



ФИПИ

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки  
ФГБНУ «Федеральный институт педагогических  
измерений»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
обучающимся  
по организации самостоятельной  
подготовки к ЕГЭ 2024 года**

**БИОЛОГИЯ**

Москва, 2024

Авторы-составители: В.С. Рохлов, Р.А. Петросова, Д.А. Фёдоров

Рекомендации предназначены для обучающихся 11 классов, планирующих сдавать ЕГЭ по биологии в 2024 г. Методические рекомендации содержат советы разработчиков контрольных измерительных материалов ЕГЭ и полезную информацию для организации самостоятельной подготовки к ЕГЭ. В рекомендациях указаны темы, на освоение/повторение которых целесообразно обратить особое внимание.

## Оглавление

1. Общие рекомендации .....	3
2. Рекомендации по организации повторения содержания тематических разделов .....	8
2.1. Биология как наука. Живые системы и их изучение .....	8
2.2. Клетка как биологическая система .....	14
2.3. Организм как биологическая система.....	28
2.4. Система и многообразие органического мира .....	42
2.5. Организм человека и его здоровье .....	61
2.6. Теория эволюции. Развитие жизни на Земле .....	82
2.7. Экосистемы и присущие им закономерности .....	96
3. Пример новой модели задания в КИМ 2024 г.....	109
4. Ответы на задания .....	111

# 1. Общие рекомендации

## Дорогие друзья!

Вам предстоит сдать единый государственный экзамен (ЕГЭ) по биологии. Основная задача – получить возможность поступить в выбранный вами вуз благодаря хорошей биологической подготовке. Подготовка будет эффективной, если она будет правильно спланирована и логически выстроена. Данные рекомендации помогут вам в этом.

В экзаменационной работе ЕГЭ по биологии проверяются знания и умения, сформированные в процессе изучения следующих разделов курса биологии: «Растения», «Бактерии. Грибы. Лишайники», «Животные», «Человек и его здоровье» (базовый уровень), «Общая биология» (углублённый уровень).

В экзаменационной работе преобладают задания по разделу «Общая биология», поскольку в нём интегрируются и обобщаются фактические знания, полученные вами в предыдущие годы обучения предмету. Наиболее важны знания биологических теорий, биологических законов и закономерностей, в том числе: клеточная, хромосомная, эволюционная, рефлексорная теории и теория гена; законы наследственности (Менделя, Моргана, Вавилова) и изменчивости; экологические закономерности развития биосферы (например, закономерности действия экологических факторов на организм). Востребованы при выполнении заданий экзаменационной работы и конкретные биологические знания о строении и функционировании отдельных клеток, растительных и животных организмов, бактерий, вирусов и человека. Также на экзамене проверяются прикладные знания из области биотехнологии, селекции организмов, охраны природы, здорового образа жизни человека.

Приоритетной на экзамене является проверка у выпускников сформированности способов деятельности: применение понятийного аппарата курса биологии; овладение методологическими умениями; применение знаний при объяснении биологических процессов, явлений, а также при решении качественных и количественных биологических задач. Овладение умениями по работе с информацией биологического содержания проверяется опосредованно через представление её различными способами (в виде рисунков, схем, таблиц, графиков, диаграмм).

Каждый вариант КИМ ЕГЭ 2024 г. содержит 28 заданий и состоит из двух частей, различающихся по форме и уровню сложности.

Часть 1 содержит 21 задание: 6 – с множественным выбором ответов из предложенного списка; 3 – на поиск ответа по изображению на рисунке; 4 – на установление соответствия элементов двух-трёх множеств; 3 – на установление последовательности систематических таксонов, биологических объектов, процессов, явлений; 2 – на решение биологических задач по цитологии и генетике; 2 – на дополнение недостающей информации в таблице; 1 – на анализ информации, представленной в графической или табличной форме. Ответ на задания части 1 даётся соответствующей записью в виде слова (словосочетания), числа или последовательности цифр, записанных без пробелов и разделительных символов.

Часть 2 содержит 7 заданий с развёрнутым ответом. В этих заданиях ответ формулируется и записывается экзаменуемым самостоятельно в развёрнутой форме. Задания этой части работы нацелены на выявление выпускников, имеющих высокий уровень биологической подготовки. Задания этой части группируются в зависимости от проверяемых видов учебной деятельности (например, применять знания в практической деятельности или решать генетические задачи) и в соответствии с тематической принадлежностью (например, задания по разделу «Биология животных» или «Общая биология»).

Экзаменационная работа состоит из семи содержательных разделов, представленных в кодификаторе.

В первом разделе «Биология как наука. Живые системы и их изучение» контролируются знания о достижениях современной биологии, методах научного познания, об уровнях организации живой природы.

Во втором разделе «Клетка как биологическая система» содержатся задания, проверяющие знания о строении, жизнедеятельности и многообразии клеток, а также умения устанавливать взаимосвязь строения и функций органоидов клетки, распознавать и сравнивать клетки разных организмов и процессы, протекающие в них.

В третьем разделе «Организм как биологическая система» контролируются знания о закономерностях наследственности и изменчивости, об онтогенезе и воспроизведении организмов, о селекции организмов и биотехнологии, а также выявляется умение применять данные знания при решении задач по генетике.

В четвёртом разделе «Система и многообразие органического мира» проверяются знания о многообразии, строении, жизнедеятельности и размножении организмов различных царств живой природы и вирусов, а также умения сравнивать организмы, характеризовать и определять их принадлежность к определённому систематическому таксону.

В пятом разделе «Организм человека и его здоровье» задания направлены на проверку системы знаний о строении и жизнедеятельности организма человека, его поведении, приспособлении к окружающей среде и вопросах гигиены.

В шестом разделе «Теория эволюции. Развитие жизни на Земле» включены задания, направленные на контроль знаний о виде, движущих силах, направлениях и результатах эволюции органического мира, о взаимосвязи движущих сил и результатов эволюции, а также умения объяснять основные ароморфозы и идиоадаптации в эволюции растительного мира и животного мира.

В седьмом разделе «Экосистемы и присущие им закономерности» содержатся задания, направленные на проверку знаний об экологических закономерностях и круговороте веществ в биосфере, а также умений устанавливать взаимосвязи организмов в экосистемах, выявлять причины устойчивости, саморазвития и смены экосистем.

Задания в экзаменационной работе распределены по уровню сложности. Их делят на базовые (Б), повышенного уровня сложности (П) и высокого уровня (В). В часть 1 включены задания двух уровней сложности: 14 заданий базового уровня и 7 заданий повышенного. В часть 2 включено 1 задание повышенного уровня сложности и 6 заданий высокого уровня. Распределение в экзаменационной работе заданий по уровню сложности можно найти в спецификации контрольных измерительных материалов.

На выполнение экзаменационной работы ЕГЭ по биологии отводится 3 часа 55 минут (235 мин.). Следует помнить, что важно оставить некоторое время для проверки своих ответов, записанных в распечатке экзаменационного варианта и/или черновике, а затем проверки правильности переноса ответов в бланки ответов № 1 и № 2. Напоминаем, что записи на черновике или в распечатке экзаменационного варианта не подлежат проверке и оцениванию экспертами.

Максимальное количество баллов за выполнение всех заданий экзаменационной работы – 57.

### ***Что помешало многим участникам экзамена в 2023 году набрать максимальные баллы?***

К типичным затруднениям участников экзамена следует отнести:

– невнимательное прочтение инструкций к заданиям и указаний к их выполнению;

– неумение выделить главное в тексте задания, особенно это касается заданий части 2, включающих объёмный контекст. При решении таких заданий текст следует прочитать несколько раз, при необходимости графически выделить главное и только после этого переходить к ответам на вопросы;

- отсутствие умений «читать» рисунки, схемы, графики, таблицы и извлекать из них необходимую биологическую информацию;
- отсутствие умений проводить анализ исходных данных, формулировать выводы, делать обобщения, пояснять свою точку зрения;
- неумение определять причинно-следственные связи между процессами, одновременно протекающими в живых системах разных уровней.

К основным содержательным затруднениям следует отнести следующее.

*Таблица 1*

<b>Тематические разделы</b>	<b>Недостаточно освоенные участниками ЕГЭ 2023 г. темы/умения</b>
Раздел 1 «Биология как наука. Живые системы и их изучение»	Научные методы, в частности частнонаучные. Признаки живых систем.
Раздел 2 «Клетка как биологическая система»	Химический состав клетки. Сравнение фаз фотосинтеза. Применять знания о свойствах и функциях химических компонентов клетки для объяснения результатов биологического эксперимента
Раздел 3 «Организм как биологическая система»	Решать генетические задачи на дигибридное скрещивание в части 1 работы. Описание процессов гаметогенеза
Раздел 4 «Система и многообразие органического мира»	Растительные и животные ткани. Органы растений. Многообразие растений и особенности их строения и жизнедеятельности
Раздел 5 «Организм человека и его здоровье»	Нейрогуморальная регуляция процессов жизнедеятельности организма и анализаторы, строение и функции, роль в организме. Основы личной и общественной гигиены, здорового образа жизни
Раздел 6 «Теория эволюции. Развитие жизни на Земле»	Описание географического видообразования и научные взгляды Ж.-Б. Ламарка. Видообразование и макроэволюция

Опираясь на результаты экзамена прошлых лет, советуем тщательно прорабатывать содержание, которое традиционно вызывает затруднения у многих выпускников.

Для самостоятельной подготовки следует использовать учебники 6–11 классов, допущенные к использованию Министерством просвещения Российской Федерации. Особое внимание следует обратить на раздел «Общая биология» (10–11 классы). Рекомендуем пользоваться учебником углублённого уровня.

Советуем вам составить собственную «дорожную карту» подготовки к экзамену. Для входной диагностики уровня вашей подготовки прорешайте демонстрационный или любой тренировочный вариант ЕГЭ по биологии 2024 г. и проверьте свои ответы. Отмечайте задания и темы, которые вызвали затруднения. Самоподготовка будет эффективнее, если вы составите таблицу, фрагмент которой представлен ниже (таблица 2)<sup>1</sup>. Изучите её структуру и продолжите заполнение. Фиксация сроков и планирование прохождения помогут вести учёт изученного и грамотно распределять время на прохождение всего курса биологии.

<sup>1</sup> Фрагмент таблицы составлен на основании раздела 2 «Перечень элементов содержания, проверяемых на едином государственном экзамене по биологии» кодификатора ЕГЭ 2024 г.

Для большей уверенности в своих знаниях можно выполнить задания из открытого банка ФИПИ, приведённые в каждом тематическом разделе Навигатора самостоятельной подготовки к ЕГЭ (<https://fipi.ru/navigator-podgotovki/navigator-ege#bi>).

Таблица 2

Проверяемые элементы содержания	Пройдено/ изучено	Необходимо изучить/повторить (сроки)
<b>1. Биология как наука. Живые системы и их изучение</b>		
1.1. Современная биология – комплексная наука. Биологические науки и изучаемые ими проблемы. Фундаментальные, прикладные и поисковые научные исследования в биологии. Значение биологии в формировании современной естественно-научной картины мира. Профессии, связанные с биологией. Значение биологии в практической деятельности человека: медицине, сельском хозяйстве, промышленности, охране природы		
1.2 и т.д.		
<b>2. Клетка как биологическая система</b>		
2.1. Клетка – структурно-функциональная единица живого. История открытия клетки. Работы Р. Гука, А. Левенгука. Клеточная теория (Т. Шванн, М. Шлейден, Р. Вирхов). Основные положения современной клеточной теории. Методы молекулярной и клеточной биологии: микроскопия, хроматография, электрофорез, метод меченых атомов, дифференциальное центрифугирование, культивирование клеток		
2.2 и т.д.		
<b>3. Организм как биологическая система</b>		
3.1. Биологическое разнообразие организмов. Одноклеточные, колониальные, многоклеточные организмы. Взаимосвязь частей многоклеточного организма. Ткани, органы и системы органов. Организм как единое целое. Гомеостаз		
3.2 и т.д.		
<b>4. Система и многообразие органического мира</b>		
4.1. Современная система органического мира. Принципы классификации организмов. Основные систематические группы организмов		
4.2 и т.д.		
<b>5. Организм человека и его здоровье</b>		
5.1. Органы и системы органов человека. Гуморальная регуляция и эндокринная система человека. Железы эндокринной системы и их гормоны. Действие гормонов. Взаимосвязь нервной и эндокринной систем. Гипоталамо-гипофизарная система. Рефлекс и рефлекторная дуга. Безусловные и условные рефлексы		
5.2 и т.д.		

<b>6. Теория эволюции. Развитие жизни на Земле</b>		
6.1. Эволюционная теория Ч. Дарвина. Предпосылки возникновения дарвинизма. Жизнь и научная деятельность Ч. Дарвина. Движущие силы эволюции видов по Ч. Дарвину (высокая интенсивность размножения организмов, наследственная изменчивость, борьба за существование, естественный и искусственный отбор). Оформление синтетической теории эволюции (СТЭ). Значение эволюционной теории в формировании естественно-научной картины мира		
6.2 и т.д.		
<b>7. Экосистемы и присущие им закономерности</b>		
7.1. Разделы и задачи экологии. Связь экологии с другими науками. Методы экологии. Полевые наблюдения. Эксперименты в экологии: природные и лабораторные. Моделирование в экологии. Мониторинг окружающей среды: локальный, региональный и глобальный		
7.2 и т.д.		

## 2. Рекомендации по организации повторения содержания тематических разделов

### 2.1. Биология как наука. Живые системы и их изучение

Содержание данного раздела проверяется в следующих линиях заданий ЕГЭ 2024 г.: 1, 2, 21, 23 (представлены обязательно); 26, 27 (возможно).

#### *Краткое содержание теоретического материала*

##### **Биологические науки**

*Биология* – наука, изучающая свойства живых систем.

*Ботаника* изучает жизнь растений, их строение, жизнедеятельность, условия обитания, происхождение и эволюционное развитие.

*Зоология* изучает строение, развитие, образ жизни животных, их видовой состав, распространение, происхождение, значение в природе и жизни человека.

*Анатомия* – наука, изучающая строение тела организмов и их частей на уровне выше клеточного.

*Антропология* – наука, изучающая происхождение и эволюцию человека.

*Физиология* – наука, изучающая жизнедеятельность здорового организма и его частей – систем, органов, тканей, клеток.

*Гигиена* – наука, изучающая влияние факторов внешней среды на организм человека в целях оптимизации благоприятного и профилактики неблагоприятного воздействия.

*Цитология* – наука о клетке, строении и функциях её органоидов.

*Генетика* – наука, изучающая закономерности наследственности и изменчивости организмов.

*Эмбриология* – наука о формировании и развитии зародышей.

*Селекция* – наука о создании новых и улучшении существующих пород животных, сортов растений, штаммов микроорганизмов.

*Систематика* – наука, задачами которой являются описание и обозначение всех существующих и вымерших видов организмов, а также их распределение по различным группам.

*Биотехнология* – наука, изучающая возможности использования живых организмов, их продуктов их жизнедеятельности для решения технологических задач, а также возможности создания организмов с необходимыми свойствами методом генной инженерии.

*Палеонтология* – наука об ископаемых останках растений и животных, реконструирующая по найденным останкам их внешний вид, биологические особенности, а также восстанавливающая на основе этих сведений ход биологической эволюции.

*Экология* – наука, изучающая взаимодействие организмов между собой и с окружающей средой, закономерности развития экосистем, взаимоотношения организмов в них, эволюцию сообществ и биосферы.

*Эксперимент* – процедура, выполняемая для поддержки, опровержения или подтверждения гипотезы или теории.

Эксперимент выступает в качестве инструмента:

– определения научности гипотезы или теории, согласно которому эмпирическая система должна допускать опровержение на основании эксперимента;

– проверки теоретических положений на соответствие реальности – верификации.

*Гипотеза* – это научное предположение, выдвигаемое для объяснения какого-либо явления. Любая гипотеза нуждается в теоретическом обосновании и экспериментальной проверке и призвана в первую очередь объяснить факты, противоречащие существующей научной теории.

*Теория* – упорядоченная и обоснованная система взглядов, суждений, положений, позволяющая адекватно объяснять факты, анализировать процессы, прогнозировать и регулировать их развитие; уровень познания, на котором обобщаются



и систематизируются знания о предмете исследования и формулируются понятия, категории, суждения, умозаключения

*Метод* – путь исследования, который проходит учёный, решая конкретную научную проблему.



### Уровни организации живых систем

*Система* – это совокупность компонентов, находящихся во взаимосвязи и образующих единое целое. Биологическая система является открытой системой, существует в разных формах. Основные биологические системы: клетка, ткань, орган, организм, популяция, вид, биоценоз, биосфера.

*Молекулярно-генетический уровень*: изучаются свойства и функции химических веществ в живых системах, процессы (репликация ДНК, синтез РНК).

*Клеточный уровень*: изучаются строение и функции клеток и органоидов, процессы, протекающие на клеточном уровне (обмен веществ и деление клетки).

*Организменный уровень*: изучаются одноклеточные или многоклеточные организмы, их строение, наследственность и изменчивость, образ жизни, поведение, размножение.

*Популяционно-видовой уровень*: изучаются группы особей одного вида, их основные характеристики (критерии вида), структура, состав, процессы. Популяция как единица эволюции.

*Биогеоэкологический (экосистемный) уровень*: экосистемы, взаимоотношения организмов в экосистемах, состоящих из различных популяций и сред обитания.

*Биосферный уровень*: представлен совокупностью всех биогеоценозов. Для биосферы характерны круговорот веществ, обмен и превращение энергии.

### Признаки и свойства живых систем

1. Высокоупорядоченное строение. Живые организмы имеют определённый план строения – клеточный или неклеточный (вирусы), состоят из химических веществ более высокого уровня организации, чем вещества неживой природы.

2. Дискретность и целостность. Дискретность – это прерывистость строения любой живой системы, т.е. возможность её подразделения на отдельные составляющие. Целостность – это структурно-функциональное единство живой системы, отдельные элементы которой взаимосвязанно функционируют как единое целое.

3. Обмен веществ и энергии. Для живых организмов характерна совокупность процессов дыхания, питания, выделения, посредством которых они получают из внешней среды необходимые вещества и энергию, преобразуют и накапливают их в организме и выделяют в окружающую среду продукты своей жизнедеятельности.

4. Раздражимость. Организмы способны специфически реагировать на изменения окружающей среды, адаптироваться и выживать в изменяющихся условиях.

5. Самовоспроизведение. Всё живое способно к самовоспроизведению, размножению. Размножение связано с передачей наследственной информации и является самым характерным признаком живого. Жизнь любого организма ограничена, но за счёт размножения живая материя «бессмертна».

6. Рост и развитие. Живые организмы растут, увеличиваются в размерах, развиваются, изменяются за счёт поступления питательных веществ.

7. Движение. Организмы способны к более или менее активному движению. Это один из ярких признаков живого. Движение происходит и внутри организма, даже на уровне клетки.

8. Саморегуляция. Одним из самых характерных свойств живого является поддержание постоянства внутренней среды организма при изменении внешних условий. Регулируется температура тела, давление, насыщенность газами, концентрация веществ и т.д. Саморегуляция происходит не только на уровне всего организма, но и на уровне клетки. Кроме того, за счёт деятельности всех живых организмов саморегуляция присуща и биосфере в целом. Саморегуляция связана с такими свойствами живого, как наследственность и изменчивость.

9. Наследственность – это способность передавать признаки и свойства организма из поколения в поколение в процессе размножения.

10. Изменчивость – это способность организма изменять свои признаки при взаимодействии со средой. В результате наследственности и изменчивости живые организмы приспосабливаются, адаптируются к внешним условиям, что позволяет им выжить и оставить потомство.

11. Ритмичность. В биологии под ритмичностью понимают периодические изменения интенсивности физиологических функций и формообразовательных процессов с различными периодами колебаний. Ритмичность направлена на согласование функций организма с окружающей средой, т.е. на приспособление к периодически меняющимся условиям существования.

12. Эволюция. Всё живое развивается от простого к сложному. В результате исторического развития возникло всё многообразие живых организмов.

### ***Практические задания для самостоятельного выполнения***

1. Рассмотрите таблицу «Биология – комплексная наука» и заполните ячейку, вписав соответствующий термин.

<b>Раздел биологии</b>	<b>Предмет изучения</b>
Анатомия	Строение органов, систем органов и организма в целом
?	Использование организмов в промышленном производстве продуктов питания и лекарств

Ответ: \_\_\_\_\_.

2. Рассмотрите таблицу «Методы биологических исследований» и заполните ячейку, вписав соответствующий термин.

<b>Частнонаучный метод</b>	<b>Применение метода</b>
Искусственный отбор	Выборка мелких крольчат в потомстве кроликов с крупным размером особей
?	Определение характера наследования дальтонизма у человека в ряду поколений

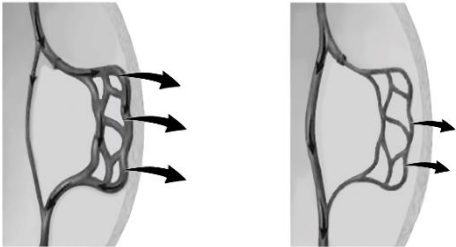
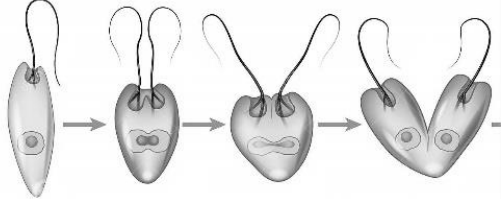
Ответ: \_\_\_\_\_.

3. Рассмотрите таблицу «Уровни организации живой природы» и заполните ячейку, вписав соответствующий термин.

Уровень организации живой природы	Пример
Биосферный	Совокупность всех живых организмов Земли
?	Подготовительный этап энергетического обмена в пищеварительном тракте животного

Ответ: \_\_\_\_\_.

4. Рассмотрите таблицу «Признаки живых систем» и заполните ячейку, вписав соответствующий термин.

Признак живых систем	Иллюстрация признака
Саморегуляция	
?	

Ответ: \_\_\_\_\_.

5. Экспериментатор проводил подсчёт количества придаточных корней и столонов до и после окучивания растений картофеля. Как изменится количество придаточных корней и столонов после окучивания?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

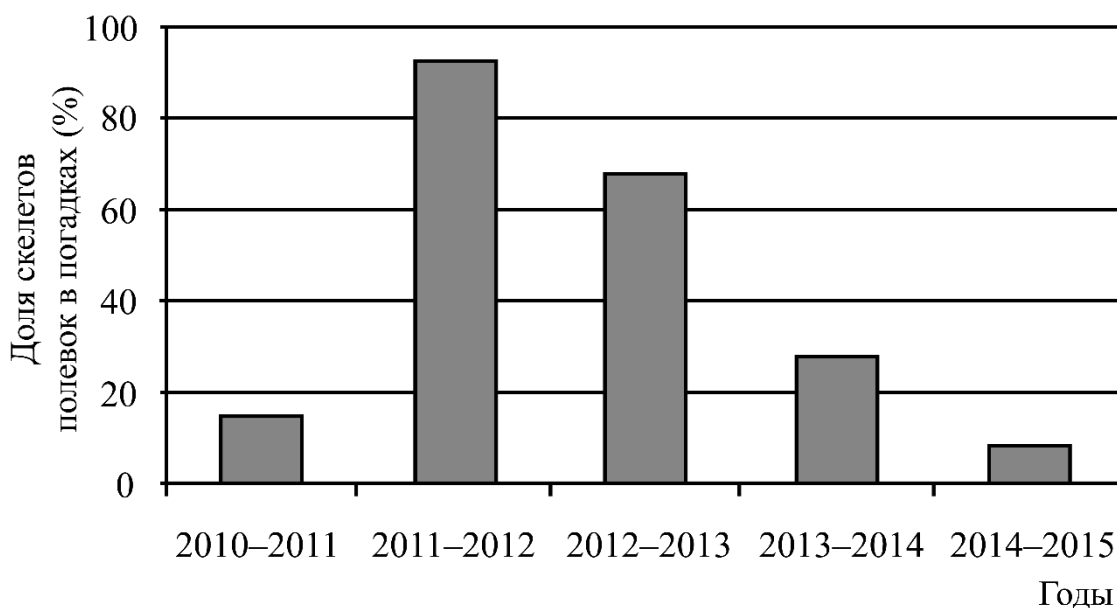
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Количество придаточных корней	Количество столонов

Ответ: \_\_\_\_\_

6. Проанализируйте диаграмму, на которой представлена доля полёвок в зимнем рационе ушастой совы в 2010–2015 гг., определённая по найденным останкам скелетов полёвок в погадках (непереваренных остатках еды, отрыгнутых совой).

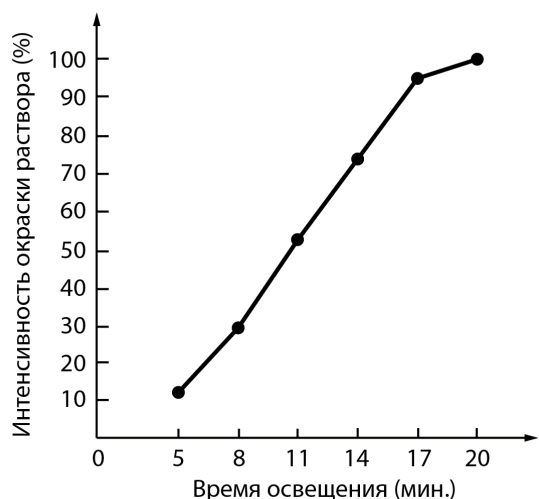


Выберите все утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа представленных данных. Запишите в ответе цифры, под которыми указаны выбранные утверждения.

- 1) Зимой 2010–2011 и 2014–2015 гг. основу рациона ушастой совы составляли не полёвки.
- 2) Популяция полёвок была минимальной зимой 2010–2011 и 2014–2015 гг.
- 3) В рационе ушастых сов число полёвок зависит от их численности в ареале (конкретной местности).
- 4) Рацион ушастой совы зависит от температурного режима зимой.
- 5) Чаще всего полёвки становились пищей ушастой совы зимой 2011–2012 гг.

Ответ: \_\_\_\_\_.

7. Экспериментатор изучал процессы, протекающие в хлоропластах листа герани. Для этого он приготовил суспензию хлоропластов, которую добавил в пробирки с избытком АДФ,  $F_n$ , НАДФ<sup>+</sup>, минеральных солей и воды. Затем он освещал пробирки различное время, после чего добавлял в них раствор иода одинаковой концентрации. В результате раствор в пробирках окрашивался в синий цвет различной интенсивности. Результаты эксперимента представлены на графике.



Какая переменная в этом эксперименте будет независимой (задаваемой экспериментатором), а какая – зависимой (изменяющейся в эксперименте)? Какие два условия должны выполняться при постановке отрицательного контроля\* в этом эксперименте? С какой целью необходимо осуществлять такой контроль?

\* Отрицательный контроль – это экспериментальный контроль (опыт), при котором изучаемый объект не подвергается экспериментальному воздействию при сохранении всех остальных условий.

## 2.2. Клетка как биологическая система

Содержание данного раздела проверяется в следующих линиях заданий ЕГЭ 2024 г.: 3, 5, 6, 7, 8, 27 (представлены обязательно); 20, 23 (возможно).

### *Краткое содержание теоретического материала*

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

1. Клетка является структурной и функциональной единицей живого, представляет собой элементарную живую систему. Для неё характерны все признаки и функции живого.
2. Клетки различных организмов имеют сходный химический состав и общий план строения.
3. Новая клетка возникает в результате деления исходной клетки.
4. Многоклеточные организмы развиваются из одной исходной клетки.
5. Сходство клеточного строения организмов свидетельствует о единстве их происхождения.

#### **Химическая организации клетки**

В клетке встречается около 60 химических элементов-биогенов. Их можно разделить на три группы: макроэлементы (O, C, H, N, P, Ca), микроэлементы (S, K, Na, Cl, Mg, Fe), ультрамикроэлементы (Mn, I, Br, F, Zn, Cu, B и др.). Содержание воды в клетках – 60–98 %. Вода – универсальный растворитель; определяет объём и тургор клеток; среда, где протекают химические реакции; катализатор, участник реакций обмена веществ. Она составляет внутреннюю среду организма, структурирует клетку, участвует в терморегуляции.

#### **Органические вещества**

*Липиды* – сложные эфиры глицерина (или других спиртов) и высших жирных кислот. Содержание – 5–90 %. Триглицериды (жиры и масла), фосфолипиды (содержат фосфорную кислоту), воски, стериды (холестерин, стероидные гормоны). Гидрофобные вещества с высокой энергоёмкостью. Функции в организме: энергетическая (1 г жира выделяет 38,9 кДж); строительная (фосфолипиды строят мембранные структуры клеток); защитная; терморегуляторная; гормональная (стероидные гормоны); компоненты витаминов D, E; источник воды в клетке; запасное питательное вещество.

*Углеводы* – сахароподобные вещества с общей формулой  $C_n(H_2O)_m$ . Содержание в клетках животных – 1–3 %, в клетках растений – до 90 %. Углеводы делятся на моносахариды, дисахариды, полисахариды. Моносахариды (глюкоза, фруктоза, рибоза, дезоксирибоза) и дисахариды (сахароза, лактоза) – бесцветные кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде, имеют сладкий вкус. Полисахариды (крахмал, гликоген, целлюлоза) в воде растворимы плохо или нерастворимы. Моносахариды (глюкоза) являются мономерами. Функции углеводов: строительная (целлюлоза, хитин); энергетическая (1 г углеводов образует 17,6 кДж); запасное питательное вещество (крахмал, гликоген). Рибоза и дезоксирибоза входят в состав нуклеиновых кислот и АТФ.

*Белки* – полимеры и состоят из мономеров – 20 различных аминокислот. Аминокислоты соединены друг с другом пептидной связью (CO-NH). Белки имеют сложное строение и несколько уровней организации. Первичная структура – последовательность аминокислот в полипептидной цепи, связанных пептидной связью. Эта последовательность определяется наследственной программой каждой клетки и организма. Вторичная структура – спирально закрученная полипептидная цепь ( $\alpha$ -спираль) или слоистая ( $\beta$ -структура) цепь, образованная за счёт водородных связей. Третичная структура – определённая пространственная конфигурация молекулы. Она поддерживается связями: ковалентными (S-S), ионными ( $-NH_3^+$ ,  $COO^-$ ), водородными, гидрофобными взаимодействиями. Четвертичная структура – это суперструктура, объединение нескольких полипептидных цепей (субъединиц) в единую молекулу. Характерна не для всех белков.

Свойство белков – денатурация (свёртывание) – потеря белком природной структуры. Денатурация бывает обратимая и необратимая. Функции: ферментативная (биокатализаторы); строительная (мембранные структуры клеток); энергетическая (1 г белка образует 17,6 кДж); двигательная (сократительные белки мышечных волокон, микротрубочек); транспортная (переносят гемоглобин); защитная (образуют антитела и антигены); регуляторная (гормон – инсулин).

*Нуклеиновые кислоты* – биополимеры; мономерами являются нуклеотиды (остаток фосфорной кислоты, углевода; азотистое основание). ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота):  $H_3PO_4$ , дезоксирибоза и азотистые основания аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц), тимин (Т). РНК (рибонуклеиновая кислота):  $H_3PO_4$  и рибоза, азотистые основания аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц), урацил (У). Комплементарные азотистые основания: А=Т или А=У, цитозин Ц≡Г.

ДНК представляет собой двойную спираль за счёт водородных связей между комплементарными основаниями; находится в ядре, митохондриях и хлоропластах. ДНК способна к самоудвоению – репликации. Функции – хранение и передача наследственной информации о первичной структуре белка, всех признаков организма.

РНК – одна полинуклеотидная цепь, находится в ядре и цитоплазме. Виды: транспортная тРНК (транспортирует аминокислоты к месту синтеза белка на рибосомы); информационная иРНК (переносит информацию о структуре белка от ДНК на рибосомы); рибосомальные рРНК (строят тело рибосомы); вирусные РНК (самые высокомолекулярные, являются генетическим аппаратом вируса).

АТФ – аденозинтрифосфат, мононуклеотид, состоящий из рибозы, аденина и трёх остатков фосфорной кислоты, между которыми имеются две макроэргические (высокоэнергетические) связи. Энергия простой связи – около 10 кДж/моль, а макроэргической – 40 кДж/моль. АТФ – универсальный источник энергии в клетке.

Все клеточные организмы делятся на две группы: прокариоты (доядерные) и эукариоты (ядерные). *Прокариоты* – примитивные организмы, не имеющие чётко оформленного ядра. В клетках имеется кольцевая ДНК, отсутствуют органоиды, кроме рибосом. Это бактерии и цианобактерии (синезелёные). *Бактериальные клетки* (царство Дробянки) имеют плотную клеточную стенку, одну кольцевую молекулу ДНК (нуклеоид), рибосомы. Все остальные органоиды у них отсутствуют.

### **Строение эукариотной клетки**

*Эукариоты* – истинно ядерные, имеют чётко оформленное ядро и все основные органоиды. К ним относятся растения, животные, грибы.

Все клетки окружены *наружной клеточной мембраной*. Наружная клеточная мембрана состоит из двойного слоя фосфолипидов (билипидного слоя), с мозаично вкрапленными молекулами белков. Свойства и функции: ограничивает живое содержимое клетки, обладает избирательной проницаемостью, защищает клетку, регулирует поступление веществ и обмен с внешней средой. Механизмы поступления веществ в клетку: диффузия (низкомолекулярные ионы, молекулы); осмос (вода); активный транспорт с затратой энергии АТФ против градиента концентрации; пассивный транспорт без затрат энергии; эндоцитоз – поглощение крупных частиц; фагоцитоз – поглощение твёрдых частиц; пиноцитоз – поглощение жидких веществ. У клеток животных с внешней стороны к белкам или липидам присоединяются углеводы, образуя гликокаликс. Он обеспечивает сцепление клеток и выполняет рецепторную функцию.

Клетки растений и грибов снаружи имеют оболочку (клеточную стенку), которая придаёт клетке прочность, защищает её, выполняет роль «скелета». У растений оболочка состоит из целлюлозы; у грибов – из хитина. В оболочке имеются поры, через которые происходит взаимосвязь клеток друг с другом.

*Цитоплазма* – внутреннее полужидкое содержимое клетки, в котором расположены все органоиды. Органоиды могут быть отделены от цитоплазмы мембраной.

Одномембранные органоиды имеют только одну мембрану. *Эндоплазматическая сеть (ЭПС)* – система канальцев, трубочек, цистерн, которая пронизывает всю цитоплазму, разделяет её на отсеки, обеспечивает сообщение между отдельными частями клетки и транспорт веществ. На гладкой ЭПС синтезируются липиды, полисахариды; на гранулярной ЭПС располагаются рибосомы и синтезируются белки. *Аппарат Гольджи* – система пузырьков, цистерн, связанных с ЭПС; обеспечивает упаковку и вынос синтезируемых веществ из клетки, формирование лизосом. *Лизосомы* – округлые тельца, содержат специальные ферменты, которые обеспечивают расщепление (гидролиз) поступающих в клетку полимеров до мономеров, а также внутриклеточное переваривание.

*Вакуоли с клеточным соком* – мембранные мешки различной величины и формы, заполненные клеточным соком и питательными веществами, характерны для растений.

Двумембранные полуавтономные органоиды. *Митохондрии* имеют продолговатую форму. Наружная мембрана гладкая, а внутренняя имеет складки – кристы. Внутри органоид заполнен матриксом, в котором находятся кольцевая ДНК, РНК, рибосомы. Митохондрии способны к самостоятельному росту, синтезу белков и делению. Являются энергетическими станциями клетки, в них происходит окончательное окисление органических веществ кислородом воздуха (дыхание) и синтез АТФ.

*Пластиды* характерны для растительных клеток и делятся на три вида: хлоропласты, лейкопласты и хромопласты. *Хлоропласты* – органоиды зелёного цвета, окружены двумя мембранами. Внутренняя часть заполнена стромой, в которую погружены мембранные структуры – граны. Граны образованы мембранными мешочками – тилакоидами. В стромах имеются кольцевая ДНК, РНК, рибосомы. На мембранах располагается фотосинтезирующий пигмент – хлорофилл. В хлоропластах осуществляется фотосинтез. *Хромопласты* – органоиды шарообразной формы; они содержат красный, оранжевый, жёлтый пигменты, придают окраску цветкам и плодам, осенью листьям, образуются из хлоропластов. *Лейкопласты* – бесцветные пластиды, находятся в неокрашенных частях растения, содержат запасные питательные вещества, могут на свету переходить в хлоропласты.

*Немембранные органоиды.* Рибосомы – мелкие тельца грибовидной формы, состоящие из большой и малой субъединиц, которые образованы из белков и рибосомальных РНК; на них идёт синтез белка. Микротрубочки – палочкообразные структуры, состоящие из спирально расположенных молекул белка. Они располагаются по всей клетке, выполняют роль внутреннего скелета, придают клетке определённую форму и обеспечивают движение цитоплазмы. Производные микротрубочек – две центриоли и центросфера клеточного центра, которая участвует в делении клетки, образует нити веретена деления и обеспечивает равномерное распределение хромосом между дочерними клетками. Центриоли – цилиндрические структуры, образованные из микротрубочек.

*Органоиды движения* – реснички и жгутики, обеспечивающие движение клетки (одноклеточных организмов). Представляют собой выросты цитоплазмы, окружённые клеточной мембраной. Внутри находятся микротрубочки, сокращения которых приводят клетку в движение.

*Ядро* – центр регуляции жизнедеятельности клетки, обеспечивает передачу наследственной информации. Отделено от цитоплазмы двойной ядерной мембраной, в которой имеются поры. Внутри ядро заполнено кариоплазмой, в которой находятся молекулы ДНК. Здесь происходит синтез ДНК, РНК, формирование рибосом. В неделящейся клетке молекулы ДНК находятся в виде тонких нитей хроматина. Во время деления ДНК спирализуются, утолщаются, образуют комплексы с белком и превращаются в хорошо заметные структуры – хромосомы. *Ядрышко* – тёмное округлое образование в кариоплазме; место синтеза рРНК, формирования и скопления рибосом. В ядре может быть одно или несколько (до шести) ядрышек.



