1. Биология как наука, ее достижения, методы исследования, связи с другими науками. Роль биологии в жизни и практической деятельности человека	7
1.2. Признаки и свойства живого: клеточное строение, особенности химического состава, обмен веществ и превращения энергии, гомеостаз, раздражимость, воспроизведение, развитие	11
1.3. Основные уровни организации живой природы: клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический	12
Раздел 2	15
2.1. Клеточная теория, ее основные положения, роль в формировании современной естественнонаучной картины мира. Развитие знаний о клетке. Клеточное строение организмов, сходство строения клеток всех организмов – основа единства органического мира, доказательства родства живой природы	15
2.2. Клетка – единица строения, жизнедеятельности, роста и развития организмов. Многообразие клеток. Сравнительная характеристика клеток растений, животных, бактерий, грибов	17
2.3. Химическая организация клетки. Взаимосвязь строения и функций неорганических и органических веществ (белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, АТФ), входящих в состав клетки. Обоснование родства организмов на основе анализа химического состава их клеток	20
2.3.1. Неорганические вещества клетки	20
2.3.2. Органические вещества клетки. Углеводы, липиды	22
2.3.3. Белки, их строение и функции	25
2.3.4. Нуклеиновые кислоты	28
2.4. Строение про- и эукариотной клеток. Взаимосвязь строения и функций частей и органоидов клетки – основа ее целостности	31
2.4.1. Особенности строения эукариотических и прокариотических клеток. Сравнительные данные	31
2.5. Метаболизм: энергетический и пластический обмен, их взаимосвязь. Ферменты, их химическая природа, роль в метаболизме. Стадии энергетического обмена. Брожение и дыхание. Фотосинтез, его значение, космическая роль. Фазы фотосинтеза. Световые и темновые реакции фотосинтеза, их взаимосвязь. Хемосинтез. Роль хемосинтезирующих бактерий на Земле	35
2.5.1. Энергетический и пластический обмен, их взаимосвязь	35
2.5.2. Энергетический обмен в клетке (диссимиляция)	36

2.5.3. Фотосинтез и хемосинтез	39
2.6. Биосинтез белка и нуклеиновых кислот. Матричный характер реакций биосинтеза. Генетическая информация в клетке. Гены, генетический код и его свойства	42
2.7. Клетка – генетическая единица живого. Хромосомы, их строение (форма и размеры) и функции. Число хромосом и их видовое постоянство. Особенности соматических и половых клеток. Жизненный цикл клетки: интерфаза и митоз. Митоз – деление соматических клеток. Мейоз. Фазы митоза и мейоза. Развитие половых клеток у растений и животных. Сходство и отличие митоза и мейоза, их значение. Деление клетки – основа роста, развития и размножения организмов. Роль мейоза в обеспечении постоянства числа хромосом в поколениях	47
Раздел 3	54
3.1.[3] Разнообразие организмов: одноклеточные и многоклеточные; автотрофы (хемотрофы, фототрофы), гетеротрофы (сапротрофы, паразиты, симбионты). Вирусы – неклеточные формы. Заболевание СПИД и ВИЧ-инфекция. Меры профилактики распространения вирусных заболеваний	54
3.2. Воспроизведение организмов, его значение. Способы размножения, сходство и отличие полового и бесполого размножения. Использование полового и бесполого размножения в практической деятельности человека. Роль мейоза и оплодотворения в обеспечении постоянства числа хромосом в поколениях. Применение искусственного оплодотворения у растений и животных	55
3.3. Онтогенез и присущие ему закономерности. Специализация клеток, образование тканей, органов. Эмбриональное и постэмбриональное развитие организмов. Жизненные циклы и чередование поколений. Причины нарушения развития организмов	59
3.4. Генетика, ее задачи. Наследственность и изменчивость – свойства организмов. Основные генетические понятия	62
3.5. Закономерности наследственности, их цитологические основы. Моно– и дигибридное скрещивание. Закономерности наследования, установленные Г. Менделем. Сцепленное наследование признаков, нарушение сцепления генов. Законы Т. Моргана. Хромосомная теория наследственности. Генетика пола. Наследование признаков, сцепленных с полом. Генотип как целостная система. Развитие знаний о генотипе. Геном человека. Взаимодействие генов. Решение генетических задач. Составление схем скрещивания. Законы Г. Менделя и их цитологические основы	64
3.6. Изменчивость признаков у организмов: модификационная, мутационная, комбинативная. Виды мутаций и их причины. Значение изменчивости в жизни организмов и в эволюции. Норма реакции	71
3.6.1. Изменчивость, ее виды и биологическое значение	71

Конец ознакомительного фрагмента.

73

# Г.И. Лернер

## Биология. Полный справочник для подготовки к ЕГЭ

### От автора

Единый государственный экзамен – это новая форма аттестации, ставшая обязательной для выпускников старшей школы. Подготовка к ЕГЭ требует от школьников выработки определенных навыков ответа на предлагаемые вопросы и навыков заполнения экзаменационных бланков.

В предлагаемом полном справочнике по биологии приводятся все необходимые материалы для качественной подготовки к экзамену.

1. Книга включает в себя проверяемые в экзаменационных работах теоретические знания базового, повышенного и высокого уровней знаний и умений.

2. Содержание книги основано на контрольно-измерительных материалах (КИМ), определяющих тот учебный материал, знание которого подвергается проверке.

3. Методический аппарат книги (примеры заданий) ориентирован на проверку знаний и определенных умений учащихся по применению этих знаний как в знакомых, так и в новых ситуациях.

4. Наиболее трудные вопросы, ответы на которые вызывают трудности у школьников, анализируются и обсуждаются для того, чтобы помочь учащимся с ними справиться.

5. Последовательность изложения учебного материала начинается с «Общей биологии», т. к. содержание всех остальных курсов в экзаменационной работе строится на основе общебиологических понятий.

В начале каждого раздела цитируются КИМы по данному разделу курса.

Затем излагается теоретическое содержание темы. После этого предлагаются примеры тестовых заданий всех форм (в разном соотношении), встречающихся в экзаменационной работе. Особое внимание нужно обратить на термины и понятия, которые выделены курсивом. Именно они, в первую очередь, проверяются в экзаменационных работах.

В ряде случаев наиболее трудные вопросы анализируются и предлагаются подходы к их решению. В ответах к части С даются только элементы правильных ответов, которые позволят вам уточнить информацию, дополнить ее или привести другие доводы в пользу своего ответа. Во всех случаях эти ответы достаточны для сдачи экзамена.

Предлагаемое учебное пособие по биологии адресовано прежде всего школьникам, решившим сдавать единый государственный экзамен по биологии, а также учителям. Вместе с тем книга будет полезна всем школьникам общеобразовательной школы, т. к. позволит не только изучить предмет в пределах школьной программы, но и систематически проверять его усвоение.

# Раздел 1

## Биология – наука о жизни

### 1.1. Биология как наука, ее достижения, методы исследования, связи с другими науками. Роль биологии в жизни и практической деятельности человека

Термины и понятия, проверяемые в экзаменационных работах по данному разделу: *гипотеза, метод исследования, наука, научный факт, объект исследования, проблема, теория, эксперимент.*

**Биология** – наука, изучающая свойства живых систем. Однако определить, что такое живая система, достаточно сложно. Именно поэтому ученые установили несколько критериев, по которым организм можно отнести к живым. Главными из этих критериев являются обмен веществ или метаболизм, самовоспроизведение и саморегуляция. Обсуждению этих и других критериев (или) свойств живого будет посвящена отдельная глава.

Понятие *наука* определяется, как «сфера человеческой деятельности по получению, систематизации объективных знаний о действительности». В соответствии с этим определением объектом науки – биологии является *жизнь* во всех ее проявлениях и формах, а также на разных *уровнях*.

Каждая наука, в том числе и биология, пользуется определенными *методами* исследования. Некоторые из них универсальны для всех наук, например такие, как наблюдение, выдвижение и проверка гипотез, построение теорий. Другие научные методы могут быть использованы только определенной наукой. Например, у генетиков есть генеалогический метод изучения родословных человека, у селекционеров – метод гибридизации, у гистологов – метод культуры тканей и т. д.

Биология тесно связана с другими науками – химией, физикой, экологией, географией. Собственно биология делится на множество частных наук, изучающих различные биологические объекты: биология растений и животных, физиология растений, морфология, генетика, систематика, селекция, микология, гельминтология и множество других наук.

**Метод** – это путь исследования, который проходит ученый, решая какую-либо научную задачу, проблему.

К основным методам науки относятся следующие:

**Моделирование** – метод, при котором создается некий образ объекта, модель, с помощью которой ученые получают необходимые сведения об объекте. Так, например, при установлении структуры молекулы ДНК Джеймс Уотсон и Френсис Крик создали из пластмассовых элементов модель – двойную спираль ДНК, отвечающую данным рентгенологических и биохимических исследований. Эта модель вполне удовлетворяла требованиям, предъявляемым к ДНК. (См. раздел *Нуклеиновые кислоты*.)

**Наблюдение** – метод, с помощью которого исследователь собирает информацию об объекте. Наблюдать можно визуально, например за поведением животных. Можно наблюдать с помощью приборов за изменениями, происходящими в живых объектах: например, при снятии кардиограммы в течение суток, при замерах веса теленка в течение месяца. Наблюдать можно за сезонными изменениями в природе, за линькой животных и т. д.

Выводы, сделанные наблюдателем, проверяются либо повторными наблюдениями, либо экспериментально.

**Эксперимент (опыт)** – метод, с помощью которого проверяют результаты наблюдений, выдвинутые предположения – *гипотезы*. Примерами экспериментов являются скрещивания животных или растений с целью получения нового сорта или породы, проверка нового лекарства, выявление роли какого-либо органоида клетки и т. д. Эксперимент – это всегда получение новых знаний с помощью поставленного опыта.

**Проблема** – вопрос, задача, требующие решения. Решение проблемы ведет к получению нового знания. Научная проблема всегда скрывает какое-то противоречие между известным и неизвестным. Решение проблемы требует от ученого сбора фактов, их анализа, систематизации. Примером проблемы может служить, например, такая: «Как возникает приспособленность организмов к окружающей среде?» или «Каким образом можно подготовиться к серьезным экзаменам в максимально короткие сроки?».

Сформулировать проблему бывает достаточно сложно, однако всегда, когда есть затруднение, противоречие, появляется проблема.

**Гипотеза** – предположение, предварительное решение поставленной проблемы. Выдвигая гипотезы, исследователь ищет взаимосвязи между фактами, явлениями, процессами. Именно поэтому гипотеза чаще всего имеет форму предположения: «если ... тогда». Например, «Если растения на свету выделяют кислород, то мы сможем его обнаружить с помощью тлеющей лучины, т. к. кислород должен поддерживать горение». Гипотеза проверяется экспериментально. (См. раздел *Гипотезы происхождения жизни на Земле*.)

**Теория** – это обобщение основных идей в какой-либо научной области знания. Например, теория эволюции обобщает все достоверные научные данные, полученные исследователями на протяжении многих десятилетий. Со временем теории дополняются новыми данными, развиваются. Некоторые теории могут опровергаться новыми фактами. Верные научные теории подтверждаются практикой. Так, например генетическая теория Г. Менделя и хромосомная теория Т. Моргана подтвердились многими экспериментальными исследованиями в разных странах мира. Современная эволюционная теория хотя и нашла множество научно доказанных подтверждений, до сих пор встречает противников, т. к. не все ее положения можно на современном этапе развития науки подтвердить фактами.

Частными научными методами в биологии являются:

**Генеалогический метод** – применяется при составлении родословных людей, выявлении характера наследования некоторых признаков.

**Исторический метод** – установление взаимосвязей между фактами, процессами, явлениями, происходившими на протяжении исторически длительного времени (несколько миллиардов лет). Эволюционное учение развивалось в значительной мере благодаря этому методу.

**Палеонтологический метод** – метод, позволяющий выяснить родство между древними организмами, останки которых находятся в земной коре, в разных геологических слоях.

**Центрифугирование** – разделение смесей на составные части под действием центробежной силы. Применяется при разделении органоидов клетки, легких и тяжелых фракций (составляющих) органических веществ и т. д.

**Цитологический, или цитогенетический**, – исследование строения клетки, ее структуры с помощью различных микроскопов.

**Биохимический** – исследование химических процессов, происходящих в организме.

Каждая частная биологическая наука (ботаника, зоология, анатомия и физиология, цитология, эмбриология, генетика, селекция, экология и другие) пользуется своими более частными методами исследования.

У каждой науки есть свой *объект*, и свой предмет исследования. У биологии объектом исследования является ЖИЗНЬ. Носители жизни – живые тела. Все, что связано с их существованием, изучает биология. Предмет изучения науки всегда несколько уже, ограниченнее, чем объект. Так, например, кого-то из ученых интересует *обмен веществ* организмов. Тогда объектом изучения будет жизнь, а предметом изучения – обмен веществ. С другой стороны, обмен веществ тоже может быть объектом исследования, но тогда предметом исследования будет одна из его характеристик, например обмен белков, или жиров, или углеводов. Это важно понять, т. к. вопросы о том, что является объектом исследования той или иной науки встречаются в экзаменационных вопросах. Кроме того, это важно для тех, кто в будущем будет заниматься наукой.

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

### Часть А

А1. Биология как наука изучает

- 1) общие признаки строения растений и животных
- 2) взаимосвязь живой и неживой природы
- 3) процессы, происходящие в живых системах
- 4) происхождение жизни на Земле

А2. И.П. Павлов в своих работах по пищеварению применял метод исследования:

- 1) исторический 3) экспериментальный
- 2) описательный 4) биохимический

А3. Предположение Ч. Дарвина о том, что у каждого современного вида или группы видов были общие предки – это:

- 1) теория 3) факт
- 2) гипотеза 4) доказательство

А4. Эмбриология изучает

- 1) развитие организма от зиготы до рождения
- 2) строение и функции яйцеклетки
- 3) послеродовое развитие человека
- 4) развитие организма от рождения до смерти

А5. Количество и форма хромосом в клетке устанавливается методом исследования

- 1) биохимическим 3) центрифугированием
- 2) цитологическим 4) сравнительным

А6. Селекция как наука решает задачи

- 1) создания новых сортов растений и пород животных
- 2) сохранения биосферы
- 3) создания агроценозов
- 4) создания новых удобрений

А7. Закономерности наследования признаков у человека устанавливаются методом

- 1) экспериментальным 3) генеалогическим

2) гибридологическим 4) наблюдения

А8. Специальность ученого, изучающего тонкие структуры хромосом, называется:

- 1) селекционер 3) морфолог
- 2) цитогенетик 4) эмбриолог

А9. Систематика – это наука, занимающаяся

- 1) изучением внешнего строения организмов
- 2) изучением функций организма
- 3) выявлением связей между организмами
- 4) классификацией организмов

### **Часть В**

В1. Укажите три функции, которые выполняет современная клеточная теория

- 1) Экспериментально подтверждает научные данные о строении организмов
- 2) Прогнозирует появление новых фактов, явлений
- 3) Описывает клеточное строение разных организмов
- 4) Систематизирует, анализирует и объясняет новые факты о клеточном строении организмов
- 5) Выдвигает гипотезы о клеточном строении всех организмов
- 6) Создает новые методы исследования клетки

### **Часть С**

С1. Французский ученый Луи Пастер прославился как «спаситель человечества», благодаря созданию вакцин против инфекционных заболеваний, в том числе таких как, бешенство, сибирская язва и др. Предложите гипотезы, которые он мог выдвинуть. Каким из методов исследования он доказывал свою правоту?

## 1.2. Признаки и свойства живого: клеточное строение, особенности химического состава, обмен веществ и превращения энергии, гомеостаз, раздражимость, воспроизведение, развитие

Основные термины и понятия, проверяемые в экзаменационной работе: *гомеостаз, единство живой и неживой природы, изменчивость, наследственность, обмен веществ.*

**Признаки и свойства живого.** Живые системы имеют общие признаки:

**Клеточное строение** – все существующие на Земле организмы состоят из клеток. Исключением являются вирусы, проявляющие свойства живого только в других организмах.

**Обмен веществ** – совокупность биохимических превращений, происходящих в организме и других биосистемах.

**Саморегуляция** – поддержание постоянства внутренней среды организма (гомеостаза). Стойкое нарушение гомеостаза ведет к гибели организма.

**Раздражимость** – способность организма реагировать на внешние и внутренние раздражители (рефлексы у животных и тропизмы, таксисы и настии у растений).

**Изменчивость** – способность организмов приобретать новые признаки и свойства в результате влияния внешней среды и изменений наследственного аппарата – молекул ДНК.

**Наследственность** – способность организма передавать свои признаки из поколения в поколение.

**Репродукция** или **самовоспроизведение** – способность живых систем воспроизводить себе подобных. В основе размножения лежит процесс удвоения молекул ДНК с последующим делением клеток.

**Рост и развитие** – все организмы растут в течение своей жизни; под развитием понимают как индивидуальное развитие организма, так и историческое развитие живой природы.

**Открытость системы** – свойство всех живых систем связанное с постоянным поступлением энергии извне и удалении продуктов жизнедеятельности. Иными словами организм жив, пока в нем происходит обмен веществами и энергией с окружающей средой.

**Способность к адаптациям** – в процессе исторического развития и под действием естественного отбора организмы приобретают приспособления к условиям окружающей среды (адаптации). Организмы, не обладающие необходимыми приспособлениями, вымирают.

**Общность химического состава.** Главными особенностями химического состава клетки и многоклеточного организма являются соединения углерода – белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты. В неживой природе эти соединения не образуются.

Общность химического состава живых систем и неживой природы говорит о единстве и связи живой и неживой материи. Весь мир представляет собой систему, в основании которой лежат отдельные атомы. Атомы, взаимодействуя друг с другом, образуют молекулы. Из молекул в неживых системах формируются кристаллы горных пород, звезды, планеты, вселенная. Из молекул, входящих в состав организмов формируются живые системы – клетки, ткани, организмы. Взаимосвязь живых и неживых систем отчетливо проявляется на уровне биосферы.

### 1.3. Основные уровни организации живой природы: клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический

Основные термины и понятия, проверяемые в экзаменационных работах: *уровень жизни, биологические системы, изучаемые на данном уровне, молекулярно-генетический, клеточный, организменный, популяционно – видовой, биогеоценотический, биосферный.*

Уровни организации *живых систем* отражают соподчиненность, иерархичность структурной организации жизни. Уровни жизни отличаются друг от друга сложностью организации системы. Клетка устроена проще по сравнению с многоклеточным организмом или популяцией.