### Строение прокариотной клетки

Снаружи *прокариотная клетка* покрыта оболочкой, состоящей из вещества гликопротеида – *муреина*. Она может иметь дополнительные слизистые слои и капсулу, которые выполняют защитную функцию. Под оболочкой располагается плазматическая мембрана, как у эукариотной клетки.

У аэробных прокариот на плазматической мембране имеются ферменты, которые участвуют в дыхании аналогично ферментам митохондрий. На этих участках происходит кислородный этап энергетического обмена.

У фотосинтезирующих бактерий (цианобактерий) имеются впячивания в виде *фотосинтетических мембран*. Они могут располагаться в виде стопок в цитоплазме и напоминают граны хлоропластов. Генетический аппарат состоит из одиночной кольцевой молекулы ДНК – *нуклеоида*. В клетке имеются рибосомы, но они мельче, чем эукариотные. Многие прокариотные организмы подвижны и имеют один или несколько жгутиков, напоминают микротрубочку эукариот, но вместо тубулина здесь белок *флагеллин*. На клеточной стенке у некоторых бактерий имеются тонкие выросты – *пили*.

### Жизнедеятельность клетки

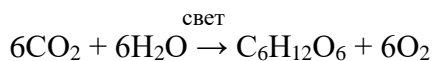
*Ассимиляция* (анаболизм, или пластический обмен) – совокупность реакций синтеза высокомолекулярных органических веществ из низкомолекулярных органических или неорганических веществ, сопровождающихся поглощением энергии за счёт расщепления молекул АТФ. К пластическому обмену относят реакции синтеза органических веществ: углеводов, липидов, белков и нуклеиновых кислот. Молекулы АТФ при этом расщепляются, и выделяется энергия.

*Диссимиляция* (катаболизм, или энергетический обмен) – совокупность реакций распада и окисления высокомолекулярных органических веществ до низкомолекулярных органических или неорганических веществ, сопровождающихся выделением энергии и запасанием её в синтезируемых молекулах АТФ. Живые существа для своей жизнедеятельности используют световую и химическую энергию, органический или неорганический углерод.

*Автотрофные организмы* синтезируют органические соединения из неорганических, используя энергию солнечного света (фототрофы) или энергию окисления неорганических соединений серы, азота, водорода, железа (хемотрофы). Источником углерода для них является углекислый газ. Автотрофы: растения, цианобактерии, хемосинтезирующие бактерии.

*Гетеротрофы* используют только готовые органические вещества, извлекая из них энергию за счёт их расщепления. Это животные, грибы, гетеротрофные бактерии.

*Фотосинтез* – это процесс первичного синтеза органических веществ из неорганических (углекислого газа и воды), осуществляемый с использованием энергии Солнца. Общее уравнение:



Энергетически бедные вещества – вода и углекислый газ – в процессе фотосинтеза превращаются в энергоёмкие органические вещества, при этом солнечная энергия аккумулируется в их химических связях. В результате для организмов становятся доступными энергия и углерод. Кроме того, в процессе фотосинтеза в атмосферу выделяется кислород, необходимый для дыхания.

Фотосинтез протекает в две фазы: световую и темновую. Все реакции, происходящие при этом, можно разделить на две группы:

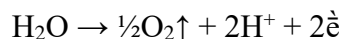
- 1) благодаря солнечной энергии идёт накопление энергии в процессе синтеза АТФ; происходит фотолиз воды, сопровождающийся образованием водорода и связыванием его с переносчиком; одновременно идёт выделение свободного кислорода;

- 2) происходит фиксация углекислого газа, его активизация за счёт энергии АТФ, восстановление водородом и синтез глюкозы.

Первая фаза *световая*. Энергия света, поглощённая хлорофиллом, преобразуется в энергию электронов, за счёт которой идёт синтез АТФ и образование НАДФ·2Н. Процесс происходит на мембранах тилакоидов.

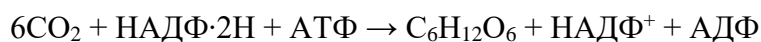
В световую фазу протекают следующие параллельные процессы:

- 1) возбуждение электронов хлорофилла энергией света и перемещение возбуждённых электронов на мембране тилакоидов;
- 2) синтез молекул АТФ за счёт энергии возбуждённых электронов – фосфорилрование;
- 3) фотолиз (разложение) молекул воды за счёт энергии света, образование кислорода и протонов водорода:



- 4) соединение водорода со специальным переносчиком НАДФ<sup>+</sup>, и образование НАДФ·2Н. Из клетки выделяется кислород.

*Темновая фаза* протекает в строме хлоропластов. В результате циклических реакций происходит; фиксация CO<sub>2</sub>, активирование промежуточных веществ за счёт энергии АТФ, восстановление углерода за счёт НАДФ·2Н и синтез глюкозы:



*Значение фотосинтеза*. Фотосинтез обеспечивает образование органических веществ из неорганических, снабжает пищей и энергией все живые организмы. Образовавшийся кислород обеспечивает дыхание и жизнь всех аэробных организмов.

*Хемосинтез* – процесс синтеза органических соединений из неорганических за счёт химической энергии, получаемой при окислении неорганических веществ (серы, сероводорода, железа, аммиака, нитритов и др.). Хемосинтез осуществляют только хемосинтезирующие бактерии. Высвобождающаяся энергия запасается бактериями в АТФ и используется для синтеза органических соединений из неорганических.

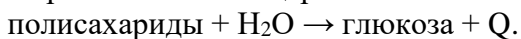
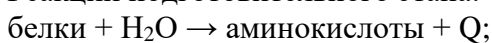
В зависимости от вещества, которое бактерии используют для выделения энергии, различают нитрифицирующие бактерии, железобактерии, серобактерии, водородные бактерии. Источником водорода в окислительно-восстановительных реакциях является не только вода, но и другие неорганические вещества, например сероводород (H<sub>2</sub>S) и водород (H<sub>2</sub>). Углерод бактерии-хемосинтетики извлекают из углекислого газа. Хемосинтезирующие бактерии играют важную роль в жизни человека и природе.

### **Энергетический обмен в клетке и организме**

*Энергетический обмен* – совокупность реакций распада высокомолекулярных органических веществ до низкомолекулярных органических или неорганических, сопровождающихся выделением энергии и запасанием её в синтезируемых молекулах АТФ. Энергетический обмен протекает в три этапа. Рассмотрим его на примере распада углеводов.

Первый этап подготовительный. Это гидролитическое расщепление высокомолекулярных органических соединений пищи при участии воды до мономеров. Этот процесс протекает в пищеварительном тракте животных, а на клеточном уровне – в лизосомах.

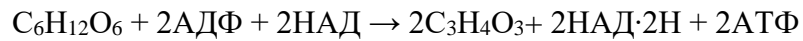
Реакции подготовительного этапа:



Вся энергия, выделяющаяся на подготовительном этапе, рассеивается в виде тепла.

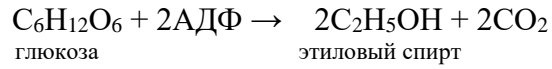
Второй этап бескислородный.

*Гликолиз* – это расщепление и окисление глюкозы до пировиноградной кислоты (ПВК) и образование двух молекул АТФ. Гликолиз происходит в цитоплазме.

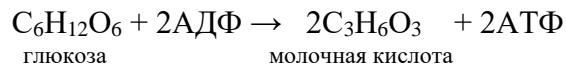


В клетках анаэробов (бактерии, дрожжи) этот процесс называется брожением. *Спиртовое брожение*: распад глюкозы на этиловый спирт и углекислый газ, образование двух молекул АТФ. *Молочнокислое брожение*: распад глюкозы до молочной кислоты, образование двух молекул АТФ.

Спиртовое брожение:



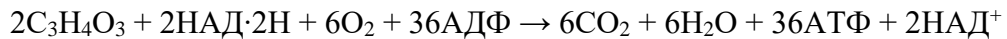
Молочнокислое брожение:



Третий этап энергетического обмена *кислородный*, или *аэробный*, происходит только в присутствии кислорода. Поэтому его называют *биологическим окислением*, или *дыханием*. Биологическое окисление протекает в митохондриях, где пировиноградная кислота окисляется до углекислого газа и воды, синтезируется 36 молекул АТФ. Преобразование происходит в результате циклических реакций, при этом образуется углекислый газ, высвобождаются атомы водорода, которые связываются с переносчиком НАД<sup>+</sup>, и образуются молекулы НАД·2Н. Этот процесс происходит в матриксе митохондрий. Образовавшийся углекислый газ выделяется из клетки и выводится из организма.

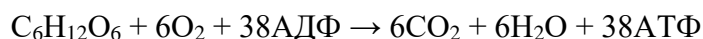
Молекулы НАД·2Н поступают на кристы митохондрий, где расположена дыхательная цепь ферментов. На мембране крист атомы водорода отщепляются от переносчика и соединяются с кислородом с выделением большого количества энергии. За счёт этой энергии на мембране синтезируются молекулы АТФ. Синтез молекул АТФ, сопряжённый с процессом окисления водорода, называется *окислительным фосфорилированием*.

Обобщённое уравнение реакции третьего этапа:



При расщеплении глюкозы на двух этапах энергетического обмена образуется всего 38 молекул АТФ, причём основная часть – на кислородном этапе или при биологическом окислении.

Суммарное уравнение энергетического обмена глюкозы:



Выход молекул АТФ в процессе кислородного окисления глюкозы в 19 раз больше, чем при бескислородном расщеплении. Такой выигрыш энергии обеспечил на нашей планете преимущественное развитие аэробных организмов по сравнению с анаэробными.

### **Генетическая информация в клетке. Биосинтез белка**

*Реакции матричного синтеза* – это реакции синтеза органических веществ на основе имеющейся молекулярной матрицы.

К реакциям матричного синтеза относят синтез ДНК на ДНК-матрице, синтез всех видов РНК на ДНК-матрице и синтез белка на иРНК-матрице. Исходной матрицей для синтеза белков и нуклеиновых кислот служит молекула ДНК. Реакции происходят по принципу комплементарности. Информация, заключённая в линейной последовательности нуклеотидов, используется для создания другой линейной последовательности: либо нуклеотидов (при синтезе РНК или ДНК), либо аминокислот (при синтезе белка).

Носителями наследственной информации клетки и организма являются молекулы ДНК. Ген – участок молекулы ДНК, в котором зашифрована информация о первичной

структуре одного белка. Правило перевода последовательности нуклеотидов в нуклеиновой кислоте в аминокислотную последовательность белка называется *генетическим кодом*.

#### Характеристика генетического кода

1. Код триплетен: каждой аминокислоте соответствует сочетание из трёх нуклеотидов. Всего таких сочетаний – 64 кодона. Из них 61 кодон смысловой, соответствует 20 аминокислотам, а 3 кодона – бессмысленные стоп-коды, которые не соответствуют аминокислотам, а заполняют промежутки между генами.

2. Код однозначен: каждый триплет соответствует только одной аминокислоте.

3. Код вырожден (избыточен): каждая аминокислота имеет более чем один кодон.

4. Код универсален: все живые организмы имеют один и тот же генетический код.

5. Код непрерывен: между кодонами и генами нет промежутков.

6. Код неперекрывается: последний нуклеотид одного триплета не может служить началом другого.

Матрицей для синтеза белка является иРНК, поэтому генетический код даётся по иРНК.

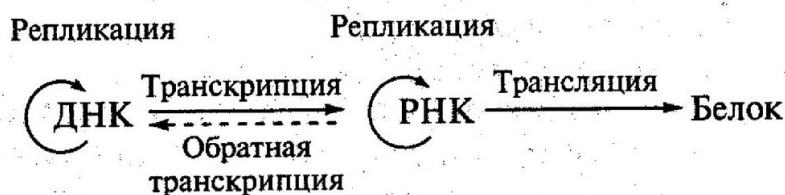
#### Генетический код (иРНК от 5'к 3'концу)

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	–	–	А
	Лей	Сер	–	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Глн	Арг	А
	Лей	Про	Глн	Арг	Г
А	Иле	Тре	Асн	Сер	У
	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	У
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц
	Вал	Ала	Глу	Гли	А
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г

#### Правила пользования таблицей

Первый нуклеотид в триплете берётся из левого вертикального ряда; второй – из верхнего горизонтального ряда; третий – из правого вертикального. Там, где пересекутся линии, идущие от всех трёх нуклеотидов, и находится искомая аминокислота.

#### Центральная догма молекулярной биологии



*Транскрипция* – синтез иРНК на участке (гене) молекулы ДНК. Синтез РНК происходит только на определённом участке. Синтезируемые РНК значительно короче и являются копиями только определённого небольшого участка ДНК, где находится

информация о структуре данной РНК или белка. Синтез РНК начинается с присоединения специального фермента *РНК-полимеразы* к определённой зоне на ДНК. Под действием специальных белков участок спирали ДНК раскручивается, и разрушаются водородные связи между двумя её цепями. Одна из них служит матрицей для синтеза РНК. Известно, что комплементарные цепи нуклеиновых кислот антипараллельны. Если рассмотреть схему двойной спирали ДНК, то можно увидеть, что 5' концу в одной цепи соответствует 3' конец другой цепи. Синтез любой нуклеиновой кислоты начинается с 5' конца, так как ферменты РНК-полимераза и ДНК-полимераза могут соединять нуклеотиды новой цепи только с одного конца – 5'. Следовательно, матрицей для синтеза нуклеиновой кислоты является цепь с 3' конца. Это необходимо учитывать при выборе матричной цепи ДНК и написании комплементарных фрагментов цепи РНК. На одной цепи ДНК по принципу комплементарности выстраиваются нуклеотиды. Фермент РНК-полимераза, продвигаясь по цепи ДНК, соединяет между собой нуклеотиды. В результате синтезируется РНК-копия. Процесс синтеза РНК продолжается до стоп-сигнала – одного из трёх стоп-кодонов, который прекращает движение фермента и синтез РНК. Фермент РНК-полимераза отделяется от ДНК, освобождается синтезированная молекула РНК, ДНК восстанавливает двойную спираль. Синтез завершён.

*Трансляция* – синтез белка на матрице иРНК, в ходе которого наследственная информация, закодированная в генах ДНК, реализуется в определённую последовательность аминокислот в белковых молекулах. Биосинтез белков происходит на рибосомах в цитоплазме или ЭПС. Для синтеза необходимы: набор аминокислот, тРНК, энергия АТФ, иРНК, рибосомы. тРНК связывают и кодируют аминокислоты, доставляют к рибосомам. Синтез полипептида на рибосоме также начинается с 5' конца. Рибосома соединяется с иРНК и движется по иРНК в направлении от 5' к 3' концу. Это необходимо учитывать при определении последовательности аминокислот в полипептидной цепи. Место аминокислоты в белковой молекуле определяется соединением антикодона тРНК с кодоном иРНК в рибосоме. Здесь также необходимо учитывать антипараллельность нуклеиновых кислот. Так как синтез на иРНК идёт с 5' конца, и кодоны в таблице генетического кода также даны с 5' конца, то соответствующие антикодоны имеют направление от 3' конца к 5' концу. Например, аминокислоте **Мет** соответствует кодон 5'-АУГ-3'. Следовательно, ему соответствует антикодон тРНК 3'-УАЦ-5'.

Окончание синтеза определяется стоп-кодонами на иРНК. Процесс трансляции в клетке обычно осуществляется многократно. Одна иРНК может соединяться с несколькими рибосомами, образуя *полирибосому*, или *полисому*. Полисома – это несколько рибосом на одной молекуле иРНК, на которых происходит одновременный синтез одинаковых полипептидных цепей. Биосинтез белка протекает на рибосомах как в цитоплазме клетки, так и на поверхности каналов гранулярной ЭПС.

*Репликация ДНК* – процесс удвоения молекулы ДНК. Каждая молекула раскручивается с одного конца, и на каждой цепи синтезируется новая цепь по принципу комплементарности. В новых молекулах ДНК одна цепь исходная материнская, а другая новая дочерняя. Образовавшиеся две дочерние молекулы ДНК полностью идентичны исходной материнской. Точность копирования лежит в основе правильности передачи наследственной информации от материнской клетки дочерним клеткам. Процесс репликации происходит перед началом деления клетки.

#### **Жизненный цикл клетки**

*Жизненный цикл* – совокупность всех фаз развития, пройдя которые клетка и организм достигают зрелости и способны дать начало следующему поколению. Непрерывность жизни обеспечивается путём деления клетки и передачи наследственной информации от исходной материнской клетки дочерним клеткам. От момента предыдущего до момента последующего деления в клетке происходит ряд событий, обеспечивающих её рост, развитие и размножение.

*Клеточный цикл* – период жизнедеятельности клетки от момента её возникновения до момента деления на две дочерние клетки. Он состоит из интерфазы и собственно деления – *митоза*. *Интерфаза* – период клеточного цикла между двумя последовательными делениями. Она характеризуется активными процессами обмена веществ, синтезом белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, а также накоплением клеткой питательных веществ, увеличением количества всех её органоидов, ростом и увеличением объёма цитоплазмы. В середине интерфазы происходит репликация ДНК. Если в начале интерфазы каждая хромосома состоит из одной молекулы ДНК ( $1c$ ), то в конце этого периода она состоит уже из двух идентичных молекул ДНК ( $2c$ ), т.е. из двух сестринских хроматид.

### **Строение хромосом. Хромосомный набор**

Хромосомы в эукариотных клетках – это комплексы молекул ДНК и белков. Хромосомы в интерфазе деспирализованы, что делает их практически невидимыми. В прокариотной клетке содержится только одна кольцевая молекула ДНК, не связанная с белками. Поэтому её нельзя назвать хромосомой. Его называют нуклеоид.

Идентифицировать хромосомы возможно только в период деления, когда они максимально плотно упакованы, спирализованы, хорошо окрашиваются и видны в световой микроскоп. После репликации две дочерние молекулы ДНК упаковываются порознь и образуют *сестринские хроматиды*, которые удерживаются вместе центромерой и образуют единую хромосому. *Центромера* – это участок сцепления двух сестринских хроматид, к которой прикрепляются нити веретена деления.

Клетки каждого организма содержат определённый набор хромосом – *кариотип*. Хромосомный набор строго специфичен для каждого вида организмов. В клетках могут содержаться двойной и одинарный наборы хромосом. Двойной, или *диплоидный*, набор хромосом характеризуется наличием парных хромосом.

*Гомологичные хромосомы* – парные хромосомы, одинаковые по форме, величине и характеру наследственной информации. Двойной парный набор хромосом диплоидный. Одинарный, непарный набор хромосом гаплоидный, гомологичные хромосомы отсутствуют. Диплоидный набор обозначается соответственно  $2n$ , а гаплоидный –  $n$ . Для обозначения количества генетического материала, т.е. числа молекул ДНК, используют латинскую букву  $c$ . В диплоидном наборе количество ДНК в двуххроматидных хромосомах (после репликации) обозначается  $4c$ , а в однохроматидных (после митоза) –  $2c$ . Количество ДНК в гаплоидном наборе двуххроматидных хромосом обозначается  $2c$ , а в наборе однохроматидных –  $c$ . Половые клетки – гаметы и споры растений – всегда имеют гаплоидный набор ( $n$ ). Зигота образуется после слияния гамет – оплодотворения и всегда имеет диплоидный набор хромосом ( $2n$ ).

В начале интерфазы каждая хромосома состоит из одной молекулы ДНК; хромосомный набор –  $2n, 2c$ . В конце интерфазы перед началом деления хромосома состоит из двух молекул ДНК, которые образуют две сестринские хроматиды одной хромосомы; хромосомный набор –  $2n, 4c$ .

### **Митоз и его фазы**

*Митоз* – процесс образования из одной клетки двух дочерних клеток с набором хромосом, идентичным исходной материнской клетке. Обеспечивает увеличение числа клеток, рост организма, регенерацию, возобновление клеток в процессе их старения, лежит в основе бесполого размножения.

*Профаза*. Молекулы ДНК максимально спирализуются, утолщаются и превращаются в хорошо заметные хромосомы. Ядерная мембрана рассасывается, ядрышко исчезает. Центриоли клеточного центра расходятся к полюсам, образуя веретено деления ( $2n, 4c$ ).

*Метафаза*. Нити веретена деления полностью сформированы, соединены с центромерами хромосом, которые располагаются в экваториальной плоскости клетки ( $2n, 4c$ ).

*Анафаза.* Хромосомы внезапно разделяются в области центромеры на сестринские хроматиды и с помощью нитей веретена деления движутся к полюсам клетки. У каждого полюса оказывается такое же количество хромосом, сколько их было в исходной материнской клетке ( $4n, 4c$ ).

*Телофаза.* Происходит формирование двух новых клеток. Хромосомы деспирализуются, формируется ядро, появляется ядрышко. Нити веретена деления исчезают. Органоиды равномерно распределяются между двумя клетками, делится цитоплазма, и в центральной части клетки образуется клеточная мембрана. Возникают две новые дочерние клетки ( $2n, 2c$ ).

Биологический смысл митоза: обеспечение постоянства числа хромосом, идентичности наследственной информации и генетической стабильности у вновь возникающих и исходной материнской клеток.

### **Мейоз и его фазы**

*Мейоз* – редукционное деление клетки, при котором хромосомный набор во вновь образующихся дочерних клетках уменьшается вдвое. Состоит из двух последовательных делений: мейоз I и мейоз II.

*Профаза I.* Хромосомы спирализуются и утолщаются. Гомологичные хромосомы попарно соединяются – конъюгируют; происходит обмен участками гомологичных хромосом – кроссинговер. Ядерная мембрана исчезает, центриоли расходятся к полюсам клетки, образуется веретено деления ( $2n, 4c$ ).

*Метафаза I.* Гомологичные хромосомы попарно располагаются над и под плоскостью экватора, образуя биваленты. Центромеры хромосом соединены с нитями веретена деления ( $2n, 4c$ ).

*Анафаза I.* Гомологичные хромосомы расходятся к полюсам клетки. Основное отличие мейоза от митоза – у каждого полюса оказывается только одна хромосома из пары гомологичных хромосом. Происходит редукция: число хромосом у полюсов клетки уменьшается вдвое ( $2n, 4c$ ).

*Телофаза I.* Делится всё остальное содержимое клетки, образуются две дочерние клетки с гаплоидным набором хромосом ( $n, 2c$  в каждом ядре).

Перед вторым делением мейоза интерфаза отсутствует. Обе клетки одновременно приступают ко второму делению. Мейоз II полностью идентичен митозу и протекает в двух клетках (ядрах) синхронно.

*Профаза II.* Хромосомы спирализуются, укорачиваются и утолщаются. Ядерная мембрана исчезает, образуется веретено деления. Эта стадия значительно короче профазы I ( $n, 2c$ ).

*Метафаза II.* Хромосомы выстраиваются в плоскости экватора. Нити веретена деления соединены с центромерами ( $n, 2c$ ).

*Анафаза II.* Центромеры делятся. К полюсам клетки расходятся сестринские хроматиды, которые теперь становятся хромосомами. У каждого полюса собирается гаплоидный набор хромосом, где каждая хромосома состоит теперь из одной молекулы ДНК, одной хроматиды. Общее число хромосом увеличивается в 2 раза и равно числу ДНК ( $2n, 2c$ ).

*Телофаза II.* Хромосомы деспирализуются, становятся плохо различимыми. Нити веретена деления исчезают. Формируется ядерная мембрана. Образуются четыре гаплоидных ядра, или четыре гаплоидные клетки. Число хромосом и ДНК в каждом образовавшемся ядре или клетке равно соответственно  $n, c$ .

Биологический смысл мейоза заключается в образовании гаплоидных клеток, которые при слиянии вновь восстанавливают диплоидный набор. Этот процесс при половом размножении обеспечивает постоянный набор хромосом у вновь образующихся организмов.

Мейоз в жизненном цикле организмов (от одного полового размножения до другого) происходит один раз. У животных мейоз имеет место при образовании гамет из исходных

диплоидных клеток. *Гаметогенез* – процесс образования половых клеток. Образующиеся гаметы имеют гаплоидный набор хромосом, тогда как у взрослых организмов он диплоидный.

### **Гаметогенез животных**

Гаметы формируются в половых железах (гонадах): у самцов в семенниках и у самок в яичниках.

*Стадии гаметогенеза.* В зоне размножения первичные половые клетки с диплоидным набором хромосом интенсивно делятся митозом, что увеличивает их количество. В зоне роста клетки только растут и запасают питательные вещества. Это интерфаза перед мейозом. Клетки этой зоны гонад имеют диплоидный набор хромосом. В зоне созревания в результате мейоза формируются и созревают гаметы.

*Сперматогенез* – процесс образования мужских половых клеток – сперматозоидов. В сперматогенезе выделяют ещё одну (четвёртую) стадию формирования сперматозоидов, где происходит формирование головки, шейки и хвостика сперматозоида. При сперматогенезе из одной исходной клетки в результате мейоза образуются четыре сперматозоида.

*Овогенез* – процесс образования женских половых клеток – яйцеклеток. При овогенезе из одной исходной клетки в результате мейоза образуется одна крупная яйцеклетка с большим запасом питательных веществ и три мелкие клетки – *направительные тельца*. Они служат только для образования гаплоидного набора хромосом в яйцеклетке. В дальнейшем эти клетки погибают.

### **Гаметофит и спорофит растений**

У растений мейоз наблюдается перед спорообразованием, при этом из диплоидной клетки образуются гаплоидные споры. В жизненных циклах растений поколение с гаплоидным набором хромосом называют *гаметофитом*. На гаметофите в процессе митоза образуются гаметы. Поколение с диплоидным набором хромосом называют *спорофитом*, на нём в процессе мейоза образуются споры. Гаметофит развивается из гаплоидных спор, а спорофит – из диплоидной зиготы, образующейся в результате оплодотворения. У некоторых одноклеточных организмов, грибов, низших растений мейоз происходит сразу после образования зиготы, и образуются споры, из которых развивается взрослый гаплоидный организм.

### **Практические задания для самостоятельного выполнения**

1. В некоторой молекуле РНК на долю нуклеотидов с урацилом приходится 13 %. Определите долю нуклеотидов с аденином на матричной цепи молекулы ДНК. В ответе запишите только соответствующее число.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

2. Сколько молекул ДНК содержится в ядре клетки в конце телофазы второго деления мейоза, если в диплоидном наборе содержится 44 хромосомы? В ответе запишите только соответствующее число.

Ответ: \_\_\_\_\_.

3. В гамете вишни содержится 8 хромосом. Сколько хромосом имеет клетка корня вишни? В ответе запишите только соответствующее число.

Ответ: \_\_\_\_\_.

4. Проанализируйте таблицу «Виды клеточных РНК». Заполните пустые ячейки таблицы, используя элементы, приведённые в списке. Для каждой ячейки, обозначенной буквой, выберите соответствующий элемент из предложенного списка.



Виды клеточных РНК	Характеристики	Функции
_____ (А)	Высокомолекулярная линейная структура	Является матрицей для синтеза молекулы белка
Транспортная	Имеет петлю, содержащую антикодон	_____ (В)
Рибосомальная	_____ (Б)	Строит тело рибосомы

Список элементов:

- 1) вирусная
- 2) информационная
- 3) содержит дисульфидные мостики
- 4) содержит кодоны
- 5) доставляет аминокислоту к месту синтеза белка
- 6) переносит наследственную информацию
- 7) имеет форму глобулы
- 8) синтезируется в ядрышке

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В

5. Выберите три верных ответа и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. Какие процессы происходят при митозе?

- 1) репликация молекул ДНК
- 2) формирование веретена деления
- 3) конъюгация гомологичных хромосом
- 4) образование бивалентов
- 5) удвоение центриолей
- 6) расхождение хроматид к полюсам клетки

Ответ:

--	--	--

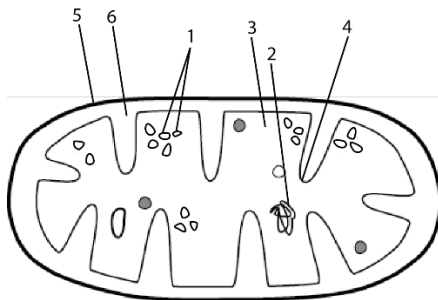
6. Установите последовательность процессов, происходящих при мейозе. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) образование гаплоидных клеток с двуххроматидными хромосомами
- 2) расположение бивалентов в экваториальной плоскости
- 3) образование гаплоидных клеток с однохроматидными хромосомами
- 4) расхождение гомологичных хромосом к полюсам клетки
- 5) обмен участками между гомологичными хромосомами

Ответ:

--	--	--	--	--

Рассмотрите рисунок и выполните задания 7, 8.



7. Укажите номер, которым на рисунке обозначена структура, отделяющая митохондрию от цитоплазмы.

Ответ: \_\_\_\_\_.

8. Установите соответствие между характеристиками и структурами органоида, обозначенными на рисунке выше цифрами 1, 2, 3, 4: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

**ХАРАКТЕРИСТИКИ**

**СТРУКТУРЫ ОРГАНОИДА**

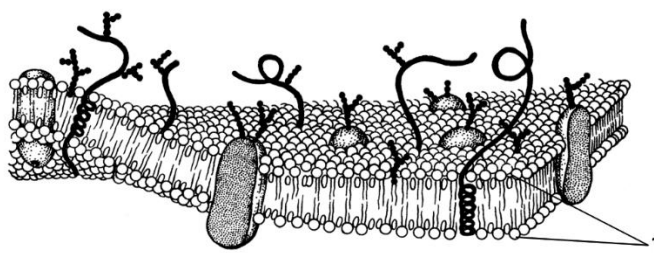
- |  |      |
|--|------|
| А) содержит информацию о ферментах                     | 1) 1 |
| Б) содержит белки – переносчики электронов             | 2) 2 |
| В) увеличивает площадь поверхности внутренней мембраны | 3) 3 |
| Г) является местом протекания реакций цикла Кребса     | 4) 4 |
| Д) является комплексом, участвующим в синтезе белков   |      |
| Е) служит средой для реакций                           |      |

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

9. Определите клеточную структуру, схема строения которой изображена на рисунке. Молекулы какого вещества обозначены цифрой 1? Какова его основная функция в этой структуре? Какая особенность строения и какие свойства молекул этого вещества позволяют ему выполнять эту функцию? Как расположены молекулы данного вещества в представленной клеточной структуре?



10. Известно, что комплементарные цепи нуклеиновых кислот антипараллельны (5' концу одной цепи соответствует 3' конец другой цепи). Синтез нуклеиновых кислот начинается с 5' конца. Рибосома движется по иРНК в направлении от 5' к 3' концу.

Ген имеет кодирующую и некодирующую области. Фрагмент начала гена имеет следующую последовательность нуклеотидов:

5' - ЦТТ ААЦ ГЦТ ААТ АТЦ АТ АГ - 3'

3' - ГАА ТТГ ЦГА ТТА ТТА ГТ АТ Ц - 5'

Определите последовательность аминокислот начала полипептида, если синтез начинается с аминокислоты **мет**. Объясните последовательность решения задачи. Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода. При написании последовательностей нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

### 2.3. Организм как биологическая система

Содержание данного раздела проверяется в следующих линиях заданий ЕГЭ 2024 г.: 4, 28 (представлены обязательно); 1, 5, 6, 7, 8, 20 (возможно).

#### *Краткое содержание теоретического материала*

##### **Разнообразие организмов**

Одноклеточные организмы представлены одной клеткой, обладают всеми признаками самостоятельного организма, встречаются во всех царствах живых существ. К ним принадлежат прокариоты (бактерии и цианобактерии); в царстве растений – одноклеточные водоросли; в царстве животных – простейшие; в царстве грибов – одноклеточные грибы (дрожжи).

Многоклеточные организмы состоят из множества клеток, которые дифференцированы, специализированы и образуют ткани.

По способу получения энергии, питания и синтеза органических веществ все организмы разделяют на автотрофные и гетеротрофные. Автотрофы синтезируют органические вещества из неорганических. Это зелёные растения и цианобактерии, а также хемосинтезирующие бактерии. Гетеротрофы используют только готовые органические вещества. К гетеротрофам принадлежат все животные, грибы и большинство бактерий.

##### **Размножение**

*Размножение* – это способность организма воспроизводить себе подобное. Типы размножения: бесполое и половое.

*Бесполое размножение* – образование нового организма из одной или группы клеток исходного материнского организма. В размножении участвует только одна родительская особь, которая передаёт свою наследственную информацию дочерним особям. Дочерние организмы идентичны материнскому. В основе лежит митоз.

*Виды бесполого размножения*: простое деление, или деление надвое, когда из одной клетки образуются две дочерние клетки, характерно для одноклеточных организмов. *Почкование* – от родительской особи отделяется группа клеток, образуя небольшой вырост – почку, из которой развивается дочерний организм. Характерно для кишечнополостных, многоклеточных водорослей, одноклеточных грибов – дрожжей.

Размножение спорами (споруляция) происходит с помощью специальных клеток – *спор*, образующихся в материнском организме. Каждая спора, прорастая, даёт начало новому организму. Характерно для споровых растений (водорослей, мхов, папоротников) и грибов. *Вегетативное размножение* осуществляется вегетативными органами, частями органов; характерно для растений (размножение корнями, стеблями, листьями, побегами, видоизменёнными побегами или их частями), грибов (размножение грибницей). *Фрагментация* – разделение особи на две и более части, каждая из которых может дать начало новому организму. Способ размножения основан на способности организмов к регенерации – восстановлению утраченных частей тела; характерен для животных (кишечнополостных, плоских червей, морских звёзд), встречается у растений (многоклеточные водоросли размножение частями слоевища). *Клонирование* – искусственный метод бесполого размножения, образование нового организма из соматической клетки.

*Половое размножение* – образование нового организма при участии двух родительских особей. Новый организм несёт наследственную информацию от двух родителей, образующиеся потомки отличаются друг от друга и своих родителей. При половом размножении происходит слияние половых клеток – гамет мужского и женского организмов; характерно для организмов всех царств. В основе полового размножения лежит образование гаплоидных гамет и их слияние – оплодотворение. Мейоз и половое размножение являются основой разнообразия организмов.

*Партеногенез* – способ полового размножения, когда развитие взрослой особи происходит из неоплодотворённого яйца. Характерен для низших ракообразных (дафний),

насекомых (пчёл, тлей), некоторых птиц (индюшек). Партогенез может идти как при благоприятных условиях (у тлей, дафний развиваются самки), так и при неблагоприятных условиях (осенью из неоплодотворённых яиц развиваются самцы).

*Онтогенез* – процесс индивидуального развития организмов с момента оплодотворения и до смерти, в результате которого реализуется его наследственная информация. Онтогенез делится на два периода: эмбриональный и постэмбриональный.

*Оплодотворение* – процесс слияния мужских и женских половых клеток. В результате образуется клетка зигота – оплодотворённое яйцо. Она всегда имеет двойной набор хромосом. Из зиготы развивается зародыш, который даёт начало новому организму.

У животных гаметы образуются путём мейоза в половых железах – семенниках и яичниках. Процесс оплодотворения начинается с проникновения сперматозоида в яйцеклетку, образуется зигота. Способы оплодотворения: 1) наружное – самка вымётывает яйцеклетки (икру), а самец – сперму во внешнюю среду, где и происходит оплодотворение (характерно для водных обитателей); 2) внутреннее – слияние гамет происходит в половых путях самки (у наземных и некоторых водных обитателей: червей, насекомых, рептилий, птиц, млекопитающих).

Оплодотворённое яйцо далее может развиваться в теле самки или во внешней среде. В последнем случае яйца покрываются специальными оболочками или скорлупой, и самка откладывает их в наиболее безопасное место, где происходит их дальнейшее развитие (у насекомых, моллюсков, рептилий, птиц и др.)

### **Онтогенез**

*Онтогенез* – индивидуальное развитие организма, совокупность последовательных морфологических и биохимических преобразований, претерпеваемых организмом от оплодотворения (половое размножение) или момента отделения от материнской особи (бесполое размножение) до конца жизни. У многоклеточных животных в составе онтогенеза принято различать следующие фазы: эмбриональное развитие (внутри яйцевых оболочек), постэмбриональное развитие (вне яйцевых оболочек).

#### **Фаза эмбрионального развития у животных**

*Эмбриональный период (эмбриогенез)* начинается с зиготы и продолжается до рождения организма или выхода из яйца.

*Дробление* – митотическое деление зиготы, образование бластомеров. Дробление заканчивается образованием бластулы. *Бластула* – однослойный зародышевый пузырёк с полостью внутри.

*Гаструляция* – образование двухслойного зародыша за счёт впячивания нижних клеток бластулы внутрь, образование гастральной полости, которая в дальнейшем превращается в кишечную трубку. *Гаструла* – двухслойный зародыш, состоящий из внешнего (*эктодерма*) и внутреннего (*энтодерма*) слоя клеток. На стадии двух зародышевых листков заканчивается развитие у губок и кишечнополостных. У остальных животных далее идёт формирование третьего зародышевого листка – *мезодермы* – за счёт миграции части клеток эктодермы и энтодермы.

*Нейрула* – трёхслойный зародыш. У хордовых животных формируются вторичная полость – *целом* – и осевые органы: нервная трубка из эктодермы, хорда из мезодермы, кишечная трубка из энтодермы. Из трёх зародышевых листков развиваются ткани и органы будущего организма.

## Органогенез

*Органогенез* – последний этап эмбрионального индивидуального развития.

В органогенезе выделяют нейруляцию, гистогенез и развитие органов. Процесс органогенеза можно изучать на эмбрионах и органоидах.

Закладка органов начинается на стадии нейрулы. Из эктодермы развиваются эпителиальная и нервная ткани, эпидермис кожи и его производные (ногти, волосы, сальные и потовые железы, эмаль зубов), нервная система, органы чувств, щитовидная железа. Гипофиз и эпифиз формируются из нервной трубки.

Из энтодермы формируется эпителиальная ткань, выстилающая органы пищеварительной, дыхательной (альвеолы), мочевыделительной и половой систем, пищеварительные железы (печень, поджелудочная железа); внутренние слизистые покровы.

Из мезодермы образуются мышечная ткань и все виды соединительной ткани. Из хорды формируется хрящевой и костный скелет; из боковых участков мезодермы – мышцы, кровеносные сосуды, сердце, почки, органы половой системы, надпочечники и половые железы.

### Фаза постэмбрионального развития животных

Постэмбриональное развитие животных бывает двух типов: прямое и непрямое. Прямое развитие происходит без превращений, родившийся организм имеет сходство со взрослой особью, но отличается размерами тела и недоразвитием некоторых органов. Такое развитие характерно для млекопитающих, птиц, пресмыкающихся и др. Непрямое развитие происходит с метаморфозом, в этом случае родившийся организм (личинка) непохож на взрослую особь. У насекомых различают развитие с неполным превращением и полным превращением. Насекомое с неполным превращением проходит в своём развитии три стадии: яйцо – личинка – взрослая особь. Такое развитие характерно для стрекоз, кузнечиков, клопов и др. Насекомые с полным превращением проходят в своём развитии четыре стадии: яйцо – личинка – куколка – взрослая особь. Такое развитие характерно для бабочек, жуков, пчёл, мух и др.

Биологический смысл метаморфоза заключается в том, что у личинок и взрослых особей различается пища, и они приспособлены к разным условиям жизни. Это снижает конкуренцию, способствует выживанию вида в целом.

### Онтогенез у растений

У растений происходит смена поколений: гаметофита (гаплоидной фазы) и спорофита (диплоидной фазы). Гаметы образуются из клеток гаметофита путём митоза. Споры развиваются на спорофите путём мейоза. Из споры развивается гаметофит. При слиянии гамет образуется зигота, которая даёт начало спорофиту. Растения размножаются спорами и семенами.

Цикл развития растений следующий.

Зигота ( $2n$ ) → митоз → Спорофит ( $2n$ ) → мейоз → Спора ( $n$ ) → митоз → → Гаметофит ( $n$ ) → митоз → Гаметы ( $n$ ) → оплодотворение → Зигота ( $2n$ )
--

### Размножение и развитие высших растений

Мхи, хвощи, плауны размножаются спорами. У мхов взрослое растение – гаметофит, развивающийся из споры. На нём формируются органы полового размножения, в которых образуются яйцеклетка и сперматозоиды. С помощью воды сперматозоиды продвигаются к яйцеклетке, оплодотворяют её; образуется зигота. Из зиготы развивается коробочка (спорофит). В коробочке в результате мейоза образуются споры, после созревания они высыпаются, прорастают, образуются новые гаметофиты.

У плаунов, хвощей и папоротников взрослое растение – спорофит. Образующиеся в спорангиях споры созревают, высыпаются и при прорастании дают начало гаметофиту (заростку). На нём развиваются женские и мужские половые органы, в которых созревают

яйцеклетка и сперматозоиды. При наличии воды происходит оплодотворение, образуется зигота, из которой развивается молодой спорофит.

У семенных растений гаметофит сильно редуцирован, преобладающим поколением является спорофит. В тычинках цветковых растений в результате мейоза образуются микроспоры. Каждая из них делится митозом и образует вегетативную и генеративную клетки. Мужской гаметофит – пыльцевое зерно, состоящее из вегетативной и генеративной клеток. Генеративная клетка делится митозом, образуя два спермия. В завязи пестика в результате мейоза образуется четыре споры. Из них три мелкие отмирают, четвёртая, мегаспора, трижды делится митозом; образуется восьмиядерный зародышевый мешок, он и является женским гаметофитом. При попадании пыльцы на рыльце пестика вегетативная клетка прорастает в пыльцевую трубку, по которой два спермия проникают в зародышевый мешок. Один спермий сливается с яйцеклеткой; образуется зигота, из которой развивается зародыш. Второй спермий сливается с двумя ядрами центральной клетки; образуется триплоидная клетка, из которой развивается эндосперм. Этот процесс называется двойным оплодотворением.

### Наследственность

Генетика – наука, изучающая закономерности наследственности и изменчивости организмов. Наследственность – способность организма сохранять и передавать при размножении свои признаки и особенности развития из поколения в поколение.

#### Методы генетики

1. Гибридологический – скрещивание различных по своим признакам организмов в целях изучения характера наследования признаков в потомстве (введён Г. Менделем).

2. Цитологические – анализ кариотипа особей, изучение поведения хромосом в мейозе и качества гамет.

3. Молекулярно-генетический – основан на изучении структуры генов, их количества и последовательности расположения в молекулах ДНК в составе хромосом, на выявлении нуклеотидной последовательности отдельных генов, генных аномалий.

Генотип – совокупность всех наследственных признаков – генов организма, полученных от обоих родителей. Фенотип – совокупность внутренних и внешних признаков, которые проявляются у организма в процессе его индивидуального развития. Геном – совокупность всех генов клетки, характерных для гаплоидного набора хромосом данного вида. Аллельные гены – парные гены, расположенные в одних и тех же участках (локусах) гомологичных хромосом и определяющие развитие альтернативных или одинаковых признаков. Доминантный признак – господствующий, преобладающий признак, который проявляется в гомозиготном и гетерозиготном состояниях ( $Aa$ ,  $AA$ ). Рecessивный признак – подавляемый признак, который проявляется только в гомозиготном состоянии ( $aa$ ). Гомозигота – организм (зигота), имеющий одинаковые аллели одного гена в гомологичных хромосомах ( $AA$ ,  $aa$ ); гетерозигота – организм (зигота), имеющий противоположные аллели одного гена ( $Aa$ ).

Организмы, гомозиготные по одному или нескольким признакам, получаемые от одной самоопыляющейся или самооплодотворяющейся особи и не дающие в потомстве проявления альтернативного признака, называют чистой линией. Организмы, полученные от скрещивания двух чистых линий, называют гибридами.

### Законы наследования

Моногибридное скрещивание – скрещивание родительских особей, различающихся по одной паре признаков. Закон единообразия первого поколения (правило доминирования): при скрещивании двух гомозиготных особей с противоположными признаками в первом поколении все особи единообразны и похожи на одного из родителей, проявляется только доминантный признак.

$$\begin{array}{l} P \quad \text{♀} \quad AA \\ G \quad A \end{array} \quad \times \quad \begin{array}{l} \text{♂} \quad aa \\ a \end{array}$$

$F_1$                        $Aa$

*Закон расщепления признаков:* при скрещивании гетерозиготных гибридов первого поколения во втором поколении происходит расщепление признаков по фенотипу 3 : 1, по генотипу 1 : 2 : 1.

$P$	♀ $Aa$	×	♂ $Aa$
$G$	$A, a$		$A, a$
$F_2$	$AA, Aa, Aa, aa$		

При неполном доминировании гетерозиготные потомки имеют промежуточный фенотип и расщепление по фенотипу 1 : 2 : 1.

*Цитологические основы.* В основе законов наследования лежит поведение хромосом в мейозе: гомологичные хромосомы при мейозе попадают в разные гаметы.

Для определения генотипа особей с доминантным признаком проводится анализирующее скрещивание.

*Анализирующее скрещивание* – это скрещивание особи с доминантным признаком, но неизвестным генотипом с особью, гомозиготной по рецессивному признаку, генотип которой всегда  $aa$ . По результату скрещивания определяется генотип особи с доминантным признаком.

Если при скрещивании особи с доминантным признаком с рецессивной гомозиготой полученное потомство даёт расщепление 1 : 1 то исследуемая особь с доминантным признаком гетерозиготна. Анализирующее скрещивание часто используют в селекции растений и животных для определения генотипа особи с доминантным признаком и выведения чистой линии.

*Дигибридное скрещивание* – скрещивание, при котором родительские формы отличаются друг от друга двумя парами альтернативных признаков. Скрещивание по нескольким парам альтернативных признаков называется *полигибридным*. Для изучения наследования двух разных признаков Г. Мендель использовал растения с жёлтыми гладкими семенами и растения с зелёными морщинистыми семенами.

*Закон независимого наследования признаков:* при скрещивании гибридов первого поколения, различающихся по двум парам признаков, во втором поколении наследование по каждой паре признаков идёт независимо друг от друга. В результате образуется четыре фенотипические группы в соотношении 9 : 3 : 3 : 1.

$A$  – ген жёлтой окраски семян

$a$  – ген зелёной окраски семян

$B$  – ген гладкой поверхности семян

$b$  – ген морщинистой поверхности семян

$P$	♀ $AABB$	×	♂ $aabb$
$G$	$AB$		$ab$
$F_1$	$AaBb$		

Все гибридные семена  $F_1$  были жёлтые и гладкие, как и должно быть при полном доминировании. При последующем скрещивании гибридов первого поколения между собой Г. Мендель получил 315 жёлтых гладких семян, 101 жёлтое морщинистое, 108 зелёных гладких, 34 зелёных морщинистых семян. Полученное расщепление по фенотипу составляет 9 : 3 : 3 : 1.

$P$	♀ $AaBb$	×	♂ $AaBb$
$G$	$AB, Ab, aB, ab$		$AB, Ab, aB, ab$
$F_2$			

♀ / ♂	$AB$	$Ab$	$aB$	$ab$
$AB$	$AABB$	$AABb$	$AaBB$	$AaBb$
$Ab$	$AABb$	$AAbb$	$AaBb$	$Aabb$



<i>aB</i>	<i>AaBB</i>	<i>AaBb</i>	<i>aaBB</i>	<i>aaBb</i>
<i>ab</i>	<i>AaBb</i>	<i>Aabb</i>	<i>aaBb</i>	<i>aabb</i>

*Цитологические основы.* Гены двух признаков располагаются в негомологичных хромосомах. В мейозе негомологичные хромосомы расходятся произвольно, независимо друг от друга, поэтому гибриды дают четыре типа гамет: *AB, Ab, aB, ab*.

*Анализирующее дигибридное скрещивание.* Если при анализирующем скрещивании наблюдается расщепление признаков в соотношении 1:1:1:1, то исходная особь с доминантными признаками дигетерозиготна. Если при анализирующем скрещивании наблюдается расщепление признаков в соотношении 1:1, то исходная особь с доминантными признаками моногетерозиготна по одному из признаков.

<i>P</i>	<i>AaBb</i>	×	<i>aabb</i>	<i>P</i>	<i>AaBB</i>	×	<i>aabb</i>
<i>G</i>	<i>AB, Ab, aB, ab</i>		<i>ab</i>	<i>G</i>	<i>AB, aB</i>		<i>ab</i>
<i>F<sub>1</sub></i>	<i>1AaBb : 1Aabb : 1aaBb : 1aabb</i>			<i>F<sub>1</sub></i>	<i>1AaBb : 1aaBb</i>		

### Хромосомная теория наследственности

1. Единица наследственной информации – ген, расположен в хромосоме.
2. Каждая хромосома содержит множество генов, расположенных линейно.
3. Гены, расположенные в одной хромосоме, наследуются совместно, сцепленно.
4. Сцепление нарушается в процессе мейоза в результате кроссинговера, что увеличивает количество комбинаций генов в гаметах.
5. В процессе мейоза гомологичные хромосомы попадают в разные гаметы.
6. Негомологичные хромосомы расходятся произвольно, независимо друг от друга и образуют различные комбинации в гаметах.

*Сцепленное наследование* – наследование разных признаков, гены которых расположены в одной хромосоме. *Закон сцепленного наследования* признаков: гены, расположенные в одной хромосоме, образуют одну группу сцепления и наследуются совместно, сцепленно (закон Т. Моргана). Количество групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом.

*Закон нарушения сцепления генов:* сцепление между генами нарушается в результате кроссинговера – рекомбинации генов в гомологичных хромосомах в процессе мейоза.

#### Схема скрещивания

*P* ♀ чёрное тело, × ♂ серое тело,  
редуцированные крылья нормальные крылья  
♀ *aabb* × ♂ *AABB*  
*G* *ab* *AB*,  
*F<sub>1</sub>* *AaBb* – серое тело, нормальные крылья

#### 1-й вариант:

*P* ♀ чёрное тело, × ♂ серое тело,  
редуцированные крылья нормальные крылья  
♀ *aabb* × ♂ *AaBb*  
*G* *ab* *AB, ab*  
*F<sub>1</sub>* *AaBb* – серое тело, нормальные крылья 50 %  
*aabb* – чёрное тело, редуцированные крылья 50 %

В этом скрещивании у самца наблюдается полное сцепление генов, кроссинговер не происходит, поэтому у самца образуется два типа гамет, а у потомков – два фенотипа в равном соотношении.

#### 2-й вариант

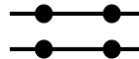
*P* серое тело, × чёрное тело,

нормальные крылья	×	редуцированные крылья	
♀ <i>AaBb</i>		♂ <i>aabb</i>	
<i>G</i> <i>AB, Ab, aB, ab</i>		<i>ab</i>	
<i>F<sub>2</sub></i> <i>AaBb</i> – серое тело, нормальные крылья			41,5 %
<i>Aabb</i> – серое тело, редуцированные крылья			8,5 %
<i>aaBb</i> – чёрное тело, нормальные крылья			8,5 %
<i>aabb</i> – чёрное тело, редуцированные крылья			41,5 %

В этом скрещивании у самки сцепление генов нарушилось, произошёл кроссинговер, поэтому образуется четыре типа гамет, а в потомстве появляется четыре фенотипические группы: две многочисленные (без кроссинговера) и две малочисленные, образовавшиеся в результате кроссинговера.

При решении задач на сцепленное наследование признаков следует учитывать, что при полном сцеплении результаты скрещивания и соотношение групп одинаковы с результатами и соотношением в моногибридном скрещивании. В случае нарушения сцепления генов образующиеся генотипы у потомков схожи с дигибридным скрещиванием, но соотношение не соответствует дигибридному скрещиванию. При этом образующиеся в потомстве группы без кроссинговера всегда многочисленны, а в результате кроссинговера образуются малочисленные группы. Схема скрещивания составляется как при дигибридном скрещивании.

Сцепленные гены могут изображаться в виде хромосом со сцепленными аллелями.



При этом над чертой записываются соответствующие сцепленные гены.

### Генетика пола

Самые заметные различия между особями одного вида – это различия по половому признаку. В соматических клетках самца и самки все пары хромосом, кроме одной, одинаковы и несут одинаковые типы генов. Одинаковые хромосомы у самца и самки называются *аутосомами*, а отличающаяся пара – *половыми хромосомами*. Половые хромосомы определяют пол особей. Например, у дрозофилы четыре пары хромосом, из них три пары аутосом и одна пара половых хромосом; у человека 23 пары: 22 пары аутосом и одна пара половых хромосом.

Половые хромосомы могут сильно отличаться друг от друга как по внешнему виду, так и по содержащейся в них генетической информации. Различают два типа половых хромосом: *X* и *Y*, причём *X*-хромосома всегда встречается у двух полов, а *Y*-хромосома – только у одного пола. Пол организма определяется их сочетанием: *XX* или *XY*.

Пол особи, у которой имеются *XX*-хромосомы, называют *гомогаметным*. Гомогаметные особи образуют один тип гамет по половым хромосомам – *X*. Пол особи, содержащей *XY*-хромосомы, называют *гетерогаметным*. Гетерогаметные особи дают два типа гамет по половым хромосомам: *X* и *Y*.

У млекопитающих, рептилий, амфибий, двукрылых насекомых и др. женский пол гомогаметный (*XX*), мужской пол гетерогаметный (*XY*). У птиц, рыб, бабочек гомогаметный пол самца – *XX*, а гетерогаметный пол самки – *XY*. Соотношение полов любого вида  $1XX : 1XY$ .

<i>P</i>	<i>XX</i>	×	<i>XY</i>
<i>G</i>	<i>X</i>		<i>X, Y</i>
<i>F<sub>1</sub></i>	<i>XX, XY</i>		

Признаки, гены которых расположены в половых хромосомах, наследуются сцепленно с полом. Если признак сцеплен с *X*-хромосомой, то он чаще проявляется у гетерогаметного пола (*XY*).

У человека ген дальтонизма рецессивный и сцеплен с *X*-хромосомой.

$X^D$  – ген нормального цветного зрения.

$X^d$  – ген дальтонизма.

$$\begin{array}{l} P \quad \text{♀} \quad X^D X^d \quad \times \quad \text{♂} \quad X^D Y \\ G \quad X^D, X^d \quad \quad \quad X^D, Y \\ F_1 \quad X^D X^D \text{ – девочка, норма} \\ \quad X^D X^d \text{ – девочка, норма (носитель признака)} \\ \quad X^D Y \text{ – мальчик, норма} \\ \quad X^d Y \text{ – мальчик, дальтоник} \end{array}$$

При решении задач на сцепленное с полом наследование признаков следует учитывать, что аллели записываются в X-хромосоме.

### Генетика человека

Кариотип человека – 46 хромосом в норме или 23 пары гомологичных хромосом, из них 22 пары аутосом (неполовых хромосом) и одна пара половых – у женщин XX, у мужчин – XY. Женский пол у человека гомогаметный, у мужчин гетерогаметный.

Человек как объект генетических исследований имеет ряд особенностей: невозможность принудительного скрещивания, медленная смена поколений и малое число потомков, большое количество хромосом и групп сцепления. Для изучения генетики человека используют специфические методы.

1. Генеалогический метод основан на составлении родословной человека и изучении характера наследования признака; суть его состоит в установлении родословных связей семьи, определении доминантных и рецессивных признаков, характера их наследования (сцеплен или не сцеплен признак с полом).

2. Близнецовый метод основан на изучении фенотипа и генотипа близнецов для определения степени влияния среды на развитие признаков и формирование фенотипа. Различают однояйцевых (монозиготных) близнецов, которые развиваются из одной зиготы, и разнояйцевых (гетерозиготных) близнецов, которые развиваются из разных зигот. Монозиготные близнецы имеют один генотип и более интересны для изучения. Сходство между ними почти абсолютно. У разнояйцевых близнецов генотипы разные и сходство несущественно.

3. Цитогенетический метод заключается в изучении под микроскопом структуры хромосом и их количества у здоровых и больных людей. С помощью этого метода можно обнаружить хромосомные и геномные мутации.

4. Биохимический метод основан на изучении характера биохимических реакций и обмена веществ в организме для установления наличия или отсутствия аномального гена.

5. Популяционно-статистический метод позволяет рассчитать в популяциях человека частоту встречаемости нормальных и патологических генов.

### Формы изменчивости. Ненаследственная изменчивость

*Изменчивость* – способность организма изменяться в процессе индивидуального развития под воздействием факторов среды. Фенотип – результат взаимодействия генотипа с факторами среды.

Все признаки организмов разделяют на качественные и количественные. Качественные признаки – это форма, окраска, цвет. Количественные признаки – это признаки, которые поддаются измерению (высота, размер, объём, яйценоскость). Количественные признаки описываются с помощью вариационного ряда и вариационной кривой.

*Вариационный ряд* – это ряд изменчивости признака, который образован отдельными значениями вариант, расположенных в порядке увеличения или уменьшения выраженности признака. Графическим выражением характера изменчивости признака является

*вариационная кривая*, которая отражает разнообразие вариаций и частоту встречаемости вариант.

Две крайние точки графика означают *предел изменчивости признака*, его верхнюю и нижнюю границы. *Норма реакции* – это предел изменчивости признака, который обусловлен данным генотипом.

Виды изменчивости: ненаследственная и наследственная. Ненаследственная изменчивость (*модификационная*, или *фенотипическая*) – это изменчивость, которая возникает у организмов под влиянием условий среды. Этот вид изменчивости способствует формированию разных фенотипов, но генотип при этом не затрагивается. Изменяющийся под действием среды признак имеет предел изменчивости, норму реакции признака. Она бывает широкой или узкой. Чем шире норма реакции, тем пластичнее признак. Есть признаки, которые имеют однозначную норму реакции, например группа крови у человека.

### **Характеристика модификационной изменчивости**

1. Изменения не наследуются и имеют фенотипический характер. Все модификационные изменения, которые возникают у организма в процессе индивидуального развития, не затрагивают его генотип, поэтому не передаются по наследству.

2. Изменения проявляются у многих особей, имеют массовый характер.

3. Изменения признака происходят постепенно.

4. Изменения адекватны условиям среды и являются приспособительными. Они способствуют выживанию особей, повышают жизнестойкость и приводят к образованию *модификаций*.

5. Модификации образуют вариационный ряд изменчивости признака в пределах нормы реакции – от наименьшей до наибольшей величины. Причина вариаций – воздействие различных условий на развитие признака.

Генотип и среда, взаимодействуя, определяют развитие признака, причём чем шире норма реакции признака, тем сильнее влияние среды на степень его проявления.

### **Формы изменчивости. Наследственная изменчивость**

Наследственная изменчивость затрагивает генотип и передаётся по наследству. Она бывает двух видов: комбинативная и мутационная. *Комбинативная изменчивость* – это появление новых сочетаний признаков вследствие комбинации генов. Основой комбинативной изменчивости являются следующие факторы: 1) случайная комбинация гомологичных хромосом в мейозе; 2) рекомбинация генов в результате кроссинговера в мейозе; 3) случайное сочетание гамет при оплодотворении. Комбинативная изменчивость определяет разнообразие особей и способствует приспособлению вида к условиям среды.

*Мутационная изменчивость* – это наследственные изменения генотипического материала (хромосом и генов). *Мутации* – это внезапные скачкообразные наследственные изменения генотипа. Мутационная изменчивость имеет следующие особенности.

1. Изменения затрагивают генотип организма и наследуются.

2. Изменения имеют скачкообразный характер. Не наблюдается последовательность в изменении свойств, модификации отсутствуют.

3. Изменения индивидуальны и возникают у единичных особей.

4. Изменения неадекватны условиям окружающей среды, имеют случайный, независимый характер и могут быть нейтральными, полезными, но чаще всего являются вредными.

5. Мутации могут привести к образованию новых признаков у организма или к его гибели.

### **Виды мутаций**

*Генные мутации* – перестройки отдельных генов, связанные с изменениями в структуре молекулы ДНК. Они приводят к образованию аномального гена – белка-признака (например, гемофилия, серповидно-клеточная анемия).

*Хромосомные мутации* – изменение структуры хромосом. Делеция – потеря участка хромосомы. Инверсия – поворот участка хромосомы на  $180^\circ$ . Дупликация – удвоение генов в определённом участке хромосомы. Это внутривидовые мутации. Транслокация – перенос части хромосомы на другую, нехомологичную; этот вид мутаций относят к межхромосомным.

*Геномные мутации* – изменения числа хромосом в клетке. Полиплоидия – кратное увеличение гаплоидного набора ( $3n$ ,  $4n$  и т.д.). Явление чаще встречается у растений, многие культурные растения являются полиплоидами. У животных, как правило, полиплоидия не встречается. Анеуплоидия (гетероплоидия) – изменение хромосомного набора на одну-две хромосомы:  $2n + 1$ ,  $2n - 1$ . Возникает, как правило, при нерасхождении одной или нескольких хромосом в мейозе после конъюгации. Встречается у растений и животных. Пример: у человека встречается 47 хромосом в половой паре (XXX, XXУ) или в 21-й паре – синдром Дауна.

Частоту мутаций можно повышать искусственно (радиация, ультрафиолетовое излучение, различные химические реагенты). Мутационный процесс повышает генетическое разнообразие популяций, что создаёт предпосылки для эволюционного процесса.

### **Селекция, её задачи и методы**

Селекция разрабатывает пути создания новых и улучшения существующих сортов культурных растений, пород домашних животных и штаммов микроорганизмов, а также способы изменения их наследственных признаков в нужном для человека направлении. Задачи селекции: качественное улучшение признака; повышение урожайности и продуктивности; повышение устойчивости к вредителям и болезням, неблагоприятным климатическим условиям.

Н.И. Вавилов установил закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Его основные положения следующие.

1. Генетически близкие между собой роды и виды характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть наличие параллельных форм у других видов и родов.
2. Чем ближе генетически расположены роды и виды, тем полнее тождество в рядах их изменчивости.
3. Целые семейства растений характеризуются определённым циклом изменчивости, проходящей через все роды, составляющие семейство.

*Сорт* – группа созданных в результате селекции сельскохозяйственных растений одного вида, обладающих передающимися по наследству хозяйственно ценными признаками.

*Порода* – группа созданных в результате селекции сельскохозяйственных животных одного вида, обладающих передающимися по наследству хозяйственно ценными признаками.

*Штамм* – чистая культура микроорганизмов, выделенная из определённого источника или полученная в результате мутаций.

*Методы селекции*: искусственный отбор, экспериментальный мутагенез и гибридизация.

Искусственный отбор может быть массовым и индивидуальным. Массовый отбор основан на сохранении по фенотипу группы особей с нужными человеку хозяйственно ценными признаками. Используется преимущественно в селекции растений. Индивидуальный отбор основан на сохранении отдельных особей с учётом наследственной стойкости их признака. Это отбор по генотипу. Индивидуальный отбор применяется и в селекции растений, и в селекции животных. В селекции животных при индивидуальном отборе проводится испытание производителя по потомству.

Экспериментальный мутагенез, как правило, используется в селекции растений и микроорганизмов. Особое значение для селекции имеют геномные мутации, связанные

с увеличением хромосомного набора, полиплоидия. Полиплоиды обладают хозяйственно ценными признаками: крупными размерами вегетативных органов, плодов; повышенным содержанием белка, углеводов и др.

*Гибридизация* – скрещивание разнородных в генетическом отношении особей. Скрещивание особей одного вида – внутривидовая гибридизация, а особей разных видов и родов – отдалённая. При внутривидовой гибридизации используется инбридинг (близкородственное скрещивание) и аутбридинг (неродственное скрещивание). Инбридинг осуществляют для перевода генов в гомозиготное состояние, используют инбридинг у самоопыляющихся растений (пшеница). Аутбридинг используют для повышения гетерозиготности особей, так как гетерозиготы по хозяйственно ценным признакам часто превосходят гомозиготы. Скрещивание особей, относящихся к разным чистым линиям, приводит к развитию у гибридов первого поколения явления *гетерозиса* (гибридной силы) – превосходства гибридов по свойствам и признакам по сравнению с родительскими особями.

Отдалённая гибридизация позволяет объединить в гибриде хозяйственно ценные признаки обоих родителей и используется, как правило, в селекции растений. В селекции животных приводит к бесплодию особей, так как происходит нарушение мейоза при образовании половых клеток. Способ преодоления бесплодия межвидовых гибридов предложил Г.Д. Карпеченко. Отдалённая гибридизация редьки с капустой в сочетании с искусственной полиплоидией привела к восстановлению плодовитости гибрида.

### **Биотехнология и её направления**

*Биотехнология* – прикладная наука, использующая биологические системы и процессы в различных областях сельского хозяйства, промышленности, медицины. Используется при производстве лекарств, удобрений, средств биологической защиты растений, биологической очистки сточных вод, биологической добычи ценных металлов из морской воды. Инженерная энзимология – получение с помощью иммобилизованных ферментов компонентов для пищевой промышленности. Микробиологические технологии основаны на использовании специально выведенных штаммов микроорганизмов для получения белка, витаминов, гормонов и др. Направление микробиологической технологии – производство пищевого и кормового белка.

Клеточная инженерия – эксперименты с изолированными клетками организмов, которые позволяют конструировать клетки нового типа путём гибридизации и слияния клеточных структур (ядер, митохондрий, хлоропластов) для получения организмов с заданными свойствами.

Выращивание клеток и тканей на питательных средах называют методом культуры клеток и тканей. Культура тканей – получение в лабораторных условиях растительных или животных тканей (или организмов), культивирование клеток и тканей на питательных средах *in vitro* (в пробирке), их гибридизация и реконструкция, клонирование высокопродуктивных организмов. Метод культуры клеток и тканей позволяет размножить растение в искусственно созданных условиях, создать его клон, и за короткое время получить большое число генетически однородных особей с признаками, интересующими человека.

Методы хромосомной инженерии дают возможность вводить дополнительные хромосомы или заменять гомологичные хромосомы на другие. Генная инженерия – искусственное, целенаправленное изменение генотипа организмов, структуры ДНК в целях получения культур с заранее заданными свойствами (трансгенные организмы). В генной инженерии методом рекомбинантных плазмид созданы штаммы микроорганизмов, используемых для производства гормонов, белков, вакцин. Методы генной инженерии используются для получения генетически модифицированных продуктов.

**Практические задания для самостоятельного выполнения**

1. Сколько разных генотипов получится в потомстве при скрещивании чёрной гетерозиготной самки кролика и белого самца? Ответ запишите в виде числа.

Ответ: \_\_\_\_\_.

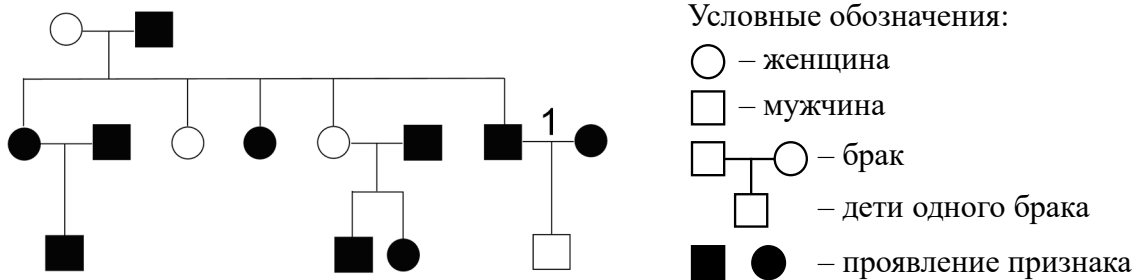
2. Выберите три верных ответа и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. Какие из перечисленных ниже методов используют в селекции растений при выведении новых сортов?

- 1) полиплоидия
- 2) гибридизация
- 3) пикировка
- 4) подкормка
- 5) клонирование
- 6) окучивание

Ответ: 

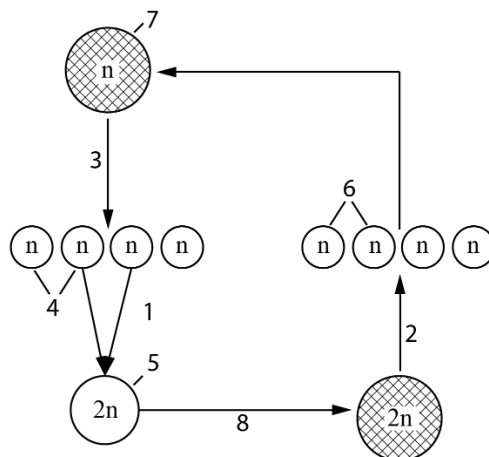
--	--	--

3. По изображённой на рисунке родословной определите вероятность (в %) рождения в браке, отмеченном цифрой 1, ребёнка с проявившимся признаком при полном его доминировании. В ответе запишите только соответствующее число.



Ответ: \_\_\_\_\_ %.

**Рассмотрите схему и выполните задания 4 и 5.**



4. Каким номером на схеме жизненного цикла растения обозначены гаметы?

Ответ: \_\_\_\_\_.

5. Установите соответствие между процессами и этапами жизненного цикла растения, обозначенными на схеме выше цифрами 1, 2, 3: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ПРОЦЕССЫ

ЭТАПЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РАСТЕНИЯ

- |                         |      |
|-------------------------|------|
| А) редукционное деление | 1) 1 |
| Б) слияние гамет        | 2) 2 |
| В) образование гамет    | 3) 3 |
| Г) образование спор     |      |
| Д) оплодотворение       |      |
| Е) митоз                |      |

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

6. Установите последовательность действий исследователя для получения в потомстве расщепления в отношении 9 : 3 : 3 : 1 при дигибридном скрещивании растений. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) отбор дигомозиготных родительских особей с альтернативными признаками
- 2) получение единообразного потомства
- 3) скрещивание гибридов F<sub>1</sub>
- 4) появление четырёх фенотипических групп
- 5) гибридизация дигомозиготных особей

Ответ:

--	--	--	--	--

7. Выберите три верных ответа и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. Какие из перечисленных ниже утверждений можно отнести к хромосомной теории наследственности Т. Моргана?

- 1) Местоположение гена в хромосоме называется локус.
- 2) Гены, расположенные в одной хромосоме, наследуются совместно.
- 3) Близкие виды образуют гомологичные ряды наследственной изменчивости.
- 4) Гены аутосом и половых хромосом наследуются независимо друг от друга.
- 5) При скрещивании гомозигот расщепление в потомстве отсутствует.
- 6) Сцепление генов может нарушаться в результате кроссинговера.

Ответ:

--	--	--



8. Выберите три верных ответа и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. Какие из перечисленных ниже характеристик можно отнести к мутационной изменчивости?

- 1) потеря участка хромосомы
- 2) конъюгация и кроссинговер при редукционном делении
- 3) изменение последовательности триплетов в нуклеиновой кислоте
- 4) независимое расхождение хромосом в мейозе
- 5) увеличение количества хромосом в клетке
- 6) обмен участками ДНК между бактериальными клетками

Ответ:

--	--	--

9. У дрозофилы гетерогаметным полом является мужской пол. В первом скрещивании самок дрозофилы с серым телом, красными глазами и самца с чёрным телом, белыми глазами всё потомство было единообразным по признакам окраски тела и глаз. Во втором скрещивании самок дрозофилы с чёрным телом, белыми глазами и самцов с серым телом, красными глазами в потомстве получились самки с серым телом, красными глазами и самцы с серым телом, белыми глазами. Составьте схемы скрещивания, определите генотипы и фенотипы родительских особей, потомства в двух скрещиваниях и пол потомства в первом скрещивании. Объясните фенотипическое расщепление во втором скрещивании.

10. У человека аллели генов мышечной дистрофии и куриной слепоты (ночной слепоты) находятся в одной хромосоме и наследуются сцепленно с полом.

Женщина, не имеющая этих заболеваний, у матери которой была куриная слепота, а у отца – мышечная дистрофия, вышла замуж за мужчину без этих заболеваний. Родившаяся в этом браке гомозиготная здоровая дочь вышла замуж за мужчину, не имеющего этих заболеваний. В их семье родился ребёнок с куриной слепотой. Составьте схемы решения задачи. Укажите генотипы, фенотипы родителей и генотипы, фенотипы, пол возможного потомства в двух браках. Возможно ли в первом браке рождение ребёнка, страдающего двумя названными заболеваниями? Ответ поясните.

## 2.4. Система и многообразие органического мира

Содержание данного раздела проверяется в следующих линиях заданий ЕГЭ 2024 г.: 9, 10, 11, 12 (представлены обязательно); 20, 24, 25 (возможно).

### *Краткое содержание теоретического материала*

На Земле известно свыше 2 млн видов живых организмов. Среди них есть одноклеточные и многоклеточные, анаэробы и аэробы, автотрофы и гетеротрофы.

Основные систематические (таксономические) категории: вид, род, семейство, отряд (порядок), класс, тип (отдел), царство; их соподчинённость.

### **Царство Бактерии**

*Бактерии* – прокариотные (доядерные), одноклеточные или колониальные микроорганизмы. Бактерии имеют клеточную стенку из муреина и слизистую капсулу из полисахаридов, цитоплазму окружает наружная клеточная мембрана. В цитоплазме в ядерной зоне расположен нуклеоид – одна кольцевая молекула ДНК; из органоидов имеются только рибосомы. Мембранные органоиды отсутствуют. Наружная клеточная мембрана образует впячивания внутрь клетки – мезосомы, на которых происходит кислородное окисление органических веществ. У фотосинтезирующих цианобактерий имеются фотосинтетические мембраны – выросты клеточной мембраны внутри клетки, на которых протекает фотосинтез. Клетка может иметь жгутики (органойды движения).

Форма клеток разнообразна: сферические (кокки), палочковидные (бациллы), изогнутые (вибрионы), спиральные (спириллы). Могут образовывать колонии: нить из шариков (стрептококки), «виноградная гроздь» (стафилококки).

Бактерии-автотрофы синтезируют органические вещества из неорганических:

а) фотосинтезирующие сине-зелёные (цианобактерии) и пурпурные бактерии;

б) хемосинтезирующие железобактерии, нитрифицирующие бактерии, серобактерии и др.

Бактерии-гетеротрофы используют готовые органические вещества:

а) сапрофиты питаются мёртвыми органическими веществами (бактерии гниения и брожения);

б) симбионты получают органические вещества в результате симбиоза с другими организмами (клубеньковые азотобактерии);

в) паразиты питаются органическими веществами живых организмов (болезнетворные бактерии).

Аэробы используют для дыхания атмосферный кислород (бактерии гниения), анаэробы живут в отсутствие кислорода (бактерии ботулизма).

Размножение – прямое деление надвое. При неблагоприятных условиях образуют споры, покрытые толстой защитной оболочкой. Споры могут сохранять жизнеспособность длительное время.

Обеспечивают круговорот веществ в природе, минерализуя органические остатки, участвуют в образовании перегноя – плодородного слоя почвы (бактерии гниения в почве); связывают атмосферный азот и переводят его в доступные для растений нитраты и нитриты (клубеньковые бактерии). Используются в промышленности для получения кефира, йогурта, силоса (молочнокислые бактерии), кормовых белков (водородные бактерии). Возбудители опасных заболеваний человека (чумы, холеры, дифтерии, ангины, туберкулёза и др.), животных и растений.

### **Царство Грибы**

Все грибы – эукариоты; по способу питания – гетеротрофы.

Клеточная стенка грибов состоит из хитиноподобного вещества. Клетки могут быть одноядерными и многоядерными. Запасное вещество в клетках – гликоген.