Уровень жизни – это форма и способ ее существования. Например, вирус существует в виде молекулы ДНК или РНК, заключенной в белковую оболочку. Это форма существования вируса. Однако свойства живой системы вирус проявляет, только попав в клетку другого организма. Там он размножается. Это способ его существования.

**Молекулярно-генетический уровень** представлен отдельными биополимерами (ДНК, РНК, белками, липидами, углеводами и другими соединениями); на этом уровне жизни изучаются явления, связанные с изменениями (мутациями) и воспроизведением генетического материала, обменом веществ.

**Клеточный** – уровень, на котором жизнь существует в форме клетки – структурной и функциональной единицы жизни. На этом уровне изучаются такие процессы, как обмен веществ и энергии, обмен информацией, размножение, фотосинтез, передача нервного импульса и многие другие.

**Организменный** – это самостоятельное существование отдельной особи – одноклеточного или многоклеточного организма.

**Популяционно-видовой** – уровень, который представлен группой особей одного вида – популяцией; именно в популяции происходят элементарные эволюционные процессы – накопление, проявление и отбор мутаций.

**Биогеоценотический** – представлен экосистемами, состоящими из разных популяций и среды их обитания.

**Биосферный** – уровень, представляющий совокупность всех биогеоценозов. В биосфере происходит круговорот веществ и превращение энергии с участием организмов. Продукты жизнедеятельности организмов участвуют в процессе эволюции Земли.

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

### Часть А

- А1. Уровень, на котором изучаются процессы биогенной миграции атомов, называется:
- 1) биогеоценотический
  - 2) биосферный
  - 3) популяционно-видовой
  - 4) молекулярно-генетический

А2. На популяционно-видовом уровне изучают:

- 1) мутации генов
- 2) взаимосвязи организмов одного вида
- 3) системы органов
- 4) процессы обмена веществ в организме

А3. Поддержание относительного постоянства химического состава организма называется

- 1) метаболизм 3) гомеостаз
- 2) ассимиляция 4) адаптация

А4. Возникновение мутаций связано с таким свойством организма, как

- 1) наследственность 3) раздражимость
- 2) изменчивость 4) самовоспроизведение

А5. Какая из перечисленных биологических систем образует наиболее высокий уровень жизни?

- 1) клетка амебы 3) стадо оленей
- 2) вирус оспы 4) природный заповедник

А6. Отдергивание руки от горячего предмета – это пример

- 1) раздражимости
- 2) способности к адаптациям
- 3) наследования признаков от родителей
- 4) саморегуляции

А7. Фотосинтез, биосинтез белков – это примеры

- 1) пластического обмена веществ
- 2) энергетического обмена веществ
- 3) питания и дыхания
- 4) гомеостаза

А8. Какой из терминов является синонимом понятия «обмен веществ»?

- 1) анаболизм 3) ассимиляция
- 2) катаболизм 4) метаболизм

## Часть В

В1. Выберите процессы, изучаемые на молекулярно-генетическом уровне жизни

- 1) репликация ДНК
- 2) наследование болезни Дауна
- 3) ферментативные реакции
- 4) строение митохондрий
- 5) структура клеточной мембраны
- 6) кровообращение

В2. Соотнесите характер адаптации организмов с условиями, к которым они вырабатывались

АДАПТАЦИИ	УСЛОВИЯ ЖИЗНИ
А) яркая окраска самцов павлинов	1) защита от хищников
Б) пятнистая окраска молодых оленей	2) поиск полового партнера
В) борьба двух лосей	
Г) сходство палочников с сучьями	
Д) ядовитость пауков	
Е) сильный запах у кошек	

## Часть С

- С1. Какие приспособления растений обеспечивают им размножение и расселение?
- С2. Что общего и в чем заключаются различия между разными уровнями организации жизни?

## Раздел 2

### Клетка как биологическая система

#### 2.1. Клеточная теория, ее основные положения, роль в формировании современной естественнонаучной картины мира. Развитие знаний о клетке. Клеточное строение организмов, сходство строения клеток всех организмов – основа единства органического мира, доказательства родства живой природы

Основные термины и понятия, проверяемые в экзаменационной работе: *единство органического мира, клетка, клеточная теория, положения клеточной теории.*

Мы уже говорили о том, что научная теория представляет собой обобщение научных данных об объекте исследования. Это в полной мере касается клеточной теории, созданной двумя немецкими исследователями М. Шлейденем и Т. Шванном в 1839 г.

В основу клеточной теории легли работы многих исследователей, искавших элементарную структурную единицу живого. Созданию и развитию клеточной теории способствовало возникновение в XVI в. и дальнейшее развитие микроскопии.

Вот основные события, которые стали предшественниками создания клеточной теории:

- 1590 г. – создание первого микроскопа (братья Янсен);
- 1665 г. Роберт Гук – первое описание микроскопической структуры пробки ветки бузины (на самом деле это были клеточные стенки, но Гук ввел название «клетка»);
- 1695 г. Публикация Антония Левенгука о микробах и других микроскопических организмах, увиденных им в микроскоп;
- 1833 г. Р. Броун описал ядро растительной клетки;
- 1839 г. М. Шлейден и Т. Шванн открыли ядрышко.

#### **Основные положения современной клеточной теории:**

1. Все простые и сложные организмы состоят из клеток, способных к обмену с окружающей средой веществами, энергией, биологической информацией.
2. Клетка – элементарная структурная, функциональная и генетическая единица живого.
3. Клетка – элементарная единица размножения и развития живого.
4. В многоклеточных организмах клетки дифференцированы по строению и функциям. Они объединены в ткани, органы и системы органов.
5. Клетка представляет собой элементарную, открытую живую систему, способную к саморегуляции, самообновлению и воспроизведению.

Клеточная теория развивалась благодаря новым открытиям. В 1880 г. Уолтер Флеминг описал хромосомы и процессы, происходящие в митозе. С 1903 г. стала развиваться генетика. Начиная с 1930 г. стала бурно развиваться электронная микроскопия, что позволило ученым изучать тончайшее строение клеточных структур. XX век стал веком расцвета биологии и таких наук, как цитология, генетика, эмбриология, биохимия, биофизика. Без создания клеточной теории это развитие было бы невозможным.

Итак, клеточная теория утверждает, что все живые организмы состоят из клеток. Клетка – это та минимальная структура живого, которая обладает всеми жизненными свойствами – способностью к обмену веществ, росту, развитию, передаче генетической информации, саморегуляции и самообновлению. Клетки всех организмов обладают сходными чертами строения. Однако клетки отличаются друг от друга по своим размерам, форме и функциям. Яйцо страуса и икринка лягушки состоят из одной клетки. Мышечные клетки обладают сократимостью, а нервные клетки проводят нервные импульсы. Различия в строении клеток во многом зависят от функций, которые они выполняют в организмах. Чем сложнее устроен организм, тем более разнообразны по своему строению и функциям его клетки. Каждый вид клеток имеет определенные размеры и форму. Сходство в строении клеток различных организмов, общность их основных свойств подтверждают общность их происхождения и позволяют сделать вывод о единстве органического мира.

## 2.2. Клетка – единица строения, жизнедеятельности, роста и развития организмов. Многообразие клеток. Сравнительная характеристика клеток растений, животных, бактерий, грибов

Основные термины и понятия, проверяемые в экзаменационной работе: *клетки бактерий, клетки грибов, клетки растений, клетки животных, прокариотические клетки, эукариотические клетки.*

Наука, изучающая строение и функции клеток, называется *цитология*. Мы уже говорили о том, что клетки могут отличаться друг от друга по форме, строению и функциям, хотя основные структурные элементы у большинства клеток сходны. Биологи выделяют две большие систематические группы клеток – *прокариотические* и *эукариотические*. Прокариотические клетки не содержат настоящего ядра и ряда органоидов. (См. раздел «Строение клетки».) Эукариотические клетки содержат ядро, в котором находится наследственный аппарат организма. Прокариотические клетки – это клетки бактерий, синезеленых водорослей. Клетки всех остальных организмов относятся к эукариотическим.

Любой организм развивается из клетки. Это относится к организмам, появившимся на свет как в результате бесполого, так и в результате полового способов размножения. Именно поэтому клетка считается единицей роста и развития организма.

Современная систематика выделяет следующие царства организмов: Бактерии, Грибы, Растения, Животные. Основаниями для такого разделения являются способы питания этих организмов и строение клеток.

*Бактериальные клетки* имеют следующие, характерные для них структуры – плотную клеточную стенку, одну кольцевую молекулу ДНК (нуклеотид), рибосомы. В этих клетках нет многих органоидов, характерных для эукариотических растительных, животных и грибных клеток. По способу питания бактерии делятся на *автотрофов*, *хемотрофов* и *гетеротрофов*. Клетки растений содержат характерные только для них пластиды – хлоропласты, лейкопласты и хромопласты; они окружены плотной клеточной стенкой из целлюлозы, а также имеют вакуоли с клеточным соком. Все зеленые растения относятся к автотрофным организмам.

У клеток животных нет плотных клеточных стенок. Они окружены клеточной мембраной, через которую происходит обмен веществ с окружающей средой.

Клетки грибов покрыты клеточной стенкой, отличающейся по химическому составу от клеточных стенок растений. Она содержит в качестве основных компонентов хитин, полисахариды, белки и жиры. Запасным веществом клеток грибов и животных является гликоген.

### ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

#### Часть А

- А1. Какое из перечисленных положений согласуется с клеточной теорией
- 1) клетка является элементарной единицей наследственности
  - 2) клетка является единицей размножения
  - 3) клетки всех организмов различны по своему строению

4) клетки всех организмов обладают разным химическим составом

A2. К доклеточным формам жизни относятся:

- 1) дрожжи 3) бактерии
- 2) пеницилл 4) вирусы

A3. Растительная клетка от клетки гриба отличается строением:

- 1) ядра 3) клеточной стенки
- 2) митохондрий 4) рибосом

A4. Из одной клетки состоят:

- 1) вирус гриппа и амеба
- 2) гриб мукор и кукушкин лен
- 3) планария и вольвокс
- 4) эвглена зеленая и инфузория-туфелька

A5. В клетках прокариот есть:

- 1) ядро 3) аппарат Гольджи
- 2) митохондрии 4) рибосомы

A6. На видовую принадлежность клетки указывает:

- 1) форма ядра
- 2) количество хромосом
- 3) строение мембраны
- 4) первичная структура белка

A7. Роль клеточной теории в науке заключается в

- 1) открытии клеточного ядра
- 2) открытии клетки
- 3) обобщении знаний о строении организмов
- 4) открытии механизмов обмена веществ

## Часть В

B1. Выберите признаки, характерные только для растительных клеток

- 1) есть митохондрии и рибосомы
- 2) клеточная стенка из целлюлозы
- 3) есть хлоропласты
- 4) запасное вещество – гликоген
- 5) запасное вещество – крахмал
- 6) ядро окружено двойной мембраной

B2. Выберите признаки, отличающие царство Бактерии от остальных царств органического мира.

- 1) гетеротрофный способ питания
- 2) автотрофный способ питания
- 3) наличие нуклеоида
- 4) отсутствие митохондрий
- 5) отсутствие ядра

б) наличие рибосом

В3. Найдите соответствие между особенностями строения клетки и царствам, к которому эти клетки относятся

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ	ЦАРСТВА
А) Клеточные стенки содержат целлюлозу	1) Растения
Б) Клеточных стенок нет	2) Животные
В) В цитоплазме есть пластиды	
Г) Способ питания гетеротрофный	
Д) В молодых клетках есть большие вакуоли с клеточным соком	
Е) Занятое вещество клетки — гликоген	

## Часть С

С1. Приведите примеры эукариотических клеток, в которых нет ядра.

С2. Докажите, что клеточная теория обобщила ряд биологических открытий и предсказала новые открытия.

## 2.3. Химическая организация клетки. Взаимосвязь строения и функций неорганических и органических веществ (белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, АТФ), входящих в состав клетки.

### Обоснование родства организмов на основе анализа химического состава их клеток

Основные термины и понятия, проверяемые в экзаменационной работе: *азотистые основания, активный центр фермента, гидрофильность, гидрофобность, аминокислоты, АТФ, белки, биополимеры, денатурация, ДНК, дезоксирибоза, комплементарность, липиды, мономер, нуклеотид, пептидная связь, полимер, углеводы, рибоза, РНК, ферменты, фосфолипиды.*

#### 2.3.1. Неорганические вещества клетки

В состав клетки входит около 70 элементов периодической системы элементов Менделеева, а 24 из них присутствуют во всех типах клеток. Все присутствующие в клетке элементы делятся, в зависимости от их содержания в клетке, на группы:

*макроэлементы* – Н, О, N, С, Mg, Na, Ca, Fe, К, Р, Cl, S;

*микроэлементы* – В, Ni, Cu, Co, Zn, Mb и др.;

*ультрамикроэлементы* – U, Ra, Au, Pb, Hg, Se и др.

В состав клетки входят молекулы *неорганических* и *органических* соединений.

Неорганические соединения клетки – *вода* и *неорганические* ионы.

Вода – важнейшее неорганическое вещество клетки. Все биохимические реакции происходят в водных растворах. Молекула воды имеет нелинейную пространственную структуру и обладает полярностью. Между отдельными молекулами воды образуются водородные связи, определяющие физические и химические свойства воды.

*Физические свойства воды:* так как молекулы воды полярны, то вода обладает свойством растворять полярные молекулы других веществ. Вещества, растворимые в воде, называются *гидрофильными*. Вещества, нерастворимые в воде называются *гидрофобными*.

Вода обладает высокой удельной теплоемкостью. Чтобы разорвать многочисленные водородные связи, имеющиеся между молекулами воды, требуется поглотить большое количество энергии. вспомните, как долго нагревается до кипения чайник. Это свойство воды обеспечивает поддержание теплового баланса в организме.

Для испарения воды необходима достаточно большая энергия. Температура кипения воды выше, чем у многих других веществ. Это свойство воды предохраняет организм от перегрева.

Вода может находиться в трех агрегатных состояниях – жидком, твердом и газообразном.

Водородные связи обуславливают вязкость воды и сцепление ее молекул с молекулами других веществ. Благодаря силам сцепления молекул на поверхности воды создается пленка, обладающая такой характеристикой, как *поверхностное натяжение*.

При охлаждении движение молекул воды замедляется. Количество водородных связей между молекулами становится максимальным. Наибольшей плотности вода достигает при 4 С°. При замерзании вода расширяется (необходимо место для образования водородных связей) и ее плотность уменьшается. Поэтому лед плавает.

*Биологические функции воды.* Вода обеспечивает передвижение веществ в клетке и организме, поглощение веществ и выведение продуктов метаболизма. В природе вода переносит продукты жизнедеятельности в почвы и к водоемам.

Вода – активный участник реакций обмена веществ.

Вода участвует в образовании смазывающих жидкостей и слизей, секретов и соков в организме. Эти жидкости находятся в суставах позвоночных животных, в плевральной полости, в околосердечной сумке.

Вода входит в состав слизей, которые облегчают передвижение веществ по кишечнику, создают влажную среду на слизистых оболочках дыхательных путей. Водную основу имеют и секреты, выделяемые некоторыми железами и органами: слюна, слезы, желчь, сперма и т. д.

*Неорганические ионы.* К неорганическим ионам клетки относятся: катионы  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NH_3^+$  и анионы  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $NCO_3^-$ ,  $HPO_4^{2-}$ .

Разность между количеством катионов и анионов ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$ ) на поверхности и внутри клетки обеспечивает возникновение потенциала действия, что лежит в основе нервного и мышечного возбуждения.

Анионы *фосфорной* кислоты создают *фосфатную буферную систему*, поддерживающую pH внутриклеточной среды организма на уровне 6–9.

Угольная кислота и ее анионы создают бикарбонатную буферную систему и поддерживают pH внеклеточной среды (плазмы крови) на уровне 7–8.

Соединения азота служат источником минерального питания, синтеза белков, нуклеиновых кислот. Атомы фосфора входят в состав нуклеиновых кислот, фосфолипидов, а также костей позвоночных, хитинового покрова членистоногих. Ионы кальция входят в состав вещества костей; они также необходимы для осуществления мышечного сокращения, свертывания крови.

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

### Часть А

A1. Полярностью воды обусловлена ее способность

- 1) проводить тепло 3) растворять хлорид натрия
- 2) поглощать тепло 4) растворять глицерин

A2. Больным рахитом детям необходимо давать препараты, содержащие

- 1) железо 2) калий 3) кальций 4) цинк

A3. Проведение нервного импульса обеспечивается ионами:

- 1) калия и натрия 3) железа и меди
- 2) фосфора и азота 4) кислорода и хлора

A4. Слабые связи между молекулами воды в ее жидкой фазе называются:

- 1) ковалентными 3) водородными
- 2) гидрофобными 4) гидрофильными

A5. В состав гемоглобина входит

- 1) фосфор 2) железо 3) сера 4) магний

А6. Выберите группу химических элементов, обязательно входящую в состав белков

- 1) Na, K, O, S
- 2) N, P, C, Cl
- 3) C, S, Fe, O
- 4) C, H, O, N

А7. Пациентам с гипофункцией щитовидной железы дают препараты, содержащие

- 1) йод
- 2) железо
- 3) фосфор
- 4) натрий

### Часть В

В1. Выберите функции воды в клетке

- 1) энергетическая 4) строительная
- 2) ферментативная 5) смазывающая
- 3) транспортная 6) терморегуляционная

В2. Выберите только физические свойства воды

- 1) способность к диссоциации
- 2) гидролиз солей
- 3) плотность
- 4) теплопроводность
- 5) электропроводность
- 6) донорство электронов

### Часть С

С1. Какие физические свойства воды определяют ее биологическое значение?

## 2.3.2. Органические вещества клетки. Углеводы, липиды

**Углеводы.** Общая формула  $C_n(H_2O)_n$ . Следовательно, углеводы содержат в своем составе только три химических элемента.

**Растворимые в воде углеводы.**

**Функции растворимых углеводов:** транспортная, защитная, сигнальная, энергетическая.

**Моносахариды:** *глюкоза* – основной источник энергии для клеточного дыхания. *Фруктоза* – составная часть нектара цветов и фруктовых соков. *Рибоза и дезоксирибоза* – структурные элементы нуклеотидов, являющихся мономерами РНК и ДНК.

**Дисахариды:** *сахароза* (глюкоза + фруктоза) – основной продукт фотосинтеза, транспортируемый в растениях. *Лактоза* (глюкоза + галактоза) – входит в состав молока млекопитающих. *Мальтоза* (глюкоза + глюкоза) – источник энергии в прорастающих семенах.