Тело образовано мицелием (грибницей), состоящей из нитей – гифов. Питательные вещества гриб поглощает всей поверхностью мицелия.

Плесневые грибы образуют ветвящиеся мицелии без плодовых тел (мукор, пеницилл, аспергилл). Растут в тёплых влажных местах на питательной среде. Среди плесневых грибов встречаются как сапротрофные, так и паразитические формы. Человек использует плесневые грибы для получения антибиотиков и продуктов питания (элитные сыры). Но большинство плесневых грибов наносят вред человеку, вызывая порчу продуктов питания, отравления и аллергические реакции.

Среди грибов встречаются вредители сельского хозяйства. Спорынья и головня паразитируют на хлебных злаках, делая урожай непригодным для дальнейшего использования. Фитофтора поражает томаты, картофель, баклажаны. Мучнистая роса и серая гниль паразитируют на плодах деревьев и кустарников.

У шляпочных грибов надземная часть мицелия образует плодовые тела, состоящие из ножки и шляпки. С деревьями шляпочные грибы вступают в симбиоз, образуя микоризу (переплетение гифов с корнями растений). Размножение бесполое (вегетативное мицелием, почкованием и спорами) и половое. Споры образуются в спорангиях.

В экосистемах грибы – редуценты, улучшают плодородие почв, участвуют в круговороте веществ в биосфере. Человек использует грибы для получения антибиотиков, ферментов, органических кислот; съедобные грибы употребляет в пищу.

### **Лишайники**

*Лишайники* – комплексные, симбиотические организмы. Тело – слоевище, образовано гифами грибов, между которыми располагаются одноклеточные зелёные водоросли или цианобактерии (сине-зелёные). Гриб защищает и обеспечивает водоросль неорганическими веществами, водоросль осуществляет фотосинтез и снабжает гриб органическими соединениями. Для роста и развития им не нужен питательный субстрат. Поселяются на камнях, стволах и ветвях деревьев, почве. Размножение вегетативное слоевищем, половым путём размножаются грибы в лишайнике. Классификация лишайников: накипные, кустистые, листоватые. Лишайники участвуют в почвообразовании, служат пищей северным оленям, являются индикаторами загрязнения воздуха, используются в парфюмерной и химической промышленности.

### **Вирусы**

Вирусы выделены в отдельную империю неклеточных форм жизни. Размеры вирусов очень малы. Вирусы устроены просто. Отдельные частицы вирусов – *вирионы* – состоят из нуклеиновой кислоты и белков. Генетический аппарат вирусов может быть представлен молекулой ДНК или РНК. Нуклеиновая кислота составляет сердцевину вируса и защищена белковой или белково-липидной оболочкой, которую называют *капсидом*.

Проявляют активность и размножаются только внутри клетки другого организма, поэтому их называют внутриклеточными паразитами; вне клетки могут кристаллизоваться с сохранением всех свойств. Жизнедеятельность вирусов: при внедрении в клетку вирус встраивает свой наследственный аппарат в ДНК клетки-хозяина, клетка начинает производить новые вирусные частицы, что в конечном счёте приводит к гибели клетки-хозяина.

Вирусы являются возбудителями серьёзных заболеваний растений, животных и человека. Так, вирусными заболеваниями человека являются: грипп, полиомиелит, энцефалит, ковид–19, ВИЧ (вирус иммунодефицита человека, вызывающий СПИД – синдром приобретённого иммунного дефицита). Одни вирусы передаются воздушно-капельным и контактным путями; другие – через жидкие среды организма (кровь, лимфу и тканевую жидкость).

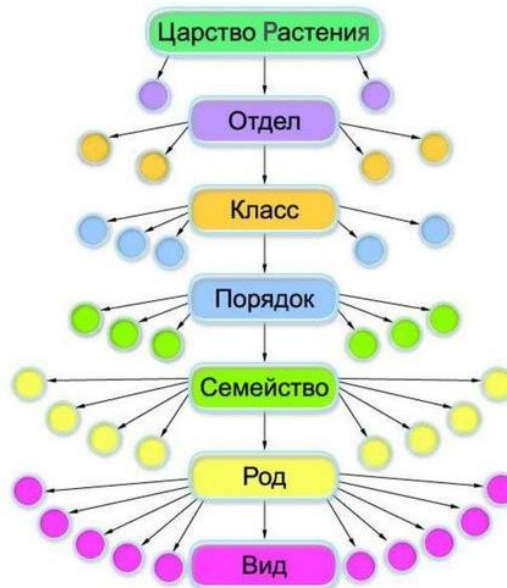
### **Царство Растения**

*Растения* – биологическое царство, одна из основных групп многоклеточных организмов, отличительной чертой представителей которой является способность к фотосинтезу (мхи, папоротники, хвощи, плауны, голосеменные и цветковые растения). Нередко к растениям относят также все водоросли или некоторые их группы. Растения являются объектом исследования науки ботаники.

Основные признаки растений:

- 1) способны к фотосинтезу: используют энергию света и вырабатывают органические вещества;
- 2) поглощают растворённые неорганические вещества путём всасывания;
- 3) неподвижны;
- 4) растут всю жизнь;
- 5) в клетках имеют пластиды с пигментами;
- 6) размножаются спорами, семенами, частями тела;
- 7) обитают в разных средах.

*Иерархия таксонов царства Растения*



Систематика растений



### Ткани растительного организма

1. *Образовательная ткань* – живые тонкостенные клетки, способные к постоянному делению, обеспечивают образование других тканей и органов. Первичная образовательная ткань обеспечивает рост органов в длину (конус нарастания побега, кончик корня,

основание листовой пластинки, междуузлия злаковых растений). Вторичная образовательная ткань – камбий – обеспечивает рост корня и стебля в толщину (между древесиной и лубом в древесном стебле и корне).

2. *Основная ткань.* Клетки живые, тонкостенные, обеспечивающие жизнедеятельность растения. Ассимиляционная ткань (хлоренхима) – зелёные клетки с хлорофиллом (мякоть листа, зелёные стебли травянистых растений). Обеспечивают фотосинтез, дыхание, газообмен. Запасающая ткань – клетки с включениями (зёрна крахмала, капельки жира, белок). Имеют большие вакуоли с клеточным соком. Расположены в мякоти плодов, видоизменённых побегах (луковицах, клубнях, корневищах), коре корней (корнеплодов), сердцевине стеблей, семенах. Обеспечивают запасание органических веществ.

3. *Покровная ткань.* Клетки живые или мёртвые, покрывают органы растения. Обеспечивают защиту от механических повреждений, высыхания, температурных колебаний, проникновения микроорганизмов, транспирацию и газообмен. Кожица (эпидермис) образована живыми клетками с утолщённой оболочкой, имеет устьица (на поверхности листьев, стеблей зелёных травянистых растений, всех частях цветка). Пробка – мёртвые, плотно расположенные толстостенные клетки (на зимующих одревесневающих стеблях, корнях, корневищах, клубнях). *Корка* – большой слой пробки и других отмерших тканей (на стволах деревьев). *Ризодерма* – первичная покровная ткань растений, формирующаяся у молодых корней вблизи конуса нарастания. Покрывает корешок в один слой клеток и образует зону всасывания длиной в несколько сантиметров. В этой части корешка происходит активное всасывание растением содержащихся в почве воды и минеральных солей. Клетки ризодермы образуют выросты – корневые волоски, благодаря которым поглощающая поверхность корня многократно (в 10–20 раз) увеличивается.

4. *Проводящая ткань.* *Древесина* (ксилема) состоит из сосудов – мёртвых полых трубок с одревесневшими стенками (в стебле, корне, жилках листьев). Проводит воду с минеральными солями из почвы в растение, выполняет опорную функцию. Луб (флоэма) состоит из живых клеток – ситовидных трубок с отверстиями в поперечных стенках – и клеток-спутниц (в коре стебля, корне, в жилках листьев). Обеспечивает нисходящий ток органических веществ из листьев в стебель, корни.

5. *Выделительная ткань.* Железистые волоски, нектарники – живые клетки, заполненные жидким секретом (на поверхности некоторых листьев и стеблей, внутри цветков). Защита от испарения, поедания животными, привлечение опылителей. Мёртвые клетки, заполненные смолой (живицей) или млечным соком (смоляные ходы млечники), располагаются во внутренних частях стеблей (у хвойных растений, одуванчика, молочая). Защищают от повреждения и поедания животными.

6. *Механическая ткань.* Волокна – длинные клетки с толстыми одревесневающими стенками; могут быть мёртвыми и живыми (в древесине и коре стеблей, корнях, листьях, корневищах, плодах). Окружают проводящие пучки. Выполняют опорную (скелетную) функцию. Каменистые клетки – мёртвые клетки с толстыми одревесневшими оболочками (скорлупа орехов, косточки вишни и сливы). Защита семян от механических повреждений и преждевременного прорастания.

## **Вегетативные органы цветкового растения**

### **Корень**

Укрепляет растение в почве, всасывает из почвы воду с минеральными солями, синтезирует органические вещества, запасает питательные вещества, обеспечивает связь растения с обитателями почвы (бактериями, грибами), осуществляет вегетативное размножение растения.

Виды корней: главный – развивается из зародышевого корешка семени; придаточные – от побега, стеблей, листьев; боковые – ответвления главного и придаточного корней, обеспечивают ветвление корня. Совокупность корней растения – корневая система.

Типы: стержневая (выделяется главный корень) и мочковатая (много придаточных и боковых корней).

Видоизменения корней: корнеплоды (утолщение главного корня), корнеклубни, корневые шишки (утолщение придаточных и боковых корней), ходульные корни, воздушные корни, корни-присоски (придаточные).

Зоны корня: корневой чехлик (защита); зона деления (образовательная ткань – рост корня в длину); зона роста (рост корня в длину); зона всасывания (клетки с корневыми волосками, поглощение воды и минеральных солей); зона проведения (сосуды и ситовидные трубки в центральном цилиндре); зона ветвления (формирование боковых корней за счёт камбия).

### Побег

*Побег* – стебель с листьями и почками. Развивается из ростовой почки зародыша семени. Виды побегов: главный – развивается из зародышевой почки; боковой – из боковой, пазушной почки; вегетативный состоит из стебля с листьями, генеративный несёт цветки. Побег могут быть удлинённые и укороченные. Видоизменения: подземные – корневище, луковица, клубень; надземные – колючки, усики, усы.

*Почка* – зачаточный побег. Состоит из кроющих чешуек, укороченного стебля, зачатков листьев или цветков, конуса нарастания. Виды почек: вегетативная (листовая), генеративная (цветочная), смешанная (состоит из укороченного стебля с зачаточными листьями и цветками).

*Стебель* выносит листья к свету; связывает надземную и подземную части растения, придаёт растению механическую прочность, является опорой, проводит неорганические и органические вещества, запасает органические вещества, осуществляет фотосинтез (только зелёные травянистые стебли), участвует в вегетативном размножении. Стебель древесных растений имеет кольцевое расположение основных элементов: коры (эпидермис, или пробка; луб с лубяными волокнами и ситовидными трубками); камбия (слой образовательной ткани, за счёт которой стебель растёт в толщину); древесины (состоит из древесных волокон и сосудов); сердцевины (состоит из клеток основной ткани, выполняющих запасающую функцию). В древесине видны годовичные кольца – чередование ранней и поздней древесины, что связано с неравномерным делением камбия по сезонам года.

*Лист* – боковой орган. Синтез на свету из углекислого газа и воды органических веществ (фотосинтез), газообмен, испарение воды (транспирация), запасание питательных веществ, участие в вегетативном размножении. Листорасположение очерёдное, мутовчатое, супротивное. Листья бывают простые (одна листовая пластинка) и сложные (несколько листовых пластинок): тройчатые, парноперистые, непарноперистые и пальчатые. Жилкование сетчатое, параллельное, дуговое.

Снаружи листа – кожица (эпидермис), выполняет защитную функцию; нижний эпидермис имеет устьица, может нести защитные волоски или быть покрыт восковым налётом. Между верхним и нижним эпидермисом расположен мезофилл – основная фотосинтезирующая ткань, состоящая из плотно прижатых клеток – столбчатая ткань (фотосинтез) и рыхло расположенных клеток – губчатая ткань с воздухоносными полостями. Клетки содержат хлоропласты. Жилки – проводящие пучки, состоящие из сосудов, ситовидных трубок и механических волокон. Жилки выполняют проводящую и опорную функции.

### Генеративные органы цветкового растения

*Цветок* обеспечивает опыление (перенос пыльцы с тычинок на рыльца пестиков), оплодотворение, формирование семени и развитие плода. Состоит из цветоножки, цветоложа, околоцветника, тычинок, пестика или пестиков. В пыльцевых гнёздах пыльника в результате мейоза развиваются мелкие микроспоры; из каждой микроспоры формируется

мужской гаметофит – пыльцевое зерно, состоящее из вегетативной и генеративной клеток. В генеративной клетке образуются два спермия путём митоза.

Пестик состоит из завязи, столбика и рыльца. В гнезде завязи в результате мейоза развивается одна крупная мегаспора. Из мегаспоры формируется восьмиядерный зародышевый мешок – женский гаметофит, окружённый покровами с отверстием – пыльцевходом (микропиле). Зародышевый мешок вместе с покровами называют семязачатком. В гнёздах завязи может находиться один или несколько семязачатков (многосеменная завязь).

*Соцветие* – специализированный цветоносный побег, несущий несколько цветков и видоизменённые листья. Является приспособлением к опылению. Простые соцветия состоят из одной главной оси, на которой расположены цветки. Простые соцветия: кисть, колос, початок, головка, корзинка, зонтик, щиток и др. У сложных соцветий на главной оси располагаются простые соцветия. Сложные соцветия: метёлка (сложная кисть), сложный зонтик, сложный щиток, сложный колос, серёжки.

*Плод* обеспечивает защиту семян от внешних воздействий, распространение семян, расселение растения при помощи ветра, животных и др. Зрелый плод состоит из одного или нескольких семян, околоплодника, формирующегося из стенок завязи или других частей цветка (цветоложа).

*Семя* – орган размножения цветкового растения; обеспечивает семенное размножение, накопление питательных веществ в эндосперме или семядолях. Строение: семенная кожура с семенным рубчиком и отверстием (семявход), зародыш (из одной или двух семядолей, зародышевого стебелька, почечки и корешка), эндосперма (запасная ткань, окружающая зародыш семени; в некоторых семенах может отсутствовать).

### **Размножение цветковых растений**

*Вегетативное размножение* – увеличение числа особей данного растения с помощью вегетативных органов (корня, стебля, листа, побега). Способы размножения: корневищем, клубнями, луковичками, ползучими побегами, усами, корневыми отпрысками, выводковыми почками на листьях. Искусственное размножение осуществляется человеком.

*Половое размножение* основано на оплодотворении. Оплодотворению предшествует опыление – перенос пыльцы на рыльце пестика. Самоопыление – перенос пыльцы на рыльце пестика в пределах одного цветка, происходит в бутонах до их распускания. Перекрёстное опыление – перенос пыльцы одного растения на рыльце пестика другого растения. Естественное опыление происходит благодаря ветру, насекомым, птицам. Искусственное опыление осуществляется человеком для селекционных целей.

При попадании пыльцы на рыльце пестика вегетативная клетка пыльцы прорастает в пыльцевую трубку до семязачатка. Два спермия через пыльцевход семязачатка попадают в восьмиядерный зародышевый мешок. Происходит двойное оплодотворение цветковых растений: яйцеклетка + 1 спермий → зигота → зародыш семени ( $2n$ ); 2 центральных ядра + 1 спермий → эндосперм ( $3n$ ); покров семязачатка → кожура семени.

### **Основные отделы растений**

#### **Низшие растения**

##### **Отдел Зелёные водоросли**

Растения пресных водоёмов. Клетки содержат хроматофор, ядро и все органоиды. Одноклеточные: хламидомонада, хлорелла. У хламидомонады имеются жгутики, светочувствительный глазок – стигма. Многоклеточные: улотрикс (хроматофор в виде полукольца), спирогира (хроматофор спиралевидный), кладофора.

Размножаются бесполым путём (спорами). Половое размножение связано со сменой поколений. В цикле преобладает гаметофит – гаплоидное поколение ( $n$ ) – взрослое растение. Цикл: гаметофит ( $n$ ) → гаметы ( $n$ ) → зигота ( $2n$ ) → мейоз → споры ( $n$ ) → взрослое растение ( $n$ ). Зимуют на стадии зиготы ( $2n$ ) на дне водоёмов.

### **Отдел Бурые водоросли**

Многочлеточные обитатели дна моря (бентос) до глубин 50 м. Тело – слоевище. Крепится ко дну с помощью ризоидов. В цикле развития преобладает спорофит ( $2n$ ) – взрослое растение. Представители: фукус, саргасса, ламинария (морская капуста).

### **Отдел Красные водоросли, или Багрянки**

В основном многоклеточные организмы, обитатели дна моря (бентос) до глубины 100 м. Хроматофоры содержат красный и синий пигменты. Оболочки клеток могут минерализоваться солями кальция и магния. Размножаются бесполым и половым путями. Отсутствуют жгутиковые стадии в цикле развития. Преобладает спорофит ( $2n$ ) – взрослое растение. Представители: порфира, кораллина, филлоспора.

### **Высшие споровые растения**

#### **Отдел Моховидные (Мхи)**

Листостебельные невысокие травянистые растения, не имеющие проводящих тканей, к почве прикрепляются ризоидами. Представители: кукушкин лён, сфагнум. В цикле преобладает половое поколение – гаметофит ( $n$ ) – взрослое растение. На гаметофите в антеридиях развиваются сперматозоиды; в архегониях – яйцеклетки. Для оплодотворения необходима вода. После оплодотворения из зиготы ( $2n$ ) на гаметофите развивается споровое поколение – спорофит ( $2n$ ), коробочка на ножке – спорогон. В спорангиях спорофита в результате мейоза развиваются споры ( $n$ ). Споры высыпаются из коробочки и прорастают, образуя протонеум, напоминающую нитчатую водоросль. На протонеуме развиваются новые листостебельные побеги.

#### **Отдел Плауновидные, или Плауны**

Невысокие многолетние травянистые растения, обитают во влажных местах. Стебли имеют проводящие ткани. Побеги стелющиеся, с придаточными корнями и шиловидными листьями. Верхушки побегов заканчиваются спороносными колосками – стробилами со спороносными листиками – спорофиллами. На спорофиллах располагаются спорангии со спорами.

В цикле преобладает споровое поколение – спорофит ( $2n$ ). В спорангиях образуются споры ( $n$ ). Из них развивается половое поколение – гаметофит ( $n$ ), называемый заростком. Он не содержит хлорофилла, существует в симбиозе с грибницей грибов. Представители: плаун булавовидный, плаун-баранец.

#### **Отдел Хвощевидные, или Хвощи**

Многолетние травянистые корневищные растения, обитающие в лесах, болотах, вдоль водоёмов. В цикле преобладает споровое поколение – спорофит ( $2n$ ). Весной из корневища вырастают спороносные побеги, лишённые хлорофилла, несущие спороносные колоски – стробилы. В них созревают споры. Летние побеги хвоща зелёные, фотосинтезирующие, спор не образуют. Представители: хвощ полевой, хвощ топяной.

#### **Отдел Папоротниковидные, или Папоротники**

Многолетние травянистые растения с корневищем и придаточными корнями, спороносными листьями (вайи). В цикле преобладает споровое поколение – спорофит ( $2n$ ). На нижней стороне листьев образуются сорусы, в спорангиях которых образуются споры. Представители: нефролепис, щитовник мужской, орляк.

Цикл развития хвощей, плаунов, папоротников: взрослое растение спорофит ( $2n$ ) → спорангии → мейоз → споры ( $n$ ) → заросток гаметофит ( $n$ ) → в антеридиях развиваются сперматозоиды ( $n$ ), в архегониях – яйцеклетки ( $n$ ) → зигота ( $2n$ ) → спорофит ( $2n$ ).

### **Высшие семенные растения**

#### **Отдел Голосеменные**

*Класс Шишконосные (Хвойные).* Вечнозелёные (реже листопадные) деревья и кустарники (травянистых форм нет) с прямостоячими многолетними стеблями и стержневыми корневыми системами. В древесине смоляные ходы, заполненные смолой (живицей). Выражены годовичные кольца прироста древесины. Листья игольчатой формы (хвоя), многолетние, с одной главной жилкой и кутикулой из воска.



В цикле полностью преобладает спорофит ( $2n$ ). Гаметофит развивается из споры ( $n$ ) в спорангиях на спороносных побегах – мужских и женских шишках. Мужской гаметофит (микрогаметофит) – пыльцевое зерно с двумя спермиями; женский гаметофит (мегагаметофит) – два архегония с двумя яйцеклетками. Пыльца переносится ветром. После опыления она прорастает, образуя пыльцевую трубку. По ней спермии проникают к яйцеклеткам. Оплодотворяется только одна яйцеклетка. Другая яйцеклетка и другой спермий отмирают. В результате оплодотворения развивается семя с семенной кожурой, зародышем ( $2n$ ) и эндоспермом ( $n$ ). Семя расположено открыто на чешуях женских шишек. Представители: ель, сосна, лиственница, пихта, можжевельник.

### **Отдел Покрытосеменные, или Цветковые**

Имеют вегетативные органы (корни, стебли, листья), сложные проводящие ткани, состоящие из сосудов и ситовидных трубок с клетками-спутницами, генеративные органы (цветок, плод, семя). Цветки – видоизменённые генеративные побеги, в которых развиваются органы спороношения – тычинки и пестики. Опыление ветром, насекомыми, водой, самоопыление. Существуют различные способы вегетативного размножения (с помощью корней, побегов и видоизменённых вегетативных органов). В цикле полностью преобладает спорофит ( $2n$ ). Из микроспор в пыльниках тычинок развивается мужской гаметофит: пыльцевое зерно состоит из вегетативной и генеративной клетки с двумя спермиями. Из мегаспоры в семязачатке пестика развивается женский гаметофит – восьмиядерный зародышевый мешок, имеющий покровы с пыльцевходом. Оплодотворение двойное. Один спермий сливается с яйцеклеткой, образуется зародыш семени ( $2n$ ), другой – с двумя ядрами центральной клетки, образуется эндосперм ( $3n$ ).

*Класс Двудольные.* Зародыш семени имеет две семядоли. Корневая система стержневого типа (иногда мочковатого типа). Стебель имеет камбиальное кольцо, по мере роста утолщается за счёт деления камбия. Жилкование часто сетчатое, иногда дуговое. Цветки четырёхчленные или пятичленные с двойным околоцветником, чаще насекомоопыляемые. Жизненные формы: деревья и кустарники, однолетние, двулетние и многолетние травы.

*Класс Однодольные.* Зародыш семени имеет одну семядолю. Корневая система мочковатого типа. Стебель по мере роста не утолщается (камбий отсутствует). Листья простые линейной, овальной, ланцетной форм, с параллельным и дуговым жилкованием. Цветки трёхчленные (реже четырёхчленные) с простым околоцветником. Жизненные формы: однолетние и многолетние травы (исключение – пальмы).

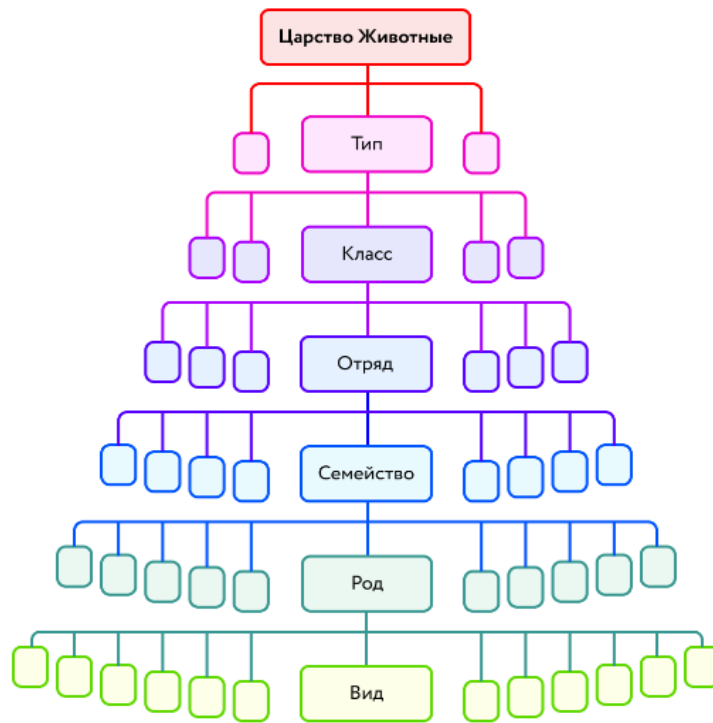
### **Царство Животные**

*Животные* — категория организмов, в настоящее время рассматриваемая в качестве биологического царства. Животные являются основным объектом изучения зоологии.

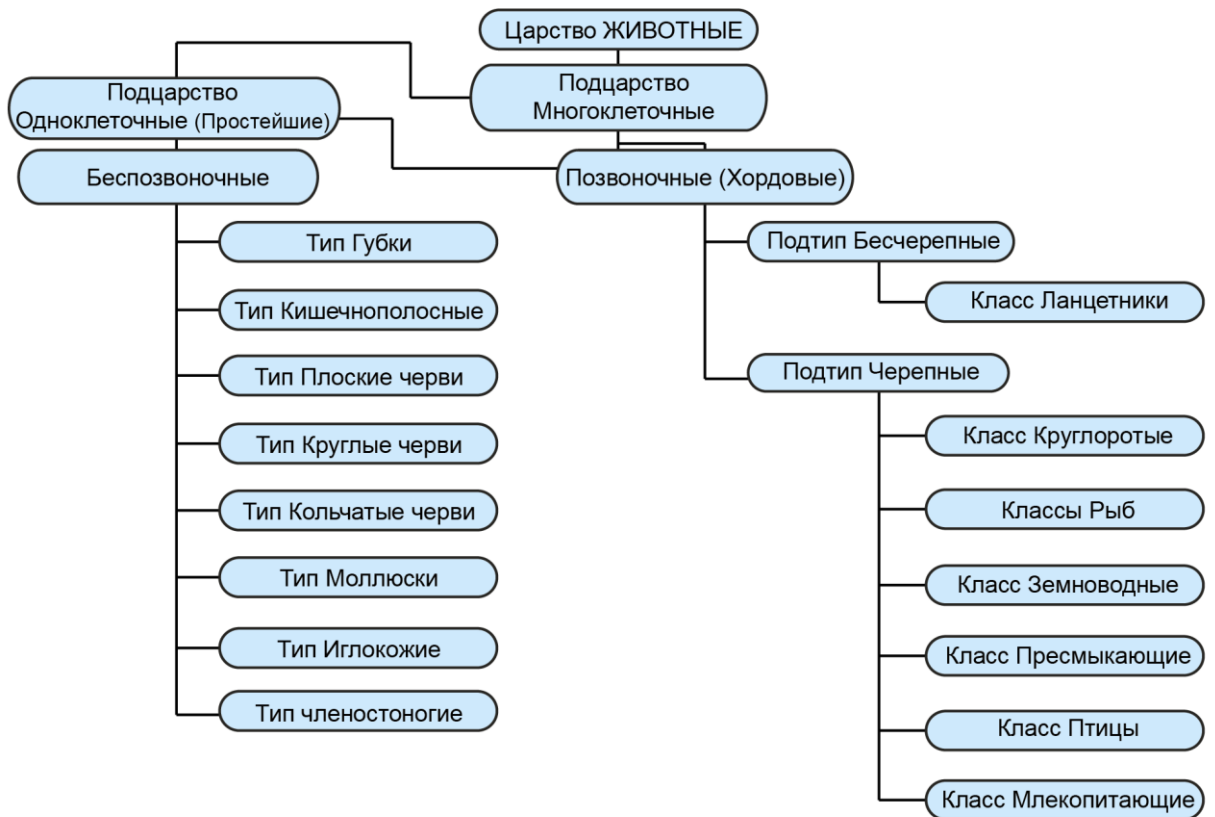
#### **Основные признаки животных**

1. В клетке имеется ядро.
2. Пищей служат готовые органические вещества, поскольку синтезировать их животные не умеют. Некоторые простейшие при наличии света питаются, как растения, *автотрофно*, а в темноте становятся *гетеротрофами*.
3. Животные, в отличие от растений и грибов, могут поглощать разновеликие твёрдые частицы пищи.
4. Клетка животных не имеет клеточной стенки, вакуолей с клеточным соком и пластид. Ядро расположено в центре клетки.
5. Подавляющее большинство животных подвижны.
6. Большинство имеют ограниченный рост.
7. Запасающее вещество клетки – *гликоген*.
8. У многих животных имеются системы органов.

Иерархия таксонов царства Животные



Систематика животных



## Подцарство Одноклеточные животные (Простейшие)

### Тип Саркожгутиковые

*Класс Саркодовые.* Форма тела непостоянная. Органоиды передвижения – ложноножки (псевдоподии). Многие имеют раковину (радиолярии, фораминиферы). Одно ядро, сократительные вакуоли. Питаются бактериями, водорослями, захватывая их ложноножками. Дышат всей поверхностью клетки. Размножение: у многих бесполое (деление). При неблагоприятных условиях образует цисту. Свободноживущие: амёба обыкновенная, радиолярии. Паразитические: амёба дизентерийная, паразитирует в кишечнике человека. Заражение через цисты.

*Класс Жгутиковые.* Форма тела постоянная, веретеновидная. Органоиды передвижения – жгутик (жгутики). В клетке одно ядро. У эвглены зелёной имеются хлоропласты (фотосинтез на свету), светочувствительный глазок – стигма. Выделение продуктов обмена веществ осуществляется через сократительную вакуоль. Размножение у многих бесполое (деление). Представители: свободноживущие – эвглена зелёная. Паразитические формы: лямблии паразитируют в тонком кишечнике и желчных протоках печени человека, млекопитающих, земноводных, некоторых беспозвоночных; трипаносомы паразитируют в крови и вызывают сонную болезнь у человека.

### Тип Инфузории

Форма тела постоянная. Органоиды передвижения – реснички. В клетке обычно два ядра. Имеются клеточный рот, глотка, сократительные вакуоли с приводящими каналцами, порошица (для удаления непереваренной пищи). Способ питания: захват пищи через клеточный рот ресничками. Выделение продуктов обмена веществ – через сократительные вакуоли. Дыхание осуществляется всей поверхностью клетки. Размножение бесполое (деление); половой процесс – *конъюгация*. Свободноживущие: инфузория туфелька, трубачи, сувойки. Паразитические: инфузория балантидий – паразитирует в ткани и в просвете кишечника беспозвоночных и позвоночных животных и человека.

### Тип Споровики

Форма тела постоянная. Органоиды передвижения отсутствуют. Питаются готовыми органическими веществами. Выделение – через всю поверхность тела. Размножение бесполое (шизогония), половое. Характерна смена поколений. Представитель: малярийный плазмодий (заболевание – малярия). Паразитирует в крови человека и позвоночных животных (промежуточные хозяева). Основной хозяин – малярийный комар.

## Подцарство Многоклеточные животные

### Тип Кишечнополостные

Симметрия тела лучевая. Строение тела: щупальца, рот, мешкообразное тело, подошва – место прикрепления к субстрату.

Двуслойное тело: *эктодерма* (покровно-мышечные клетки – защита, изменение положения отдельных частей тела, уменьшение объёма всего тела; стрекательные клетки – защита от хищников, умерщвление или парализация жертвы; нервные клетки – передача возбуждения от клетки к клетке; промежуточные клетки – деление и превращение в другие виды клеток; половые клетки – размножение).

*Энтодерма:* пищеварительно-мышечные клетки обеспечивают перемещение пищи в кишечной полости, внутриклеточное переваривание; железистые клетки выделяют пищеварительный сок в кишечную полость.

Примитивная нервная система сетчатого типа. Размножение почкованием и половое. Хорошо развита способность к регенерации.

*Класс Гидроидные.* Жизненные формы: полипная или основная полипная и кратковременная форма – медуза. Обитают в любых водоёмах. Образ жизни сидячий (полипы) и свободноплавающий (медузы). Из яйца развивается личинка – планула. Представители – гидры: обыкновенная, бурая, зелёная и др., обелия.

*Класс Сцифоидные.* Жизненные формы: основная – медуза и кратковременная – полип (иногда утрачена). Местообитание – моря. Тело в виде колокола. Раздельнополые.

Представители – различные виды медуз: аурелия, корнероты, полярная медуза, или цианея, крестовичок.

*Класс Коралловые.* Жизненные формы – полипы, имеется наружный скелет. Образ жизни сидячий. Местообитание – моря. Представители: колониальные коралловые полипы (красный коралл, чёрный коралл и др.), одиночные полипы-актинии.

Значение кишечнополостных: пища многих морских животных; убежище для мальков рыб (среди щупалец). Образуют береговые рифы, коралловые острова, атоллы. Человек использует их в пищу (в Японии, Китае), для изготовления украшений (кораллы), в строительстве (известь).

### **Тип Плоские черви**

Тело двусторонне-симметричное, плоское, листовидное или лентовидное; развиваются из трёх зародышевых листков (эктодермы, мезодермы и энтодермы); имеют органы тела; свободноживущие и паразитические организмы.

*Класс Ресничные черви (Планарии).* Тело удлинённое, листовидное. Один слой покровных клеток (с ресничками). Кожно-мускульный мешок образован кольцевыми, продольными, диагональными и спинно-брюшными мышечными волокнами. Полость тела отсутствует. Пищеварительная система: рот, глотка, ветвистый кишечник без анального отверстия. Выделительная система – система выделительных трубочек, начинающихся клеткой с полостью и пучком ресничек. Общие каналы открываются наружу порами. Нервная система ствольного типа: головной нервной узел, нервные стволы и нервы. Органы чувств: у многих свободноживущих червей имеются глазки, щупальца, органы равновесия. Половая система состоит из многочисленных семенников и выводящих протоков, двух яичников с выводящими протоками. Гермафродиты. Оплодотворение внутреннее, перекрёстное. Яйца развиваются в коконе. Регенерация хорошо развита. Представители: белая планария, многоглазка.

*Класс Сосальщики.* Форма тела листовидная. Имеются околоротовая и брюшная присоски. Нет ресничек, снаружи имеется кутикула. Пищеварительная система – ветвистый кишечник. Нервная система развита слабо. Из органов чувств имеются только осязательные нервные окончания в коже. Половая система сходна с половой системой планарии.

Печёночный сосальщик. Длина тела взрослого червя составляет 20–30 мм. Основной хозяин – травоядные млекопитающие (крупный и мелкий рогатый скот, лошади), человек. Паразитирует в желчных протоках печени, желчном пузыре или поджелудочной железе. Промежуточный хозяин – малый прудовик.

Цикл развития: яйцо попадает в воду → личинка с ресничками → малый прудовик → многократное деление → хвостатая личинка в воде → циста → человек → → желудок → сосальщик → печень → взрослый червь.

*Класс Ленточные черви.* Тело лентовидное, членистое. Состоит из головки с присосками или присосками и крюлочками, шейки и члеников. Нет ресничек, сильно развита кутикула. Пищеварительная система отсутствует. Нервная система развита слабо. Органы чувств не развиты. Половая система: в каждом членике имеются половые железы и матка. Оплодотворение – обмен половыми продуктами между члениками. Яйца развиваются в матке.

Бычий цепень. Основной хозяин – человек (цепень паразитирует в кишечнике). Промежуточный хозяин – крупный рогатый скот, антилопы, козы, овцы. Другие представители: свиной цепень, широкий лентец, эхинококк.

### **Тип Круглые черви**

Тело веретеновидное, нечленистое, круглое. Кожа покрыта плотной кутикулой, к ней прикреплены пучки продольных мышечных волокон. Полость тела первичная, заполнена жидкостью. Пищеварительная система в виде трубки с ротовым и анальным отверстиями, кровеносной системы нет. Нервная система ствольного типа развита слабо. Органы чувств развиты слабо. Выделительная система – два выделительных канала, открываются на переднем конце тела. Раздельнополые. Оплодотворение внутреннее.

Размножение яйцами. Имеются свободноживущие и паразитические виды (паразиты растений, животных, человека). Представители: луковая нематода, картофельная стеблевая нематода, земляничная нематода, свиная аскарида, лошадиная аскарида, человеческая аскарида, детская острица.

Цикл развития человеческой аскариды: яйца аскариды → внешняя среда → организм хозяина → выход личинки из яйца → внедрение через стенки кишечника в кровеносные сосуды → миграция по кровеносной системе → лёгкие → продвижение подросшей личинки по дыхательным путям в ротоглотку → вторичное проглатывание личинки хозяином → миграция развившейся личинки в тонкий кишечник → взросление и размножение.

### **Тип Кольчатые черви**

Тело длинное, состоящее из сегментов, двустороннесимметричное. Вторичная полость тела заполнена жидкостью. Кожно-мускульный мешок состоит из тонкой кутикулы, одного слоя эпителиальных клеток кожи, кольцевых и продольных мышц. Кровеносная система замкнутая, состоит из брюшного и спинного сосудов; кольцевые сосуды в каждом членике выполняют роль «сердец». Нервная система – окологлоточное нервное кольцо, брюшная нервная цепочка. Пищеварительная трубка дифференцирована: рот, глотка, зоб, пищевод, желудок, кишечник, анальное отверстие. Выделительная система – парные выделительные канальца, начинающиеся вороночками с ресничками в одном членике и открывающиеся отверстием на брюшной стороне следующего членика. Поглощение кислорода происходит всей поверхностью тела, у водных имеются жабры (выросты эктодермы). Гермафродиты и раздельнополые. Развитие прямое или с превращением. Три класса: малощетинковые, многощетинковые и пиявки.

### **Тип Моллюски**

Мягкое несегментированное тело; имеется раковина или её остатки; мантия (кожная складка), выстилающая раковину изнутри. Между туловищем и мантией образуется мантийная полость. Вторичная полость тела заполнена паренхимой; орган движения – мускулистая нога; кровеносная система незамкнутая, имеется сердце с двумя-тремя камерами; органы выделения – почки; нервная система разбросанно-узлового типа.

*Класс Брюхоногие моллюски.* Местообитание – суша и водоёмы. Тело асимметричное: голова, туловище и нога. На голове одна-две пары щупалец, одна пара глаз у основания или на концах верхней пары щупалец. Раковина единая в виде завитка или редуцирована. Нога мускулистая, занимает всю брюшную сторону тела. Орган дыхания – лёгкое – полость, образованная мантией, располагается между телом и частью раковины. Нервная система представлена окологлоточными ганглиями. Пищеварительная система: рот, язык с многочисленными роговыми зубчиками, образующий тёрку (радулу), глотка, пищевод, желудок, кишечник, печень, анальное отверстие. Органы выделения – одна почка с мочеточником, открывается рядом с анальным отверстием. Обычно раздельнополые, но имеются и гермафродиты. Оплодотворение перекрёстное, внутреннее; развитие прямое. Представители: виноградная улитка, голый слизень, малый прудовик, большой прудовик, катушка.

*Класс Двустворчатые моллюски.* Местообитание – любые водоёмы. Тело двустороннесимметричное, состоит из туловища и ноги, голова редуцирована. Раковина из двух створок с эластичной связкой на спинной стороне. Нога мускулистая, в виде клина. Часто ведут сидячий образ жизни. Передвигаются при помощи ноги. Пищеварительная система: вводной сифон, ротовые лопасти, пищевод, желудок, кишечник, печень, анальное отверстие. Органы измельчения пищи отсутствуют. Органы дыхания – пластинчатые жабры по бокам туловища, располагаются в мантийной полости. Нервная система – три пары ганглиев. Органы выделения – одна пара почек и мочеточники. Представители: беззубка, перловица, жемчужница, мидия, устрица.

*Класс Головоногие моллюски.* Местообитание – тёплые моря. Тело – голова и туловище. На голове – щупальца, окружающие рот; два крупных глаза. Остатки редуцированной раковины под кожей или отсутствуют. Передвигаются при помощи щупалец и реактивным способом (выталкиванием воды из мантийной полости через воронку). Органы дыхания – жабры. Нервная система – крупные ганглии («головной мозг»). Выделительная система – одна или две пары почек. Раздельнополые. Развитие прямое. Представители: осьминоги, каракатицы, кальмары.

#### **Тип Членистоногие**

Тело двусторонне-симметричное, членистое, разделённое на отделы; наружный скелет – хитинизированный покров; членистые конечности; разнообразие ротовых органов; мышцы образованы поперечнополосатой тканью; хорошо развиты нервная система (окологлоточное кольцо и брюшная нервная цепочка) и органы чувств; незамкнутая кровеносная система; сердце над кишечником на спинной стороне; большинство раздельнополые; развитие обычно с превращением.

*Класс Ракообразные.* Водные организмы. Тело состоит из головогруды и брюшка, реже слитное. Брюшко членистое. На голове две пары усиков. Органы зрения – у большинства одна пара сложных глаз. Органы обоняния – короткие усики; органы осязания – длинные усики. Органы дыхания – жабры. Органы выделения – две пары зелёных желёз. Большинство раздельнополые, самки откладывают оплодотворённые яйца (икру). Редко размножение происходит без оплодотворения яиц. Развитие у большинства с метаморфозом. Представители низших ракообразных: дафнии, циклопы, жаброноги. Представители высших ракообразных: мокрицы, водяные ослики, бокоплавы, речные раки, омары, лангусты, креветки, крабы.

*Класс Паукообразные.* Наземные животные. Тело состоит из головогруды и брюшка, реже слитное. Брюшко нечленистое. Усики отсутствуют. Четыре пары ног. На голове когтевидные челюсти – хелицеры, имеющие протоки ядовитых желёз; ногощупальца – педипальпы выполняют функции околоротовых органов. Органы зрения – простые глазки или отсутствуют. Органы дыхания – лёгкие и (или) трахеи. Органы выделения – мальпигиевы сосуды, открываются на границе средней и задней кишки. Раздельнополые, оплодотворение внутреннее, самки откладывают оплодотворённые яйца. Развитие прямое. Представители: Пауки. Головогрудь и брюшко (нечленистое). Имеют паутинные железы. Глаза простые.

Клещи. Тело в основном слитное. Паутинная железа имеется у некоторых. Глаза простые или отсутствуют.

Скорпионы. Головогрудь и брюшко (длинное, членистое, последний членик имеет парную ядовитую железу). Паутинные железы отсутствуют. Хелицеры клешневидные. Педипальпы заканчиваются клешнями.

*Класс Насекомые.* Тело разделено на отделы: голова, грудь, членистое брюшко. На голове – одна пара усиков; на груди – три пары ног, две пары крыльев (у двукрылых одна пара) или отсутствуют. Органы зрения – одна пара сложных глаз. Органы дыхания – трахеи. Органы выделения – мальпигиевы сосуды, открываются в кишечник. Раздельнополые, самки откладывают оплодотворённые яйца (редко размножение происходит без оплодотворения яиц). Развитие с неполным или полным метаморфозом. Стадии развития: 1) с полным превращением: яйцо → личинка → куколка → взрослое насекомое (жуки, бабочки, мухи, комары, пчелы, шмели); 2) с неполным превращением – яйцо → личинка → → взрослое насекомое (саранча, кузнечики, медведки, тли, клопы, вши, тараканы, стрекозы).

Значение: опылители растений, звенья в цепях питания, вредители растений, паразиты, переносчики возбудителей болезней, хищные насекомые (регуляторы численности других насекомых). Одомашненные насекомые: медоносная пчела, тутовый шелкопряд.

## Тип Хордовые

Двустороннесимметричные, трёхслойные, вторичнополостные животные. Внутренний осевой скелет – хорда или её остатки; жаберные щели в глотке (у большинства в зародышевом развитии); кровеносная система замкнутая, сердце состоит из двух-четырёх камер на брюшной стороне тела; нервная система имеет вид трубки, расположена над хордой, головной мозг состоит из пяти отделов. Дыхание лёгочное или жаберное. Пищеварительная система: рот, глотка, пищевод, желудок, кишечник, печень, поджелудочная железа.

*Подтип Бесчерепные. Класс Ланцетники.* Малоподвижны; на переднем конце рот со щупальцами; плавники: спинной, хвостовой и подхвостовой. Череп отсутствует; скелет – хорда. Покров – однослойный эпидермис. Пищеварительная система заканчивается анальным отверстием, желудок отсутствует. Дышат жабрами. Кровеносная система: брюшной и спинной сосуды, один круг кровообращения; сердца нет. Выделительная система: трубочки в каждом сегменте, открываются в околожаберную полость. Органы чувств развиты слабо. Раздельнополые, оплодотворение наружное; развитие с превращением.

*Подтип Позвоночные. Рыбы.* Форма тела обтекаемая: голова, туловище, хвост. Плавники: непарные – спинной, хвостовой, подхвостовой; парные – грудные и брюшные. Кожа покрыта костными чешуями, слизью. Скелет: череп, позвоночник, рёбра. Пищеварительный тракт: рот (зубы), глотка, пищевод, желудок, кишечник, печень и поджелудочная железа, анальное отверстие. Дышат жабрами. Один круг кровообращения, сердце двухкамерное (предсердие и желудочек); кровь в сердце венозная. Нервная система: головной мозг (передний, средний, промежуточный, продолговатый, мозжечок), спинной мозг, нервы. Органы чувств: глаза, внутреннее ухо, органы обоняния в носовой полости, органы вкуса на губах и ротовой полости, боковая линия воспринимает направление и силу тока воды. Органы выделения: парные туловищные почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочевое отверстие. Раздельнополые. Парные яичники с икринками; семенники – молоки. Оплодотворение в основном наружное. Питаются растительной пищей, беспозвоночными животными; есть хищники. Участвуют в цепях питания.

*Класс Хрящевые рыбы (акулы, скаты).* Тело покрыто чешуёй из эмали. Жаберных щелей пять-семь пар. Жаберные крышки отсутствуют. Скелет хрящевой. Хорда сохраняется в течение всей жизни. Плавательного пузыря нет. Имеется клоака. Некоторым видам свойственно яйцеживорождение.

*Класс Костные рыбы.* Имеются жаберные крышки. Есть плавательный пузырь. Оплодотворение наружное.

Подкласс Костно-хрящевые (осётры, белуга, стерлядь, севрюга).

Подкласс Двоякодышащие (австралийский рогозуб, африканский и американский чешуйчатники). Имеют лёгкие, образовавшиеся из плавательного пузыря, сохраняется хорда, и не развиваются тела позвонков. Способны дышать атмосферным кислородом.

Подкласс Кистепёрые (латимерия). Парные плавники похожи на мясистые лопасти, покрыты крупной чешуёй. Скелет в основном хрящевой, имеется хорда.

Подкласс Костистые (сельди, сардины, кета, горбуша, плотва, лещи, сазан, окунь и т.д.). Скелет костный, есть остатки хорды между позвонками.

*Класс Земноводные.* Первыми из хордовых вышли на сушу. Тело: голова (подвижная), туловище, у некоторых есть хвост. Кожа тонкая, голая, покрыта слизью (выделения кожных желёз). Парные передние и задние пятипалые конечности. Скелет: череп, позвоночник, один шейный позвонок, грудина; рёбер и грудиной клетки нет. Плечевой пояс: парные лопатки, ключицы, вороньи кости; свободная передняя конечность: плечевая, локтевая и лучевая кости, запястье, пясть и фаланги пальцев. Пояс задних конечностей: сросшиеся парные тазовые кости; свободная задняя конечность: бедренная, большая и малая берцовые кости, предплюсна, плюсна и фаланги пальцев. Дыхание кожное и лёгочное. Дыхательная система: ноздри, ротовая полость, гортань, парные лёгочные

мешки. Сердце трёхкамерное (два предсердия и желудочек); два круга кровообращения, кровь в сердце смешанная. Выделительная система – парные туловищные почки, мочеточники, клоака, мочевой пузырь. Пищеварительная система: имеются слюнные железы, кишечник заканчивается клоакой. Нервная система: головной мозг (лучше развит передний мозг, мозжечок слабо развит), спинной мозг. Органы чувств: глаза защищены веками, внутреннее и среднее ухо с барабанной перепонкой, органы обоняния. Раздельнополые. Яичники и семенники открываются в клоаку. Размножение связано с водой. Оплодотворение наружное. Развитие с метаморфозом.

Отряд Хвостатые (обыкновенный тритон, гребенчатый тритон, саламандры, протей).

Отряд Бесхвостые (озёрная лягушка, прудовая лягушка, зелёная жаба, квакши).

Отряд Безногие (червяга).

*Класс Пресмыкающиеся.* Тело: голова, шея, туловище, хвост, парные конечности (могут отсутствовать). Кожа сухая, покрыта роговыми чешуями и костными пластинами. Скелет, как у земноводных, имеется шесть и более шейных позвонков. У большинства есть грудная клетка, рёбра. Дыхательная система: носовая полость, гортань, трахея, два бронха, парные ячеистые лёгкие. Дыхание только лёгочное. Сердце трёхкамерное (два предсердия и желудочек с неполной перегородкой), кровь в сердце смешанная. Пищеварительная система схожа с земноводными, заканчивается клоакой. Выделительная система: парные тазовые почки, клоака, мочевой пузырь. Нервная система: головной мозг из пяти отделов и спинной мозг, хорошо развиты большие полушария, появляются зачатки коры. Органы чувств: глаза (три века), органы слуха (внутреннее ухо и среднее ухо), орган осязания (язык). Раздельнополые, оплодотворение внутреннее, откладывают яйца, развитие прямое.

Отряд Чешуйчатые (ящерицы, геккон, игуана, серый варан, змеи, ужи). Конечности и их пояса редуцированы у змей. Грудной клетки у змей нет, рёбра оканчиваются свободно. Лёгкое одно.

Отряд Черепахи (среднеазиатская черепаха, степная черепаха). Имеют костно-роговой панцирь из спинного и брюшного щитов.

Отряд Крокодилы (нильский крокодил, аллигатор, гавиал). Сердце четырёхкамерное.

Отряд Клювоголовые (гаттерия). Древняя группа.

*Класс Птицы.* Освоили воздушную среду. Тело: голова, шея, туловище, хвост. Передние конечности – крылья. Кожа сухая, без желёз, тонкая, покрыта перьями, одна копчиковая железа (смазка перьев). Скелет: кости полые, череп, позвоночник (шейный, грудной, поясничный отдел; крестцовый соединён с хвостовым неподвижно), грудная клетка, грудина, у большинства киль. Передние конечности: пояс (парные лопатки, ключицы, вороньи кости), крыло (плечевая, локтевая и лучевая кости; кости трёхпалой кисти). Задние конечности: пояс (тазовые кости, сросшиеся с поясничным, крестцовым отделами позвоночника и первыми хвостовыми позвонками), ноги (бедренная, большая и малая берцовые кости; цевка – сросшиеся кости стопы, фаланги четырёх пальцев). Пищеварительная система: у многих развит зоб, кишечник заканчивается клоакой, зубов нет. Дыхательная система: носовая полость, гортань, трахея (голосовой аппарат), парные губчатые лёгкие, воздушные мешки. Два круга кровообращения, сердце четырёхкамерное, кровь в сердце не смешивается. Выделительная система: тазовые почки, мочеточники открываются в клоаку, мочевой пузырь отсутствует. Нервная система: хорошо развиты большие полушария и мозжечок. Органы чувств: развиты зрение и слух. Раздельнополые. У самок только один левый яичник и яйцевод, открывается в клоаку. Правый яичник редуцирован. Оплодотворение внутреннее. Развитие прямое: яйцо содержит большой запас питательных веществ. Типы развития: гнездовой – птенцы голые, беспомощные, вскармливаются родителями; выводковый – птенцы оперённые, могут питаться и передвигаться самостоятельно, следуют за матерью, гнезда на земле.

*Класс Млекопитающие.* Самый высокоорганизованный класс позвоночных. Тело подразделяется на голову, шею, туловище и хвост. На голове пара глаз, ушные раковины, нос, рот с губами (у многих чувствительные волосы – *вибриссы*). Кожа толстая, с потовыми,



сальными и млечными железами, покрыта шерстью. Две пары пятипалых конечностей. В скелете позвоночника семь шейных позвонков, отсутствует воронья кость (кроме яйцекладущих). Диафрагма делит полость тела на грудную и брюшную части. Пищеварительная система: во рту альвеолярные зубы (у многих дифференцированные), сменяющиеся; кишечник заканчивается прямой кишкой с анальным отверстием. Сердце четырёхкамерное (два предсердия и два желудочка), кровь в сердце не смешивается. Правая половина – венозная кровь; левая – артериальная. Дыхательная система: нос, глотка, гортань (с голосовыми связками), трахея, два бронха, парные альвеолярные лёгкие. Дыхание лёгочное, с участием диафрагмы. Выделительная система: тазовые почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал. Нервная система: развита кора больших полушарий (извилины), хорошо развит мозжечок. Хорошо развиты анализаторы: зрение, обоняние, слух, осязание. Оплодотворение внутреннее. Развитие зародыша в матке. Детёнышей вскармливают молоком.

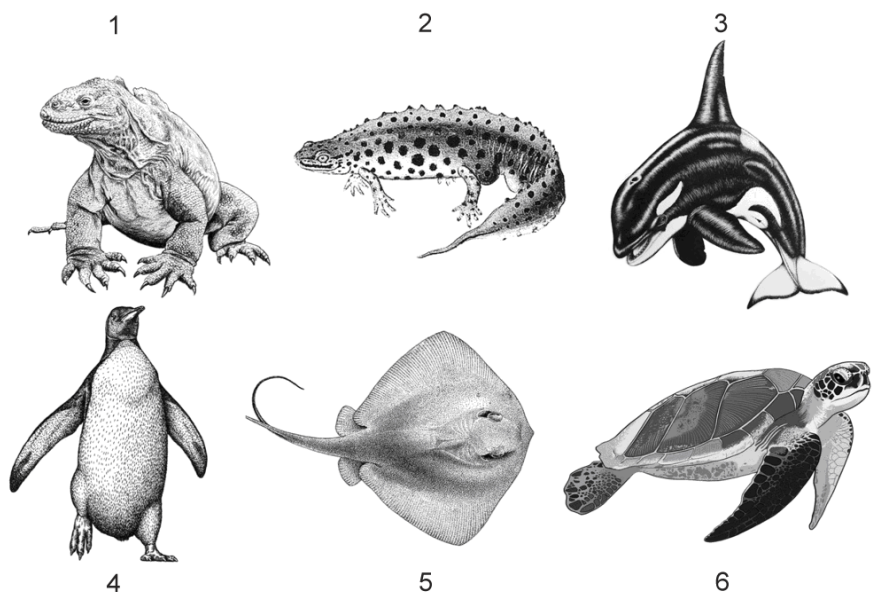
Подкласс Яйцекладущие (утконос и ехидна). Плацента не образуется. Откладывают яйца, детёнышей вскармливают молоком, стекающим на шерсть матери. Млечные железы без сосков. Имеется клоака. В скелете есть воронья кость.

Подкласс Сумчатые (кенгуру, коала, сумчатая белка, сумчатая крыса). Плацента не образуется или развита слабо. Детёныши слабо развиты, донашиваются в сумке, вскармливаются молоком, которое мать впрыскивает в рот детёнышей путём сокращения особых мышц. Млечные железы открываются протоками на сосках, расположенных в сумке.

Подкласс Плацентарные. Молочные зубы сменяются постоянными. Плацента различной степени развитости. Детёныши способны сосать молоко. Млечные железы открываются на сосках, расположенных на брюшной стороне тела. Отряды: Насекомоядные, Рукокрылые, Грызуны (сильно развиты резцы, не имеют корней, постоянно растут и самозатачиваются), Зайцеобразные (позади верхних резцов имеется пара мелких резцов), Хищные (сильно развиты клыки, среди коренных зубов имеются хищные зубы), Ластоногие (конечности преобразованы в ласты), Китообразные (передние конечности преобразованы в ласты, задние редуцированы), Парнокопытные (на ногах парное число покрытых копытами пальцев – четыре или два; хорошо развиты коренные зубы), Непарнокопытные (у большинства на ногах по одному или (реже) по три пальца, одетых копытами; ключицы отсутствуют), Приматы (конечности пятипалые, передние (руки) хватательного типа, на пальцах у большинства есть ногти; глаза направлены вперёд; одна пара млечных желёз, расположенных на груди).

**Практические задания для самостоятельного выполнения**

**Рассмотрите рисунки и выполните задания 1 и 2.**



1. На рисунке под каким номером изображён организм, вскармливающий детёнышей молоком?

Ответ: \_\_\_\_\_.

2. Установите соответствие между характеристиками и организмами, изображёнными на рисунках 1, 2, 3: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ОРГАНИЗМЫ
А) сбрасывание рогового покрова во время линьки	1) 1
Б) наличие извилин в коре больших полушарий	2) 2
В) постоянная температура тела	3) 3
Г) один шейный позвонок	
Д) трёхкамерное сердце без перегородки в желудочке	
Е) развитие из яиц с кожистой оболочкой	

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

3. Выберите три верных ответа и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. Для растения, изображённого на рисунке, характерно



- 1) размножение с помощью семян
- 2) наличие вегетативных органов
- 3) развитие заростка из споры
- 4) двойное оплодотворение
- 5) преобладание в жизненном цикле спорофита
- 6) наличие ризоидов у спорофита

Ответ:

--	--	--

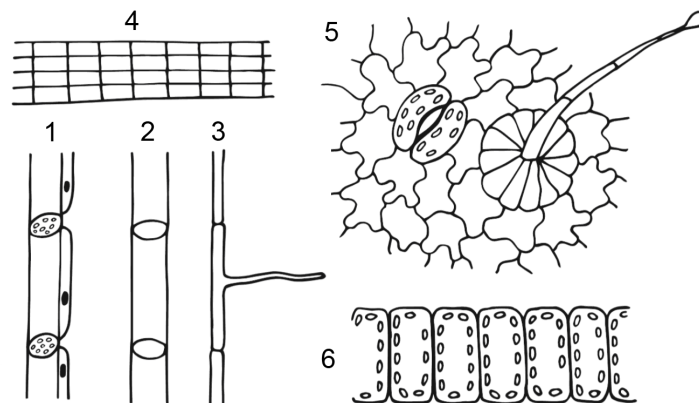
4. Установите последовательность систематических групп, начиная с самого низкого ранга. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) Кипарисовые
- 2) Эукариоты
- 3) Секвойя вечнозелёная
- 4) Голосеменные
- 5) Растения
- 6) Секвойя

Ответ:

--	--	--	--	--	--	--

**Рассмотрите рисунки и выполните задания 5 и 6.**



5. На рисунке под каким номером изображена ткань с устьицами?

Ответ: \_\_\_\_\_.

6. Установите соответствие между характеристиками и элементами растительных тканей, изображёнными на рисунках 1, 2, 3: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ХАРАКТЕРИСТИКИ

ЭЛЕМЕНТЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ  
ТКАНЕЙ

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <p>А) покрывает зону молодого корня</p> <p>Б) всасывает воду из почвы за счёт большой площади поверхности</p> <p>В) является проводящим элементом древесины</p> <p>Г) откладывается камбием в направлении сердцевины стебля</p> <p>Д) осуществляет транспорт веществ от листьев</p> <p>Е) входит в состав луба</p> | <p>1) 1</p> <p>2) 2</p> <p>3) 3</p> |
|--|-------------------------------------|

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

7. Выберите три верных ответа и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. Какие признаки характерны для представителей типа Моллюски?

- 1) трубчатая нервная система
- 2) наличие мантии
- 3) мягкое несегментированное тело
- 4) органы выделения – мальпигиевы сосуды
- 5) незамкнутая кровеносная система
- 6) трахейное дыхание

Ответ:

--	--	--

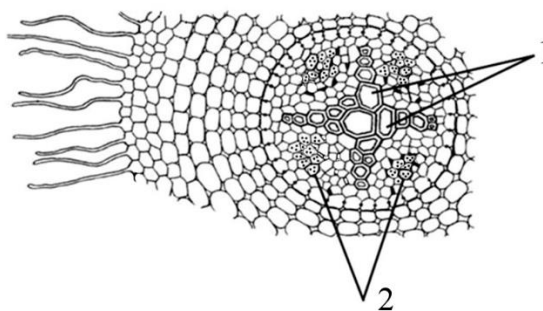
8. Установите последовательность систематических групп животных, начиная с самого низкого ранга. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) Веретеница колхидская
- 2) Хордовые
- 3) Пресмыкающиеся
- 4) Веретеница
- 5) Ящерицы
- 6) Позвоночные

Ответ:

--	--	--	--	--	--

9. Назовите структуры анатомического строения корня, обозначенные на рисунке цифрами 1, 2. Укажите функцию каждой из них. В какой зоне корня сделан данный поперечный срез?



10. Какие приспособления в строении и поведении костных рыб обеспечивают интенсивное извлечение ими кислорода из воды? Объясните адаптивное значение каждого приспособления.

### 2.5. Организм человека и его здоровье

Содержание данного раздела проверяется в следующих линиях заданий КИМ 2024 г.: 13, 14, 15, 16 (представлены обязательно); 1, 20, 23, 24, 26 (возможно).

#### **Краткое содержание теоретического материала**

*Человек* – общественное существо, обладающее разумом и сознанием, субъект общественно-исторической деятельности и культуры. С точки зрения биологии относится к виду Человек разумный, сформировавшемуся в результате длительного эволюционного процесса. Особенности, выделяющими человека среди животных, являются прямохождение, высокоразвитый головной мозг, мышление и членораздельная речь.

#### **Ткани. Органы. Системы органов**

Группу клеток и межклеточного вещества, сходных по строению, происхождению и выполняемым функциям, называют *тканью*.

В организме человека выделяют ткани четырёх основных типов: эпителиальную; соединительную; мышечную; нервную.

Клетки эпителиальной ткани расположены плотно друг к другу, межклеточного вещества очень мало, или оно отсутствует.

Функции: покровная, защитная (кожный, слизистый, мерцательный эпителий), выделительная (нефроны почек), газообмен (альвеолы лёгких и капилляры), секреторная (железы внешней и внутренней секреции).

Соединительная ткань – клетки расположены рыхло, много межклеточного вещества, которое может быть плотным, упругим или жидким.

Функции: защитная (дерма, связки, роговица глаза), двигательная, опорная (связки, сухожилия, хрящи, кости), запасная и терморегуляторная (подкожная клетчатка), транспортная, защитная (кровь и лимфа).

Мышечная ткань. Характеризуется возбудимостью и сократимостью. Различают поперечнополосатую и гладкую мышечную типы ткани. Клетки поперечнополосатой ткани многоядерные (скелетные мышцы), клетки гладкой мышечной ткани одноядерные, веретеновидные (внутренние органы).

Функции и свойства: двигательная, сократительная.

Сердечная мышца образована поперечнополосатой тканью. Поперечнополосатая скелетная мышечная ткань образует скелетные мышцы (состоит из длинных многоядерных волокон – миофибрилл). Миофибриллы состоят из белков актина и миозина. При сокращении мышечного волокна нити актина скользят между нитями миозина, что

приводит к укорачиванию волокна. Сокращение подчиняется сознательным движениям, усилиям воли. Сердечная мышечная ткань имеет поперечнополосатую исчерченность, имеются участки, где мышечные волокна смыкаются, что обеспечивает одновременное быстрое сокращение больших участков сердечной мышцы. Сокращение непроизвольное, быстрое, не подвержено утомлению, регулируется вегетативной нервной системой. Гладкая мышечная ткань расположена во всех внутренних органах. Состоит из одноядерных клеток – миоцитов. Сокращается медленно, непроизвольно, подчиняясь импульсам вегетативной (автономной) нервной системы, мало утомляется.

Нервная ткань состоит из нейронов и нейроглии. Нейроны имеют многочисленные отростки, образуют серое вещество головного и спинного мозга. Отростки нейронов образуют белое вещество мозга и нервные волокна. Дендриты – короткие, сильно ветвящиеся отростки, по которым нервный импульс поступает к телу нейрона. Аксон – длинный, мало ветвящийся отросток, по которому импульсы идут от тела нейрона. Клетки нейроглии обеспечивают питание нейронов.

Функции и свойства нервной ткани: возбудимость и проводимость, регуляция функций всех органов и систем органов, связь органов и организма с внешней средой.

Ткани формируют органы. *Орган* – это часть тела, имеющая определённую форму, строение, положение в организме и выполняющая одну или несколько функций. Органы, выполняющие общие функции и связанные между собой, составляют системы органов. Различают следующие системы: эндокринную, нервную, кровеносную, пищеварительную, дыхательную, опорно-двигательную, выделительную, половую.

#### **Эндокринная система**

В организме человека три типа желёз. Железы внешней секреции имеют протоки, их секрет поступает в полости тела или на его поверхность (слюнные, потовые, слёзные, сальные, молочные железы, печень). Железы внутренней секреции не имеют протоков, выделяют свой секрет – гормоны (биологически активные вещества) в кровь. Это гипофиз, эпифиз, надпочечники, щитовидная железа. Железы смешанной секреции одни секреты выводят в полость, а другие – в кровь (поджелудочная железа, половые железы). Эндокринная система включает в себя все железы внутренней и смешанной секреции. *Железы внутренней секреции* вырабатывают биологически активные вещества – *гормоны*.

*Гипофиз* располагается в головном мозге, в промежуточном отделе. Это главная железа, регулирующая работу всех остальных желёз внутренней секреции. Она выделяет несколько типов гормонов. Гормон роста – соматотропный гормон, регулирующий рост организма (недостаток вызывает заболевание карликовость; избыток – гигантизм). Регуляторные гормоны контролируют работу остальных желёз. Гипоталамус (отдел промежуточного мозга) регулирует работу гипофиза.

*Щитовидная железа* находится на щитовидном хряще в области шеи. Вырабатывает иодсодержащий гормон тироксин, который регулирует обмен веществ. При недостатке гормона у детей возникает кретинизм (умственная и физическая отсталость), у взрослых – микседема (ослабляются обменные процессы, сердце работает слабо, температура тела понижена, отёчность). При избытке гормона развивается базедова болезнь (обменные процессы ускоряются, больной худеет, повышается раздражительность, развивается пучеглазие).

*Поджелудочная железа* вырабатывает гормон инсулин, который регулирует уровень глюкозы в крови, способствует превращению избытка глюкозы в гликоген в клетках печени и мышцах. Недостаток инсулина вызывает *сахарный диабет*. Гормон глюкагон регулирует превращение гликогена в глюкозу в печени и мышцах.

*Надпочечники* – парные железы, расположенные на верхней поверхности почек. Гормоны: адреналин (мозговой слой) – контроль обмена углеводов и жиров, стимуляция деятельности сердечно-сосудистой системы, скелетной мускулатуры. Кортикостероидные гормоны вырабатывает кортикостероидный слой надпочечников, ответственные за минеральный обмен (натрий, калий), обмен белков и углеводов.

## **Нервная система. Рефлекс**

*Нервная система* регулирует работу органов, обеспечивая её согласованность и функционирование организма в изменяющихся условиях окружающей среды; осуществляет умственную деятельность; контролирует поведение; поддерживает связь с внешней средой.

Состоит из нервной ткани, образованной нервными клетками – нейронами и клетками нейроглии.

*Нейрон* – одноядерная клетка, состоящая из тела и отростков – дендритов и аксона. Нейроны бывают: чувствительные – передают импульсы от органов в центральную нервную систему; вставочные – обеспечивают передачу импульсов от нейрона к нейрону, анализ информации, выработку решения; двигательные (исполнительные) – проводят нервный импульс от центральной нервной системы к рабочим органам. Нервный импульс имеет электрическую природу и распространяется по мембранам отростков нейронов. Место контакта нейронов – *синапс*.

*Нейроглия* (глия), клетки нервной ткани, выполняющие важнейшие функции по поддержанию процессов жизнедеятельности нейронов. Нейроглияльные клетки в 3–4 раза мельче нейронов, в отличие от последних обладают способностью к делению.

*Возбуждение* – нервный процесс, возникающий в клетках при раздражении. *Торможение* – нервный процесс, приводящий к задержке или ослаблению возбуждения. Ответная реакция организма на раздражение, осуществляемая при участии нервной системы, называется *рефлекс*.

Рефлексы действуют благодаря наличию рефлекторных дуг, состоящих из рецептора, чувствительного пути, участка центральной нервной системы, двигательного пути и рабочего органа. Рефлекторная дуга – путь импульса при осуществлении рефлекса. Двунейронная рефлекторная дуга: рецептор → чувствительный нейрон → двигательный нейрон → рабочий орган. Трёхнейронная рефлекторная дуга: рецептор → чувствительный нейрон → вставочный нейрон → двигательный нейрон → рабочий орган.

### **Нервная система и её функции**

Нервная система подразделяется на центральную (головной и спинной мозг) и периферическую (нервные узлы и нервы).

*Центральная нервная система (ЦНС)*. *Спинной мозг* расположен внутри позвоночного канала. Имеет вид шнура диаметром 1 см, в центре – центральный канал, заполненный спинномозговой жидкостью. Состав: серое вещество (центральная часть в виде «бабочки»), образованное телами вставочных и двигательных нейронов; белое вещество (снаружи), состоящее из отростков нейронов, которые образуют восходящие и нисходящие проводящие пути. Спинной мозг состоит из 31 сегмента (от них отходит 31 пара смешанных спинномозговых нервов, образованных передним и задним корешками). Передние корешки – это аксоны двигательных нейронов. Задние корешки – это аксоны чувствительных нейронов. Функции спинного мозга – рефлекторная и проводниковая.

*Головной мозг* расположен в полости черепа и состоит из пяти отделов.

Продолговатый мозг – продолжение спинного мозга, в нём находятся нервные центры, регулирующие дыхание, пищеварение, сердечно-сосудистую деятельность, а также защитные рефлексы – кашель, чихание, рвота.

Мозжечок располагается позади продолговатого мозга, состоит из двух полушарий, обеспечивает координацию движений. Мост связывает два полушария мозжечка.

Средний мозг расположен выше продолговатого мозга, в нём находятся центры ориентировочных рефлексов на зрительное и звуковое раздражение, он соединяет передний мозг с задним. Снаружи среднего мозга – белое вещество; внутри – ядра серого вещества.

В промежуточном мозге (включает таламус и гипоталамус) располагаются центры голода и насыщения, жажды, поддержания температуры тела, регуляции обмена веществ.

Большие полушария переднего мозга – самый крупный отдел головного мозга. Покрываются серым веществом – корой больших полушарий (она состоит из 14 млрд нейронов

и является высшим отделом центральной нервной системы). Отвечают за восприятие всей поступающей в мозг информации, за мыслительную и речевую деятельность, память. Кора состоит из четырёх долей: лобной (программа поведения и управления трудовой деятельностью, центры речи), теменной (центры от рецепторов кожи, костей, мышц, суставов), височной (слуховые центры) и затылочной (зрительные центры).

*Периферическая нервная система* состоит из нервных узлов и нервов. Нервные узлы располагаются в задних корешках спинного мозга, где располагаются тела чувствительных нейронов. Нервная система подразделяется по выполняемым функциям на соматическую (контролирует скелетные мышцы, кожу, имеет непрерывное нервное волокно) и вегетативную, или автономную (обеспечивает работу внутренних органов, обменные процессы).

*Вегетативная нервная система* не подчиняется воле человека. Она состоит из двух отделов.

*Симпатическая нервная система.* Первые ядра располагаются в спинном мозге, нервы отходят от грудного и поясничного отделов, вторые ядра образуют узлы вдоль спинного мозга (в задних корешках). Предузловое волокно короткое, послеузловое длинное, заканчивается в органах. Действует в стрессовой ситуации, при переходе от состояния покоя к состоянию физического и психического напряжения. Усиливает работу сердца, сужает просветы артерий, расширяет просветы бронхов, усиливает секрецию потовых желёз, вызывает расширение зрачков, замедляет деятельность кишечника, расслабляет мочевой пузырь.

*Парасимпатическая нервная система.* Первые ядра располагаются в головном и крестцовом отделах спинного мозга, от них отходят нервы, узлы располагаются непосредственно в иннервируемом органе, предузловое волокно длинное, послеузловое короткое. Самый крупный нерв блуждающий, разветвляется во все органы грудной и верхнебрюшной областей. Действует в спокойном состоянии. Замедляет и ослабляет деятельность сердца, сокращает просветы бронхов, ускоряет деятельность кишечника, сокращает стенки мочевого пузыря.

Регуляция функций в организме человека осуществляется с помощью химических веществ и нервных импульсов. Нервная регуляция осуществляется с помощью нервных импульсов, поступающих к органам из нервной системы при помощи рефлексов. Кроме рефлекторной, в организме осуществляется *гуморальная регуляция*, основанная на передаче сигналов при помощи химических веществ, которые поступают в кровь. Важную роль в гуморальной регуляции играют *гормоны* – вещества, выделяемые эндокринными железами. Связующим звеном между нервной и эндокринной системами выступает гипоталамус – отдел промежуточного мозга, связанный нервными путями с гипофизом, являющимся важнейшей эндокринной железой. Гипоталамус получает информацию от различных отделов головного мозга и посылает её в гипофиз, который вырабатывает регуляторные гормоны (соматотропин, тиротропин, гонадотропин и др.), регулирующие работу всех других эндокринных желёз. Таким образом, в организме человека и животных имеется *гипоталамо-гипофизарная система*, осуществляющая нейрогуморальную регуляцию работы органов.

### **Опорно-двигательный аппарат**

*Опорно-двигательный аппарат* (система опоры и движения) – это скелет и мышцы.

*Скелет* – скелет головы, туловища, конечностей и поясов конечностей (около 200 костей).

*Скелет головы (череп)* имеет мозговой и лицевой отделы. Мозговой отдел: парные теменные и височные кости, непарные: лобная и затылочная. Кости соединены неподвижно. Лицевой отдел: неподвижные парные кости – скуловые и носовые, верхнечелюстная, непарная подвижная нижнечелюстная кость. На них расположены зубы, корни которых находятся в специальных ячейках.



*Скелет туловища.* Позвоночник состоит из пяти отделов: шейный (7 позвонков), грудной (12), поясничный (5), крестцовый (5 сросшихся), копчиковый (4–5). Грудная клетка – 12 грудных позвонков, 12 пар рёбер и грудины. 10 пар рёбер срослись с грудиной, 2 пары свободные.

*Скелет конечностей.* Пояс верхней конечности (плечевой пояс): 2 лопатки и 2 ключицы. Скелет свободной верхней конечности: плечо – плечевая кость; предплечье – локтевая и лучевая кости; кисть – запястье (8 костей), пясть (5 костей), фаланги пальцев. Пояс нижней конечности: 3 пары сросшихся тазовых костей образуют таз, который соединён с крестцом. Скелет нижней конечности: бедро – бедренная кость; голень – большая и малая берцовые кости; стопа – предплюсна (7 костей), плюсна (5), фаланги пальцев. Крупная кость в стопе пяточная.

### **Состав и строение костей**

Минеральные вещества (соли фосфора, кальция, натрия и др.) придают кости твёрдость, органические вещества придают эластичность. Костная ткань – это соединительная ткань. Она состоит из клеток – *остеоцитов*, *остеобластов* и *остеокластов*, межклеточного вещества. Кость покрыта надкостницей (исполняющей защитную, трофическую и костеобразующую функции) – соединительно-тканной оболочкой. Наружный слой кости образован плотным веществом (коллагеновыми волокнами, которые придают прочность); внутренний слой – клетками костной ткани (обеспечивают регенерацию и рост кости в толщину). Рост костей в длину происходит за счёт деления клеток хрящевых пластинок, расположенных на эпифизах костей. Рост костей происходит под воздействием соматотропного гормона гипофиза. Кости делят на длинные трубчатые (бедренные, берцовые и др.), короткие (кости пальцев, позвонки), плоские (кости черепа, лопатки, рёбра), смешанные (кости таза). Трубочатые кости состоят из головок из губчатого вещества, заполненного красным костным мозгом, и трубки, заполненной жёлтым костным мозгом.