**Полимерные углеводы:** крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин. Они не растворимы в воде.

**Функции полимерных углеводов:** структурная, запасная, энергетическая, защитная.

*Крахмал* состоит из разветвленных спирализованных молекул, образующих запасные вещества в тканях растений.

*Целлюлоза* – полимер, образованный остатками глюкозы, состоящими из нескольких прямых параллельных цепей, соединенных водородными связями. Такая структура препятствует проникновению воды и обеспечивает устойчивость целлюлозных оболочек растительных клеток.

*Хитин* состоит из аминокислотных производных глюкозы. Основной структурный элемент покровов членистоногих и клеточных стенок грибов.

*Гликоген* – запасное вещество животной клетки. Гликоген еще более ветвистый, чем крахмал и хорошо растворимы в воде.

*Липиды* – сложные эфиры жирных кислот и глицерина. Нерастворимы в воде, но растворимы в неполярных растворителях. Присутствуют во всех клетках. Липиды состоят из атомов водорода, кислорода и углерода. Виды липидов: жиры, воска, фосфолипиды. Функции липидов: *запасная* – жиры, откладываются в запас в тканях позвоночных животных. *Энергетическая* – половина энергии, потребляемой клетками позвоночных животных в состоянии покоя, образуется в результате окисления жиров. Жиры используются и как источник воды. Энергетический эффект от расщепления 1 г жира – 39 кДж, что в два раза больше энергетического эффекта от расщепления 1 г глюкозы или белка. *Защитная* – подкожный жировой слой защищает организм от механических повреждений. *Структурная* – *фосфолипиды* входят в состав клеточных мембран. *Теплоизоляционная* – подкожный жир помогает сохранить тепло. *Электроизоляционная* – миелин, выделяемый клетками Шванна (образуют оболочки нервных волокон), изолирует некоторые нейроны, что во много раз ускоряет передачу нервных импульсов. *Питательная* – некоторые липидоподобные вещества способствуют наращиванию мышечной массы, поддержанию тонуса организма. *Смазывающая* – воски покрывают кожу, шерсть, перья и предохраняют их от воды. Восковым налетом покрыты листья многих растений, воск используется в строительстве пчелиных сот. *Гормональная* – гормон надпочечников – кортизон и половые гормоны имеют липидную природу.

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИИ

### Часть А

А1. Мономером полисахаридов может быть:

- 1) аминокислота
- 2) глюкоза
- 3) нуклеотид
- 4) целлюлоза

А2. В клетках животных запасным углеводом является:

- 1) целлюлоза
- 2) крахмал
- 3) хитин
- 4) гликоген

А3. Больше всего энергии выделится при расщеплении:

- 1) 10 г белка

- 2) 10 г глюкозы
- 3) 10 г жира
- 4) 10 г аминокислоты

A4. Какую из функций липиды не выполняют?

- 1) энергетическую
- 2) каталитическую
- 3) изоляционную
- 4) запасующую

A5. Липиды можно растворить в:

- 1) воде
- 2) растворе поваренной соли
- 3) соляной кислоте
- 4) ацетоне

## Часть В

B1. Выберите особенности строения углеводов

- 1) состоят из остатков аминокислот
- 2) состоят из остатков глюкозы
- 3) состоят из атомов водорода, углерода и кислорода
- 4) некоторые молекулы имеют разветвленную структуру
- 5) состоят из остатков жирных кислот и глицерина
- 6) состоят из нуклеотидов

B2. Выберите функции, которые углеводы выполняют в организме

- 1) каталитическая
- 2) транспортная
- 3) сигнальная
- 4) строительная
- 5) защитная
- 6) энергетическая

B3. Выберите функции, которые липиды выполняют в клетке

- 1) структурная
- 2) энергетическая
- 3) запасующая
- 4) ферментативная
- 5) сигнальная
- 6) транспортная

B4. Соотнесите группу химических соединений с их ролью в клетке

РОЛЬ СОЕДИНЕНИЯ В КЛЕТКЕ	СОЕДИНЕНИЕ
А) быстро расщепляются с выделением энергии	1) углеводы
Б) являются основным запасным веществом растений и животных	2) липиды
В) являются источником для синтеза гормонов	
Г) образуют теплоизолирующий слой у животных	
Д) являются источником дополнительной воды у верблюдов	
Е) входят в состав покровов насекомых	

## Часть С

С1. Почему в организме не накапливается глюкоза, а накапливается крахмал и гликоген?

С2. Почему именно мыло смывает жир с рук?

### 2.3.3. Белки, их строение и функции

Белки – это биологические гетерополимеры, мономерами которых являются аминокислоты. Белки синтезируются в живых организмах и выполняют в них определенные функции.

В состав белков входят атомы углерода, кислорода, водорода, азота и иногда серы. Мономерами белков являются аминокислоты – вещества, имеющие в своем составе неизменяемые части аминогруппу  $\text{NH}_2$  и карбоксильную группу  $\text{COOH}$  и изменяемую часть – радикал. Именно радикалами аминокислоты отличаются друг от друга. Аминокислоты обладают свойствами кислоты и основания (они амфотерны), поэтому могут соединяться друг с другом. Их количество в одной молекуле может достигать нескольких сотен. Чередование разных аминокислот в разной последовательности позволяет получать огромное количество различных по структуре и функциям белков.

В белках встречается 20 видов различных аминокислот, некоторые из которых животные синтезировать не могут. Они получают их от растений, которые могут синтезировать все аминокислоты. Именно до аминокислот расщепляются белки в пищеварительных трактах животных. Из этих аминокислот, поступающих в клетки организма, строятся его новые белки.

*Структура белковой молекулы.* Под структурой белковой молекулы понимают ее аминокислотный состав, последовательность мономеров и степень скрученности молекулы, которая должна уместиться в различных отделах и органоидах клетки, причем не одна, а вместе с огромным количеством других молекул.

Последовательность аминокислот в молекуле белка образует его первичную структуру. Она зависит от последовательности нуклеотидов в участке молекулы ДНК (гене), кодирующем данный белок. Соседние аминокислоты связаны пептидными связями, возникающими между углеродом карбоксильной группы одной аминокислоты и азотом аминогруппы другой аминокислоты.

Длинная молекула белка сворачивается и приобретает сначала вид спирали. Так возникает вторичная структура белковой молекулы. Между  $\text{CO}$  и  $\text{NH}$  – группами аминокислотных остатков, соседних витков спирали, возникают водородные связи, удерживающие цепь.

Молекула белка сложной конфигурации в виде глобулы (шарика), приобретает третичную структуру. Прочность этой структуры обеспечивается гидрофобными, водородными, ионными и дисульфидными  $\text{S-S}$  связями.

Некоторые белки имеют четвертичную структуру, образованную несколькими полипептидными цепями (третичными структурами). Четвертичная структура так же удерживается слабыми нековалентными связями – ионными, водородными, гидрофобными. Однако прочность этих связей невелика и структура может быть легко нарушена. При нагревании или обработке некоторыми химическими веществами белок подвергается денатурации и теряет свою биологическую активность. Нарушение четвертичной, третичной и вторичной структур обратимо. Разрушение первичной структуры необратимо.

В любой клетке есть сотни белковых молекул, выполняющих различные функции. Кроме того, белки имеют видовую специфичность. Это означает, что каждый вид организмов обладает белками, не встречающимися у других видов. Это создает серьезные трудно-

сти при пересадке органов и тканей от одного человека к другому, при прививках одного вида растений на другой и т. д.

**Функции белков.**

*Каталитическая (ферментативная)* – белки ускоряют все биохимические процессы, идущие в клетке: расщепление питательных веществ в пищеварительном тракте, участвуют в реакциях матричного синтеза. Каждый фермент ускоряет одну и только одну реакцию (как в прямом, так и в обратном направлении). Скорость ферментативных реакций зависит от температуры среды, уровня ее рН, а также от концентраций реагирующих веществ и концентрации фермента.

*Транспортная* – белки обеспечивают активный транспорт ионов через клеточные мембраны, транспорт кислорода и углекислого газа, транспорт жирных кислот.

*Защитная* – антитела обеспечивают иммунную защиту организма; фибриноген и фибрин защищают организм от кровопотерь.

*Структурная* – одна из основных функций белков. Белки входят в состав клеточных мембран; белок кератин образует волосы и ногти; белки коллаген и эластин – хрящи и сухожилия.

*Сократительная* – обеспечивается сократительными белками – актином и миозином.

*Сигнальная* – белковые молекулы могут принимать сигналы и служить их переносчиками в организме (гормонами). Следует помнить, что не все гормоны являются белками.

*Энергетическая* – при длительном голодании белки могут использоваться в качестве дополнительного источника энергии после того, как израсходованы углеводы и жиры.

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

### Часть А

А1. Последовательность аминокислот в молекуле белка зависит от:

- 1) структуры гена
- 2) внешней среды
- 3) их случайного сочетания
- 4) их строения

А2. Человек получает незаменимые аминокислоты путем

- 1) их синтеза в клетках
- 2) поступления с пищей
- 3) приема лекарств
- 4) приема витаминов

А3. При понижении температуры активность ферментов

- 1) заметно повышается
- 2) заметно понижается
- 3) остается стабильной
- 4) периодически изменяется

А4. В защите организма от кровопотерь участвует

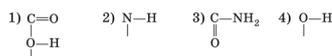
- 1) гемоглобин
- 2) коллаген

- 3) фибрин
- 4) миозин

A5. В каком из указанных процессов белки не участвуют?

- 1) обмен веществ
- 2) кодирование наследственной информации
- 3) ферментативный катализ
- 4) транспорт веществ

A6. Укажите пример пептидной связи:



## Часть B

B1. Выберите функции, характерные для белков

- 1) каталитическая
- 2) кроветворная
- 3) защитная
- 4) транспортная
- 5) рефлексорная
- 6) фотосинтетическая

B2. Установите соответствие между структурой белковой молекулы и ее особенностями

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ	СТРУКТУРА БЕЛКОВОЙ МОЛЕКУЛЫ
A) имеет форму глобулы	1) первичная
B) удерживается пептидными связями	2) третичная
B) удерживается пептидными, водородными, дисульфидными связями	
Г) определяется последовательностью нуклеотидов в гене	
Д) определяет биологическую активность белка	
Е) не спирализована	

## Часть C

C1. Почему продукты хранят в холодильнике?

C2. Почему продукты, подвергшиеся тепловой обработке, хранятся дольше?

C3. Объясните понятие «специфичность» белка, и какое биологическое значение имеет специфичность?

C4. Прочитайте текст, укажите номера предложений, в которых допущены ошибки и объясните их

- 1) Большая часть химических реакций в организме катализируется ферментами.
- 2) Каждый фермент может катализировать множество типов реакций.
- 3) У фермента есть активный центр, геометрическая форма которого изменяется в зависимости от вещества, с которым фермент взаимодействует.
- 4) Примером действия фермента может быть разложение мочевины уреазой.
- 5) Мочевина разлагается на двуокись углерода и аммиак, которым пахнет кошачий лоток с песком.
- 6) За одну секунду уреазы расщепляет до 30 000 молекул мочевины, в обычных условиях на это потребовалось бы около 3 млн лет.

## 2.3.4. Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые кислоты были открыты в 1868 г. швейцарским ученым Ф. Мишером. В организмах существует несколько видов нуклеиновых кислот, которые встречаются в различных органоидах клетки – ядре, митохондриях, пластидах. К нуклеиновым кислотам относятся ДНК, и-РНК, т-РНК, р-РНК.

**Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)** – линейный полимер, имеющий вид двойной спирали, образованной парой антипараллельных комплементарных (соответствующих друг другу по конфигурации) цепей. Пространственная структура молекулы ДНК была смоделирована американскими учеными Джеймсом Уотсоном и Френсисом Криком в 1953 г.

Мономерами ДНК являются **нуклеотиды**. Каждый нуклеотид ДНК состоит из пуринового (А – аденин или Г – гуанин) или пиримидинового (Т – тимин или Ц – цитозин) азотистого основания, пятиуглеродного сахара – дезоксирибозы и фосфатной группы.

Нуклеотиды в молекуле ДНК обращены друг к другу азотистыми основаниями и объединены парами в соответствии с правилами комплементарности: напротив аденина расположен тимин, напротив гуанина – цитозин. Пара А – Т соединена двумя водородными связями, а пара Г – Ц – тремя. При репликации (удвоении) молекулы ДНК водородные связи рвутся и цепи расходятся и на каждой из них синтезируется новая цепь ДНК. Остов цепей ДНК образован сахарофосфатными остатками.

Последовательность нуклеотидов в молекуле ДНК определяет ее специфичность, а также специфичность белков организма, которые кодируются этой последовательностью. Эти последовательности индивидуальны и для каждого вида организмов, и для отдельных особей.

Пример: дана последовательность нуклеотидов ДНК: ЦГА – ТТА – ЦАА.

На информационной РНК (и-РНК) будет синтезирована цепь ГЦУ – ААУ – ГУУ, в результате чего выстроится цепочка аминокислот: аланин – аспарагин – валин.

При замене нуклеотидов в одном из триплетов или их перестановке этот триплет будет кодировать другую аминокислоту, а следовательно изменится и белок, кодируемый данным геном. (*Воспользовавшись школьным учебником, попытайтесь убедиться в этом.*) Изменение в составе нуклеотидов или их последовательности называются мутацией.

**Рибонуклеиновая кислота (РНК)** – линейный полимер, состоящий из одной цепи нуклеотидов. В составе РНК тиминный нуклеотид замещен на урациловый (У). Каждый нуклеотид РНК содержит пятиуглеродный сахар – рибозу, одно из четырех азотистых оснований и остаток фосфорной кислоты.

**Виды РНК.** *Матричная, или информационная, РНК.* Синтезируется в ядре при участии фермента РНК-полимеразы. Комплементарна участку ДНК, на котором происходит синтез. Ее функция – снятие информации с ДНК и передача ее к месту синтеза белка – на рибосомы. Составляет 5 % РНК клетки. *Рибосомная РНК* – синтезируется в ядрышке и входит в состав рибосом. Составляет 85 % РНК клетки. *Транспортная РНК* (более 40 видов). Транспортирует аминокислоты к месту синтеза белка. Имеет форму клеверного листа и состоит из 70–90 нуклеотидов.

**Аденозинтрифосфорная кислота – АТФ.** АТФ представляет собой нуклеотид, состоящий из азотистого основания – аденина, углевода рибозы и трех остатков фосфорной кислоты, в двух из которых запасается большое количество энергии. При отщеплении одного остатка фосфорной кислоты освобождается 40 кДж/моль энергии. Сравните эту цифру с цифрой, обозначающей количество выделенной энергии 1 г глюкозы или жира. Способность запасать такое количество энергии делает АТФ ее универсальным источником. Синтез АТФ происходит в основном в митохондриях.

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

### Часть А

А1. Мономерами ДНК и РНК являются

- 1) азотистые основания
- 2) фосфатные группы
- 3) аминокислоты
- 4) нуклеотиды

А2. Функция информационной РНК:

- 1) удвоение информации
- 2) снятие информации с ДНК
- 3) транспорт аминокислот на рибосомы
- 4) хранение информации

А3. Укажите вторую цепь ДНК, комплементарную первой: АТТ – ГЦЦ – ТТГ

- 1) УАА – ТГГ – ААЦ
- 2) ТАА – ЦГГ – ААЦ
- 3) УЦЦ – ГЦЦ – АЦГ
- 4) ТАА – УГГ – УУЦ

А4. Подтверждением гипотезы, предполагающей, что ДНК является генетическим материалом клетки, служит:

- 1) количество нуклеотидов в молекуле
- 2) индивидуальность ДНК
- 3) соотношение азотистых оснований ( $A = T, G = C$ )
- 4) соотношение ДНК в гаметах и соматических клетках (1:2)

А5. Молекула ДНК способна передавать информацию благодаря:

- 1) последовательности нуклеотидов
- 2) количеству нуклеотидов
- 3) способности к самоудвоению
- 4) спирализации молекулы

А6. В каком случае правильно указан состав одного из нуклеотидов РНК

- 1) тимин – рибоза – фосфат
- 2) урацил – дезоксирибоза – фосфат
- 3) урацил – рибоза – фосфат
- 4) аденин – дезоксирибоза – фосфат

### Часть В

В1. Выберите признаки молекулы ДНК

- 1) Одноцепочная молекула
- 2) Нуклеотиды – АГУЦ

- 3) Нуклеотиды – АТГЦ
- 4) Углевод – рибоза
- 5) Углевод – дезоксирибоза
- 6) Способна к репликации

В2. Выберите функции, характерные для молекул РНК эукариотических клеток

- 1) распределение наследственной информации
- 2) передача наследственной информации к месту синтеза белков
- 3) транспорт аминокислот к месту синтеза белков
- 4) инициирование репликации ДНК
- 5) формирование структуры рибосом
- 6) хранение наследственной информации

### **Часть С**

С1. Установление структуры ДНК позволило решить ряд проблем. Какие, по вашему мнению, это были проблемы и как они решились в результате этого открытия?

С2. Сравните нуклеиновые кислоты по составу и свойствам.

## 2.4. Строение про- и эукариотной клеток. Взаимосвязь строения и функций частей и органоидов клетки – основа ее целостности

Основные термины и понятия, проверяемые в экзаменационной работе: *аппарат Гольджи, вакуоль, клеточная мембрана, клеточная теория, лейкопласты, митохондрии, органоиды клетки, пластиды, прокариоты, рибосомы, хлоропласты, хромопласты, хромосомы, эукариоты, ядро.*

Любая клетка представляет собой систему. Это означает, что все ее компоненты взаимосвязаны, взаимозависимы и взаимодействуют друг с другом. Это также означает, что нарушение деятельности одного из элементов данной системы ведет к изменениям и нарушениям работы всей системы. Совокупность клеток образует ткани, различные ткани образуют органы, а органы, взаимодействуя и выполняя общую функцию, образуют системы органов. Эту цепочку можно продолжить дальше, и вы можете сделать это самостоятельно. Главное, что нужно понять, – любая система обладает определенной структурой, уровнем сложности и основана на взаимодействии элементов, которые ее составляют. Ниже даны справочные таблицы, в которых сравнивается строение и функции прокариотических и эукариотических клеток, а также разбирается их строение и функции. Внимательно проанализируйте эти таблицы, ибо в экзаменационных работах достаточно часто задаются вопросы, требующие знания этого материала.

### 2.4.1. Особенности строения эукариотических и прокариотических клеток. Сравнительные данные

Сравнительная характеристика эукариотических и прокариотических клеток.

Структура	Эукариотические клетки	Прокариотические клетки
Клеточная стенка	Есть у растений, грибов; отсутствует у животных. Состоит из целлюлозы (у растений) или хитина (у грибов)	Есть. Состоит из полимерных белковоуглеводных молекул
Клеточная мембрана	Есть	Есть
Ядро	Есть и окружено мембраной	Нуклеарная область; ядерной мембраны нет
Цитоплазма	Есть	Есть
Хромосомы	Линейные, содержат белок. Транскрипция происходит в ядре, трансляция в цитоплазме	Кольцевые; белка практически не содержат. Транскрипция и трансляция происходят в цитоплазме

Окончание табл.

Структура	Эукариотические клетки	Прокариотические клетки
Эндоплазматический ретикулум	Есть	Нет
Рибосомы	Есть	Есть, но они меньше по размеру
Комплекс Гольджи	Есть	Нет
Лизосомы	Есть	Нет
Митохондрии	Есть	Нет
Вакуоли	Есть у большинства клеток	Нет
Реснички и жгутики	Есть у всех организмов, кроме высших растений	Есть у некоторых бактерий
Хлоропласты	Есть у растительных клеток	Нет. Фотосинтез зеленых и purpleвых протейкает в бактериохлорофиллах (пигментах)
Микротрибочки, микрофиламенты	Есть	Нет

Строение эукариотических клеток.

Структура	Функция структуры	Строение и состав
Плазматическая мембрана	Избирательно регулирует обмен веществ между клеткой и внешней средой. Обеспечивает контакт с соседними клетками. Фотонтоз. Пиноцитоз	Двойной слой фосфолипидов с пролипающими его молекулами белков. На внешней поверхности расположены гликопротеины и гликолипиды (клеточные рецепторы)
Ядро	Регулирует клеточную активность. Содержит ДНК, хранящую информацию о специфической последовательности аминокислот в белке.	Двойная ядерная мембрана, окружающая кардиолазму (ядерный сок), в которой находится хромосома. Мембрана пронизана порами, через которые происходит обмен веществ между ядром и цитоплазмой

*Продолжение табл.*

Структура	Функция структуры	Строение и состав
Ядро	Мембрана ядра через ЭПС связана с наружной мембраной	
Цитоплазма	Внутренняя среда клетки, содержащая органеллы и осуществляющая связь между ними	Полужидкая среда клетки
Хромосомы	Хранение и распределение генетической информации	Две хроматиды, соединенные в области центромеры. Состоят из ДНК и белка
Ядрышко	Сборка рибосомных субъединиц, синтез рРНК	Округлое тельце диаметром около 1 мкм
Митохондрии	Осуществление аэробного дыхания. Ответственны за синтез АТФ в ходе окислительного фосфорилирования	Органеллы эллипсоидной формы, окруженные двумя мембранами — гладкой наружной и складчатой внутренней. Складки этой мембраны называются «кристы». В кристах митохондрий находится множество ферментов, участвующих в реакциях окислительного фосфорилирования
Рибосомы	Сборка белковых молекул	Немембранные компоненты клетки. Состоят из двух субъединиц (большой и малой)
Эндоплазматический ретикулум, или ЭПС	Транспортирует вещества, связь органелл клетки. На гранулярной ЭПС находится рибосома. Гладкая ЭПС содержит ферменты синтеза липидов	Одномембранная система каналов, трубочек, цистерн, полостей
Аппарат Гольджи	Преобразование, накопление, сортировка и упаковка белков и липидов. Образование секреторных пузырьков	Образованы плоскими цистернами, состоящими из плазматических мембран. От краев цистерн отшнуровываются пузырьки, в которых накапливаются необходимые клетке вещества

*Продолжение табл.*

Структура	Функция структуры	Строение и состав
	транспортирующих продукты внутри клетки. Синтез полисахаридов и формирование неравных лизосом	
Лизосомы	Внутриклеточное переваривание макромолекул липиды. Уничтожение старых клеток	Одномембранные структуры, внешне напоминающие пузырьки и содержащие концентрированные ферменты. В большом количестве содержатся в лейкоцитах
Клеточная стенка	Опорная и защитная оболочка растительных клеток	Целлюлоза
Пластиды (хлоропласты, хромопласты, лейкопласты)	Фотосинтез, запасание питательных веществ	Существуют только в растительных клетках. Это мембранные органеллы, содержащие хлорофилл, каротиноиды, ДНК
Вакуоли	Запасание жидкости, питательных веществ у растений, пигментов и выделение у животных	Полости, мембраны, белки, жиры, углеводы, вода, соли
Микротрубочки и микрофиламенты	Образование цитоскелета клетки, центриолей, базальных телец, жгутиков, ресничек; обеспечивают внутриклеточное движение, например митохондрий	Белковые образования, цилиндрической формы
Реснички, жгутики	Перемещение клеток, формирование потоков жидкости у поверхности клеток	Состоят из системы микротрубочек, покрытых мембраной

*Окончание табл.*

Структура	Функция структуры	Строение и состав
Клеточный центр	Участует в организации цитоскелета клетки, в равномерном распределении генетического материала при клеточном делении. Образует митотическое веретено	Представляет собой область клетки, в которой находится центриоли — система микротрубочек

**Функции эукариотических клеток.** Клетки одноклеточных организмов осуществляют все функции, характерные для живых организмов — обмен веществ, рост, развитие, размножение; способны к адаптации.

Клетки многоклеточных организмов дифференцированы по строению, в зависимости от выполняемых ими функций. Эпителиальные, мышечные, нервные, соединительные ткани формируются из специализированных клеток.

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

### Часть А

А1. К прокариотическим организмам относится

- 1) бацилла
- 2) гидра
- 3) амеба
- 4) вольвокс

А2. Клеточная мембрана выполняет функцию

- 1) синтеза белка
- 2) передачи наследственной информации
- 3) фотосинтеза
- 4) фагоцитоза и пиноцитоза

А3. Укажите пункт, в котором строение названной клетки совпадает с ее функцией

- 1) нейрон – сокращение
- 2) лейкоцит – проведение импульса
- 3) эритроцит – транспорт газов
- 4) остеоцит – фагоцитоз

А4. Клеточная энергия вырабатывается в

- 1) рибосомах
- 2) митохондриях
- 3) ядре
- 4) аппарате Гольджи

А5. Исключите из предложенного списка лишнее понятие

- 1) лямблия
- 2) плазмодий
- 3) инфузория
- 4) хламидомонада

А6. Исключите из предложенного списка лишнее понятие

- 1) рибосомы
- 2) митохондрии
- 3) хлоропласты
- 4) крахмальные зерна

А7. Хромосомы клетки выполняют функцию

- 1) биосинтеза белка
- 2) хранения наследственной информации
- 3) формирования лизосом
- 4) регуляции обмена веществ

## Часть В

В1. Выберите из предложенного списка функции хлоропластов

- 1) образование лизосом
- 2) синтез глюкозы
- 4) синтез АТФ
- 3) синтез РНК
- 5) выделение кислорода
- 6) клеточное дыхание

В2. Выберите особенности строения митохондрий

- 1) окружены двойной мембраной
- 2) содержат хлорофилл
- 3) есть кристы
- 4) наружная мембрана складчатая
- 5) окружены одинарной мембраной
- 6) внутренняя мембрана богата ферментами

В3. Соотнесите органоид с его функцией

ФУНКЦИИ	ОРГАНОИДЫ
А) хранение и удвоение наследственной информации клетки	1) ядро
Б) синтез н-РНК	2) хлоропласты
В) синтез глюкозы	
Г) координация процесса деления клетки	
Д) преобразование энергии света	
Е) выделение кислорода	

В4. Заполните таблицу, отметив знаками «+» или «-» наличие указанных структур в про- и эукариотических клетках

Признаки	Прокариоты	Эукариоты
Ядро		
Хромосомы		
Нуклеонд		
Клеточная стенка		
Клеточная мембрана		
Митохондрии		
Лизосомы		
Комплекс Гольджи		
Реснички и жгутики		
Рибосомы		

## Часть С

С1. Докажите, что клетка является целостной биологической, открытой системой.

## **2.5. Метаболизм: энергетический и пластический обмен, их взаимосвязь. Ферменты, их химическая природа, роль в метаболизме. Стадии энергетического обмена. Брожение и дыхание. Фотосинтез, его значение, космическая роль. Фазы фотосинтеза. Световые и темновые реакции фотосинтеза, их взаимосвязь. Хемосинтез. Роль хемосинтезирующих бактерий на Земле**

Термины, проверяемые в экзаменационной работе: *автотрофные организмы, анаболизм, анаэробный гликолиз, ассимиляция, аэробный гликолиз, биологическое окисление, брожение, диссимиляция, биосинтез, гетеротрофные организмы, дыхание, катаболизм, кислородный этап, метаболизм, пластический обмен, подготовительный этап, световая фаза фотосинтеза, темновая фаза фотосинтеза, фотолиз воды, фотосинтез, энергетический обмен.*

### **2.5.1. Энергетический и пластический обмен, их взаимосвязь**

**Обмен веществ (метаболизм)** – это совокупность взаимосвязанных процессов синтеза и расщепления химических веществ, происходящих в организме. Биологи разделяют его на пластический (*анаболизм*) и энергетический обмены (*катаболизм*), которые связаны между собой. Все синтетические процессы нуждаются в веществах и энергии, поставляемых процессами расщепления. Процессы расщепления катализируются ферментами, синтезирующимися в ходе пластического обмена, с использованием продуктов и энергии энергетического обмена.

Для отдельных процессов, происходящих в организмах, используются следующие термины:

*Анаболизм (ассимиляция)* – синтез более сложных мономеров из более простых с поглощением и накоплением энергии в виде химических связей в синтезированных веществах.

*Катаболизм (диссимиляция)* – распад более сложных мономеров на более простые с освобождением энергии и ее запасанием в виде макроэргических связей АТФ.

Живые существа для своей жизнедеятельности используют световую и химическую энергию. Зеленые растения – *автотрофы*, – синтезируют органические соединения в процессе фотосинтеза, используя энергию солнечного света. Источником углерода для них является углекислый газ. Многие автотрофные прокариоты добывают энергию в процессе *хемосинтеза* – окисления неорганических соединений. Для них источником энергии могут быть соединения серы, азота, углерода. *Гетеротрофы* используют органические источники углерода, т. е. питаются готовыми органическими веществами. Среди растений могут встречаться те, которые питаются смешанным способом (*миксотрофно*) – росянка, венерина мухоловка или даже гетеротрофно – раффлезия. Из представителей одноклеточных животных миксотрофами считаются эвглены зеленые.

**Ферменты, их химическая природа, роль в метаболизме.** Ферменты – это всегда специфические белки – катализаторы. Термин «специфические» означает, что объект, по

отношению к которому этот термин употребляется, имеет неповторимые особенности, свойства, характеристики. Каждый фермент обладает такими особенностями, потому что, как правило, катализирует определенный вид реакций. Ни одна биохимическая реакция в организме не происходит без участия ферментов. Особенности специфичности молекулы фермента объясняются ее строением и свойствами. В молекуле фермента есть активный центр, пространственная конфигурация которого соответствует пространственной конфигурации веществ, с которыми фермент взаимодействует. Узнав свой субстрат, фермент взаимодействует с ним и ускоряет его превращение.

Ферментами катализируются все биохимические реакции. Без их участия скорость этих реакций уменьшилась бы в сотни тысяч раз. В качестве примеров можно привести такие реакции, как участие РНК – полимеразы в синтезе – и-РНК на ДНК, действие уреазы на мочевины, роль АТФ – синтазы в синтезе АТФ и другие. Обратите внимание на то, что названия многих ферментов оканчиваются на «аза».

Активность ферментов зависит от температуры, кислотности среды, количества субстрата, с которым он взаимодействует. При повышении температуры активность ферментов увеличивается. Однако происходит это до определенных пределов, т. к. при достаточно высоких температурах белок денатурируется. Среда, в которой могут функционировать ферменты, для каждой группы различна. Есть ферменты, которые активны в кислой или слабокислой среде или в щелочной или слабощелочной среде. В кислой среде активны ферменты желудочного сока у млекопитающих. В слабощелочной среде активны ферменты кишечного сока. Пищеварительный фермент поджелудочной железы активен в щелочной среде. Большинство же ферментов активны в нейтральной среде.

## 2.5.2. Энергетический обмен в клетке (диссимиляция)

**Энергетический обмен** – это совокупность химических реакций постепенного распада органических соединений, сопровождающихся высвобождением энергии, часть которой расходуется на синтез АТФ. Процессы расщепления органических соединений у *аэробных* организмов происходят в три этапа, каждый из которых сопровождается несколькими ферментативными реакциями.

*Первый этап – подготовительный.* В желудочно-кишечном тракте многоклеточных организмов он осуществляется пищеварительными ферментами. У одноклеточных – ферментами лизосом. На первом этапе происходит расщепление белков *до аминокислот, жиров до глицерина и жирных кислот, полисахаридов до моносахаридов, нуклеиновых кислот до нуклеотидов.* Этот процесс называется пищеварением.

*Второй этап – бескислородный (гликолиз).* Его биологический смысл заключается в начале постепенного расщепления и окисления глюкозы с накоплением энергии в виде 2 молекул АТФ. Гликолиз происходит в цитоплазме клеток. Он состоит из нескольких последовательных реакций превращения молекулы глюкозы в две молекулы пировиноградной кислоты (пирувата) и две молекулы АТФ, в виде которой запасается часть энергии, выделившейся при гликолизе:  $C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2P \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2ATP$ . Остальная энергия рассеивается в виде тепла.

В клетках дрожжей и растений (*при недостатке кислорода*) пируват распадается на этиловый спирт и углекислый газ. Этот процесс называется *спиртовым брожением*.

Энергии, накопленной при гликолизе, слишком мало для организмов, использующих кислород для своего дыхания. Вот почему в мышцах животных, в том числе и у человека, при больших нагрузках и нехватке кислорода образуется молочная кислота ( $C_3H_6O_3$ ), которая накапливается в виде лактата. Появляется боль в мышцах. У нетренированных людей это происходит быстрее, чем у людей тренированных.

*Третий этап – кислородный*, состоящий из двух последовательных процессов – цикла Кребса, названного по имени Нобелевского лауреата Ганса Кребса, и окислительного фосфорилирования. Его смысл заключается в том, что при кислородном дыхании пируват окисляется до окончательных продуктов – углекислого газа и воды, а энергия, выделяющаяся при окислении, запасается в виде 36 молекул АТФ. (34 молекулы в цикле Кребса и 2 молекулы в ходе окислительного фосфорилирования). Эта энергия распада органических соединений обеспечивает реакции их синтеза в пластическом обмене. Кислородный этап возник после накопления в атмосфере достаточного количества молекулярного кислорода и появления аэробных организмов.

*Окислительное фосфорилирование* или *клеточное дыхание* происходит, на внутренних мембранах митохондрий, в которые встроены молекулы-переносчики электронов. В ходе этой стадии освобождается большая часть метаболической энергии. Молекулы-переносчики транспортируют электроны к молекулярному кислороду. Часть энергии рассеивается в виде тепла, а часть расходуется на образование АТФ.

Суммарная реакция энергетического обмена:



## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

### Часть А

А1. Способ питания хищных животных называется

- 1) автотрофным
- 2) миксотрофным
- 3) гетеротрофным
- 4) хемотрофным

А2. Совокупность реакций обмена веществ называется:

- 1) анаболизм
- 2) ассимиляция
- 3) диссимиляция
- 4) метаболизм

А3. На подготовительном этапе энергетического обмена происходит образование:

- 1) 2 молекул АТФ и глюкозы
- 2) 36 молекул АТФ и молочной кислоты
- 3) аминокислот, глюкозы, жирных кислот
- 4) уксусной кислоты и спирта

А4. Вещества, катализирующие биохимические реакции в организме, – это:

- 1) белки
- 2) нуклеиновые кислоты
- 3) липиды
- 4) углеводы

А5. Процесс синтеза АТФ в ходе окислительного фосфорилирования происходит в:

- 1) цитоплазме

- 2) рибосомах
- 3) митохондриях
- 4) аппарате Гольджи

А6. Энергия АТФ, запасенная в процессе энергетического обмена, частично используется для реакций:

- 1) подготовительного этапа
- 2) гликолиза
- 3) кислородного этапа
- 4) синтеза органических соединений

А7. Продуктами гликолиза являются:

- 1) глюкоза и АТФ
- 2) углекислый газ и вода
- 3) пировиноградная кислота и АТФ
- 4) белки, жиры, углеводы

## Часть В

В1. Выберите события, происходящие на подготовительном этапе энергетического обмена у человека

- 1) белки распадаются до аминокислот
- 2) глюкоза расщепляется до углекислого газа и воды
- 3) синтезируются 2 молекулы АТФ
- 4) гликоген расщепляется до глюкозы
- 5) образуется молочная кислота
- 6) липиды расщепляются до глицерина и жирных кислот

В2. Соотнесите процессы, происходящие при энергетическом обмене с этапами, на которых они происходят

ПРОЦЕССЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА	ЭТАПЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА
А) образуются 2 молекулы пирувата	1) бескислородный
Б) синтезируются 2 молекулы АТФ	2) кислородный
В) синтезируются 36 молекул АТФ	
Г) происходит в цитоплазме	
Д) происходит в митохондриях	
Е) состоит из реакций цикла Кребса и окислительного фосфорилирования	

В3. Определите последовательность превращений куска сырого картофеля в процессе энергетического обмена в организме свиньи:

- А) образование пирувата
- Б) образование глюкозы
- В) всасывание глюкозы в кровь
- Г) образование углекислого газа и воды
- Д) окислительное фосфорилирование и образование  $H_2O$
- Е) цикл Кребса и образование  $CO_2$

## Часть С

С1. Объясните причины утомляемости спортсменов-марафонцев на дистанциях, и как она преодолевается?

### 2.5.3. Фотосинтез и хемосинтез

Все живые существа нуждаются в пище и питательных веществах. Питаясь, они используют энергию, запасенную, прежде всего, в органических соединениях – белках, жирах, углеводах. Гетеротрофные организмы, как уже говорилось, используют пищу растительного и животного происхождения, уже содержащую органические соединения. Растения же создают органические вещества в процессе фотосинтеза. Исследования в области фотосинтеза начались в 1630 г. экспериментами голландца ван Гельмонта. Он доказал, что растения получают органические вещества не из почвы, а создают их самостоятельно. Джозеф Пристли в 1771 г. доказал «исправление» воздуха растениями. Помещенные под стеклянный колпак они поглощали углекислый газ, выделяемый тлеющей лучиной. Исследования продолжались, и в настоящее время установлено, что **фотосинтез** – это процесс образования органических соединений из диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) и воды с использованием энергии света и проходящий в хлоропластах зеленых растений и зеленых пигментах некоторых фотосинтезирующих бактерий.