Для костей скелета характерно неподвижное соединение с помощью швов, полуподвижное соединение с помощью хрящей, подвижное соединение с помощью суставов. Строение сустава: суставная головка кости и суставная впадина; они покрыты хрящом. Связки образуют суставную сумку. Внутри сустав заполнен суставной жидкостью.

### **Мышцы**

Поперечнополосатая скелетная мышечная ткань образует скелетные мышцы (состоит из длинных многоядерных волокон – миофибрилл). Миофибриллы состоят из белков *актина* и *миозина*. При сокращении мышечного волокна нити актина скользят между нитями миозина, что приводит к укорочению волокна (необходимы ионы  $Ca^{2+}$  и энергия АТФ). Сокращение подчиняется сознательным движениям, усилиям воли. Прикрепление мышц: только к костям (скелетные мышцы – сгибатели и разгибатели), к костям и коже (мимические мышцы), только к коже (круговые мышцы губ).

### **Внутренняя среда организма человека. Кровь**

*Кровь* – вид соединительной ткани, обуславливает внутреннюю среду организма. Функции: транспортная, дыхательная, трофическая, гуморальная, выделительная, терморегуляторная, защитная. Плазма крови – бесцветная жидкость (55 % объёма крови), состоит на 90 % из воды, 8 % белков (фибриногена и др.), 0,8 % жиров, 0,14 % глюкозы, 0,9 % солей; рН = 7,36. Форменные элементы: эритроциты, лейкоциты и тромбоциты (образуются в красном костном мозге).

## Форменные элементы

*Эритроциты* – красные клетки крови в форме двояковогнутого диска; зрелые не имеют ядра, заполнены белком – гемоглобином; живут 120 суток. Функция: транспорт кислорода и углекислого газа. Артериальная кровь насыщена кислородом, имеет ярко-красный цвет; венозная свободна от кислорода, имеет тёмно-вишнёвый цвет. При уменьшении количества эритроцитов в крови или содержания гемоглобина возникает малокровие.

*Лейкоциты* – белые ядерные клетки крови, шаровидной или амёбовидной формы, способны к передвижению. Функции лейкоцитов: фагоцитоз чужеродных частиц, защита от чужеродных организмов, выработка антител (специфический и неспецифический иммунитет).

*Тромбоциты* – кровяные пластинки, участвуют в свёртывании крови.

## Группы крови

Зависят от белков А, В или 0 в эритроцитах. Группы: I (0), II (А), III (В), IV (АВ). *Универсальные доноры* – люди с I (0) группой; *универсальные реципиенты* – люди с IV (АВ) группой. Люди с группой II (А) – доноры для II, IV групп; реципиенты для I, II групп. Люди с III (В) группой – доноры для групп III, IV; реципиенты для групп I, III. При переливании крови учитывается *резус-фактор* – положительный или отрицательный; он должен совпадать у донора и реципиента.

## Иммунитет

*Иммунитет* – способность организма защищать себя от возбудителей болезней, инородных тел и веществ.

*Иммунная система* объединяет органы и ткани, обеспечивающие защиту организма от генетически чужеродных клеток или веществ, поступающих извне или образующихся в организме. Различают центральные органы иммунной системы (красный костный мозг, тимус) и периферические (лимфатические узлы, миндалины, селезёнка).

*Антигены* – бактерии, вирусы или их токсины (яды), а также переродившиеся клетки организма.

*Антитела* – вещества белковой природы, которые вырабатываются лейкоцитами (лимфоцитами). Антитела связываются с антигенами и обезвреживают их. Фагоциты (лимфоциты) способны поглощать чужеродные тела.

Различают: врождённый иммунитет (передающийся от родителей к детям); приобретённый (вырабатывается после перенесения инфекционного заболевания); искусственный активный (появляется после введения в организм ослабленных или мёртвых возбудителей болезни – прививки); искусственный пассивный (появляется при введении лечебной сыворотки – препарата готовых антител).

### Виды иммунитета



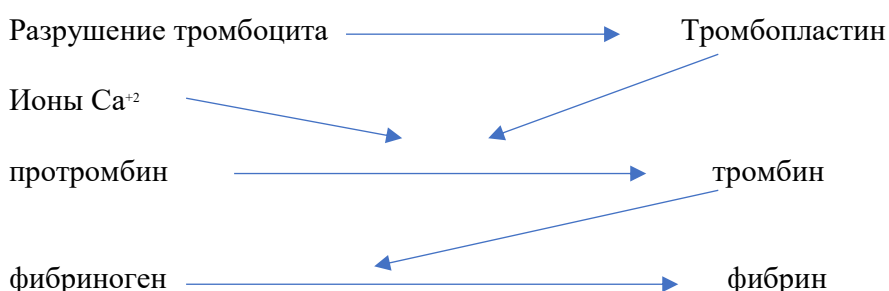
*Лечебная сыворотка (сыворотка)* – это препарат плазмы крови без *фибриногена*, содержащий готовые антитела, которые образовались в крови животного (или человека), ранее заражённого данным возбудителем (перенёсшего данное заболевание).

*Вакцина* – медицинский препарат биологического происхождения, обеспечивающий организму появление приобретённого иммунитета к конкретному антигену.

### **Свёртывание крови**

*Свертывание крови* – защитное приспособление, предохраняющее организм от потери крови. Участвуют тромбоциты. Содержимое тромбоцитов способствует превращению растворимого белка плазмы – фибриногена в нерастворимый – фибрин. При ранении сосуда тромбоциты разрушаются, белки тромбоцитов при участии ионов кальция превращают фибриноген в фибрин. Образуется тромб, который закупоривает сосуд и останавливает кровотечение.

Процесс свёртывания крови можно представить в виде схемы.



### **Система кровообращения**

*Кровообращение* – непрерывное движение крови по замкнутой системе сосудов в определённом направлении. Система органов кровообращения: сердце и сосуды; два круга кровообращения: большой и малый. Стенки сосудов состоят из трёх слоёв (исключение – капилляры). Внутренний слой – эпителиальные клетки; средний – гладкая мышечная ткань; наружный – рыхлая соединительная ткань.

По функции сосуды разделяются на артерии, вены и капилляры. Артерии – сосуды, по которым кровь течёт от сердца. Их стенки содержат много мышечных волокон. Вены – сосуды, по которым кровь течёт к сердцу. В венах имеются полулунные клапаны, препятствующие обратному току крови. Капилляры – тончайшие сосуды, обеспечивают обмен жидкостями, газами и питательными веществами между кровью и тканями. Стенка капилляров состоит из одного слоя эпителиальных клеток.

Большой круг кровообращения: левый желудочек (кровь, насыщенная кислородом – артериальная) – аорта – артерии – капилляры – превращение артериальной крови в венозную – вены – полые вены – правое предсердие.

Малый круг кровообращения: правый желудочек (кровь, насыщенная углекислым газом – венозная) – лёгочная артерия – лёгочные капилляры – превращение венозной крови в артериальную – лёгочные вены (кровь артериальная) – левое предсердие.

Ток крови по сосудам обеспечивается работой сердца и грудной клеткой, когда при вдохе происходит сокращение диафрагмы, образуя отрицательное давление. В сосудистых стенках вен расположены клапаны, препятствующие обратному движению крови. Фактором, способствующим работе венозной системы, является ритмическое сокращение мышечных волокон сосуда, проталкивающего кровь вверх, создавая при этом венозную пульсацию.

## Сердце

*Сердце* – полый мышечный орган, состоящий из двух половин: правой (кровь венозная) и левой (кровь артериальная). Каждая половина содержит предсердие и желудочек. Между правым предсердием и правым желудочком находится трёхстворчатый клапан; между левым предсердием и левым желудочком – двухстворчатый клапан. Между левым желудочком и аортой, между правым желудочком и лёгочной артерией имеются полулунные клапаны. Функция клапанов – проведение крови в одном направлении. Сердце располагается в околосердечной сумке, в которой находится жидкость, увлажняющая сердце и предохраняющая его от трения при сокращениях.

### Фазы работы сердца

1. Сокращение предсердий (систола) – 0,1 с; кровь поступает из предсердий в желудочки. Створчатые клапаны открыты, полулунные закрыты.

2. Сокращение желудочков – 0,3 с. Кровь из желудочков поступает в аорту и артерии. Створчатые клапаны закрыты, полулунные открыты.

3. Общее расслабление (диастола) – 0,4 с; кровь поступает в предсердия и желудочки. Створчатые клапаны открыты. Наибольшее давление крови в аорте и артериях; наименьшее – в венах. Наибольшая скорость движения крови – в аорте и артериях; наименьшая скорость – в капиллярах.

Центр регуляции работы сердца – в продолговатом мозге. Симпатическая нервная система учащает сокращения, парасимпатическая – урежает их. Адреналин, норадреналин, серотонин, тироксин и ионы  $Ca^{2+}$  усиливают работу сердца, а ацетилхолин и ионы  $K^+$  тормозят.

*Автоматия сердечной мышцы* – периодически возникающее возбуждение сердца под действием процессов, протекающих в нём самом.

### Лимфатическая система

Лимфа образуется из тканевой жидкости. Она фильтруется в лимфатические капилляры. От них лимфа движется в более крупные лимфатические сосуды. Функции: отток жидкости из органов, кроветворная, защитная, участие в обмене веществ. В определённых местах лимфатической системы есть группы лимфатических узлов – подмышечные, паховые, подчелюстные и др. В них скапливаются защитные клетки крови – лимфоциты (обезвреживание микроорганизмов). Движение лимфы обеспечивается сокращением стенок лимфатических сосудов, клапанами, сокращением скелетных мышц и отрицательным давлением в грудной полости. При воспалительных инфекционных заболеваниях лимфоузлы увеличиваются в размерах, становятся болезненными и прощупываются. Лимфатические сосуды впадают в вены большого круга кровообращения.

### Система дыхания

*Дыхание* – совокупность процессов, обеспечивающих поступление кислорода, использование его в окислении органических веществ и удалении углекислого газа. Внешнее (лёгочное) дыхание – обмен газов в лёгких между организмом и средой. Тканевое и клеточное дыхание – газообмен в тканях и биологическое окисление в митохондриях клетки.

Дыхательная система образована воздухоносными путями и лёгкими.

*Воздухоносные пути.* Носовая полость состоит из носовых ходов, выстлана слизистым и ресничным эпителием, с большим количеством желёз, пронизана кровеносными сосудами. Функции: согревает, увлажняет и обеззараживает воздух. Через носоглотку воздух попадает в гортань. Гортань образована хрящами: щитовидным (защищает гортань спереди), надгортанным (закрывает вход в трахею во время глотания пищи). Между хрящами натянуты связки, между ними находится голосовая щель. При напряжении связок выдыхаемый воздух вызывает их колебания, что рождает звук. Функции: проведение воздуха, образование звуков. *Трахея* – трубка из хрящевых полуколец, соединённых связками и мышцами. Внутри она выстлана мерцательным эпителием. Функция – свободное проведение воздуха. Трахея делится на два бронха (левый и правый), они ветвятся в лёгких, образуя бронхиальное дерево. Бронхи образованы

хрящевыми кольцами, выстланы мерцательным эпителием. Обеспечивают свободное проведение воздуха.

*Лёгкие* – крупные парные органы, расположенные в грудной полости и осуществляющие обмен газов между вдыхаемым воздухом и кровью. Правое лёгкое состоит из трёх долей, а левое – из двух. Снаружи покрыты внутренним плевральным листком. Наружным листком плевры выстлана грудная полость. Щель между двумя листками плевры – *плевральная полость* – заполнена плевральной жидкостью, уменьшающей трение тканей. Ткань лёгких состоит из ветвящихся бронхиол и лёгочных пузырьков – альвеол. Стенки альвеол образованы однослойным эпителием и оплетены снаружи сетью капилляров. В альвеолах происходит газообмен между кровью и вдыхаемым воздухом. Парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе выше, чем в венозной крови, а парциальное давление углекислого газа, наоборот, выше в крови, поэтому кислород диффундирует из лёгких в кровь, а углекислый газ диффундирует из крови в альвеолы.

Газообмен в тканях происходит также благодаря *диффузии*. Артериальная кровь направляется к тканям. Кислород из крови диффундирует в ткани, а углекислый газ из тканей переходит в кровь, и его концентрация в тканях снижается. В результате за счёт кислорода в клетках тканей окисляются органические вещества и образуется углекислый газ.

*Регуляция дыхания* обеспечивается согласованной деятельностью дыхательных мышц и ритмическим чередованием вдоха и выдоха в соответствии с энергетическими потребностями организма. Регуляция происходит в дыхательном центре продолговатого мозга. Нервная регуляция осуществляется дыхательным центром продолговатого мозга, котором сосредоточены центр вдоха и центр выдоха. Характерной особенностью нейронов дыхательного центра является возрастание их возбудимости при повышении в крови концентрации углекислого газа. Далее импульсы поступают к межрёберным мышцам и диафрагме. Они сокращаются и поднимают грудную клетку, а диафрагма опускается. Благодаря этому грудная полость расширяется, раздражение рецепторов прекращается. В плевральной полости создаётся отрицательное давление. Происходит вдох. Лёгкие растягиваются, заполняясь поступающим воздухом. Импульс перестаёт поступать из нервного центра. Межрёберные мышцы расслабляются, грудная клетка опускается, давление в лёгких увеличивается, и воздух выходит в окружающую среду. Происходит выдох.

Гуморальная регуляция связана с повышением концентрации углекислого газа в крови, который возбуждает дыхательный центр.

### **Система пищеварения**

*Пищеварение* – механическая и химическая обработка пищи в системе органов пищеварения. Пища – источник энергии и строительного материала для организма человека. В состав пищи входят питательные вещества – белки, жиры и углеводы. Пищеварительный канал: ротовая полость, глотка, пищевод, желудок, двенадцатиперстная кишка, тонкая кишка, толстая кишка (на их границе находится червеобразный отросток – аппендикс), прямая кишка и анальное отверстие. Пищеварительные железы: три пары слюнных желёз – околоушные, подъязычные и поднижнечелюстные (и множество мелких) – открываются в ротовую полость; печень и поджелудочная железа открываются в двенадцатиперстную кишку.

### **Органы пищеварительной системы**

В ротовой полости происходит механическая и первичная химическая обработка пищи. Здесь располагаются 32 зуба (резцы, клыки, коренные). Внешнее строение зуба: коронка, шейка и корень. Внутреннее строение зуба: эмаль, дентин, пульпа с нервными окончаниями и кровеносными сосудами. Язык – мышечный орган, покрытый слизистой оболочкой; снабжён вкусовыми рецепторами. Определяет вкус пищи, способствует пережёвыванию, формирует пищевой комок и участвует в глотательном движении; орган

речи. Слюнные железы вырабатывают слюну – смесь ферментов (птиалин, амилаза, мальтаза, лизоцим). Функции: химическая обработка (расщепление крахмала), обеззараживание, склеивание и смачивание пищи.

*Глотка* – мышечная трубка (мягкое нёбо приподнимается и загораживает вход в носоглотку, а надгортанник закрывает путь в гортань). Глотание происходит рефлекторно. *Пищевод* – мышечная трубка длиной 25 см, соединяющая глотку с желудком. Пищевод выстлан эпителием.

*Желудок* – расширенный мышечный орган. Стенки трёхслойные (состоят из гладкой мускулатуры). Внутренняя стенка желудка (слизистая желудка) образована железистым эпителием. Железы вырабатывают желудочный сок, содержащий пепсин (фермент, расщепляющий белки), соляную кислоту (активизирует ферменты, обеззараживает пищу), слизь (защищает от механических и химических повреждений). Из желудка пища попадает в двенадцатиперстную кишку – начальный отдел тонкого кишечника. В неё открываются протоки поджелудочной железы (сок содержит ферменты трипсин, амилазу и липазу, расщепляющие все органические вещества) и желчного пузыря. В двенадцатиперстной кишке белки расщепляются до аминокислот, жиры – до глицерина и жирных кислот, а углеводы – до глюкозы при участии сока поджелудочной железы, желчи, кишечного сока. Печень – самая крупная железа человеческого организма. Функции: обезвреживает ядовитые вещества в крови; участвует в обмене веществ; вырабатывает желчь, которая активизирует ферменты поджелудочного и кишечного соков; повышает растворимость жирных кислот; стимулирует сокращение стенок тонкого кишечника; задерживает гнилостные процессы в кишечнике.

Из двенадцатиперстной кишки пища поступает в тонкий кишечник (длиной около 5 м). Его стенки состоят из гладких мышц, обеспечивающих перистальтику. Слизистая оболочка образует кишечные ворсинки, к которым подходят кровеносные и лимфатические капилляры. Функции: продолжается переваривание пищи, всасывание (ворсинками в кровь всасываются аминокислоты и глюкоза, а в лимфу – глицерин и жирные кислоты). Функции толстой кишки: бактериальное расщепление клетчатки, продуктов переваривания белков; синтез витаминов К и группы В; всасывание воды. В прямой кишке формируются каловые массы, удаляющиеся из организма через анальное отверстие.

### **Обмен веществ**

*Обмен веществ* – это сложная цепь превращений веществ, начиная с момента их поступления из внешней среды и заканчивая удалением из организма продуктов их распада. Различают два вида обмена: пластический (ассимиляция) и энергетический (диссимиляция). В процессе пластического обмена организм синтезирует собственные органические вещества. В процессе энергетического обмена органические вещества, поступающие в клетку, окисляются, при этом накапливается энергия АТФ. Процессы пластического и энергетического обменов взаимосвязаны. Регуляция обмена веществ происходит под контролем нервной и эндокринной систем.

*Обмен белков.* При распаде белков образуются аминокислоты, вода, углекислый газ, аммиак превращается в мочевины. В регуляции белкового обмена наиболее важную роль играют гормоны щитовидной железы (тироксин), гипофиза (соматотропный) и коры надпочечников (кортикостерон).

*Обмен углеводов.* Сложные углеводы пищи (крахмал, гликоген) расщепляются до моносахаридов, которые с кровью попадают в печень, где из них синтезируется гликоген. Распад гликогена является основным источником энергии мышечного сокращения. Гормоны адреналин, глюкагон и адренкортикотропный гормон вызывают повышение интенсивности расщепления гликогена, а инсулин тормозит распад гликогена и способствует его синтезу из глюкозы в печени. Согласованное действие этих гормонов сохраняет определённый уровень глюкозы в крови.

*Обмен жиров (липидов).* Жиры могут вовлекаться в окислительно-восстановительные реакции с выделением энергии. Конечным продуктом этих реакций являются вода (H<sub>2</sub>O) и углекислый газ (CO<sub>2</sub>).

*Водно-солевой обмен.* Вода составляет 70 % массы тела человека. Суточная потребность в воде – 2,5–3 л. Поступление воды контролируется центром жажды в продолговатом мозге. Вода получается в организме человека при распаде белков, жиров и углеводов. В нормальных условиях из организма человека за сутки почками выделяется 1200–1500 мл воды, кожей – 800 мл, лёгкими в виде водяного пара – 500 мл, с калом через кишечник – 100–150 мл. В сутки человеку необходимы 8 г натрия, 4 г хлора, 3 г калия, 0,8 г кальция, 2 г фосфора, 15–20 мг железа в виде минеральных солей. Железо входит в состав гемоглобина и ферментов, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях. Натрий, калий и хлор необходимы для поддержания кислотно-щелочного баланса, калий участвует в обеспечении процессов возбудимости нервной и мышечной тканей. Фосфор входит в состав нуклеиновых кислот, АТФ, некоторых ферментов, в соединениях с кальцием и магнием образует костный скелет. Йод входит в состав гормона щитовидной железы – тироксина; цинк – в состав гормонов поджелудочной железы. Фтор придаёт прочность эмали зубов. Кобальт – компонент витамина В12.

### **Витамины**

*Витамины* – биологически активные вещества, необходимые для жизнедеятельности организма. Функция витаминов – активизация ферментов. Витамины часто бывают активными центрами ферментов. Витамины поступают в организм с пищей. Отсутствие в организме витамина вызывает авитаминоз. Все витамины делятся на две группы – водорастворимые (В1, В2, В6, В12, С, РР) и жирорастворимые (А, К, D, Е). Последние могут накапливаться в организме человека, растворяясь в жировой ткани.

Витамин А – ретинол. Влияет на зрение, рост и развитие, участвует в образовании зрительного пигмента – родопсина. Содержится в сливочном масле, молоке, мясе, печени, яйцах, моркови. При авитаминозе наблюдается нарушение сумеречного зрения (куриная слепота), повреждение роговицы глаз, сухость эпителия и его ороговение. Гипервитаминоз (избыток): исхудание, слабость, тошнота, головные боли, хрупкость костей, изменение кожи и слизистых, малокровие.

Витамин В1 – тиамин. Регулирует углеводный обмен, участвует в тканевом дыхании и передаче возбуждения по нервной системе. Находится в дрожжах, печени, муке грубого помола, крупах, картофеле, курином желтке. Авитаминоз – заболевание бери-бери (полиневрит) – атрофия мышц, паралич конечностей, исхудание, нарушение координации движений, поражение нервной системы.

Витамин С – аскорбиновая кислота. Участвует в обменных процессах, образовании кожи, укреплении сосудов. Стимулирует гормональную регуляцию, процессы развития организма, сопротивляемость к заболеваниям. Суточная норма – 100 мг. Содержится в растительной пище – шиповнике, чёрной смородине, хвое, зелёном луке, картофеле, капусте, цитрусовых. При недостатке развивается цинга – поражение стенок кровеносных сосудов, появление мелких кровоизлияний в коже, кровоточивость дёсен, выпадение зубов.

Витамин D – антирахитический. Регулирует обмен кальция и фосфора, необходим для образования костей и зубов. Активизируется в коже под действием ультрафиолетовых лучей (при солнечном свете). Содержится в рыбьем жире, печени, яичном желтке, сливочном масле и молоке. При недостатке развивается рахит (нарушается процесс костеобразования).

Витамин Е – токоферолацетат. Оказывает противоокислительное действие на внутриклеточные липиды. Содержится в растительном масле, салате, шиповнике, мясе, яблоках. При недостатке развивается дистрофия скелетных мышц, ослабляется половая функция, нарушается спермато- и овогенез, что приводит к бесплодию.

Витамин К участвует в синтезе протромбина, способствует нормальной свёртываемости крови. Суточная норма – 0,2–0,3 мг. Синтезируется в достаточном

количестве флорой кишечника, присутствует в шпинате, салате, капусте, томатах, моркови. При недостатке понижается свёртываемость крови.

### **Кожа**

*Кожа* – наружный покров тела человека. Функции: защитная, выделительная, терморегуляторная, чувствительная (орган осязания); участие в минеральном обмене, в выработке витамина D. Производные кожи – волосы, ногти, сальные, потовые и молочные железы. Наружный слой – эпидермис – образован многослойным плоским ороговевающим эпителием. Сверху состоит из мёртвых клеток. Нижние слои состоят из живых, делящихся клеток. Содержат меланин, защищающий организм от ультрафиолетовых лучей. Внутренний слой – собственно кожа, или дерма, – образован соединительной тканью, в ней расположены кожные рецепторы, сальные и потовые железы, корни волос, кровеносные и лимфатические сосуды, рецепторы осязания. Под дермой располагается подкожная жировая клетчатка.

### **Выделение**

*Выделение* – процесс, обеспечивающий выведение из организма продуктов обмена веществ, которые не могут быть использованы организмом. В мочевыделительную систему входят: *почки* – парные органы бобовидной формы, расположенные в поясничной области брюшной полости, состоят из мозгового и коркового слоёв. Структурной и функциональной единицей почки является нефрон, состоящий из капсулы нефрона и извитого канальца. Нефрон образован однослойным эпителием. В капсулу погружён капиллярный почечный клубочек. Диаметр приносящего кровь в клубочек сосуда больше диаметра выносящего. За счёт этого в капиллярном клубочке создаётся высокое давление. Под давлением из капилляров выделяется плазма, просачивающаяся через эпителий капсулы, не пропускающий белки и форменные элементы крови. Этот процесс – фильтрация. Образовавшаяся жидкость – первичная моча (до 180 л/сут.) – состоит из воды, глюкозы, минеральных солей, мочевины. Первичная моча проходит по извитому канальцу, где происходит обратное всасывание (реабсорбция). Из первичной мочи всасываются в кровь вода, глюкоза, витамины, аминокислоты, минеральные соли (частично). Образуется вторичная моча (1,2–1,5 л/сут.), содержащая мочевину, мочевую кислоту, вредные продукты распада, избыток солей. Извитые канальца открываются в собирательные трубочки пирамидок, которые открываются сосочками в почечную лоханку.

*Мочеточники* – тонкие трубочки, отходящие от почечной лоханки. По ним моча спускается в мочевой пузырь. *Мочевой пузырь* – мышечный мешковидный орган, стенки которого могут растягиваться и утончаться. Выход в мочеиспускательный канал закрыт двумя сильными мышечными утолщениями, которые открываются в момент мочеиспускания. По *мочеиспускательному каналу* удаляется моча из организма.

*Центр регуляции* расположен в крестцовом отделе спинного мозга. При раздражении стенок мочевого пузыря избытком мочи возбуждение передаётся в центр, происходит рефлекторное сокращение мышц мочевого пузыря. Акт произвольного мочеиспускания находится под контролем коры головного мозга.

### **Размножение и развитие**

Размножение человека происходит половым путём.

*Мужская половая система.* В семенниках образуются сперма, мужские половые гормоны – андрогены. Мочеиспускательный канал служит одновременно протоком и для семенной жидкости. Предстательная железа лежит под мочевым пузырём, её секрет стимулирует движение сперматозоидов. Семенные пузырьки – железы, в которых скапливаются зрелые сперматозоиды и открывается семявыносящий проток. Половой член – копулятивный орган; он состоит из двух пещеристых тел и одного губчатого, образующего головку. Тела состоят из ткани, богатой кровеносными сосудами, с многочисленными сосудистыми полостями. Полости наполняются кровью, а её отток прекращается из-за сжатия мышц.



**Женская половая система.** Яичники расположены в нижней части брюшной полости. Яичники – парный орган, содержат фолликулы, в которых находятся незрелые яйцеклетки. В яичниках образуются женские половые гормоны, которые способствуют формированию вторичных половых признаков, свойственных женскому организму. К яичникам подходят яйцеводы – маточные трубы. Оплодотворение яйцеклетки происходит в маточной трубе. Яйцеводы открываются в матку. Матка – полый толстостенный мышечный орган грушевидной формы. Полость матки сверху сообщается с маточными трубами, а внизу, через канал шейки матки – с влагалищем. Влагалище – семяприёмник, уплощённая трубка, соединяющая полость матки с наружными половыми органами женщины. Отверстие влагалища расположено между большими и малыми половыми губами. Оно предназначено для введения спермы и выхода плода. Выход зрелой яйцеклетки из фолликула происходит в среднем 1 раз в 28 дней (менструальный период). Попав в маточную трубу, она может слиться со сперматозоидом. Если оплодотворения не происходит, слизистая оболочка матки отторгается, что сопровождается кровяными выделениями – менструацией. Если оплодотворение произошло, образовавшаяся зигота начинает делиться, образуя зародыш. Он спускается по маточной трубе в матку, где внедряется в слизистую оболочку.

### **Развитие человека**

У человека пол обуславливают половые хромосомы. У женщин это XX; у мужчин – XY. Яйцеклетки всегда несут одну X-хромосому, сперматозоиды – либо X-, либо Y-хромосому. Комбинация этих хромосом при оплодотворении определяет пол ребёнка. После внедрения в слизистую оболочку матки начинается зародышевый период внутриутробного развития. Из оболочек, покрывающих зародыш, и кровеносных сосудов слизистой оболочки матки образуется специальный орган – плацента. Через неё зародыш получает от матери питательные вещества и кислород, освобождается от углекислого газа и ненужных продуктов обмена веществ. Кровь зародыша и матери не смешивается, но всё, что оказывается в крови матери, попадает в кровь зародыша (от кислорода и питательных веществ до лекарств и ядов – алкоголя, никотина, наркотиков). Срок развития зародыша – 9 месяцев. По истечении срока беременности наступают роды. Первый месяц жизни человека считается периодом новорождённости. Первый год жизни – грудной возраст. От 1 года до 3 лет – раннее детство (ясельный период). С 3 до 7 лет – дошкольный период. С 7 до 17 лет – школьный.

### **Анализаторы. Органы чувств**

**Анализатор** – это система, содержащая рецептор (периферической части), нерв (проводниковой части) и определённую зону коры головного мозга (центральной части). Существует пять типов анализаторов: зрительный, слуховой, обонятельный, вкусовой, осязательный.

### **Орган зрения**

**Орган зрения** – глаз – состоит из глазного яблока и вспомогательного аппарата (веки, ресницы, слёзные железы и мышцы глазного яблока). Глазное яблоко расположено в глазнице черепа, состоит из трёх оболочек.

**Склера** (белочная оболочка) – наружная оболочка, защищает от механических, химических и биологических повреждений. В передней части переходит в прозрачную **роговицу**. **Сосудистая** (средняя) оболочка – состоит из сети кровеносных сосудов, обеспечивает питание глаза, доставку кислорода. Передняя часть содержит пигменты, определяющие цвет глаз (радужка). **Зрачок** – отверстие в радужке, контролирует поток света, поступающий в глаз. **Сетчатка** – внутренняя оболочка, состоит из светочувствительных клеток (рецепторов): палочек (обеспечивают зрение в сумерках и темноте), колбочек (цветовые ощущения). Место скопления колбочек – **жёлтое пятно** в центре сетчатки. **Слепое пятно** – место выхода зрительного нерва на сетчатке. Фотохимические реакции в палочках и колбочках вызывают нервные импульсы, которые

передаются в зрительный нерв, а затем в затылочную область коры головного мозга (зрительную зону).

### **Оптическая система глаза.**

Роговица пропускает и преломляет лучи света. Передняя камера, заполненная жидкостью, пропускает и преломляет лучи света. За зрачком расположен *хрусталик* – двояковыпуклая линза, фокусирующая потоки света на сетчатке; он может изменять свою кривизну в зависимости от удаления предмета (аккомодация). *Стекловидное тело* – прозрачное тело, придаёт форму глазу, преломляет и пропускает лучи света. Изображение на сетчатке перевёрнутое, уменьшенное. При близорукости изображение фокусируется перед сетчаткой, при дальнозоркости изображение фокусируется за сетчаткой.

### **Орган слуха**

Состоит из трёх отделов. Наружное ухо включает в себя ушную раковину, наружный слуховой проход, барабанную перепонку. Ушная раковина улавливает звук и направляет его по слуховому проходу. Среднее ухо – полость, заполненная воздухом. Здесь располагаются слуховые косточки: молоточек примыкает к барабанной перепонке; наковальня соединяется с молоточком; стремечко соединяется с наковальней, а другим концом – с перепонкой овального окна; слуховая (евстахиева) труба соединяет среднее ухо с носоглоткой. Внутреннее ухо расположено в височной кости, оно образует костный лабиринт и перепончатый лабиринт. Пространство между ними заполнено жидкостью. В костном лабиринте расположены улитка и полукружные каналы (орган равновесия). Улитка – канал, закрученный в виде спирали, – заполнена жидкостью. Посередине натянута мембрана, на ней имеются рецепторные волосковые клетки кортиевого органа – периферического отдела слухового анализатора. Колебание жидкости в улитке приводит к колебанию мембраны и возбуждению волосковых клеток. Далее возбуждение передаётся по слуховому нерву в височную долю коры больших полушарий.

*Орган обоняния* расположен в верхней части носовой полости. Это скопление обонятельных рецепторов булавовидной формы, имеющих реснички. Реснички улавливают молекулы пахучих веществ, что вызывает возбуждение в рецепторных клетках. Информация о запахе поступает на внутреннюю поверхность височной доли коры.

*Орган вкуса* – язык, на поверхности которого расположены вкусовые рецепторы. Рецепторы, восприимчивые к кислому и солёному, расположены по бокам языка, к сладкому – на кончике языка, а к горькому – на корне языка.

*Органом осязания* является кожа. Кожные ощущения возникают благодаря тактильным рецепторам. Больше всего рецепторов на подушечках пальцев, губах и кончике языка. Главным органом осязания является рука человека.

### **Высшая нервная деятельность**

*Высшая нервная деятельность (ВНД)* – деятельность высших отделов ЦНС, обеспечивающих наиболее совершенное приспособление животных и человека к внешней среде (поведение). Материальной основой ВНД являются кора больших полушарий, подкорковые ядра переднего мозга, образования промежуточного мозга. Вся совокупность рефлексов делится на две группы: безусловные и условные.

*Безусловный рефлекс* (врождённый) – постоянная, наследуемая реакция, закономерно возникающая на раздражение, имеющая непосредственно биологическое значение.

*Инстинкт* – общий для всех особей данного вида сложнорефлекторный комплекс наследуемых поведенческих реакций, характеризующихся относительной стереотипностью и стабильностью.

*Условный рефлекс* вырабатывается в течение индивидуальной жизни благодаря образованию временных нервных связей в высших отделах ЦНС.

Условия, необходимые для выработки условного рефлекса:

наличие двух раздражителей: условного (например, свет или звуковой сигнал) и безусловного (пища);

условный раздражитель должен предшествовать безусловному;

безусловный раздражитель должен быть сильнее условного;

отсутствие отвлекающих, посторонних раздражителей;

бодрое состояние коры головного мозга.

Условные рефлексы могут тормозиться. Различают внешнее и внутреннее торможение. Внешнее торможение вызывается сильным посторонним раздражителем, не связанным с выработанным условным рефлексом. Внутреннее торможение возникает при длительном отсутствии подкрепления адекватным раздражителем (например, после звукового сигнала собаке уже не дают пищи). Это способствует смене поведения.

*Мышление* – сложный вид мозговой деятельности организма в процессе приспособления к новым условиям и решению жизненных задач. Различают виды мышления: (по форме) наглядно-действенное, наглядно-образное, абстрактно-логическое; (по характеру решаемых задач) теоретическое и практическое. Рассудочная деятельность позволяет улавливать закономерности, связывающие предметы и явления окружающей среды, и использовать их в новых условиях в своём поведении. *Эмоции* – переживания, в которых проявляется отношение людей к окружающему миру и к самим себе. Положительные эмоции (радость, восторг, удовлетворение) выражаются в активном состоянии структур мозга, побуждающих усилить или повторить данное состояние. Отрицательные эмоции (страх, ужас, отвращение, гнев) выражаются в активном состоянии структур мозга, побуждающих к ослаблению или прекращению данного состояния.

*Речь* – психофизиологическая функция человека, обеспечивающая возможность общения посредством звуков, знаков, символов. И.П. Павлов разработал учение о первой и второй сигнальной системах. Восприятие, связанное с анализом и синтезом непосредственных сигналов, которые приходят от зрительных, слуховых, обонятельных рецепторов, составляет первую сигнальную систему. Вторая сигнальная система появилась у человека благодаря развитию речи. Она отсутствует у животных. Она осуществляет анализ и синтез поступающей информации в виде символов (слов, знаков, формул). Обеспечивает абстрактно-логическое мышление. Сигнальное значение слова связано не с простым звукосочетанием, а с его смысловым содержанием. Слово – одна из единиц языка, служащая для именованя предметов, лиц, процессов, свойств.

*Память* – способность живых организмов к закреплению, сохранению и последующему воспроизведению прошлого опыта. В зависимости от сохранения информации различают кратковременную, долговременную и оперативную память. В соответствии с целями деятельности, в которую заключено запоминание, различают произвольную и произвольную память. По характеру психической активности, преобладающей в деятельности, различают память двигательную, эмоциональную, смысловую (словесно-логическую) и образную (запоминание зрительных, слуховых образов).

*Сон* – периодически наступающее состояние организма человека и высших животных, сопровождающееся значительной обездвиженностью, отсутствием целенаправленной деятельности, отключённостью от внешних воздействий, особой организацией биоэлектрической активности головного мозга. Центр сна расположен в промежуточном мозге, где расположен и центр бодрствования. Сон – явление циклическое. Для человека обычен 7–8-часовой сон из 4–5 циклов. Каждый цикл включает в себя фазы медленного и быстрого сна. Сновидения – психические явления во время сна, осознание и субъективные переживания которых происходят иногда при пробуждении.

#### **Личная и общественная гигиена, здоровый образ жизни**

Для предупреждения инфекционных заболеваний (вирусных, бактериальных, грибковых, вызываемых животными) используются *профилактические прививки*. Помещения и предметы, с которыми контактировал заболевший, подвергаются

дезинфекции. Люди, бывшие в контакте с больным, подвергаются карантину. В почве длительное время сохраняются возбудители многих заболеваний, таких как столбняк. При загрязнении раны частичками почвы необходимо обратиться в поликлинику или больницу, где введут противостолбнячную сыворотку. В почве и природных водоёмах длительное время сохраняются яйца паразитических червей, споры болезнетворных бактерий. Они попадают в организм человека с пищей, немытыми руками, некипячёной водой из водоёма. Мытьё рук после посещения улицы, общественного транспорта, туалета, особенно перед едой, обязательно для профилактики желудочно-кишечных заболеваний. Источником заражения глистными заболеваниями может явиться также недоваренные и непрожаренные мясо, рыба.

### **Предупреждение травматизма, приёмы оказания первой помощи**

Виды кровотечений: артериальное – кровь алого цвета, вытекает фонтанирующей струёй; венозное – кровь тёмно-вишнёвого цвета, вытекает равномерной, непрерывной струёй; капиллярное – кровоточит вся раневая поверхность, но не сопровождается значительной потерей крови. Остановка капиллярного и венозного кровотечения: обработка кожи вокруг раны настойкой йода и наложение давящей повязки. При артериальном кровотечении, кроме давящей повязки, накладывает жгут на конечность выше места ранения, под жгут подкладывается мягкая ткань и записка с указанием времени наложения жгута.