Хлоропласты и складки цитоплазматической мембраны прокариот содержат зеленый пигмент – *хлорофилл*. Молекула хлорофилла способна возбуждаться под действием солнечного света и отдавать свои электроны и перемещать их на более высокие энергетические уровни. Этот процесс можно сравнить с подброшенным вверх мячом. Поднимаясь, мяч запасается потенциальной энергией; падая, он теряет ее. Электроны не падают обратно, а подхватываются переносчиками электронов (НАДФ<sup>+</sup> – *никотинамиддифосфат*). При этом энергия, накопленная ими ранее, частично расходуется на образование АТФ. Продолжая сравнение с подброшенным мячом, можно сказать, что мяч, падая, нагревает окружающее пространство, а часть энергии падающих электронов запасается в виде АТФ. Процесс фотосинтеза подразделяется на реакции, вызываемые светом, и реакции, связанные с фиксацией углерода. Их называют *световой* и *темновой* фазами.

«**Световая фаза**» – это этап, на котором энергия света, поглощенная хлорофиллом, преобразуется в электрохимическую энергию в цепи переноса электронов. Осуществляется на свету, в мембранах гран при участии белков – переносчиков и АТФ-синтетазы.

Реакции, вызываемые светом, происходят на фотосинтетических мембранах гран хлоропластов:

1) возбуждение электронов хлорофилла квантами света и их переход на более высокий энергетический уровень;

2) восстановление акцепторов электронов – НАДФ<sup>+</sup> до НАДФ Н



3) *фотолиз воды*, происходящий при участии квантов света:  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- + \text{O}_2$ .

Данный процесс происходит внутри *тилакоидов* – складках внутренней мембраны хлоропластов. Из тилакоидов формируются граны – стопки мембран.

Так как в экзаменационных работах спрашивают не о механизмах фотосинтеза, а о результатах этого процесса, то мы и перейдем к ним.

Результатами световых реакций являются: фотолиз воды с образованием свободного кислорода, синтез АТФ, восстановление НАДФ<sup>+</sup> до НАДФ Н. Таким образом свет нужен только для синтеза АТФ и НАДФ-Н.

«**Темновая фаза**» – процесс преобразования CO<sub>2</sub> в глюкозу в строме (пространстве между гранами) хлоропластов с использованием энергии АТФ и НАДФ Н.

Результатом темновых реакций являются превращения углекислого газа в глюкозу, а затем в крахмал. Помимо молекул глюкозы в строме происходит образование, аминокислот, нуклеотидов, спиртов.

Суммарное уравнение фотосинтеза —



**Значение фотосинтеза.** В процессе фотосинтеза образуется свободный кислород, который необходим для дыхания организмов:

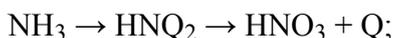
кислородом образован защитный озоновый экран, предохраняющий организмы от вредного воздействия ультрафиолетового излучения;

фотосинтез обеспечивает производство исходных органических веществ, а следовательно, пищу для всех живых существ;

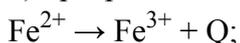
фотосинтез способствует снижению концентрации диоксида углерода в атмосфере.

**Хемосинтез** – образование органических соединений из неорганических за счет энергии окислительно-восстановительных реакций соединений азота, железа, серы. Существует несколько видов хемосинтетических реакций:

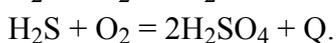
1) окисление аммиака до азотистой и азотной кислоты нитрифицирующими бактериями:



2) превращение двухвалентного железа в трехвалентное железобактериями:



3) окисление сероводорода до серы или серной кислоты серобактериями



Выделяемая энергия используется для синтеза органических веществ.

Роль хемосинтеза. Бактерии – хемосинтетики, разрушают горные породы, очищают сточные воды, участвуют в образовании полезных ископаемых.

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

### Часть А

А1. Фотосинтез – это процесс, происходящий в зеленых растениях. Он связан с:

- 1) расщеплением органических веществ до неорганических
- 2) созданием органических веществ из неорганических
- 3) химическим превращением глюкозы в крахмал
- 4) образованием целлюлозы

А2. Исходным материалом для фотосинтеза служат

- 1) белки и углеводы
- 2) углекислый газ и вода
- 3) кислород и АТФ
- 4) глюкоза и кислород

А3. Световая фаза фотосинтеза происходит

- 1) в гранах хлоропластов
- 2) в лейкопластах

- 3) в строме хлоропластов
- 4) в митохондриях

A4. Энергия возбужденных электронов в световой стадии используется для:

- 1) синтеза АТФ
- 2) синтеза глюкозы
- 3) синтеза белков
- 4) расщепления углеводов

A5. В результате фотосинтеза в хлоропластах образуются:

- 1) углекислый газ и кислород
- 2) глюкоза, АТФ и кислород
- 3) белки, жиры, углеводы
- 4) углекислый газ, АТФ и вода

A6. К хемотрофным организмам относятся

- 1) возбудители туберкулеза
- 2) молочнокислые бактерии
- 3) серобактерии
- 4) вирусы

## Часть В

B1. Выберите процессы, происходящие в световой фазе фотосинтеза

- 1) фотолиз воды
- 2) образование глюкозы
- 3) синтез АТФ и НАДФ Н
- 4) использование  $\text{CO}_2$
- 5) образование свободного кислорода
- 6) использование энергии АТФ

B2. Выберите вещества, участвующие в процессе фотосинтеза

- 1) целлюлоза
- 2) гликоген
- 3) хлорофилл
- 4) углекислый газ
- 5) вода
- 6) нуклеиновые кислоты

## Часть С

C1. Какие условия необходимы для начала процесса фотосинтеза?

C2. Как строение листа обеспечивает его фотосинтезирующие функции?

## 2.6. Биосинтез белка и нуклеиновых кислот. Матричный характер реакций биосинтеза. Генетическая информация в клетке. Гены, генетический код и его свойства

Термины и понятия, проверяемые в экзаменационной работе: *антикодон, биосинтез, ген, генетическая информация, генетический код, кодон, матричный синтез, полисома, транскрипция, трансляция.*

**Гены, генетический код и его свойства.** На Земле живет уже более 6 млрд людей. Если не считать 25–30 млн пар однояйцовых близнецов, то генетически все люди разные. Это означает, что каждый из них уникален, обладает неповторимыми наследственными особенностями, свойствами характера, способностями, темпераментом и многими другими качествами. Чем же определяются такие различия между людьми? Конечно различиями в их генотипах, т. е. наборах генов данного организма. У каждого человека он уникален, так же как уникален генотип отдельного животного или растения. Но генетические признаки данного человека воплощаются в белках, синтезированных в его организме. Следовательно, и строение белка одного человека отличается, хотя и совсем немного, от белка другого человека. Вот почему возникает проблема пересадки органов, вот почему возникают аллергические реакции на продукты, укусы насекомых, пыльцу растений и т. д. Сказанное не означает, что у людей не встречается совершенно одинаковых белков. Белки, выполняющие одни и те же функции, могут быть одинаковыми или совсем незначительно отличаться одной-двумя аминокислотами друг от друга. Но не существует на Земле людей (за исключением однояйцовых близнецов), у которых все белки были бы одинаковы.

Информация о первичной структуре белка закодирована в виде последовательности нуклеотидов в участке молекулы ДНК – гене. *Ген* – это единица наследственной информации организма. Каждая молекула ДНК содержит множество генов. Совокупность всех генов организма составляет его генотип.

Кодирование наследственной информации происходит с помощью генетического кода. Код подобен всем известной азбуке Морзе, которая точками и тире кодирует информацию. Азбука Морзе универсальна для всех радистов, и различия состоят только в переводе сигналов на разные языки. *Генетический код* также универсален для всех организмов и отличается лишь чередованием нуклеотидов, образующих гены, и кодирующих белки конкретных организмов. Итак, что же собой представляет генетический код? Изначально он состоит из троек (триплетов) нуклеотидов ДНК, комбинирующихся в разной последовательности. Например, ААТ, ГЦА, АЦГ, ТГЦ и т. д. Каждый триплет нуклеотидов кодирует определенную аминокислоту, которая будет встроена в полипептидную цепь. Так, например, триплет ЦГТ кодирует аминокислоту аланин, а триплет ААГ – аминокислоту фенилаланин. Аминокислот 20, а возможностей для комбинаций четырех нуклеотидов в группы по три – 64. Следовательно, четырех нуклеотидов вполне достаточно, чтобы кодировать 20 аминокислот. Вот почему одна аминокислота может кодироваться несколькими триплетами. Часть триплетов вовсе не кодирует аминокислоты, а запускает или останавливает биосинтез белка. Собственно кодом считается *последовательность нуклеотидов в молекуле и-РНК*, ибо она снимает информацию с ДНК (процесс транскрипции) и переводит ее в последовательность аминокислот в молекулах синтезируемых белков (процесс трансляции). В состав и РНК входят нуклеотиды АЦГУ. Триплеты нуклеотидов и-РНК называются *кодонами*. Уже приведенные примеры триплетов ДНК на и-РНК будут выглядеть следующим образом – триплет ЦГТ

на и-РНК станет триплетом ГЦА, а триплет ДНК – ААГ – станет триплетом УУЦ. Именно кодонами и-РНК отражается генетический код в записи. Итак, генетический код триплетен, универсален для всех организмов на земле, вырожден (каждая аминокислота шифруется более чем одним кодоном). Между генами имеются знаки препинания – это триплеты, которые называются стоп-кодонами. Они сигнализируют об окончании синтеза одной полипептидной цепи. Существуют таблицы генетического кода, которыми нужно уметь пользоваться, для расшифровки кодонов и-РНК и построения цепочек белковых молекул<sup>1</sup>.

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У (А)	Ц (Г)	А (Т)	Г (Ц)	
У (А) <sup>*</sup>	ФЕН	СЕР	ТИР	ЦИС	У (А)
	ФЕН	СЕР	ТИР	ЦИС	Ц (Г)
	ЛЕЙ	СЕР	—	—	А (Т)
Ц (Г)	ЛЕЙ	ПРО	ГИС	АРГ	У (А)
	ЛЕЙ	ПРО	ГИС	АРГ	Ц (Г)
	ЛЕЙ	ПРО	ГИН	АРГ	А (Т)
	ЛЕЙ	ПРО	ГИН	АРГ	Г (Ц)

Окончание табл.

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У (А)	Ц (Г)	А (Т)	Г (Ц)	
А (Т)	ИЛЕ	ТРЕ	АСН	СЕР	У (А)
	ИЛЕ	ТРЕ	АСН	СЕР	Ц (Г)
	ИЛЕ	ТРЕ	ЛИЗ	АРГ	А (Т)
	МЕТ	ТРЕ	ЛИЗ	АРГ	Г (Ц)
Г (Ц)	ВАЛ	АЛА	АСП	ГЛИ	У (А)
	ВАЛ	АЛА	АСП	ГЛИ	Ц (Г)
	ВАЛ	АЛА	ГЛУ	ГЛИ	А (Т)
	ВАЛ	АЛА	ГЛУ	ГЛИ	Г (Ц)

<sup>\*</sup> Правила пользования таблицей: Первый нуклеотид в триплете берется из левого вертикального ряда, второй – из верхнего горизонтального ряда и третий – из правого вертикального. Там, где пересекаются линии, ищете от всех трех нуклеотидов, и будет название нужной аминокислоты.

**Биосинтез белка** – это один из видов пластического обмена, в ходе которого наследственная информация, закодированная в генах ДНК, реализуется в определенную последовательность аминокислот в белковых молекулах. Генетическая информация, снятая с ДНК и переведенная в код молекулы и-РНК, должна реализоваться, т. е. проявиться в признаках конкретного организма. Эти признаки определяются белками. Биосинтез белков происходит на рибосомах в цитоплазме. Именно туда поступает информационная РНК из ядра клетки. Если синтез и-РНК на молекуле ДНК называется *транскрипцией*, то синтез белка на рибосомах называется *трансляцией* – переводом языка генетического кода на язык последовательности аминокислот в белковой молекуле. Аминокислоты доставляются к рибосомам транспортными РНК. Эти РНК имеют форму клеверного листа. На конце молекулы есть площадка для прикрепления аминокислоты, а на вершине – триплет нуклеотидов, комплементарный определенному триплету – кодону на и-РНК. Этот триплет называется антикодоном. Ведь он расшифровывает код и-РНК. В клетке т-РНК всегда столько же, сколько кодонов, шифрующих аминокислоты.

Рибосома движется вдоль и-РНК, смещаясь при подходе новой аминокислоты на три нуклеотида, освобождая их для нового антикодона. Аминокислоты, доставленные на рибосомы, ориентированы по отношению друг к другу так, что карбоксильная группа одной аминокислоты оказывается рядом с аминогруппой другой аминокислоты. В результате между ними образуется пептидная связь. Постепенно формируется молекула полипептида.

Синтез белка продолжается до тех пор, пока на рибосоме не окажется один из трех стоп-кодонов – УАА, УАГ, или УГА.

После этого полипептид покидает рибосому и направляется в цитоплазму. На одной молекуле и-РНК находятся несколько рибосом, образующих *полисому*. Именно на полисомах и происходит одновременный синтез нескольких *одинаковых* полипептидных цепей.

Каждый этап биосинтеза катализируется соответствующим ферментом и обеспечивается энергией АТФ.

Биосинтез происходит в клетках с огромной скоростью. В организме высших животных в одну минуту образуется до 60 тыс. пептидных связей.

<sup>1</sup> В скобках – комплементарные ДНК.

**Реакции матричного синтеза.** К реакциям матричного синтеза относят *репликацию* ДНК, синтез и-РНК на ДНК (*транскрипцию*), и синтез белка на и-РНК (*трансляцию*), а также синтез РНК или ДНК на РНК вирусов.

**Репликация ДНК.** Структура молекулы ДНК, установленная Дж. Уотсоном и Ф. Криком в 1953 г., отвечала тем требованиям, которые предъявлялись к молекуле-хранительнице и передатчику наследственной информации. Молекула ДНК состоит из двух комплементарных цепей. Эти цепи удерживаются слабыми водородными связями, способными разрываться под действием ферментов.

Молекула способна к самоудвоению (репликации), причем на каждой старой половине молекулы синтезируется новая ее половина. Кроме того, на молекуле ДНК может синтезироваться молекула и-РНК, которая затем переносит полученную от ДНК информацию к месту синтеза белка. Передача информации и синтез белка идут по матричному принципу, сравнимому с работой печатного станка в типографии. Информация от ДНК многократно копируется. Если при копировании произойдут ошибки, то они повторяются во всех последующих копиях. Правда, некоторые ошибки при копировании информации молекулой ДНК могут исправляться. Этот процесс устранения ошибок называется *репарацией*. Первой из реакций в процессе передачи информации является репликация молекулы ДНК и синтез новых цепей ДНК.

*Репликация* – это процесс самоудвоения молекулы ДНК, осуществляемый под контролем ферментов. На каждой из цепей ДНК, образовавшихся после разрыва водородных связей, при участии фермента ДНК-полимеразы синтезируется дочерняя цепь ДНК. Материалом для синтеза служат свободные нуклеотиды, имеющиеся в цитоплазме клеток.

Биологический смысл репликации заключается в точной передаче наследственной информации от материнской молекулы к дочерним, что в норме и происходит при делении соматических клеток.

Транскрипция – это процесс снятия информации с молекулы ДНК, синтезируемой на ней молекулой и-РНК. Информационная РНК состоит из одной цепи и синтезируется на ДНК в соответствии с правилом комплементарности. Как и в любой другой биохимической реакции в этом синтезе участвует фермент. Он активирует начало и конец синтеза молекулы и-РНК. Готовая молекула и-РНК выходит в цитоплазму на рибосомы, где происходит синтез полипептидных цепей. Процесс перевода информации, содержащейся в последовательности нуклеотидов и-РНК, в последовательность аминокислот в полипептиде называется *трансляцией*.

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

### Часть А

А1. Какое из утверждений неверно?

- 1) генетический код универсален
- 2) генетический код вырожден
- 3) генетический код индивидуален
- 4) генетический код триплетен

А2. Один триплет ДНК кодирует:

- 1) последовательность аминокислот в белке
- 2) один признак организма
- 3) одну аминокислоту

4) несколько аминокислот

A3. «Знаки препинания» генетического кода

- 1) запускают синтез белка
- 2) прекращают синтез белка
- 3) кодируют определенные белки
- 4) кодируют группу аминокислот

A4. Если у лягушки аминокислота ВАЛИН кодируется триплетом ГУУ, то у собаки эта аминокислота может кодироваться триплетами (см. таблицу):

- 1) ГУА и ГУГ 3) ЦУЦ и ЦУА
- 2) УУЦ и УЦА 4) УАГ и УГА

A5. Синтез белка завершается в момент

- 1) узнавания кодона антикодоном
- 2) поступления и-РНК на рибосомы
- 3) появления на рибосоме «знака препинания»
- 4) присоединения аминокислоты к т-РНК

A6. Укажите пару клеток в которой у одного человека содержится разная генетическая информация?

- 1) клетки печени и желудка
- 2) нейрон и лейкоцит
- 3) мышечная и костная клетки
- 4) клетка языка и яйцеклетка

A7. Функция и-РНК в процессе биосинтеза

- 1) хранение наследственной информации
- 2) транспорт аминокислот на рибосомы
- 3) передача информации на рибосомы
- 4) ускорение процесса биосинтеза

A8. Антикодон т-РНК состоит из нуклеотидов УЦГ. Какой триплет ДНК ему комплементарен?

- 1) ТЦГ
- 2) УУГ
- 3) ТТЦ
- 4) ЦЦГ

## Часть В

B1. Установите соответствие между характеристикой процесса и его названием

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССА	НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА
А) Происходит удвоение ДНК	1) транскрипция
Б) т-РНК приносит аминокислоты на рибосомы	2) трансляция
В) Синтезируется и-РНК	
Г) Антикодон узнает кодон на и-РНК	
Д) Синтезируется вторая цепь ДНК	
Е) Аминокислоты образуют белковую молекулу	

## Часть С

С1. Укажите последовательность аминокислот в молекуле белка, кодируемую следующей последовательностью кодонов: УУА – АУУ – ГЦУ – ГГА

С2. Перечислите все этапы биосинтеза белка.

## **2.7. Клетка – генетическая единица живого. Хромосомы, их строение (форма и размеры) и функции. Число хромосом и их видовое постоянство. Особенности соматических и половых клеток. Жизненный цикл клетки: интерфаза и митоз. Митоз – деление соматических клеток. Мейоз. Фазы митоза и мейоза. Развитие половых клеток у растений и животных. Сходство и отличие митоза и мейоза, их значение. Деление клетки – основа роста, развития и размножения организмов. Роль мейоза в обеспечении постоянства числа хромосом в поколениях**

Термины и понятия, проверяемые в экзаменационной работе: *анафаза, гамета, гаметогенез, деление клетки, жизненный цикл клетки, зигота, интерфаза, конъюгация, кроссинговер, мейоз, метафаза, овогенез, семенник, сперматозоид, спора, телофаза, яичник, строение и функции хромосом.*

**Хромосомы** – структуры клетки, хранящие и передающие наследственную информацию. Хромосома состоит из ДНК и белка. Комплекс белков, связанных с ДНК, образует *хроматин*. Белки играют важную роль в упаковке молекул ДНК в ядре. Строение хромосомы лучше всего видно в метафазе митоза. Она представляет собой палочковидную структуру и состоит из двух сестринских *хроматид*, удерживаемых центромерой в области *первичной перетяжки*. Диплоидный набор хромосом организма называется *кариотипом*. Под микроскопом видно, что хромосомы имеют поперечные полосы, которые чередуются в различных хромосомах по-разному. Распознают пары хромосом, учитывая распределение, светлых и темных полос (чередование АТ и ГЦ – пар). Поперечной исчерченностью обладают хромосомы представителей разных видов. У родственных видов, например у человека и шимпанзе, сходный характер чередования полос в хромосомах.

Каждый вид организмов обладает постоянным числом, формой и составом хромосом. В кариотипе человека 46 хромосом – 44 аутосомы и 2 половые хромосомы. Мужчины гетерогаметны (половые хромосомы ХУ), а женщины гомогаметны (половые хромосомы ХХ). У-хромосома отличается от Х-хромосомы отсутствием некоторых аллелей. Например, в У-хромосоме нет аллеля свертываемости крови. В результате гемофилией болеют, как правило, только мальчики. Хромосомы одной пары называются гомологичными. Гомологичные хромосомы в одинаковых локусах (местах расположения) несут аллельные гены.

**Жизненный цикл клетки. Интерфаза. Митоз.** *Жизненный цикл клетки* – это период ее жизни от деления до деления. Клетки размножаются путем удвоения своего содержимого с последующим делением пополам. Клеточное деление лежит в основе роста, развития и регенерации тканей многоклеточного организма. *Клеточный цикл* подразделяют на *интерфазу*, сопровождающуюся точным копированием и распределением генетического материала и *митоз* – собственно деление клетки после удвоения других клеточных компонентов. Длительность клеточных циклов у разных видов, в разных тканях и на разных стадиях широко варьирует от одного часа (у эмбриона) до года (в клетках печени взрослого человека).

*Интерфаза* – период между двумя делениями. В этот период клетка готовится к делению. Удваивается количество ДНК в хромосомах. Удваивается количество других органоидов, синтезируются белки, причем наиболее активно те из них, которые образуют веретено деления, происходит рост клетки.

К концу интерфазы каждая хромосома состоит из двух хроматид, которые в процессе митоза станут самостоятельными хромосомами.

*Митоз* – это форма деления клеточного ядра. Следовательно, происходит он только в эукариотических клетках. В результате митоза каждое из образующихся дочерних ядер получает тот же набор генов, который имелародительская клетка. В митоз могут вступать как диплоидные, так и гаплоидные ядра. При митозе получаются ядра той же плоидности, что и исходное. Митоз состоит из нескольких последовательных фаз.

*Профаза*. К разным полюсам клетки расходятся удвоенные центриоли. От них к центромерам хромосом протягиваются микротрубочки, образующие веретено деления. Хромосомы утолщены и каждая хромосома состоит из двух хроматид.

*Метафаза*. В этой фазе хорошо видны хромосомы, состоящие из двух хроматид. Они выстраиваются по экватору клетки, образуя метафазную пластинку.

*Анафаза*. Хроматиды расходятся к полюсам клетки с одинаковой скоростью. Микротрубочки укорачиваются.

*Телофаза*. Дочерние хроматиды подходят к полюсам клетки. Микротрубочки исчезают. Хромосомы деспирализуются и снова приобретают нитевидную форму. Формируются ядерная оболочка, ядрышко, рибосомы.

*Цитокинез* – процесс разделения цитоплазмы. Клеточная мембрана в центральной части клетки втягивается внутрь. Образуется борозда деления, по мере углубления которой клетка раздваивается.

В результате митоза образуются два новых ядра с идентичными наборами хромосом, точно копирующими генетическую информацию материнского ядра.

В опухолевых клетках ход митоза нарушается.

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

### Часть А

А1. Хромосомы состоят из

- 1) ДНК и белка 3) ДНК и РНК
- 2) РНК и белка 4) ДНК и АТФ

А2. Сколько хромосом содержит клетка печени человека?

- 1) 46 2) 23 3) 92 4) 66

А3. Сколько нитей ДНК имеет удвоенная хромосома

- 1) одну 2) две 3) четыре 4) восемь

А4. Если в зиготе человека содержится 46 хромосом, то сколько хромосом содержится в яйцеклетке человека?

- 1) 46 2) 23 3) 92 4) 22

А5. В чем заключается биологический смысл удвоения хромосом в интерфазе митоза?

- 1) В процессе удвоения изменяется наследственная информация

- 2) Удвоенные хромосомы лучше видны
- 3) В результате удвоения хромосом наследственная информация новых клеток сохраняется неизменной
- 4) В результате удвоения хромосом новые клетки содержат вдвое больше информации

А6. В какой из фаз митоза происходит расхождение хроматид к полюсам клетки? В:

- 1) профазе 3) анафазе
- 2) метафазе 4) телофазе

А7. Укажите процессы, происходящие в интерфазе

- 1) расхождение хромосом к полюсам клетки
- 2) синтез белков, репликация ДНК, рост клетки
- 3) формирование новых ядер, органоидов клетки
- 4) деспирализация хромосом, формирование веретена деления

А8. В результате митоза возникает

- 1) генетическое разнообразие видов
- 2) образование гамет
- 3) перекрест хромосом
- 4) прорастание спор мха

А9. Сколько хроматид имеет каждая хромосома до ее удвоения?

- 1) 2 2) 4 3) 1 4) 3

А10. В результате митоза образуются

- 1) зигота у сфагнома
- 2) сперматозоиды у мухи
- 3) почки у дуба
- 4) яйцеклетки у подсолнечника

## Часть В

В1. Выберите процессы, происходящие в интерфазе митоза

- 1) синтез белков
- 2) уменьшение количества ДНК
- 3) рост клетки
- 4) удвоение хромосом
- 5) расхождение хромосом
- 6) деление ядра

В2. Укажите процессы, в основе которых лежит митоз

- 1) мутации 4) образование спермиев
- 2) рост 5) регенерация тканей
- 3) дробление зиготы 6) оплодотворение

В3. Установите правильную последовательность фаз жизненного цикла клетки

- А) анафаза В) телофаза Д) метафаза
- Б) интерфаза Г) профазы Е) цитокинез

## Часть С

С1. Что общего между процессами регенерации тканей, ростом организма и дроблением зиготы?

С2. В чем заключается биологический смысл удвоения хромосом и количества ДНК в интерфазе?

**Мейоз.** Мейоз – это процесс деления клеточных ядер, приводящий к уменьшению числа хромосом вдвое и образованию гамет. В результате мейоза из одной диплоидной клетки ( $2n$ ) образуется четыре гаплоидные клетки ( $n$ ).

Мейоз состоит из двух последовательных делений, которым в интерфазе предшествует однократная репликация ДНК.

Основными событиями профазы первого деления мейоза являются следующие:

– гомологичные хромосомы объединяются по всей длине или, как говорят, конъюгируют. При конъюгации образуются хромосомные пары – биваленты;

– в результате образуются комплексы, состоящие из двух гомологичных хромосом или из четырех хроматид (*подумайте, для чего это нужно?*);

– в конце профазы происходит кроссинговер (перекрест) между гомологичными хромосомами: хромосомы обмениваются между собой гомологичными участками. Именно кроссинговер обеспечивает разнообразие генетической информации, получаемой детьми от родителей.

В *метафазе I* хромосомы выстраиваются по экватору веретена деления. Центромеры обращены к полюсам.

Анафаза I – нити веретена сокращаются, гомологичные хромосомы, состоящие из двух хроматид, расходятся к полюсам клетки, где формируются гаплоидные наборы хромосом (2 набора на клетку). На этой стадии возникают хромосомные рекомбинации, повышающие степень изменчивости потомков.

Телофаза I – формируются клетки с *гаплоидным набором хромосом* и удвоенным количеством ДНК. Формируется ядерная оболочка. В каждую клетку попадает 2 сестринские хроматиды, соединенные центромерой.

Второе деление мейоза состоит из профазы II, метафазы II, анафазы II, телофазы II и цитокинеза.

Клетки, содержащие гаплоидный набор хромосом, состоящих из *двух хроматид*, образуют клетки с гаплоидным набором хромосом, состоящих из *одной хроматиды*. Таким образом из одной диплоидной клетки (оогония или сперматогония) образуются 4 клетки с гаплоидным набором хромосом.

*Биологическое значение мейоза* заключается в образовании клеток, участвующих в половом размножении, в поддержании генетического постоянства видов, а также в спорообразовании у высших растений. Мейотическим путем образуются споры мхов, папоротников и некоторых других групп растений. Мейоз служит основой комбинативной изменчивости организмов. Нарушения мейоза у человека могут привести к таким патологиям, как болезнь Дауна, идиотия и др.

### **Развитие половых клеток<sup>2</sup>.**

Процесс формирования половых клеток называется гаметогенезом. У многоклеточных организмов различают сперматогенез – формирование мужских половых клеток и овогенез –

---

<sup>2</sup> Для успешных ответов на экзаменационные вопросы названия типов клеток запоминать не обязательно. Важно понять, что образование из каждой диплоидной клетки четырех гамет происходит поэтапно и сопровождается уменьшением числа хромосом вдвое.

формирование женских половых клеток. Рассмотрим гаметогенез, происходящий в половых железах животных – семенниках и яичниках.

**Сперматогенез** – процесс превращения диплоидных предшественников половых клеток – *сперматогониев* в сперматозоиды.

1. Сперматогонии делятся на две дочерние клетки – сперматоциты первого порядка.

2. Сперматоциты первого порядка делятся мейозом (1-е деление) на две дочерние клетки – сперматоциты второго порядка.

3. Сперматоциты второго порядка приступают ко второму мейотическому делению, в результате которого образуются 4 гаплоидные сперматиды.

4. Сперматиды после дифференцировки превращаются в зрелые сперматозоиды.

Сперматозоид состоит из головки, шейки и хвоста. Он подвижен и благодаря этому вероятность встречи его с гаметами увеличивается.

У мхов и папоротников спермии развиваются в антеридиях, у покрытосеменных растений они образуются в пыльцевых трубках.

**Овогенез** – образование яйцеклеток у особей женского пола. У животных он происходит в яичниках. В зоне размножения находятся овогонии – первичные половые клетки, размножающиеся митозом.

Из овогониев после первого мейотического деления образуются овоциты первого порядка.

После второго мейотического деления образуются овоциты второго порядка, из которых формируется одна яйцеклетка и три направительных тельца, которые затем гибнут. Яйцеклетки неподвижны, имеют шаровидную форму. Они крупнее других клеток и содержат запас питательных веществ для развития зародыша.

У мхов и папоротников яйцеклетки развиваются в архегониях, у цветковых растений – в семязпочках, локализованных в завязи цветка.

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

### Часть А

А1. Мейозом называется процесс

- 1) изменения числа хромосом в клетке
- 2) удвоения числа хромосом в клетке
- 3) образования гамет
- 4) конъюгации хромосом

А2. В основе изменения наследственной информации детей по сравнению с родительской информацией лежат процессы

- 1) удвоения числа хромосом
- 2) уменьшения количества хромосом вдвое
- 3) удвоения количества ДНК в клетках
- 4) конъюгации и кроссинговера

А3. Первое деление мейоза заканчивается образованием:

- 1) гамет
- 2) клеток с гаплоидным набором хромосом
- 3) диплоидных клеток
- 4) клеток разной пloidности

A4. В результате мейоза образуются:

- 1) споры папоротников
- 2) клетки стенок антеридия папоротника
- 3) клетки стенок архегония папоротника
- 4) соматические клетки трутней пчел

A5. Метафазу мейоза от метафазы митоза можно отличить по

- 1) расположению бивалентов в плоскости экватора
- 2) удвоению хромосом и их скрученности
- 3) формированию гаплоидных клеток
- 4) расхождению хроматид к полюсам

A6. Телофазу второго деления мейоза можно узнать по

- 1) формированию двух диплоидных ядер
- 2) расхождению хромосом к полюсам клетки
- 3) формированию четырех гаплоидных ядер
- 4) увеличению числа хроматид в клетке вдвое

A7. Сколько хроматид будет содержаться в ядре сперматозоидов крысы, если известно, что в ядрах ее соматических клеток содержится 42 хромосомы

- 1) 42 2) 21 3) 84 4) 20

A8. В гаметы, образовавшиеся в результате мейоза попадают

- 1) копии полного набора родительских хромосом
- 2) копии половинного набора родительских хромосом
- 3) полный набор рекомбинированных родительских хромосом
- 4) половина рекомбинированного набора родительских хромосом

## Часть В

B1. Биологическое значение мейоза заключается в поддержании постоянства видового числа хромосом создании условий для комбинативной изменчивости произвольном расхождении родительских хромосом по гаметам сохранении родительской наследственной информации без изменений увеличении числа хромосом в клетке сохранении полезных признаков организма при размножении

B2. Установите соответствие между процессом и событиями, происходящими в ходе этого процесса

СОБЫТИЯ	ПРОЦЕСС
А) Образование бивалентов	1) митоз
Б) Образование двуххроматидных хромосом	2) мейоз
В) Обмен хромосом гомологичными участками	
Г) Формирование двух диплоидных ядер	
Д) Формирование четырех гаплоидных ядер	
Е) Образование соматических клеток	

B3. Установите правильную последовательность процессов, происходящие в мейозе

- А) Расположение бивалентов в плоскости экватора
- Б) Образование бивалентов и кроссинговер
- В) Расхождение гомологичных хромосом к полюсам клетки
- Г) формирование четырех гаплоидных ядер
- Д) формирование двух гаплоидных ядер, содержащих по две хроматиды

## Часть С

- С1. Мейоз лежит в основе комбинативной изменчивости. Чем это объясняется?  
С2. Сравните результаты митоза и мейоза

## **Раздел 3**

### **Организм как биологическая система**

**3.1.<sup>3</sup> Разнообразие организмов: одноклеточные и многоклеточные; автотрофы (хемотрофы, фототрофы), гетеротрофы (сапротрофы, паразиты, симбионты). Вирусы – неклеточные формы. Заболевание СПИД и ВИЧ-инфекция. Меры профилактики распространения вирусных заболеваний**

---

<sup>3</sup> В целях соблюдения логики изложения темы пункты кодификатора 3.1 распределены по всем крупным разделам курса.

### 3.2. Воспроизведение организмов, его значение. Способы размножения, сходство и отличие полового и бесполого размножения. Использование полового и бесполого размножения в практической деятельности человека. Роль мейоза и оплодотворения в обеспечении постоянства числа хромосом в поколениях. Применение искусственного оплодотворения у растений и животных

Термины и понятия, проверяемые в экзаменационной работе: *бесполое размножение, вегетативное размножение, гермафродитизм, зигота, онтогенез, оплодотворение, партеногенез, половое размножение, почкование, спора.*

**Размножение в органическом мире.** Способность к размножению является одним из важнейших признаков жизни. Эта способность проявляется уже на молекулярном уровне жизни. Вирусы, проникая в клетки других организмов, воспроизводят свою ДНК или РНК и таким образом размножаются. *Размножение* – это воспроизведение генетически сходных особей данного вида, обеспечивающее непрерывность и преемственность жизни.

Различают следующие формы размножения:

**Бесполое размножение.** Эта форма размножения характерна как для одноклеточных, так и для многоклеточных организмов. Однако наиболее распространено бесполое размножение в царствах Бактерии, Растения и Грибы. В царстве Среди животных этим способом размножаются в основном простейшие и кишечнополостные.

Существует несколько способов бесполого размножения:

– Простое деление материнской клетки на две или несколько клеток. Так размножаются все бактерии и простейшие.

– Вегетативное размножение частями тела характерно для многоклеточных организмов – растений, губок, кишечнополостных, некоторых червей. Растения вегетативно могут размножаться черенками, отводками, корневыми отпрысками и другими частями организма.

– Почкование – один из вариантов вегетативного размножения свойственен дрожжам и кишечнополостным многоклеточным животным.

– Митотическое спорообразование распространено среди бактерий, водорослей, некоторых простейших.

Бесполое размножение обычно обеспечивает увеличение численности генетически однородного потомства, поэтому его часто применяют селекционеры растений для сохранения полезных свойств сорта.

**Половое размножение** – процесс, в котором объединяется генетическая информация от двух особей. Объединение генетической информации может происходить при *конъюгации (временном соединении особей для обмена информацией, как это происходит у инфузорий) и копуляции (слиянии особей для оплодотворения)* у одноклеточных животных, а также при оплодотворении у представителей разных царств. Особым случаем полового размножения является *партеногенез* у некоторых животных (тли, трутни пчел). В этом случае новый организм развивается из неоплодотворенного яйца, но до этого всегда происходит образование гамет.

Половое размножение у покрытосеменных растений происходит путем двойного оплодотворения. Дело в том, что в пыльнике цветка образуются гаплоидные пыльцевые зерна. Ядра этих зерен делятся на два – генеративное и вегетативное. Попадая на рыльце пестика, пыльцевое зерно прорастает, образуя пыльцевую трубку. Генеративное ядро делится еще раз, образуя два спермия. Один из них, проникая в завязь, оплодотворяет яйцеклетку, а другой сливается с двумя полярными ядрами двух центральных клеток зародыша, образуя триплоидный эндосперм.