При остановке дыхания делается искусственное дыхание способом «рот в рот» или «рот в нос».

Растяжение связок возникает при незначительном смещении костей в суставе. Первая помощь – наложение холода на сустав и тугая фиксирующая повязка. Вывих сустава – значительное смещение костей, при котором головка одной кости частично или полностью вышла из суставного углубления другой кости, нарушается соприкосновение суставных поверхностей. Первая помощь – охлаждение, наложение фиксирующей повязки, обеспечение покоя повреждённой поверхности, доставка пострадавшего в лечебное учреждение. Перелом кости – нарушение целостности кости. Первая помощь при закрытом переломе – обездвижение повреждённой части тела, наложение шины, доставка пострадавшего в лечебное учреждение. Первая помощь при открытом переломе – остановка кровотечения, наложение давящей повязки, наложение шины, доставка пострадавшего в лечебное учреждение.

### **Психическое и физическое здоровье человека**

Соблюдение правил здорового образа жизни – условие нормальной работы организма. К факторам здоровья относятся аутотренинг, закаливание, двигательная активность. Факторы риска: стрессы, гиподинамия, переутомление, переохлаждение.

*Гиподинамия* – ограничение физической подвижности – сказывается на состоянии сердца и сосудов, общем состоянии организма и настроении человека. Гиподинамия способствует понижению обмена веществ, вызывает ослабление мышц, снижает выносливость, увеличивает количество жировой ткани, что приводит к ожирению. Физиологические правила повышения работоспособности: утренняя зарядка, уроки физической культуры, ритмичность в работе, чередование труда и отдыха, что предупреждает переутомление.

*Закаливание* – комплекс приёмов, которые систематически используются для тренировки устойчивости организма к температурным воздействиям окружающей среды. Требования к материалу для одежды: проницаемость для воздуха и влаги, возможность впитывать влагу, длительное удерживание тепла. Систематическое занятие физкультурой способствуют улучшению координации движений, укреплению мышц, улучшению состояния скелета, тренировке дыхательной и сердечно-сосудистой систем, развитию сердечной мышцы и мышц грудной клетки. *Правильная осанка* – условие нормального и полноценного функционирования внутренних органов.

Алкоголь, никотин, наркотические вещества отрицательно влияют на организм и на развитие зародыша человека. Никотин вызывает сужение кровеносных сосудов, что способствует повышению кровяного давления, усиливает свёртываемость крови, что способствует образованию тромбов. Курение повышает риск инфаркта миокарда, что связано с нарушением кровотока в коронарных сосудах. Содержащийся в табаке никотин является ядом для организма, вредно воздействует на органы дыхания, провоцирует бронхиты, рак лёгкого, туберкулёз. Алкоголь возбуждает нервную систему и угнетает обмен веществ, повышает частоту сердечных сокращений, что приводит к увеличению нагрузки на сердце. Алкоголь оказывает вредное воздействие на почки, разрушает почечный эпителий, затрудняет образование мочи.

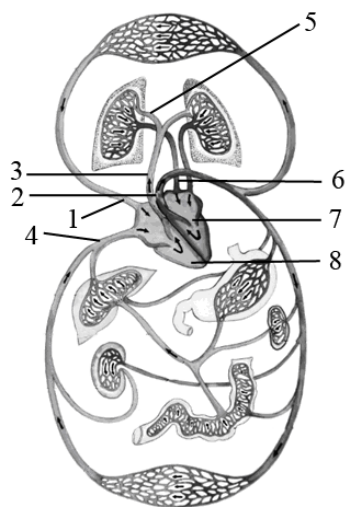
**Практические задания для самостоятельного выполнения**

1. Рассмотрите таблицу «Биология – комплексная наука» и заполните ячейку, вписав соответствующий термин.

Раздел биологии	Предмет изучения
?	Строение органов, систем органов и организма в целом
Биотехнология	Использование организмов в промышленном производстве продуктов питания и лекарств

Ответ: \_\_\_\_\_.

**Рассмотрите рисунок и выполните задания 2 и 3.**



2. Каким номером на рисунке обозначена нижняя полая вена?

Ответ: \_\_\_\_\_.

3. Установите соответствие между характеристиками и кровеносными сосудами человека, обозначенными на рисунке выше цифрами 1, 2, 3: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ХАРАКТЕРИСТИКИ

КРОВЕНОСНЫЕ СОСУДЫ

- |   |      |
|---|------|
| А) доставляет кровь в правое предсердие     | 1) 1 |
| Б) самая крупная артерия организма          | 2) 2 |
| В) сосуд малого круга кровообращения        | 3) 3 |
| Г) выносит кровь из правого желудочка       |      |
| Д) имеет максимально высокое давление крови |      |
| Е) несёт артериальную кровь                 |      |

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

4. Выберите три верных ответа и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. Что характерно для желудка человека?

- 1) наличие гладких мышц в стенках
- 2) соединение протоком с поджелудочной железой
- 3) наличие ворсинок в слизистой оболочке
- 4) присутствие многочисленных желёз в слизистой оболочке
- 5) выработка фермента амилазы
- 6) выработка фермента пепсина

Ответ:

--	--	--

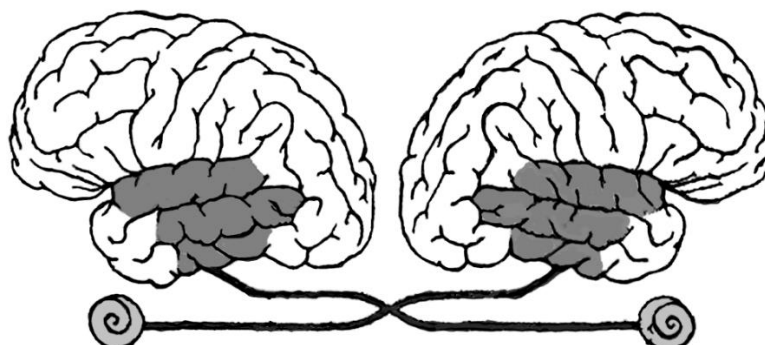
5. Установите последовательность процессов при передаче звуковых волн в ухе человека. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) перемещение жидкости в улитке
- 2) перемещение звуковой волны по слуховому проходу
- 3) колебания слуховых косточек
- 4) колебания перепонки овального окна
- 5) раздражение слуховых рецепторов
- 6) колебание барабанной перепонки

Ответ:

--	--	--	--	--	--

6. Рассмотрите рисунок с изображением сенсорной системы (анализатора) человека и определите структуры, соответствующие её отделам. Заполните пустые ячейки таблицы, используя элементы, приведённые в списке. Для каждой ячейки, обозначенной буквой, выберите соответствующий элемент из предложенного списка.



Периферический отдел	Проводниковый отдел	Центральный отдел
_____ (А)	_____ (Б)	_____ (В)

Список элементов:

- 1) обонятельный нерв
- 2) преддверно-улитковый нерв
- 3) затылочная доля коры
- 4) теменная доля коры
- 5) кортиева орган
- 6) височная доля коры
- 7) обонятельные рецепторы
- 8) слуховые косточки

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В

7. Установите последовательность процессов в организме человека во время вдоха. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) понижение давления в плевральной полости
- 2) увеличение объёма грудной полости
- 3) поступление воздуха в альвеолы
- 4) сокращение диафрагмы и межрёберных мышц
- 5) возбуждение нервного центра вдоха
- 6) поступление нервного импульса к дыхательным мышцам

Ответ: 

--	--	--	--	--	--

8. Рассмотрите схему сердечного цикла у человека, представленную на рисунках 1 и 2. На каком рисунке изображена фаза систолы предсердий? Ответ поясните. В каком состоянии в этот момент находятся полулунные и створчатые клапаны сердца? Каковы функции клапанов в фазе систолы предсердий?

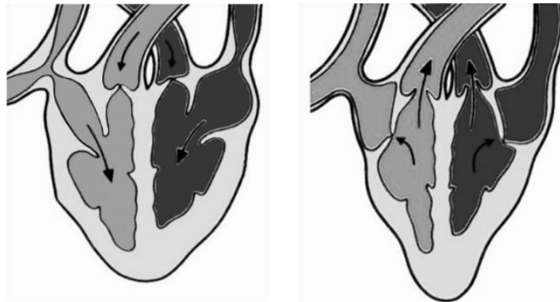
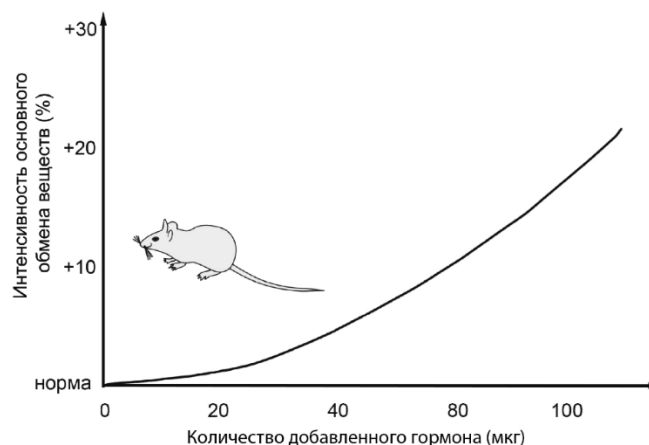


Рис. 1

Рис. 2

9. Экспериментатор решил изучить интенсивность основного обмена веществ у домашней мыши (*Mus musculus*). Для этого он вводил в брюшную полость мышам разные дозы гормона щитовидной железы в физиологическом растворе. Результаты эксперимента представлены на графике.



К какому заболеванию у человека приведёт хроническое увеличение концентрации гормонов щитовидной железы? Почему при этом заболевании усиливается потоотделение?



10. В зависимости от строения своей молекулы дыхательный белок гемоглобин может иметь различную степень сродства к кислороду, то есть различную способность присоединять кислород к железосодержащему гему. Чем меньше сродство гемоглобина к кислороду, тем медленнее кровь связывает кислород из внешней среды. Как различается сродство гемоглобина к кислороду у высокогорных лам, в отличие от верблюдов, обитающих в степях Монголии? Ответ аргументируйте. Какие параметры форменных элементов крови обеспечивают её кислородную ёмкость (способность насыщаться кислородом) у различных групп позвоночных животных?

## 2.6. Теория эволюции. Развитие жизни на Земле

Содержание данного раздела проверяется в следующих линиях заданий ЕГЭ 2024 г.: 17 (представлено обязательно); 18, 19, 20, 24, 26 (возможно).

### Краткое содержание теоретического материала

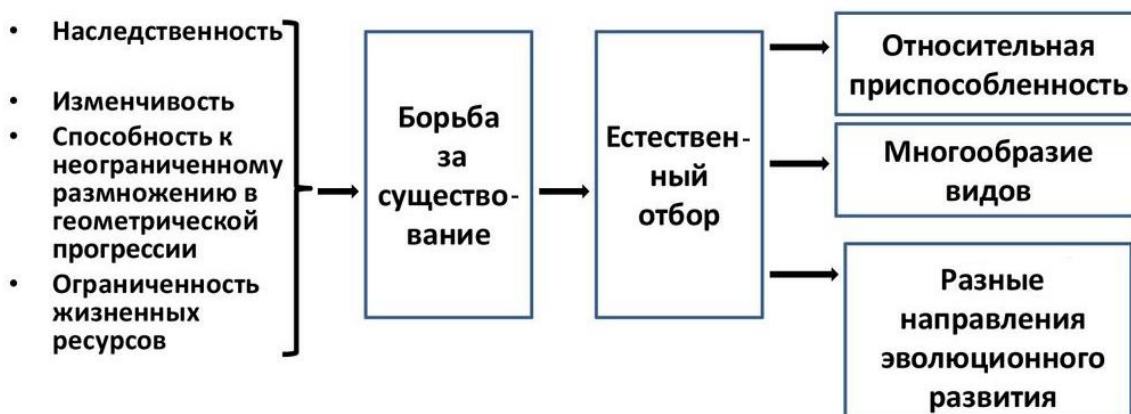
**Эволюция** – процесс исторического развития живой природы. К. Линней ввёл бинарную (двойную) номенклатуру названий вида. Ж.-Б. Ламарк – первый эволюционист создавший градуалистическую концепцию: движущие силы эволюции – прямое воздействие среды на организмы, стремление организмов к совершенствованию и наследование благоприобретённых признаков. Сформулировал три закона эволюции органического мира: прямого приспособления, упражнения и неупражнения органов, наследования благоприобретённых признаков.

Ч. Дарвин определил основные движущие силы (факторы) эволюции: наследственная *изменчивость*, борьба за существование и *естественный отбор*. Образование новых видов происходит в результате естественного отбора. Дарвин выделил и охарактеризовал две основные формы изменчивости: определённую и неопределённую. Определённая, или групповая, изменчивость – ответная реакция организма на воздействие среды. Она не наследуется, и при прекращении действия фактора среды признак возвращается к исходной форме. Неопределённая, или индивидуальная, изменчивость обусловлена внутренними причинами, отсутствует у предков, возникает внезапно (спонтанно), единична, неадекватна воздействию внешних факторов, всегда наследуется. Она является причиной неоднородности особей. Ч. Дарвин выделил ещё одну форму изменчивости – соотносительную (коррелятивную), при которой изменение одного признака обуславливает появление других признаков. Любая форма изменчивости сама по себе ещё не может привести к появлению в природе нового вида.

### Основные положения теории Ч. Дарвина

Причины эволюции видов в природе – высокая плодовитость и интенсивность размножения организмов, но ограниченность природных ресурсов. Вследствие этого происходит борьба за существование. Борьба за существование – это совокупность всех отношений особей друг с другом и с неживой природой, определяющихся способностью данной особи к выживанию и оставлению потомства. Ч. Дарвин выделил три формы борьбы за существование: внутривидовую, межвидовую и борьбу с неблагоприятными условиями внешней среды. Наличие наследственной изменчивости и борьбы за существование ведёт к естественному отбору. Результатами естественного отбора являются возникновение приспособленности организмов к среде обитания и возникновение разных направлений эволюции, образование новых видов.

Новые виды образуются в результате *дивергенции* – расхождения признаков, возникающего под действием естественного отбора, при этом из одной исходной формы образуются две и более дочерних.



## Логическая структура дарвинизма

### Основные положения синтетической теории эволюции

1. Материалом для эволюции служит наследственная изменчивость организмов.
2. Мутационный процесс, комбинативная изменчивость, популяционные волны – движущие силы эволюции. Они поставляют материал для естественного отбора и имеют случайный характер.
3. Направляющий фактор эволюции – естественный отбор – основан на сохранении и накоплении наследственных изменений у организмов.
4. Элементарная единица эволюции – *популяция* – относительно обособленная группа особей одного вида, которые населяют определённую территорию внутри его ареала и свободно скрещиваются между собой. Она обладает общим *генофондом* – совокупностью генов особей, составляющих популяцию.
5. *Элементарное эволюционное явление* – длительное и направленное изменение генофонда популяции, генетическая предпосылка эволюции.
6. Вид состоит из различающихся по некоторым признакам, но генетически однородных единиц – популяций и подвидов, существующих в пределах своего ареала. Генетическая однородность вида поддерживается скрещиванием особей, образующих его популяции.
7. Обмен генами возможен лишь внутри вида. Генофонд каждой популяции содержит генетический груз – часть наследственной изменчивости, которая определяет появление в ней менее приспособленных особей.
8. Эволюция имеет постепенный и длительный характер. Видообразование как этап эволюции представляет собой последовательную смену одной популяции другой и называется микроэволюция.
9. Эволюция на уровне, превышающем вид, т.е. образование родов, семейств, отрядов, классов и других надвидовых систематических групп организмов, называется макроэволюция.
10. Эволюция непредсказуема: у неё нет конечной цели, и её финал недостижим.

### Движущие силы эволюции

*Движущие силы (факторы) эволюции:* мутационный процесс, комбинативная изменчивость, популяционные волны, дрейф генов, миграция особей, изоляция и естественный отбор. Все они, за исключением естественного отбора, действуют ненаправленно и изменяют только генофонд популяции.

*Мутационный процесс* – поставщик мутаций. *Популяционные волны*, или «волны жизни», – изменения численности особей в популяциях, возникающие под влиянием среды и ведущие к изменению интенсивности естественного отбора и генетической структуры популяции. *Дрейф генов* – случайное ненаправленное изменение частот аллелей в популяции при её небольшой численности – приводит к уменьшению доли наследственной изменчивости в популяции и возрастанию её генетической однородности, в результате изолированные популяции могут утратить своё первоначальное генетическое сходство. *Миграция* – передвижение особей из одних мест обитания в другие, при этом происходит обмен генами между разными популяциями одного вида. *Изоляция* – разобщение особей из-за возникновения барьеров для свободного скрещивания, в результате закрепляются возникшие у особей генетические различия.

*Естественный отбор* (главный эволюционный фактор) – процесс избирательного выживания

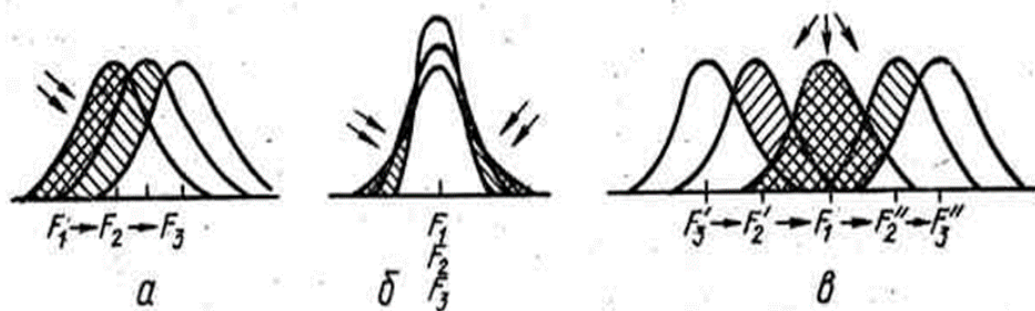
и размножение более приспособленных к данным условиям среды особей и гибель менее приспособленных. Направлен на сохранение и накопление наследственных изменений у организмов. Естественный отбор осуществляется в природе через различные формы борьбы за существование между организмами и неживой природой.

*Борьба за существование* – активность организмов по отношению к внешней среде, направленная на поддержание жизнедеятельности и размножение. Это совокупность всех

отношений особей друг с другом и с природой, определяющихся способностью данной особи к выживанию и оставлению потомства. Подразделяется на *внутривидовую* (между особями одного вида), *межвидовую* (между особями разных видов), *борьбу с неблагоприятными факторами* окружающей среды. Борьба за существование – предпосылка естественного отбора. В результате отбора у особей сохраняются адаптации, обеспечивающие выживание и воспроизводство потомства; все приспособления имеют относительный характер.

#### Естественный отбор и его формы

*Естественный отбор* – это избирательное уничтожение одних особей и преимущественное размножение других, процесс сохранения одних особей за счёт гибели других.



*Движущий отбор (а)* действует при изменении условий существования организмов, направлен в пользу особей, имеющих отклонения от средней нормы; в результате возникает новая средняя норма, более соответствующая изменившимся условиям. *Стабилизирующий отбор (б)* действует в постоянных условиях, направлен против особей с крайними отклонениями от средней нормы реакции признака; результат – сохранение и укрепление средней нормы проявления признака, неизменности вида. *Дизруптивный (раскалывающий) отбор (в)* действует в изменяющихся условиях жизни, направлен в пользу организмов, имеющих крайние отклонения от средней выраженности признака, результат – образование новых средних форм вместо прежней, формирование новых видов.

#### Вид, его критерии. Популяция

*Вид* – совокупность особей, обладающих наследственным сходством морфологических признаков, свободно скрещивающихся и дающих плодовитое потомство, приспособленных к сходным условиям жизни и занимающих определённый ареал.

#### Критерии вида

*Морфологический* критерий – сходство внешнего и внутреннего строения организмов одного вида.

*Генетический* критерий – число и структура хромосом вида, его кариотип.

*Физиологический* критерий – сходство процессов жизнедеятельности и возможность скрещивания особей одного вида между собой.

*Биохимический* критерий позволяет различать виды по биохимическим параметрам (строению белков и нуклеиновых кислот).

*Географический* критерий – область распространения вида, его территория.

*Экологический* критерий – условия существования вида, его экологическая ниша, положение в биоценозе. Для описания вида используют совокупность нескольких критериев.

Виды биологически изолированы друг от друга; состоят из популяций, существующих в пределах его ареала.

*Популяция* – структурная единица вида и единица эволюции. Основные эволюционные процессы идут в популяциях вида. Популяция – наименьшая эволюционная единица; в ней длительно и направленно изменяется генофонд – совокупность генов.

Усиление мутационного процесса и длительная изоляция популяции могут привести к появлению нового вида. Численность особей в популяциях непостоянна, наблюдаются популяционные волны.

### **Микроэволюция**

*Микроэволюция*, или *видообразование*, – распространение в популяции малых изменений в частотах аллелей на протяжении нескольких поколений, эволюционные изменения на внутривидовом уровне. Такие изменения происходят из-за следующих процессов: мутации, естественный отбор, искусственный отбор, перенос генов и дрейф генов. Данные изменения приводят к дивергенции популяций внутри вида и в конечном счёте к видообразованию: последовательная смена одной популяции другой и образование новых видов.

Выделяют следующие пути видообразования.

1. Дивергентный – появление нескольких новых видов при делении одного начального.
2. Филетический – преобразование исходного вида без увеличения количества разновидностей.
3. Гибридогенный – появление третьего вида при слиянии и сохранении двух первоначальных.

Если изменения произошли из-за экологической разобщённости, то процесс называют *симпатрическим*; если из-за географической, то – *аллопатрическим*.

### **Приспособленность и её виды**

*Приспособленность* – относительная целесообразность строения и функций организма. Является результатом естественного отбора, устраняющего неприспособленных особей.

*Форма тела* животных позволяет им легко передвигаться в соответствующей среде, делает организмы малозаметными среди предметов.

*Маскировка* – сходство организма с каким-либо предметом окружающей среды по окраске, форме тела. Покровительственная окраска скрывает организм в окружающей среде. *Расчленяющая окраска* – чередование светлых и тёмных полос на теле – создаёт иллюзию чередования света и тени, размывает контуры животного. *Предостерегающая окраска* яркая, указывает на наличие ядовитых веществ или специальных жалящих органов защиты, на опасность для хищника. *Мимикрия* – сходство незащищённых особей с защищёнными, несъедобными организмами, подражание беззащитных хорошо защищённым организмам, что предохраняет их от истребления. *Приспособительное поведение* заключается в повадках, инстинктах и поведении животных: угрожающая поза, предупреждающая и отпугивающая врага; замирение; забота о потомстве; запасание корма; постройка гнезда, норы. Поведение животных направлено на защиту и сохранение от врагов и действий факторов среды.

У растений также выработались приспособления к защите, размножению, распространению: колючки, яркая окраска цветков насекомоопыляемых растений; различное время созревания тычинок и семязачатков препятствует самоопылению; разнообразие плодов способствует распространению семян. Все приспособления имеют относительный характер, так как действуют в определённых условиях, в которых адаптирован организм. При изменении условий приспособления могут не защитить организм от гибели, а следовательно, признаки перестают быть приспособительными. Узкая специализация может стать причиной гибели в изменившихся условиях.

### **Доказательства эволюции живой природы**

1. Палеонтологические доказательства.

*Палеонтология* изучает ископаемые организмы, выявляет сходство строения вымерших и ныне живущих видов. К основным методам палеонтологии относят изучение ископаемых переходных форм организмов и восстановление филогенетических рядов различных видов, т.е. изучение последовательности исторического развития флоры

и фауны Земли. *Переходные формы* – организмы, сочетающие в себе признаки древних и молодых групп крупных систематических таксонов (классов, типов) – звероящеры, ихтиостеги и др. *Филогенетические ряды* составлены из ископаемых организмов, эволюционно связанных друг с другом и отражающих общий ход филогенеза (филогенетический ряд лошадей, слонов и других организмов).

#### 2. Эмбриологические доказательства.

Методы *эмбриологии* предоставляют возможность на основании изучения зародышевого развития и строения организмов установить их филогенетическое родство. К. Бэр установил закон зародышевого сходства: эмбрионы различных классов и видов позвоночных животных обнаруживают в пределах типа большое сходство. Наибольшее сходство имеют зародыши на ранних стадиях развития: общие признаки типа формируются в ходе эмбриогенеза раньше, чем специальные. Биогенетический закон Э. Геккеля – Ф. Мюллера: онтогенез особи есть краткое и быстрое повторение филогенеза вида.

#### 3. Сравнительно-морфологические доказательства.

Единство происхождения систематических групп организмов доказывает общий план строения их органов и соответствующие эволюционные изменения. Морфологическое сходство в строении органов позволяет установить родство организмов. *Гомологичные органы* имеют сходный план строения и развиваются из одинаковых зародышевых зачатков, выполняют сходные или различные функции.

*Аналогичные функции* – морфологически сходные органы, выполняющие одинаковые функции, но не имеющие единого плана строения и развивающиеся из разных зародышевых зачатков. Они свидетельствуют о сходстве приспособлений к одинаковым условиям среды, возникающих у разных организмов в ходе эволюции.

*Рудиментарные органы* – упрощённые или недоразвитые образования, утратившие своё первоначальное значение. Наличие рудиментов объясняется постепенной утратой нормально развитых у предков органов, которые в процессе эволюции потеряли своё первоначальное значение, недоразвились или видоизменились.

*Атавизм* – явление возврата к признакам предков, проявляющееся у отдельных организмов. Причина появления атавизмов кроется в наличии у особей «генов предков», ответственных за данный признак. В норме их действие блокируется генами-репрессорами, но, когда репрессоры перестают выполнять свои функции, гены активизируются, что приводит к появлению атавизмов. Иногда это бывает связано с общей задержкой онтогенеза. В отличие от рудиментов, которые встречаются у всех особей одного вида, атавизмы появляются внезапно только у единичных представителей.

#### 4. Биогеографические доказательства.

*Биогеография* изучает закономерности возникновения и распространения животных и растений на Земле. Сопоставляя и сравнивая фауну и флору современных континентов, учёные восстанавливают ход эволюционного процесса. Флора и фауна материков наряду со сходными группами организмов может иметь *эндемики* – виды, которые нигде больше в диком состоянии не встречаются. Это связано с длительной географической изоляцией территории. О животном и растительном мире прошлых эпох свидетельствуют *реликты*, или «живые ископаемые», – виды ныне живущих организмов с примитивными признаками, сохранившимися от вымерших групп.

### Направления и пути эволюции

*Макроэволюция* – эволюция на надвидовом уровне; образование родов, семейств, классов и других надвидовых систематических таксонов.

*Филогенез* – процесс исторического развития отдельных систематических групп (таксонов): родов, семейств, отрядов (порядков), классов, типов (отделов), царств и всего органического мира в целом.

*Биологический прогресс* – эволюционный успех в развитии систематической группы, приводящий к увеличению количества входящих в неё видов, расширению их ареалов, повышению численности особей, совершенствованию приспособленности организмов.

*Биологический регресс* – эволюционный упадок в развитии систематической группы, приводящий к уменьшению количества входящих в неё видов, сужению их ареалов и понижению численности особей, снижению приспособленности организмов.

### **Пути эволюции**

*Ароморфоз* (морфофизиологический прогресс) – крупные принципиально новые изменения в строении организмов, сопровождающиеся повышением общего уровня их организации. В результате ароморфозов приобретаются ранее отсутствовавшие приспособления, что приводит к расширению адаптивных возможностей организмов; формируются такие таксоны, как классы, типы, царства.

*Идиоадаптация* – частные морфофизиологические приспособления к условиям обитания, не изменяющие общего уровня организации. В результате идиоадаптаций происходит расхождение (дивергенция) признаков у организмов, формируются гомологичные органы, образуются более мелкие таксоны, такие как отряды, семейства, роды.

*Общая дегенерация* (морфофизиологический регресс) – упрощение общего уровня организации в связи с паразитическим или неподвижным образом жизни. Это ведёт к появлению существенных отличий от свободноживущих родственных видов. Морфофизиологический регресс всегда вторичен по отношению к биологическому прогрессу. Он сопровождается потерей или упрощением органов и признаков, которые в ходе эволюции оказались организмам ненужными. Редукция органов связана с мутациями, но если такие мутации сохраняются естественным отбором и обеспечивают выживание особи, то они закрепляются в поколениях и распространяются в популяции.

В процессе эволюции происходит закономерная смена одних направлений другими. После какого-либо ароморфоза начинается длительный период идиоадаптации, в результате которой возникают разнообразные формы организмов, различающиеся образом жизни, местом обитания, способами питания, поведением и т.д.

### **Общие черты исторического развития и формы филогенеза**

Различают следующие формы направленной эволюции: филетическую, дивергентную, конвергентную и параллельную.

*Филетическая эволюция* характеризуется постепенными прогрессирующими приспособлениями одной систематической группы организмов, как правило, одного вида. В результате движущего отбора изменяется генофонд вида, что приводит к возникновению новой, более прогрессивной формы, причём каждый следующий вид является непосредственным потомком предыдущего.

*Дивергентная эволюция* – форма эволюции, в результате которой происходит расхождение признаков внутри одной группы организмов и образование нескольких филетических линий от единого предка в результате действия разрывающего (дизруптивного) отбора.

*Конвергентная эволюция* – форма эволюции, связанная с независимым развитием сходных признаков у неродственных групп организмов, приводящая к схождению признаков у организмов. Конвергенция является результатом действия движущей формы отбора и возникает у неродственных организмов, обитающих в одинаковых условиях среды.

*Параллельная эволюция* – независимое развитие сходных признаков у организмов близкородственных групп в одинаковых условиях среды. Параллелизм напоминает конвергенцию, но сходные признаки возникают у генетически близких организмов.

### **Возникновение жизни на Земле. Этапы развития органического мира на Земле**

*Биопоэз* – абиогенез, осуществившийся на Земле в прошлом и невозможный в настоящее время.

Процесс шёл в три этапа: 1) абиогенный синтез органических соединений из неорганических; 2) образование биологических полимеров из органических мономеров;

3) формирование из биополимеров мембран и первых одноклеточных организмов – *пробионтов*.

### **Эволюция органического мира**

Первые клеточные организмы были прокариотами, состояли из одной клетки, не имели ядра, были гетеротрофами. Позже появились хемосинтетики и фотосинтетики. Первыми фотосинтезирующими организмами были анаэробные бактерии, затем появились цианобактерии. После появления первых одноклеточных произошло их разделение на прокариоты и эукариоты (в клетках сформировались ядро, различные органоиды). Эукариоты разделились на три царства: Растения, Животные и Грибы. Следующий ароморфоз – появление многоклеточности.

### **Эволюция растений**

Основные черты эволюции растительного мира: 1) уменьшение в жизненном цикле доли полового поколения – гаметофита и преобладание бесполого поколения – спорофита; 2) переход от наружного оплодотворения к внутреннему и утрата зависимости полового процесса от воды; 3) развитие тканей, обеспечивающих выполнение функций опоры, защиты, питания, транспорта и др.; 4) разделение тела растений на органы (корни, стебли и листья) в связи с переходом к наземному существованию; 5) приспособление семенных растений к разным способам опыления, распространения семян.

*Водоросли* прошли усложнение от одноклеточности через колониальность к многоклеточности (в основном в водной среде). В жизненном цикле у зелёных водорослей преобладает гаметофит. Выход растений на сушу стал величайшим ароморфозом в развитии жизни на Земле.

Первые наземные растения – *риниофиты* – не имели органов, развились покровная и проводящая ткани (защита от высыхания и транспорт воды). В жизненном цикле стал преобладать спорофит, т.е. поколение, дающее споры. Мхи менее приспособлены к жизни на суше и являются тупиковой ветвью эволюции; в их жизненном цикле преобладает половое поколение (гаметофит), спорофит развит слабее и существует за счёт гаметофита. От риниофитов возникли высшие споровые растения – папоротникообразные: плауны, хвощи и папоротники. У них ветвистая форма побега (стебли и листья), корнеподобные выросты (ризоиды) и настоящие корни, обеспечившие эффективное всасывание из почвы воды с минеральными веществами. В жизненном цикле папоротникообразных преобладает спорофит. Спорофит – самостоятельное растение, не связанное с гаметофитом; он увеличился в размерах, приобрёл травянистые и древесные формы. Появление семенных папоротников – один из важнейших этапов в эволюции растений. У этих вымерших растений произошла дифференциация спорангиев и спор: женский спорангий преобразовался в семязачаток, а мужской – в пыльцевые гнёзда. В результате на Земле появились настоящие семенные растения – голосеменные, у которых женский гаметофит представлен семязачатком с яйцеклеткой, а мужской – пыльцевым зерном со спермиями. Половые клетки голосеменных формируются во внутренних тканях, водная среда перестала играть роль в оплодотворении. Голосеменные растения стали размножаться семенами, содержащими питательные вещества, необходимые для развития зародыша при прорастании.

Следующая группа семенных растений – покрытосеменные (цветковые), у которых появились цветки как приспособление к опылению и оплодотворению. Вокруг семян из частей цветка развился плод – орган, обеспечивший защиту и распространение семян. В ходе эволюции у покрытосеменных образовались: разные способы опыления; разные виды плодов, обеспечивающих распространение семян; листопадность (приспособление к сезонным изменениям климата). В настоящее время покрытосеменные занимают господствующее положение в растительном мире.

### **Эволюция животных**

Основные этапы эволюции: 1) развитие многоклеточности, специализация клеток, появление тканей, органов и систем органов; 2) образование наружного и внутреннего



скелета – опоры тела и защиты органов, развитие подвижных конечностей; 3) появление нервной системы и усложнение поведения, обеспечивших приспособление к изменениям окружающей среды; 4) становление форм группового взаимодействия, отделяющих биологическую форму эволюции от социальной.

Предками всех животных были одноклеточные древние простейшие – жгутиконосцы, сходные с одноклеточными водорослями. Следующий этап эволюции – появление первых многоклеточных животных и специализация клеток. Далее появились многоклеточные двуслойные животные – кишечнополостные. У них продолжилась специализация клеток. Процесс переваривания пищи стал внутриполостным, однако сохранилось и внутриклеточное пищеварение.

Следующий этап – появление трёхслойных животных. Появление двусторонней симметрии тела, разделение на брюшную и спинную стороны, выделение переднего и заднего концов тела, образование четырёх типов тканей, возможность активного передвижения, усложнение нервной системы. Первыми такими организмами были свободно живущие плоские черви – планарии. Прогрессивные черты организации позволили им освоить не только водную среду, но и сушу (влажную почву), некоторые перешли к паразитическому образу жизни. От плоских червей произошли круглые и кольчатые черви, а от последних – членистоногие.

Главной предпосылкой завоевания членистоногими суши явилось развитие у них расчленённых конечностей и твёрдого хитинового покрова, играющего роль наружного скелета и защищающего тело от потери воды. Ракообразные остались жить преимущественно в воде, а паукообразные и насекомые освоили наземно-воздушную и почвенную среды. Наибольшего эволюционного расцвета достигли насекомые за счёт разнообразных конечностей, сложных ротовых аппаратов, появления крыльев и специальных органов дыхания – трахей.

Эволюция хордовых животных связана с развитием внутреннего скелета. Он служит опорой тела и защитой органов. Первыми хордовыми животными были вымершие бесчелюстные рыбы. От них произошли первые челюстноротые рыбы, у которых из первой пары жаберных дуг образовались подвижные челюстные кости, а на теле из кожных складок развились плавники. Эволюция рыб шла по пути совершенствования скелета и плавников. У одной группы рыб (хрящевые рыбы) развился хрящевой скелет, у другой (костные рыбы) – костный. Появились кистепёрые рыбы, которые могли дышать атмосферным воздухом с помощью примитивных лёгких, образованных впячиванием стенки кишки. Из плавников образовались мускулистые конечности первых наземных позвоночных животных. От кистепёрых рыб произошли первые наземные позвоночные животные – ихтиостеги.

Развитие лёгких и парных пятипалых конечностей наземного типа – два крупных эволюционных преобразования, обеспечивших животным второй выход на сушу. От первых наземных позвоночных (ихтиостег) произошли стегоцефалы, а от них – остальные земноводные. Земноводные по сравнению с рыбами обладают целым рядом эволюционных признаков: наличие лёгких, трёхкамерное сердце, два круга кровообращения, пятипалые конечности. Но их размножение связано с водой, поэтому им не удалось широко освоить наземно-воздушную среду.

Первыми позвоночными животными, завоевавшими сушу, стали пресмыкающиеся. Этому предшествовало появление роговых чешуй на коже и яиц с оболочками. Кожные покровы пресмыкающихся стали непроницаемыми для воды и атмосферного воздуха, вследствие чего дыхательная поверхность лёгких увеличилась, а в желудочке сердца появилась неполная перегородка. Оболочки яйца обеспечили питание, дыхание и защиту зародыша, что сделало размножение наземных животных не зависящим от водной среды. Внутреннее оплодотворение повысило надёжность размножения.

Дальнейшее завоевание суши продолжили птицы и млекопитающие. У них появились теплокровность и сложное поведение. Теплокровность за счёт повышения уровня обмена веществ в организме обеспечила независимость от окружающей среды.

Этому способствовали четырёхкамерное сердце, более совершенные лёгкие, перьевой и волосяной покровы, защищающее тело от температурных воздействий среды. Развитие головного мозга у птиц и млекопитающих привело к усложнению их поведения. Оно проявилось в выраженной заботе о потомстве, способности к выработке условных рефлексов. Сложное поведение привело к различным формам группового взаимодействия, к появлению высшего отряда млекопитающих – приматов – и к возникновению биосоциального существа – человека.