При половом размножении особи разного пола образуют гаметы. Женские особи производят яйцеклетки, мужские – сперматозоиды, обоеполые особи (гермафродиты) производят и яйцеклетки, и сперматозоиды. У большинства водорослей сливаются две одинаковых половых клетки. При слиянии гаплоидных гамет происходит оплодотворение и образование диплоидной зиготы. Зигота развивается в новую особь.

Все вышеперечисленное справедливо только для эукариот. У прокариот тоже есть половое размножение, но происходит оно по-другому.

Таким образом, при половом размножении происходит смешивание геномов двух разных особей одного вида. Потомство несет новые генетические комбинации, что отличает их от родителей и друг от друга. Различные комбинации генов, проявляющиеся в потомстве в виде новых, интересующих человека признаков, отбираются селекционерами для выведения новых пород животных или сортов растений. В некоторых случаях применяют искусственное оплодотворение. Это делается и для того, чтобы получить потомство с заданными свойствами, и для того, чтобы преодолеть бездетность некоторых женщин.

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

### Часть А

А1. Принципиальные различия между половым и бесполом размножением заключаются в том, что половое размножение:

- 1) происходит только у высших организмов
- 2) это приспособление к неблагоприятным условиям среды
- 3) обеспечивает комбинативную изменчивость организмов
- 4) обеспечивает генетическое постоянство вида

А2. Сколько сперматозоидов образуется в результате сперматогенеза из двух первичных половых клеток?

- 1) восемь 2) две 3) шесть 4) четыре

А3. Отличие овогенеза от сперматогенеза заключается в том, что:

- 1) в овогенезе образуются четыре равноценные гаметы, а в сперматогенезе одна
- 2) яйцеклетки содержат больше хромосом, чем сперматозоиды
- 3) в овогенезе образуется одна полноценная гамета, а в сперматогенезе – четыре
- 4) овогенез проходит с одним делением первичной половой клетки, а сперматогенез – с двумя

А4. Сколько делений исходной клетки происходит при гаметогенезе

- 1) 2 2) 1 3) 3 4) 4

А5. Количество образуемых половых клеток в организме, скорее всего, может зависеть от

- 1) запаса питательных веществ в клетке
- 2) возраста особи
- 3) соотношения мужских и женских особей в популяции
- 4) вероятности встречи гамет друг с другом

А6. Бесполое размножение преобладает в жизненном цикле

- 1) гидры 3) акулы
- 2) майского жука 4) мухи

А7. Гаметы у папоротников образуются

- 1) в спорангиях 3) на листьях
- 2) на заростке 4) в спорах

А8. Если диплоидный набор хромосом пчел равен 32, то 16 хромосом будет содержаться в соматических клетках

- 1) пчелиной матки
- 2) рабочей пчелы
- 3) трутней
- 4) всех перечисленных особей

А9. Эндосперм у цветковых растений образуется при слиянии

- 1) спермия и яйцеклетки
- 2) двух спермиев и яйцеклетки
- 3) полярного ядра и спермия
- 4) двух полярных ядер и спермия

А10. Двойное оплодотворение происходит у

- 1) мха кукушкина льна 3) ромашки лекарственной
- 2) папоротника орляка 4) сосны обыкновенной

## Часть В

В1. Выберите правильные утверждения

- 1) Образование гамет у растений и животных происходит по одному механизму
- 2) У всех типов животных яйцеклетки одинакового размера
- 3) Споры папоротника образуются в результате мейоза
- 4) Из одного овоцита образуется 4 яйцеклетки
- 5) Яйцеклетка покрытосеменных растений оплодотворяется двумя спермиями
- 6) Эндосперм покрытосеменных растений триплоиден.

В2. Установите соответствие между формами размножения и их признаками

ПРИЗНАКИ	ФОРМА РАЗМНОЖЕНИЯ
А) наследственная информация потомства идентична материнской	1) бесполое размножение
Б) эта форма характерна для бактерий и простейших	2) половое размножение
В) происходит с участием гамет	
Г) происходит почкованием, делением, вегетативно	
Д) новый организм развивается из зиготы	
Е) обеспечивает разнообразие генетических комбинаций	

В3. Установите правильную последовательность событий, происходящих при двойном оплодотворении цветковых растений.

- А) оплодотворение яйцеклетки и центральной клетки
- Б) образование пыльцевой трубки
- В) опыление
- Г) образование двух спермиев
- Д) развитие зародыша и эндосперма

### Часть С

С1. Почему эндосперм покрытосеменных растений триплоиден, а остальные клетки диплоидны?

С2. Найдите ошибки в приведенном тексте, укажите номера предложений, в которых они допущены, и исправьте их. 1) В пыльниках покрытосеменных растений образуются диплоидные пыльцевые зерна. 2) Ядро пыльцевого зерна делится на два ядра: вегетативное и генеративное. 3) Пыльцевое зерно попадает на рыльце пестика и прорастает по направлению к завязи. 4) В пыльцевой трубке из вегетативного ядра образуется два спермия. 5) Один из них сливается с ядром яйцеклетки, образуя триплоидную зиготу. 6) Другой спермий сливается с ядрами центральных клеток, образуя эндосперм.

### 3.3. Онтогенез и присущие ему закономерности. Специализация клеток, образование тканей, органов. Эмбриональное и постэмбриональное развитие организмов. Жизненные циклы и чередование поколений. Причины нарушения развития организмов

**Онтогенез.** *Онтогенез* – это индивидуальное развитие организма от момента образования зиготы до смерти. В ходе онтогенеза проявляется закономерная смена фенотипов, характерных для данного вида. Различают *непрямой* и *прямой* онтогенезы. *Непрямое развитие* (метаморфоз) встречается у плоских червей, моллюсков, насекомых, рыб, земноводных. Их зародыши проходят в своем развитии несколько стадий, в том числе личиночную. *Прямое развитие* проходит в неличиночной или внутриутробной форме. К нему относятся все формы яйцевиворождения, развитие зародышей пресмыкающихся, птиц и яйцекладущих млекопитающих, а также развитие некоторых беспозвоночных (прямокрылых, паукообразных и др.). *Внутриутробное развитие* происходит у млекопитающих, в том числе и у человека. В *онтогенезе* выделяют два периода – *эмбриональный* – от образования зиготы до выхода из яйцевых оболочек и *постэмбриональный* – с момента рождения до смерти. **Эмбриональный период** многоклеточного организма состоит из следующих стадий: *зиготы*; *бластулы* – стадии развития многоклеточного зародыша после дробления зиготы. Зигота в процессе бластуляции не увеличивается в размерах, увеличивается число клеток, из которых она состоит; стадии образования однослойного зародыша, покрытого *бластодермой*, и формирования первичной полости тела – *бластоцели*; *гастроулы* – стадии образования зародышевых листков – эктодермы, энтодермы (у двухслойных кишечнополостных и губок) и мезодермы (у трехслойных у остальных многоклеточных животных). У кишечнополостных животных на этой стадии формируются специализированные клетки, такие как стрекательные, половые, кожно-мышечные и т. д. Процесс образования гастроулы называется *гастроуляцией*.

*Нейрулы* – стадии закладки отдельных органов.

*Гисто- и органогенеза* – стадии появления специфических функциональных, морфологических и биохимических различий между отдельными клетками и частями развивающегося зародыша. У Позвоночных животных в органогенезе можно выделить:

а) *нейрогенез* – процесс формирования нервной трубки (головного и спинного мозга) из эктодермального зародышевого листка, а также кожного покрова, органов зрения и слуха;

б) *хордогенез* – процесс формирования из *мезодермы* хорды, мышц, почек, скелета, кровеносных сосудов;

в) процесс формирования из *энтодермы* кишечника и связанных с ним органов – печени, поджелудочной железы, легких. Последовательное развитие тканей и органов, их дифференцировка происходит благодаря *эмбриональной индукции* – влиянию одних частей зародыша на развитие других частей. Это связано с деятельностью белков, которые включаются в работу на определенных стадиях развития зародыша. Белки регулируют активность генов, определяющих признаки организма. Таким образом, становится понятным, почему признаки определенного организма появляются постепенно. Все гены никогда не включаются в работу вместе. В конкретное время работает лишь часть генов.

**Постэмбриональный период** разделяется на следующие этапы:

– постэмбриональный (до полового созревания);

– период половой зрелости (осуществление репродуктивных функций);

– старение и смерть.

У человека начальная стадия постэмбрионального периода характеризуется интенсивным ростом органов и частей тела в соответствии с установленными пропорциями. В целом постэмбриональный период человека подразделяется на следующие периоды:

- грудничковый (от рождения до 4 недель);
- грудной (от 4 недель до года);
- дошкольный (ясельный, средний, старший);
- школьный (ранний, подростковый);
- репродуктивный (молодой до 45 лет, зрелый до 65 лет);
- пострепродуктивный (пожилой до 75 лет и старческий – после 75 лет).

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

### Часть А

А1. Двуслойное строение тела характерно для

- 1) кольчатых червей 3) кишечнорастворных
- 2) насекомых 4) простейших

А2. Мезодермы нет у

- 1) дождевого червя 3) кораллового полипа
- 2) майского жука 4) крысы

А3. Прямое развитие происходит у

- 1) лягушки 2) саранчи 3) мухи 4) пчелы

А4. В результате дробления зиготы образуется

- 1) гастрюла 3) нейрула
- 2) бластула 4) мезодерма

А5. Из энтодермы развивается

- 1) аорта 2) мозг 3) легкие 4) кожа

А6. Отдельные органы многоклеточного организма закладываются на стадии

- 1) бластулы 3) оплодотворения
- 2) гастрюлы 4) нейрулы

А7. Бластуляция – это

- 1) рост клеток
- 2) многократное дробление зиготы
- 3) деление клетки
- 4) увеличение зиготы в размерах

А8. Гастрюла зародыша собаки – это:

- 1) зародыш с образовавшейся нервной трубкой
- 2) многоклеточный однослойный зародыш с полостью тела
- 3) многоклеточный трехслойный зародыш с полостью тела
- 4) многоклеточный двухслойный зародыш

A9. Дифференциация клеток, органов и тканей происходит в результате

- 1) действия определенных генов в определенное время
- 2) одновременного действия всех генов
- 3) гастрюляции и бластуляции
- 4) развития определенных органов

A10.<sup>4</sup>Какая стадия эмбрионального развития позвоночных животных представлена множеством неспециализированных клеток?

- 1) бластула 3) ранняя нейрула
- 2) гастрюла 4) поздняя нейрула

## Часть В

B1. Что из перечисленного относится к эмбриогенезу?

- 1) оплодотворение 4) сперматогенез
- 2) гастрюляция 5) дробление
- 3) нейрогенез 6) овогенез

B2. Выберите признаки, характерные для бластулы

- 1) зародыш, у которого сформирована хорда
- 2) многоклеточный зародыш с полостью тела
- 3) зародыш, состоящий из 32 клеток
- 4) трехслойный зародыш
- 5) однослойный зародыш с полостью тела
- 6) зародыш, состоящий из одного слоя клеток

B3. Соотнесите органы многоклеточного зародыша с зародышевыми листками, из которых закладываются эти органы

ЗАКЛАДЫВАЮЩИЕСЯ ОРГАНЫ	ЗАРОДЫШЕВЫЕ ЛИСТКИ
A) головной мозг птиц	1) эктодерма
Б) мышцы туловища собаки	2) энтодерма
В) тонкий кишечник человека	3) мезодерма
Г) чешуя ящерицы	
Д) скелет волка	
Е) нервная система дождевого червя	
Ж) печень человека	

## Часть С

C1. Приведите примеры прямого и непрямого постэмбрионального развития на примере насекомых.

---

<sup>4</sup> Этот вопрос встречается в экзаменационной работе, однако в ряде учебников нет таких понятий, как ранняя нейрула (Д.К. Беляев) и нейрула (И.Н. Пономарева). Этот вопрос предполагает следующие рассуждения: бластула состоит из одинаковых клеток. Двухслойные животные – кишечноротовые и губки на стадии гастрюлы заканчивают свое развитие и имеют специализированные клетки. Они не проходят стадий нейрулы, на которых закладываются нервная труба и остальные органы. Следовательно, правильный ответ – 1 – бластула.

### 3.4. Генетика, ее задачи. Наследственность и изменчивость – свойства организмов.

#### Основные генетические понятия

Основные термины и понятия, проверяемые в экзаменационной работе: *аллельные гены, анализирующее скрещивание, взаимодействие генов, ген, генотип, гетерозиготность, гипотеза чистоты гамет, гомозиготность, дигибридное скрещивание, законы Г. Менделя, количественные признаки, кроссинговер, летали, множественные аллели, моногибридное скрещивание, независимое наследование, неполное доминирование, правило единообразия, расщепление, фенотип, цитологические основы законов Менделя.*

**Генетика** – наука о наследственности и изменчивости организмов. Эти два свойства неразрывно связаны друг с другом, хотя имеют противоположную направленность. Наследственность предполагает сохранение информации, а изменчивость эту информацию меняет. *Наследственность* – это свойство организма повторять в ряду поколений свои признаки и особенности своего развития. *Изменчивость* – свойство организмов изменять свои признаки под влиянием внешней или внутренней среды, а также в результате новых генетических комбинаций, возникающих при половом размножении. Роль изменчивости заключается в том, что она «поставляет» новые генетические комбинации, подвергающиеся действию естественного отбора, а наследственность сохраняет эти комбинации.

К основным генетическим понятиям относятся следующие:

**Ген** – участок молекулы ДНК, в котором закодирована информация о последовательности аминокислот в одной молекуле белка.

**Аллель** – пара генов, отвечающих за альтернативное (различное) проявление одного и того же признака. Например, за цвет глаз отвечают два аллельных гена, расположенных в одинаковых локусах (местах) гомологичных хромосом. Только один из них может отвечать за развитие карих глаз, а другой – за развитие голубых глаз. В том случае, когда оба гена отвечают за одинаковое развитие признака, говорят о *гомозиготном* организме по данному признаку. Если аллельные гены определяют различное развитие признака, говорят о *гетерозиготном* организме.

Аллельные гены могут быть *доминантными*, подавляющими альтернативный ген, и *рецессивными*, подавляемыми.

Совокупность генов организма называется *генотипом* данного организма. Генотип организма описывается словами – «гомозиготный» или «гетерозиготный». Однако не все гены проявляются. Совокупность внешних признаков организма называется его фенотипом. Кареглазый, полный, высокий – это способ описания фенотипа организма. Говорят также о доминантном или рецессивном фенотипе.

Генетика изучает закономерности наследования признаков. Основным методом генетики является гибридологический метод или скрещивание. Этот метод был разработан австрийским ученым Грегором Менделем в 1865 г.

Развитие генетики повлекло за собой развитие многих научных направлений и, прежде всего, эволюционного учения, селекции растений и животных, медицины, биотехнологии, фармакологии и др.

На рубеже XX и XXI столетий расшифрован геном человека. Ученых поразило, что у нас всего 35 000 генов, а не 100 000, как думали раньше. У круглого червя 19 тыс. генов, у горчицы – 25 тыс. Различия между человеком и шимпанзе составляют 1 % генов, а с мышью

– 10 %. Человеку достались в наследство и гены, которым 3 миллиарда лет и относительно молодые гены.

Что дает науке прочтение генома? Прежде всего, это знание позволяет целенаправленно вести генетические исследования по выявлению как патологических, так и нужных, полезных генов. Ученые не оставляют надежды на излечение людей от таких заболеваний, как рак и СПИД, диабет и др. Также не оставляют надежды и на преодоление дряхлой старости, преждевременной смертности и многих других бед человечества.

### **3.5. Закономерности наследственности, их цитологические основы. Моно– и дигибридное скрещивание. Закономерности наследования, установленные Г. Менделем. Сцепленное наследование признаков, нарушение сцепления генов. Законы Т. Моргана. Хромосомная теория наследственности. Генетика пола. Наследование признаков, сцепленных с полом. Генотип как целостная система. Развитие знаний о генотипе. Геном человека. Взаимодействие генов. Решение генетических задач. Составление схем скрещивания. Законы Г. Менделя и их цитологические основы**

Термины и понятия, проверяемые в экзаменационной работе: *аллельные гены, анализирующее скрещивание, ген, генотип, гетерозиготность, гипотеза чистоты гамет, гомозиготность, дигибридное скрещивание, законы Менделя, моногибридное скрещивание, морганида, наследственность, независимое наследование, неполное доминирование, правило единообразия, расщепление, фенотип, хромосомная теория наследственности, цитологические основы законов Менделя.*

Успех работы Грегора Менделя был связан с тем, что он правильно выбрал объект исследования и соблюдал принципы, ставшие основой гибридологического метода:

1. Объектом исследования стали растения гороха, принадлежавшие к одному виду.
2. Опытные растения четко отличались по своим признакам – высокие – низкие, с желтыми и зелеными семенами, с гладкими и морщинистыми семенами.
3. Первое поколение от исходных родительских форм всегда было одинаковым. Высокие родители давали высокое потомство, низкие родители давали растения маленького роста. Таким образом, исходные сорта были так называемые «чистые линии».
4. Г. Мендель вел количественный учет потомков второго и последующих поколений, у которых наблюдалось расщепление в признаках.

Законы Г. Менделя описывают характер наследования отдельных признаков на протяжении нескольких поколений.

***Первый закон Менделя или правило единообразия.*** Закон выведен на основе статистических данных, полученных Г. Менделем при скрещивании разных сортов гороха, имевших четкие альтернативные различия по следующим признакам:

- форма семени (круглая / некруглая);
- окраска семени (желтая / зеленая);
- кожура семени (гладкая / морщинистая) и т. д.

При скрещивании растений с желтыми и зелеными семенами Мендель обнаружил, что все гибриды первого поколения оказались с желтыми семенами. Он назвал этот признак доминантным. Признак, определяющий зеленую окраску семян, был назван рецессивным (отступающим, подавленным).

Так экзаменационная работа требует от учащихся умения правильно оформлять записи при решении генетических задач, то мы покажем пример такой записи.

	Растение с желтыми семенами	×	Растение с зелеными семенами
P <sub>1</sub>	♂АА		♀аа
Гаметы			Аа
Гибриды F <sub>1</sub>			Аа
	Все семена желтые, гетерозиготные		

1. На основании полученных результатов и их анализа Мендель сформулировал свой *первый закон*. При скрещивании гомозиготных особей, отличающихся одной или несколькими парами альтернативных признаков, все гибриды первого поколения окажутся по этим признакам единообразными и похожими на родителя с доминантным признаком.

В случае *неполного доминирования* только 25 % особей фенотипически похожи на родителя с доминантным признаком и 25 % особей будут похожи на рецессивного по фенотипу родителя. Остальные 50 % гетерозигот будут от них фенотипически отличаться. Например, от красноцветковых и белоцветковых растений львиного зева в потомстве 25 % особей красные, 25 % – белые, а 50 % – розовые.

2. Для выявления гетерозиготности особи по определенному аллелю, т. е. наличие рецессивного гена в генотипе, используется *анализирующее скрещивание*. Для этого особь с доминантным признаком (АА? или Аа?) скрещивают с гомозиготной по рецессивному аллелю особью. В случае гетерозиготности особи с доминантным признаком расщепление в потомстве будет 1:1

$$AA \times aa \rightarrow 100\% Aa$$

$$Aa \times aa \rightarrow 50\% Aa \text{ и } 50\% aa$$

**Второй закон Менделя или закон расщепления.** При скрещивании гетерозиготных гибридов первого поколения между собой, во втором поколении обнаруживается расщепление по данному признаку. Это расщепление носит закономерный статистический характер: 3: 1 по фенотипу и 1: 2:1 по генотипу. В случае скрещивания форм с желтыми и зелеными семенами в соответствии со вторым законом Менделя получают следующие результаты скрещивания.

	Аа	×	Аа
P <sub>2</sub>			
Гаметы			А; а А; а
Гибриды F <sub>2</sub>			1АА : 2Аа : 1 аа
	Желтые		Зеленые
	Фенотипы		

Появляются семена как с желтой, так и с зеленой окраской.

**Третий закон Менделя или закон независимого наследования при дигибридном (полигибридном) скрещивании.** Этот закон выведен на основе анализа результатов, полученных при скрещивании особей, отличающихся по двум парам альтернативных признаков. Например: растение, дающее *желтые, гладкие* семена скрещивается с растением, дающим *зеленые, морщинистые* семена.

	ААВВ	×	аавв
P <sub>1</sub>			
Гаметы	АВ		ав
F <sub>1</sub>			АаВв
	Желтые, гладкие		
P <sub>2</sub>	АаВв	×	АаВв

Для дальнейшей записи используется решетка Пеннета:

F <sub>2</sub> гаметы	АВ	Ав	аВ	ав
АВ	ААВВ	ААВв	АаВВ	АаВв
Ав	ААВв	Аавв	АаВв	Аавв
аВ	АаВВ	АаВв	ааВВ	ааВв
ав	АаВв	Аавв	ааВв	аавв

Во втором поколении возможно появление 4 фенотипов в отношении 9: 3: 3: 1 и 9 генотипов.

В результате проведенного анализа выяснилось, что гены разных аллельных пар и соответствующие им признаки передаются независимо друг от друга. Этот закон справедлив:

- для диплоидных организмов;
- для генов, расположенных в разных гомологичных хромосомах;
- при независимом расхождении гомологичных хромосом в мейозе и их случайном сочетании при оплодотворении.

Указанные условия и являются цитологическими основами дигибридного скрещивания.

Те же закономерности распространяются на полигибридные скрещивания.

В экспериментах Менделя установлена дискретность (прерывистость) наследственного материала, что позже привело к открытию генов, как элементарных материальных носителей наследственной информации.

В соответствии с гипотезой чистоты гамет в сперматозоиде или яйцеклетке в норме всегда находится только одна из гомологичных хромосом данной пары. Именно поэтому при оплодотворении восстанавливается диплоидный набор хромосом данного организма. *Расщепление* – это результат случайного сочетания гамет, несущих разные аллели.

Так как события случайны, то закономерность носит статистический характер, т. е. определяется большим числом равновероятных событий – встреч гамет, несущих разные (или одинаковые) альтернативные гены.

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ<sup>5</sup>

### Часть А

А1. Доминантный аллель – это

- 1) пара одинаковых по проявлению генов
- 2) один из двух аллельных генов
- 3) ген, подавляющий действие другого гена
- 4) подавляемый ген

А2. Часть молекулы ДНК считается геном, если в ней закодирована информация о

- 1) нескольких признаках организма
- 2) одном признаке организма
- 3) нескольких белках
- 4) молекуле т-РНК

А3. Если признак не проявляется у гибридов первого поколения, то он называется

- 1) альтернативным
- 2) доминантным
- 3) не полностью доминирующим
- 4) рецессивным

---

<sup>5</sup> Примеры заданий по генетике предлагаются только в частях А и С экзаменационной работы.

A4. Аллельные гены расположены в

- 1) идентичных участках гомологичных хромосом
- 2) разных участках гомологичных хромосом
- 3) идентичных участках негомологичных хромосом
- 4) разных участках негомологичных хромосом

A5. Какая запись отражает дигетерозиготный организм:

- 1) AABV 2) AaBv 3) AaBvCc 4) aaBVcc

A6. Определите фенотип тыквы с генотипом Cc BB, зная, что белая окраска доминирует над желтой, а дисковидная форма плодов – над шаровидной

- 1) белая, шаровидная 3) желтая дисковидная
- 2) желтая, шаровидная 4) белая, дисковидная

A7. Какое потомство получится при скрещивании комолой (безрогой) гомозиготной коровы (ген комолости В доминирует) с рогатым быком.

- 1) все BV
- 2) все Bv
- 3) 50 % BV и 50 % Bv
- 4) 75 % BV и 25 % Bv

A8. У человека ген лопухости (А) доминирует над геном нормально прижатых ушей, а ген рыжих (В) волос над геном рыжих волос. Каков генотип лопухого, рыжего отца, если в браке с нерыжей женщиной, имеющей нормально прижатые уши, у него были только лопухие, нерыжие дети?

- 1) AAвв 2) AaBv 3) aaBV 4) AAвВ

A9. Какова вероятность рождения голубоглазого (а), светловолосого (в) ребенка от брака голубоглазого темноволосого (В) отца и кареглазой (А), светловолосой матери, гетерозиготных по доминантным признакам?

- 1) 25 % 2) 75 % 3) 12,5 % 4) 50%

A10. Второй закон Менделя – это закон, описывающий процесс

- 1) сцепления генов
- 2) взаимного влияния генов
- 3) расщепления признаков
- 4) независимого распределения гамет

A11. Сколько типов гамет образует организм с генотипом AABvCc

- 1) один 2) два 3) три 4) четыре

## Часть С

C1. Определите возможные генотипы родителей и пятерых детей, среди которых были дети с римскими и прямыми носами, полными и тонкими губами, если известно, что мужчина с римским носом и тонкими губами женился на девушке с также с римским носом и полными губами. Докажите свой ответ, записав решение задачи в виде двух схем скрещивания. Сколько схем скрещивания может быть проанализировано при решении этой задачи?

**Хромосомная теория наследственности.** Основоположник хромосомной теории Томас Гент Морган, американский генетик, Нобелевский лауреат. Морган и его ученики установили, что:

- каждый ген имеет в хромосоме определенный *локус* (место);
- гены в хромосоме расположены в определенной последовательности;
- наиболее близко расположенные гены одной хромосомы сцеплены, поэтому наследуются преимущественно вместе;
- группы генов, расположенных в одной хромосоме, образуют группы сцепления;
- число групп сцепления равно *гаплоидному* набору хромосом у *гомогаметных* особей и  $n+1$  у *гетерогаметных* особей;
- между гомологичными хромосомами может происходить обмен участками (*кроссинговер*); в результате кроссинговера возникают гаметы, хромосомы которых содержат новые комбинации генов;
- частота (в %) кроссинговера между неаллельными генами пропорциональна расстоянию между ними;
- набор хромосом в клетках данного типа (*кариотип*) является характерной особенностью вида;
- частота кроссинговера между гомологичными хромосомами зависит от расстояния между генами, локализованными в одной хромосоме. Чем это расстояние больше, тем выше частота кроссинговера. За единицу расстояния между генами принимается 1 морганида (1 % кроссинговера) или процент появления кроссоверных особей. При значении этой величины в 10 морганид можно утверждать, что частота перекреста хромосом в точках расположения данных генов равна 10 % и что в 10 % потомства будут выявлены новые генетические комбинации.

Для выяснения характера расположения генов в хромосомах и определения частоты кроссинговера между ними строятся генетические карты. Карта отражает порядок расположения генов в хромосоме и расстояние между генами одной хромосомы. Эти выводы Моргана и его сотрудников получили название хромосомной теории наследственности. Важнейшими следствиями этой теории являются современные представления о гене, как о функциональной единице наследственности, его делимости и способности к взаимодействию с другими генами.

Задачи, иллюстрирующие хромосомную теорию, достаточно сложны и громоздки по записи, поэтому в экзаменационных работах ЕГЭ даются задания на наследование, сцепленное с полом.

**Генетика пола. Наследование, сцепленное с полом.** Хромосомные наборы разных полов отличаются по строению половых хромосом. У-хромосома мужчин не содержит многих аллелей, имеющих в X-хромосоме. Признаки, определяемые генами половых хромосом, называются сцепленными с полом. Характер наследования зависит от распределения хромосом в мейозе. У гетерогаметных полов признаки, сцепленные с X-хромосомой и не имеющие аллеля в Y-хромосоме, проявляются даже в том случае, когда ген, определяющий развитие этих признаков, рецессивен. У человека Y-хромосома передается от отца к сыновьям, а X-хромосома к дочерям. Вторую хромосому дети получают от матери. Это всегда X-хромосома. Если мать несет патологический рецессивный ген в одной из X-хромосом (например, ген дальтонизма или гемофилии), но при этом сама не больна, то она является носителем. В случае передачи этого гена сыновьям они могут оказаться больными данным заболеванием, ибо в Y-хромосоме нет аллеля, подавляющего патологический ген. Пол организма определяется в момент оплодотворения и зависит от хромосомного набора образовавшейся зиготы. У птиц гетерогаметными являются самки, а гомогаметными – самцы.

*Пример наследования, сцепленного с полом.* Известно, что у человека существует несколько признаков, сцепленных с X-хромосомой. Одним из таких признаков является отсутствие потовых желез. Это рецессивный признак, если X-хромосома, несущая определяющий его ген, попадает к мальчику, то у него этот признак обязательно проявится. Если вы читали известный роман Патрика Зюскинда «Парфюмер», то вы помните, что речь шла о младенце, у которого не было запаха.

Рассмотрим пример наследования, сцепленного с полом. Мать имеет потовые железы, но она носительница рецессивного признака –  $X^hX$ , отец здоров –  $X^HY$ . Гаметы матери –  $X^h$ ,  $X$ . Гаметы отца –  $X$ ,  $Y$ .

От этого брака могут родиться дети со следующими генотипами и фенотипами:

F1	$X^hX$ , Дочь носительница	$X^hX$ , здоровые дети	$X^hY$ , сын, у которого нет потовых желез
----	----------------------------------	---------------------------	--

**Генотип, как целостная, исторически сложившаяся система.** Термин генотип предложен в 1909 г. датским генетиком Вильгельмом Иогансенем. Он же ввел термины: *ген, аллель, фенотип, линия, чистая линия, популяция*.

**Генотип** – это совокупность генов данного организма. У человека по последним данным около 35 тыс. генов.

Генотип, как единая функциональная система организма, сложился в процессе эволюции. Признаком системности генотипа является **взаимодействие генов**.

Аллельные гены (точнее, их продукты – белки) могут взаимодействовать друг с другом:

- в составе хромосом – примером является полное и неполное сцепление генов;
- в паре гомологичных хромосом – примерами являются полное и неполное доминирование, независимое проявление аллельных генов.

Между собой могут взаимодействовать и неаллельные гены. Примером такого взаимодействия может быть появление новообразований при скрещиваниях двух, внешне одинаковых форм. Например, наследование формы гребня у кур определяется двумя генами –  $R$  и  $P$ :  $R$  – розовидный гребень,  $P$  – гороховидный гребень.

$P$	$RRpp$ розовидный	×	$rrPP$ гороховидный
-----	----------------------	---	------------------------

F1  $RrPp$  – появление ореховидного гребня в присутствии двух доминантных генов; при генотипе  $grrr$  проявляется листовидный гребень.

## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

### Часть А

A1. Сколько пар хромосом отвечает за наследование пола у собак, если диплоидный набор у них равен 78?

- 1) одна
- 2) две
- 3) тридцать шесть
- 4) восемнадцать

- A2. Закономерности сцепленного наследования относятся к генам, расположенным в
- 1) разных не гомологичных хромосомах
  - 2) гомологичных хромосомах
  - 3) в одной хромосоме
  - 4) негомологичных хромосомах

A3. Мужчина дальтоник женился на женщине с нормальным зрением, носительнице гена дальтонизма. Ребенка с каким генотипом у них быть не может?

- 1)  $X_dX$  2)  $XX$  3)  $X_dX_d$  4)  $XУ$

A4. Чему равно число групп сцепления генов, если известно, что диплоидный набор хромосом организма равен 36?

- 1) 72 2) 36 3) 18 4) 9

A5. Частота кроссинговера между генами К и С – 12 %, между генами В и С – 18 %, между генами К и В – 24 %. Каков вероятный порядок расположения генов в хромосоме, если известно, что они сцеплены.

- 1) К-С-В 2) К-В-С 3) С-В-К 4) В-К-С

A6. Каким будет расщепление по фенотипу в потомстве, полученном от скрещивания черных (А) мохнатых (В) морских свинок, гетерозиготных по двум признакам, сцепленным в одной хромосоме?

- 1) 1: 1 2) 2: 1 3) 3: 1 4) 9: 3: 3: 1

A7. От скрещивания двух гетерозиготных по двум признакам окраски серых крыс получили 16 особей. Каким будет соотношение потомства, если известно, что ген С – основной ген окраски и в его присутствии появляются серые, белые и черные особи, а второй ген А – влияет на распределение пигмента. В его присутствии появляются серые особи.

- 1) 9 серых, 4 черных, 3 белых
- 2) 7 черных, 7 черных, 2 белых
- 3) 3 черных, 8 белых, 5 серых
- 4) 9 серых, 3 черных, 4 белых

A8. У супружеской пары родился сын гемофилик. Он вырос и решил жениться на здоровой по данному признаку женщине, не несущей гена гемофилии. Каковы возможные фенотипы будущих детей этой супружеской пары, если ген сцеплен с X-хромосомой?

- 1) все девочки здоровы и не носительницы, а мальчики гемофилики
- 2) все мальчики здоровы, а девочки гемофилики
- 3) половина девочек больна, мальчики здоровы
- 4) все девочки носительницы, мальчики здоровы

## Часть С

C1. Составьте прогноз появления внука – дальтоника у мужчины-дальтоника и здоровой женщины, не несущей гена дальтонизма, при условии, что все его сыновья женятся на здоровых женщинах, не несущих гена дальтонизма, а дочери выходят замуж за здоровых мужчин. Докажите свой ответ записью схемы скрещивания.

### 3.6. Изменчивость признаков у организмов: модификационная, мутационная, комбинативная. Виды мутаций и их причины. Значение изменчивости в жизни организмов и в эволюции. Норма реакции

Основные термины и понятия, проверяемые в экзаменационной работе: *близнецовый метод, генеалогический метод, генные мутации, геномные мутации, генотипическая изменчивость, закон гомологических рядов наследственной изменчивости, комбинативная изменчивость, модификационная изменчивость, мутации, ненаследственная изменчивость, полиплоидия, резус – фактор, родословная, синдром Дауна, хромосомные мутации, цитогенетический метод.*

#### 3.6.1. Изменчивость, ее виды и биологическое значение

**Изменчивость** – это всеобщее свойство живых систем, связанное с изменениями фенотипа и генотипа, возникающими под влиянием внешней среды или в результате изменений наследственного материала. Различают ненаследственную и наследственную изменчивость.

**Ненаследственная изменчивость.** Ненаследственная, или групповая (определенная), или *модификационная изменчивость* – это изменения фенотипа под влиянием условий внешней среды. Модификационная изменчивость не затрагивает генотип особей. Генотип, оставаясь неизменным, определяет пределы, в которых может изменяться фенотип. Эти пределы, т. е. возможности для фенотипического проявления признака, называются **нормой реакции** и наследуются. Норма реакции устанавливает границы, в которых может изменяться конкретный признак. Разные признаки обладают разной нормой реакции – широкой или узкой. Так, например, такие признаки, как группа крови, цвет глаз не изменяются. Форма глаза млекопитающих изменяется незначительно и обладает узкой нормой реакции. Удойность коров может варьировать в довольно широких пределах в зависимости от условий содержания породы. Широкую норму реакции могут иметь и другие количественные признаки – рост, размеры листьев, количество зерен в початке и т. д. Чем шире норма реакции, тем больше возможностей у особи приспособиться к условиям окружающей среды. Вот почему особей со средней выраженностью признака больше, чем особей с крайними его выражениями. Это хорошо иллюстрируется таким примером, как количество карликов и гигантов у людей. Их мало, тогда как людей с ростом в диапазоне 160–180 см в тысячи раз больше.

На фенотипические проявления признака влияет совокупное взаимодействие генов и условий внешней среды. Модификационные изменения не наследуются, но не обязательно носят групповой характер и не всегда проявляются у всех особей вида, находящихся в одинаковых условиях среды. Модификации обеспечивают приспособленность особи к этим условиям.

**Наследственная изменчивость** (комбинативная, мутационная, неопределенная).

**Комбинативная изменчивость** возникает при половом процессе в результате новых сочетаний генов, возникающих при оплодотворении, кроссинговере, конъюгации т. е. при процессах, сопровождающихся рекомбинациями (перераспределением и новыми сочетаниями) генов. В результате комбинативной изменчивости возникают организмы, отличающиеся от своих родителей по генотипам и фенотипам. Некоторые комбинативные изменения могут быть вредны для отдельной особи. Для вида же комбинативные изменения, в целом,

полезны, т. к. ведут к генотипическому и фенотипическому разнообразию. Это способствует выживанию видов и их эволюционному прогрессу.

**Мутационная изменчивость** связана с изменениями последовательности нуклеотидов в молекулах ДНК, выпадения и вставок крупных участков в молекулах ДНК, изменений числа молекул ДНК (хромосом). Сами подобные изменения называются *мутациями*. Мутации наследуются.

Среди мутаций выделяют:

– *генные* – вызывающими изменения последовательности нуклеотидов ДНК в конкретном гене, а следовательно в и-РНК и белке, кодируемом этим геном. Генные мутации бывают как доминантными, так и рецессивными. Они могут привести к появлению признаков, поддерживающих или угнетающих жизнедеятельность организма;

– *генеративные* мутации затрагивают половые клетки и передаются при половом размножении;

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.