### **Антропогенез. Человеческие расы**

*Антропология* – наука, изучающая происхождение и эволюцию человека. Человек как биологический вид относится к типу Хордовые, к классу Млекопитающие. Родство человека и животных подтверждается существованием у него *рудиментов* (аппендикс, рудимент третьего века, рудиментарные ушные мышцы, рудиментарная мышца в основании волосяной сумки, зубы мудрости, часто недоразвитые или отсутствующие) и появлением атавизмов (появление хвоста, дополнительных сосков, сплошного волосяного покрова).

Человека относят к отряду Приматы и имеет черты сходства с человекообразными обезьянами (конечности хватательного типа, одна пара сосков, наличие ногтей на пальцах, хорошо развиты ключицы, рождение, как правило, одного детёныша, замена молочных зубов на постоянные, четыре группы крови, сходство строения кожи, сходство хромосомного набора).

Отличительные признаки человека: прямохождение, изгибы позвоночника, плоская грудная клетка, широкий таз, хорошо развитый и противопоставленный другим пальцам руки большой палец, отсутствие сплошных надбровных дуг, слабые челюсти, маленькие клыки, наличие подбородочного выступа, хорошо развитая мозговая часть черепа, большой объём мозга (1600 см<sup>3</sup>). Специфические черты человека: членораздельная речь, абстрактное мышление, хорошо развитая вторая сигнальная система.

### **Движущие силы эволюции человека**

Биологические факторы антропогенеза: мутации, наследственная изменчивость, борьба за существование, естественный отбор. Прямохождение, противопоставленный другим пальцам руки большой палец, большой объём мозга сформировались по законам биологической эволюции. Прямохождение позволило освободить руки, использовать их в трудовой деятельности. Изготовление орудий труда повлияло на формирование руки и появление речи. Социальные факторы: труд, речь, общественный образ жизни, изменение характера пищи – привели к изобретению искусства, возникновению общественных отношений и социальных законов, которые способствовали формированию сознания и мышления, что, в свою очередь, стимулировало развитие мозга. Биологические законы развития сменились на социальные, темпы антропогенеза резко ускорились.

### **Этапы антропогенеза**

Предшественник человека (протоантроп) → древнейший человек (архантроп) → древний человек (палеоантроп) → человек современного типа (неоантроп).

От дриопитеков произошли австралопитеки (рост – 100–150 см; масса мозга – 550 г; ходили на коротких ногах при выпрямленном положении тела, обитали на открытых пространствах, занимались охотой и собирательством, использовали крупные гальки и кости крупных копытных). Следующая ступень – архантропы – древнейшие люди: питекантроп (Ява), синантроп (Китай), гейдельбергский человек (Средняя Европа) и др. Характеристики: наличие надбровного валика, отсутствие настоящего подбородочного выступа, низкий лоб и плоский нос, объём головного мозга – около 1000 см<sup>3</sup>, рост – около 160 см; использовали каменные орудия, охотились на крупных млекопитающих и птиц, жили в пещерах, строили примитивные укрытия из крупных камней, использовали огонь.

Древние люди – неандертальцы. Характеристики: высокий свод черепа, менее покатый лоб, сплошной надглазничный валик, большое лицо с широко расставленными

глазами, слабо развитый подбородочный выступ, крупные зубы; делали совершенные каменные орудия, умели добывать огонь, у них появилась речь.

Новые люди – кроманьонцы (в Европе, Азии, Африке, Австралии). Характеристики: объём мозга – 1600 см<sup>3</sup>, высокий рост, могучее телосложение, отсутствие сплошного надбровного валика, наличие подбородочный выступ, что свидетельствует о развитой речи; жили в пещерах, занимались наскальной живописью, носили одежду. В настоящее время существует один вид человека.

### Человеческие расы

*Расы* – исторически сложившиеся группировки людей, характеризующиеся общностью наследственных факторов и морфологических особенностей (цвет кожи, глаз и волос, строение век и т.д.). Представители разных рас принадлежат к одному и тому же виду и при скрещивании дают плодовитое потомство.

Выделяют три большие расы: европеоидная (евразийская), негро-австралоидная (экваториальная), монголоидная (азиатско-американская). Внутри каждой расы выделяют малые расы. Процесс возникновения и становления человеческих рас называют расогенезом (начался 90–92 тыс. лет назад). Расы произошли от одного первичного ареала под действием естественного отбора. Современное человечество характеризуется полиморфизмом, представлено адаптивными типами людей (арктическим, высокогорным, тропическим, умеренного пояса), сформировавшимися в разных условиях среды.

### Практические задания для самостоятельного выполнения

1. Прочитайте текст. Выберите три предложения, в которых даны описания **макрэволюции**. Запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

(1) При адаптации микроорганизмов к воздействию антибиотиков формируются резистентные штаммы. (2) Особи с менее приспособленными генотипами не оставляют потомства, поэтому их генотипы постепенно вытесняются из популяции. (3) Многоклеточные животные возникли из колониальных жгутиконосцев, при этом клетки в колонии приобрели способность синхронно делиться и формировать клеточные контакты. (4) У двухслойных животных закладывается два зародышевых листка, а у трёхслойных в дополнение закладывается мезодерма. (5) У птиц более 80 млн лет назад полностью исчезли зубы, по-видимому, для облегчения скелета и приспособления к полёту. (6) Виды рода Зяблик в Европейской части России различаются тембром и продолжительностью песни, но при этом занимают одинаковую экологическую нишу.

Ответ:

--	--	--

2. Прочитайте текст. Выберите три предложения, в которых даны описания **конвергенции**. Запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

(1) Некоторые представители типов Круглые черви и Плоские черви приспособились к паразитизму и выработали комплекс адаптаций для борьбы с иммунной системой хозяев. (2) У паразитических круглых червей формируется плотная кутикула, которая сбрасывается при линьке. (3) Круглые и плоские черви выделяют в организме животных сходные молекулы, которые подавляют действие пищеварительных ферментов хозяина. (4) У ленточных червей отсутствует пищеварительная система, при этом пища проникает в организм через покровы. (5) У сосальщиков формируются специальные присоски для прикрепления в организме окончательного хозяина, а у большинства круглых червей специальные прикрепительные органы отсутствуют. (6) У аскариды и печёночного сосальщика в связи с переходом к паразитизму редуцированы органы зрения.

Ответ: 

--	--	--

3. Установите соответствие между примерами и типами органов: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

**ПРИМЕРЫ**

**ТИПЫ ОРГАНОВ**

- А) колючки барбариса и шипы розы
- Б) жабры головастика и креветки
- В) передние конечности лошади и кита
- Г) раковины двустворчатых моллюсков и раковинных амёб
- Д) стебель тыквы и клубень картофеля
- Е) колющий ротовой аппарат клопа и грызущий аппарат термита

- 1) гомологичные
- 2) аналогичные

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ: 

А	Б	В	Г	Д	Е

4. Проанализируйте таблицу «Типы адаптаций». Заполните пустые ячейки таблицы, используя элементы, приведённые в списке. Для каждой ячейки, обозначенной буквой, выберите соответствующий элемент из предложенного списка.

Тип адаптации	Характеристика	Примеры
_____ (А)	Яркая окраска в сочетании с ядовитыми или пахучими железами	Клоп-солдатик, шмель
Расчленяющая окраска	_____ (Б)	Бурундук, тигр
Маскировка	Окраска и форма животных, делающие их незаметными на фоне окружающей среды	_____ (В)

Список элементов:

- 1) окраска животного, имитирующая игру света и тени
- 2) муха осовидка, бабочка стеклянница

- 3) подражание менее защищённых животных более защищённым
- 4) предостерегающая
- 5) божья коровка, оса
- 6) рыба игла, палочник
- 7) скрадывающая
- 8) мимикрия

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В

5. Установите соответствие между группами животных и результатами их эволюции: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

- |   |   |
|---|---|
| <p><b>ГРУППЫ ЖИВОТНЫХ</b></p> <p>А) морские черепахи</p> <p>Б) тритоны</p> <p>В) ихтиозавры</p> <p>Г) тюлени</p> <p>Д) скаты</p> <p>Е) дельфины</p> | <p><b>РЕЗУЛЬТАТЫ ЭВОЛЮЦИИ</b></p> <p>1) первичноводные</p> <p>2) вторичноводные</p> |
|---|---|

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

6. Установите соответствие между примерами и доказательствами эволюции: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

- |   |  |
|---|--|
| <p><b>ПРИМЕРЫ</b></p> <p>А) остаток третьего века у человека</p> <p>Б) остаток пояса задних конечностей у питонов</p> <p>В) хвост у человека</p> <p>Г) недоразвитые второй и четвёртый пальцы в конечности у лошади</p> <p>Д) развитая шерсть у китообразных</p> <p>Е) многососковость у человека</p> | <p><b>ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ</b></p> <p>1) рудименты</p> <p>2) атавизмы</p> |
|---|--|

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

7. Установите последовательность эволюционных процессов в ходе возникновения адаптации к условиям среды обитания. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) появление особей с фенотипическим проявлением мутации
- 2) возникновение рецессивной мутации в генофонде популяции
- 3) скрещивание особей – носителей мутации
- 4) закрепление мутации в генофонде популяции в результате естественного отбора
- 5) выживание мутантных особей в ходе борьбы за существование

Ответ: 

--	--	--	--	--

8. Установите соответствие между эволюционными процессами и формами естественного отбора: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

ФОРМЫ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА

- |   |  |
|---|--|
| <p>A) сохранение в островной фауне выюрков со средним размером крыльев</p> <p>Б) появление индустриального меланизма у бабочек-пядениц</p> <p>В) сохранение на ветреных островах насекомых с хорошо развитыми и рудиментарными крыльями</p> <p>Г) формирование устойчивости микроорганизмов к антибиотику после его добавления в среду</p> <p>Д) возникновение нескольких рас погремка большого из-за летних покосов</p> <p>Е) формирование популяции зайцев с незначительными колебаниями в размерах ушных раковин</p> | <p>1) разрывающая</p> <p>2) стабилизирующая</p> <p>3) движущая</p> |
|---|--|

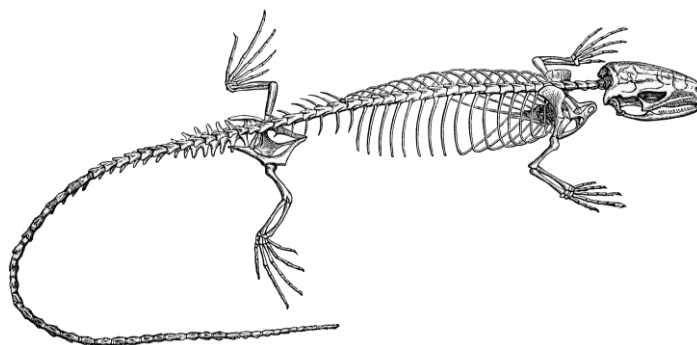
Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ: 

А	Б	В	Г	Д	Е

9. Ареалы трёх видов современных двоякодышащих рыб, обитающих в пресных водоёмах, находятся в Южной Америке, Африке и Австралии. Какая форма изоляции лежит в основе данного видообразования? Знание какой теории в области геологии позволило учёным описать наиболее вероятный механизм формирования трёх современных видов двоякодышащих рыб? Опишите, как с учётом этой теории происходило видообразование.

10. На рисунке изображён скелет вымершего животного, обитавшего 30–38 млн лет назад.



Используя фрагмент «Геохронологической таблицы», определите, в какой эре и каком периоде обитал данный организм.

Назовите класс, к которому можно отнести это животное, и черты строения скелета, позволяющие отнести его к этому классу. Назовите тип конечностей и группу животных, у которых впервые в эволюции появились конечности подобного типа.

**Геохронологическая таблица**

Эры		Периоды
Название и продолжительность, млн лет	Возраст (от начала эры), млн лет	Название и продолжительность, млн лет
Кайнозойская, 66	66	Четвертичный, 2,58
		Неоген, 20,45
		Палеоген, 43
Мезозойская, 186	252	Меловой, 79
		Юрский, 56
		Триасовый, 51
Палеозойская, 289	541	Пермский, 47
		Каменноугольный, 60
		Девонский, 60
		Силурийский, 25
		Ордовикский, 41
		Кембрийский, 56

## 2.7. Экосистемы и присущие им закономерности

Содержание данного раздела проверяется в следующих линиях заданий ЕГЭ 2024 г.: 1, 18, 19, 20, 24, 26 (возможно).

### *Краткое содержание теоретического материала*

*Экология* – наука, изучающая взаимодействие организмов между собой и с окружающей средой, закономерности развития экосистем, взаимоотношения организмов в них, эволюцию сообществ и биосферы. Знание экологии является основой охраны природы, прогнозирования и управления экосистемами в условиях научно-технического прогресса.

### **Среды обитания организмов. Экологические факторы**

*Среда обитания* – совокупность условий живой и неживой природы, в которых существует данный организм (популяция, вид) и с которыми они находятся в прямых и косвенных взаимоотношениях.

1. Водная среда: большая плотность, перепады давления, малое содержание кислорода, ограниченность света, небольшие перепады температуры.

2. Наземно-воздушная среда: низкие плотность и давление, высокое содержание кислорода и обилие света, суточные и сезонные температурные перепады, неравномерное распределение влаги.

3. Почвенная среда: большая плотность, отсутствие света, незначительные температурные колебания, низкое содержание кислорода.

4. Внутриорганизменная среда: стабильные температурные и газовые условия, достаточное количество пищи и воды, защищённость от неблагоприятных внешних воздействий, ограниченность пространства.

### *Экологические факторы*

*Экологические факторы* – различные компоненты окружающей среды, прямо или косвенно влияющие на живые организмы.

*Абиотические факторы* – факторы неживой природы, влияющие на организм: климатические (свет, влажность, температура), почвенные, рельеф, атмосферные газы.

Действие света обусловлено интенсивностью, спектральным составом солнечного света, сезонной и суточной периодичностью. Ультрафиолетовые лучи губительны для всего живого (защита – озоновый слой атмосферы). Видимый спектр необходим для растений (фотосинтез протекает в основном в красном спектре) и большинства животных (инфракрасные лучи – источник тепловой энергии, вызывают нагревание тканей, важны для хладнокровных животных: насекомых, пресмыкающихся). Степень освещённости определяет условия произрастания растений. Различают растения тенелюбивые, теневыносливые и светолюбивые.

*Фотопериодизм* – это реакция организма на длину светового дня, связан с биологическими часами организма. Биологические часы определяют физиологические ритмы в соответствии с изменениями в окружающей среде. У растений суточный фотопериодизм контролирует процессы фотосинтеза; у животных – это приспособления к дневному и ночному образу жизни. Сезонный ритм – это регулируемая фотопериодизмом реакция организма на изменение времени года (листопад, зимний покой, перелёты).

У животных процессы жизнедеятельности протекают при температуре тела от 0 °С до +40 °С, лишь немногие организмы приспособлены к жизни при высоких температурах. Организмы делятся на хладнокровных с непостоянной температурой тела и теплокровных с постоянной температурой. Для хладнокровных характерен анабиоз – временное состояние организма, при котором все жизненные процессы замедляются и отсутствуют видимые признаки жизни. Для теплокровных характерна спячка. У растений процесс фотосинтеза идёт наиболее интенсивно в диапазоне +15...+25 °С.

Животные – обитатели засушливых мест ведут ночной образ жизни (избегают перегрева и испарения воды в дневное время), или у них снижается жизненная активность – летняя спячка (сурки). Растения могут сбрасывать листву в жаркое сухое лето, иногда у них полностью отмирают надземные побеги; могут находиться в виде покоящихся



подземных побегов (луковичные растения). Различают влаголюбивые и засухоустойчивые растения. Приспособления к недостатку влаги ярко выражены у засухоустойчивых растений (колючки, длинные корни, мясистые стебли).

Почва служит средой обитания для многих микроорганизмов, животных; в ней закрепляются корни растений и гифы грибов. Основными факторами для обитателей почвы являются её структура, химический состав, влажность, наличие питательных веществ.

### **Биотические факторы**

*Биотические факторы* – совокупность взаимодействия и влияние живых организмов друг на друга. Формы взаимодействий следующие.

*Хищничество* – один вид особей (хищники) убивает и использует как пищу другой вид (жертвы). Увеличение численности хищника приводит к уменьшению популяции жертвы. В свою очередь, падение численности жертвы приводит к уменьшению хищников, которым не хватает пищи.

*Паразитизм* – один вид живёт за счёт другого, используя его как источник питания, как местообитание. Паразит питается за счёт питательных веществ самого хозяина длительное время, нанося вред, но не убивая сразу.

*Конкуренция* – это взаимоотношения между особями одного вида (внутривидовая конкуренция) или разных (межвидовая конкуренция) видов, которые выражаются в соперничестве организмов за право обладания одинаковыми ресурсами среды. Эти отношения отрицательно сказываются на обеих вступивших во взаимодействие сторонах. Присутствие одного вида или организма уменьшает пищевые ресурсы, сокращает территорию расселения другого.

*Мутуализм* – это взаимовыгодное сожительство двух или более организмов, построенное на пищевых связях.

*Кооперация* – это форма взаимовыгодного сожительства, построенная на пищевых связях между организмами двух или более видов.

*Симбиоз* – это форма совместного существования организмов разных видов, извлекающих взаимную выгоду от такого сожительства, построенная, как правило, на пищевых отношениях.

*Комменсализм* – форма биотических взаимодействий, когда один организм (комменсал) односторонне использует другой (хозяина) без нанесения ему вреда. Комменсализм, основанный на потреблении остатков пищи хозяев, – *нахлебничество*, а комменсализм, основанный на предоставлении комменсалам убежища, – *квартирантство*. Такие взаимоотношения содействуют совместному существованию организмов разных видов в пространстве и способствуют более полному использованию этими видами ресурсов среды обитания.

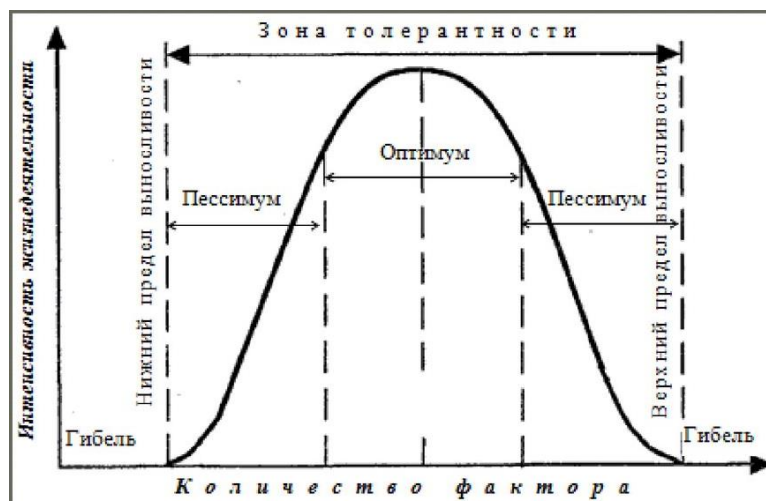
*Аменсализм* – это форма биотических взаимодействий, при которой деятельность одного организма приводит к угнетению другого, причём угнетающий организм не получает от этого ни пользы, ни вреда.

*Нейтрализм* – независимые отношения между совместно обитающими на одной территории разными видами (белка и лось).

Разнообразные формы взаимоотношений, которые построены на пищевых, пространственных и других типах взаимодействия, регулируют численность популяций и определяют устойчивость сообщества.

*Антропогенный фактор* – воздействие человека и его хозяйственной деятельности на живые организмы и природу в целом. Может быть положительным (рациональное природопользование, охрана видов и проч.) и отрицательным (браконьерство, уничтожение видов и проч.).

На организмы действует комплекс факторов окружающей среды.



Наиболее благоприятная для организма интенсивность экологического фактора называется оптимальной (оптимумом). Отклонение от оптимального действия фактора приводит к угнетению жизнедеятельности организма и в конечном счете к гибели. Граница, за пределами которой невозможно существование организма, называется пределом выносливости (зона толерантности). Фактор среды, выходящий за пределы выносливости организма, называется ограничивающим. Чем шире предел выносливости, тем пластичнее организм. Взаимодействие различных экологических факторов заключается в том, что изменение интенсивности одного может сузить предел выносливости организма к другому фактору или, наоборот, увеличить его.

#### Экосистемы и их компоненты

*Экологическая система* – единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания. Организмы экосистемы составляют единое сообщество, связаны друг с другом на основе пищевых связей и способов получения энергии.

*Биогеоценоз* – однородный участок земной поверхности с исторически сложившимся определённым составом живых организмов и компонентами неживой природы (почвой, атмосферой, климатом, солнечной энергией), характеризующийся относительной устойчивостью и саморегуляцией.

*Биоценоз* – целостная, саморегулирующаяся биологическая система, образованная живыми организмами, обитающими на данной территории. Место, занимаемое природным биоценозом, носит название *биотоп*.

Условия биотопа во многом определяют подбор видов в биоценозе. Все члены биоценоза должны быть приспособлены к этой совокупности экологических факторов. Среди них имеют большое значение абиотические факторы, а также биотическая среда (условия, которые создаются в результате наличия живущих видов). Прежде всего, это обеспечение пищей через прямые или косвенные связи. Например, минеральное питание растений зависит от активности многих видов почвенной микрофлоры, животных, грибов и бактерий, разлагающих мёртвый опад.

Центральную роль в биоценозе играют древесные и травянистые виды растений, поскольку создают особые сообщества – лесные, луговые, степные. В них растения создают особую среду: уменьшают силу ветра, меняют микроклимат, образуют тень, выделяют кислород и испаряют влагу, обеспечивают питанием животных, продуцируют слой опада в почву. Всё это делает возможным существование других видов, которые иначе не смогли бы прижиться на данной территории.

Состав любого биоценоза зависит от конкурентных отношений. В сообществах уживаются только те виды, которые по-разному используют сходные ресурсы. Это наглядно проявляется, например, в ярусном строении лесного сообщества. Деревья, кустарники, травы своими побегами с листьями занимают различное пространство (ярусы).

Высокие деревья – верхний ярус; кустарники – средний; травы – нижний ярус. В контакте с ними по ярусам размещаются многочисленные животные: в кронах растений верхнего яруса – птицы, белки, а в нижнем ярусе – зайцы, ежи, лисицы, муравьи.

Листья растений разных видов, располагаясь на разных высотах, поглощают неодинаково солнечные лучи, поскольку световой поток по мере прохождения сквозь кроны деревьев и кустарников лесного сообщества значительно теряет свою интенсивность. Поэтому самые светолюбивые виды деревьев занимают первый, верхний ярус, а теневыносливые располагаются в самом нижнем, приземном ярусе. При таких различных свойствах растений в сообществах размещаются многочисленные виды, которые не мешают друг другу и не конкурируют между собой.

Многочисленные животные в сообществах обычно избегают конкуренции, переходя на разные виды пищи, собирая её в разных местах, разными способами или в разное время суток, разграничивая места размножения, кормления и убежищ.

Каждый вид играет в сообществе свою роль и занимает своё место. Это положение вида в сообществе называют *экологической нишей*, которая отражает функциональное участие вида в биоценозе, его место и роль в живом окружении, отношения с другими видами. Два вида в одной экологической нише не уживаются. Живущие вместе виды обычно специализируются в использовании среды, но каждый из них в отсутствие конкурента способен на увеличение численности. Чем больше видов в составе биоценоза, тем ниже численность каждого вида, тем сильнее выражена их экологическая специализация.

Уменьшение видового разнообразия грозит резким увеличением (вспышкой) численности отдельных видов. Это очень важное экологическое правило имеет непосредственное отношение к деятельности человека. Так, виды, называемые вредителями сельского или лесного хозяйства, размножаются в большом количестве именно из-за выпадения из состава биоценоза их врагов и конкурентов. Таким образом, к появлению вредителей приводит деятельность самого человека.

Биоценозы характеризуются видовым разнообразием, плотностью, биомассой, биологической продуктивностью.

*Видовое разнообразие* – это количество видов живых организмов, образующих биоценоз и определяющих различные пищевые уровни в нём. Количество видов, обитающих в сообществе, характеризует его видовое богатство, качественный состав. Некоторые виды являются доминантными в сообществе, превосходя по численности остальные виды. Если в сообществе доминирует несколько видов, а плотность остальных очень мала, то разнообразие низкое. Если при том же видовом составе численность каждого из них более или менее схожа, то видовое разнообразие высокое. Биоценоз характеризуется биомассой и биологической продуктивностью. Биомасса – это общее количество органического вещества и заключённой в нём энергии всех особей данной популяции или всего биоценоза, приходящейся на единицу площади.

*Биологическая продуктивность* – скорость образования биомассы в единицу времени. Это наиболее важный показатель энергии жизнедеятельности организма, популяции и экосистемы в целом. У различных экосистем продуктивность неодинакова. Она зависит от величины солнечной радиации, почвы, климата. Самой низкой биомассой и продукцией обладают пустыни и тундры; самой высокой – дождевые тропические леса. По сравнению с сушей биомасса Мирового океана значительно ниже, хотя он занимает 71 % всей поверхности планеты. Это связано с низким содержанием питательных веществ. В прибрежной зоне, бухте биомасса значительно возрастает.

*Пространственная структура* – распределение организмов по надземным и подземным ярусам сообщества. Ярусность – приспособление организмов к наиболее полному использованию ресурсов среды. Существует горизонтальная и вертикальная ярусность, которая обусловлена неоднородностью микрорельефа и деятельностью растений, животных, человека.

## Цепи питания

В экологической системе всё разнообразие живых организмов по типу питания можно разделить на три функциональные группы: продуценты, консументы, редуценты.

*Продуценты* – автотрофы (зелёные растения, цианобактерии), производящие органические вещества из неорганических и способные аккумулировать солнечную энергию.

*Консументы* – гетеротрофы (животные), потребляющие готовые органические вещества. Консументы I порядка – травоядные животные, Гетеротрофы, использующие животную пищу, подразделяются на консументы II, III и т.д. порядков – это плотоядные животные.

*Редуценты* – гетеротрофные микроорганизмы, грибы, разрушающие и минерализующие органические остатки. Редуценты заканчивают круговорот веществ, образуя неорганические вещества для вступления их в новый цикл.

Основу взаимодействия живых организмов в биоценозе составляют *пищевые цепи*.

В биоценозе между организмами формируется цепь питания – взаимосвязь видов, последовательно извлекающих органические вещества и энергию из исходного вещества, при этом каждое предыдущее звено является пищей для следующего.

Взаимосвязи в цепях питания осуществляются по схеме: продуценты → консументы I → → консументы II → консументы III. Редуценты включаются на любом уровне, где есть мёртвая органика.

В каждом звене большая часть энергии теряется в виде тепла, что ограничивает количество звеньев в цепи. Правило экологической пирамиды отражает закономерность, согласно которой в любой экосистеме на каждый следующий уровень переходит только 10 % биомассы и энергии от предыдущего.

Различают два типа трофической сети: пастбищную и детритную. В пастбищной пищевой сети энергия идёт от растений к растительноядным животным, а далее к консументам более высокого порядка. Это сеть выедания, или пастбищная сеть. Травоядные животные пасутся, выедают зелёные растения и передают энергию на следующие уровни. В детритной цепи поток энергии начинается с мёртвых растительных и животных остатков, экскрементов и идёт к первичным детритофагам – редуцентам, частично разлагающим органические вещества. Это сеть разложения. В наземных биогеоценозах присутствуют оба типа трофической сети. В водных сообществах преобладает цепь выедания. И в том и в другом случае энергия используется полностью.

Свойства биогеоценозов: целостность, самовоспроизводство, устойчивость, саморегуляция и саморазвитие. Изменения в них бывают циклическими и поступательными (сукцессии). Основами устойчивости сообществ являются их биологическое разнообразие и замкнутый круговорот веществ.

Всё разнообразие природных сообществ на нашей планете образовано водными и наземными экосистемами. Водные сообщества называют *гидроценозами*, они являются составной частью различных *водных экосистем*. Наземные сообщества организмов образуют экосистемы суши – *биогеоценозы*, которые существуют в границах определённого растительного сообщества – фитоценоза.

Водные экосистемы входят в состав Мирового океана, занимающего вместе с морями и их бассейнами около 71 % поверхности земного шара. Водные экосистемы характеризуются большим разнообразием. Основной источник энергии для водной экосистемы – солнечный свет. Он используется главными продуцентами – одноклеточными водорослями и цианобактериями, составляющими *фитопланктон*. Биомасса фитопланктона невелика – всего несколько миллиграммов на 1 м<sup>3</sup> воды, но он обладает высокой продуктивностью. Фитопланктон обеспечивает существование консументов I порядка, образующих *зоопланктон*. Зоопланктоном питаются животные – консументы II порядка, служащие пищей для более крупных рыб – консументов III порядка, которых поедает рыбацкие хищники, образующие четвёртый трофический уровень экосистемы.

На дне водоёма, где меньше кислорода и недостаточно света для фотосинтеза, главным источником энергии служат отмершие растения и погибшие животные, т.е. детрит.

В состав обитателей дна – *бентоса* – входят животные, питающиеся детритом и выполняющие в экосистеме роль редуцентов.

Среди наземных природных экосистем условно выделяют древесные и травянистые экосистемы. Важнейшая роль в экосистеме леса принадлежит древесным растениям. Они создают особый световой и температурный режим абиотической среды экосистемы, формируют лесную подстилку, служат прибежищем и пищей для многих животных, грибов и микроорганизмов. Примером травянистой экосистемы является луг.

Биогеоценозы существуют на определённой территории земной поверхности и способны выдерживать изменения, вносимые их компонентами. Природные биогеоценозы отличаются целостностью, самовоспроизводством, устойчивостью, саморегуляцией, а также способностью сообщества организмов биогеоценоза к циклическим и поступательным изменениям. Целостность достигается круговоротом веществ и поступлением энергии. Самовоспроизводство биогеоценоза определяется способностью организмов к размножению. Устойчивость биогеоценоза – это способность выдерживать изменения, вызванные разными воздействиями.

### Сукцессия

Биогеоценозы способны к *саморазвитию* – изменениям, вызванным действием различных факторов, в первую очередь живого компонента. Закономерный процесс превращения одних сообществ организмов в другие в направлении повышения их устойчивости называют *сукцессией*.

Основная причина сукцессий – несбалансированность круговорота веществ в сообществе организмов. Различают сукцессии первичные и вторичные.

*Первичные сукцессии* начинаются на участках, лишённых почвы и растительности, например на голых скалах острова, образовавшегося в результате вулканического извержения, на песчаных отмелях. Вначале поселяются наземные водоросли и лишайники, которые образуют *пионерные сообщества*. В результате разрушения материнской породы происходит образование почвенного слоя. Впоследствии на этом месте появляются мхи. Одновременно с лишайниками и мхами территорию заселяют мелкие насекомые, пауки и другие беспозвоночные животные. Далее становится возможным прорастание занесённых ветром семян мелких растений (однолетних и многолетних трав). С накоплением в почве перегноя и повышением её влажности постепенно формируются луга и степи, которые далее могут превратиться в широколиственные, смешанные и хвойные леса.

*Вторичные сукцессии* происходят на месте существовавших ранее сообществ после их нарушения (лесного пожара, вырубки леса, выпаса скота и т.д.). Такие сукцессии протекают быстрее, чем первичные, так как в нарушенных сообществах сохраняются семена, споры, подземные органы растений, покоящиеся стадии насекомых и др. Большинство вторичных сукцессий вызваны деятельностью человека, поэтому их называют *антропогенными сукцессиями*.

### Агроэкосистемы

В биосфере, помимо естественных экосистем, существуют и искусственные, – созданные хозяйственной деятельностью человека, – *агроценозы*.

*Агроценоз, или агробιοценоз, (сельскохозяйственная экосистема)*, – созданное и регулярно поддерживаемое человеком в целях получения сельскохозяйственной продукции сообщество (поля, пастбища, огороды, сады, зелёные насаждения, крупные животноводческие комплексы с прилегающими пастбищами и т.д.).

Характерные особенности агроценозов – малая экологическая устойчивость, но высокая урожайность одного или нескольких видов растений (или сортов культивируемого растения) или животных. Основные черты агроценоза определяет человек, заинтересованный в получении максимального количества сельскохозяйственной продукции.

## Структура агроценоза

Агроценозы, как и природные экосистемы, характеризуются набором составляющих их видов (т.е. обладают определённым составом организмов) и определёнными взаимоотношениями между организмами и средой обитания.

В агроценозе складываются те же цепи питания, что и в естественных экосистемах. Например, трофическую структуру ржаного поля определяет набор продуцентов (рожь, сорняки), консументов (насекомые, птицы, полевки, лисицы) и редуцентов (грибы, микроорганизмы). Однако, в отличие от естественной экосистемы, обязательным звеном пищевой цепи здесь является человек, который формирует агроценозы, исходя из их практической значимости, и обеспечивает их высокую продуктивность.

### Отличия агроценозов от естественных экосистем

Агроценозы отличаются от естественных экосистем рядом особенностей.

1. Резко снижено разнообразие организмов (для получения максимально высокой продукции). Например, на ржаном или пшеничном поле, кроме злаковой монокультуры, можно встретить всего несколько видов сорняков. На естественном лугу биологическое разнообразие значительно выше, но биологическая продуктивность луга во много раз уступает засеянному полю.

2. Отбор человеком организмов в агроценозе. Культивируемые виды поддерживаются человеком, так как они крайне чувствительны к вредителям (особенно при их массовом размножении) и болезням и не могут выдерживать конкуренции с дикими видами без поддержки человека.

3. Для агроценозов по сравнению с естественными биоценозами характерна большая открытость. В естественных биоценозах первичная продукция растений потребляется в многочисленных цепях питания и вновь возвращается в систему биологического круговорота в виде углекислого газа, воды и других неорганических веществ. Агроценозы же более открыты. Вещество и энергия изымаются человеком из них с урожаем, животноводческой продукцией, а также в результате разрушения почв. Смена растительного покрова в агроценозах происходит не естественным путем, а по воле человека, что не всегда хорошо отражается на качестве, например, почвенного плодородия.

### Биосфера – глобальная экосистема

*Биосфера* – оболочка Земли, населённая живыми организмами. Учение о биосфере разработал В.И. Вернадский.

Согласно этому учению, биосфера включает в себя совокупность всех живых тел природы и их остатков, а также части атмосферы, гидросферы и литосферы, населённые живыми организмами или несущие следы их жизнедеятельности. В атмосфере в основном заселён её нижний слой – тропосфера. Жизнь в атмосфере ограничена озоновым слоем. В литосфере жизнь сосредоточена в основном в её верхней части и ограничена высокими температурами. Наиболее плотно заселён организмами поверхностный слой земной коры, который составляет почва. Вся совокупность живых организмов планеты составляет биомассу Земли.

В составе биосферы выделяют живое, биогенное, косное, биокосное, радиоактивное, космогенное вещества.

*Живое вещество* представлено совокупностью всех организмов, существующих в данный момент на нашей планете. Организмы прошлых геологических эпох представлены в современной нам биосфере в виде биогенного и биокосного вещества.

*Биогенное вещество* создано организмами прошлых геологических эпох и представлено соединениями и полезными ископаемыми (известняк, нефть, газ, уголь, торф).

*Косное вещество* (горные породы, минералы) создано процессами, в которых живые тела природы не участвовали.

Сложное происхождение в биосфере имеет *биокосное вещество* (почва, грунт водоёмов), образованное одновременно организмами и абиогенными процессами.

*Радиоактивное вещество* биосферы составляют радиоактивные руды и конечные продукты их распада.

*Космогенное вещество* представлено метеоритами и космической пылью, непрерывно выпадающими на Землю из космоса. Самым активным компонентом биосферы является её живое вещество.

### **Функции живого вещества**

*Энергетическая* функция – вовлечение организмами в энергетические потоки солнечного излучения: накопленная фотосинтезирующими организмами энергия в виде химических связей синтезированных первичных органических веществ затем перераспределяется между остальными компонентами биосферы.

*Газовая* функция – постоянный газообмен организмов с окружающей средой в процессе дыхания и фотосинтеза, поддержание постоянства газового состава атмосферы.

*Концентрационная* функция – накопление в телах организмов отдельных химических элементов. Следствия – скопление химических соединений в земной коре, образование полезных ископаемых (известняка, торфа, каменного угля).

*Окислительно-восстановительная* функция – процессы окисления и восстановления, которые происходят в результате обмена веществ в организмах.

*Транспортная* функция – рост, размножение и перемещение в пространстве организмов. Эти процессы приводят к биогенной миграции атомов, круговороту веществ в природе и распространению живого вещества по планете.

*Деструктивная* функция – разложение тел организмов после их смерти, в результате чего органические остатки минерализуются и превращаются в неорганические соединения, образуя косное, биогенное и биокосное вещества биосферы.

*Средообразующая* функция – изменение физико-химических параметров среды в результате жизнедеятельности организмов.

Среди функций живого вещества в биосфере особо выделяют *биогеохимическую деятельность человека*. Она проявляется в использовании всё возрастающего количества вещества земной коры для нужд промышленности, транспорта, сельского хозяйства. Благодаря биогеохимической деятельности человека в биосфере создан антропогенный круговорот.

Как *глобальная экосистема* биосфера характеризуется рядом особенностей. Во-первых, она является открытой биологической системой, в которой на входе имеется солнечная энергия, вода, минеральные вещества, а на выходе – вещества, образовавшиеся в процессе жизнедеятельности организмов и вынесенные из глобального биогеохимического круговорота. Во-вторых, биосфера находится в состоянии *динамического равновесия*, которое проявляется в том, что изменение любого компонента вызывает дисбаланс, влекущий изменение других её элементов.

### **Круговороты веществ и биогеохимические циклы**

Стабильность биосферы поддерживается постоянно происходящим в ней круговоротом веществ. Основной биологический круговорот веществ, создавший биосферу и определяющий её устойчивость и целостность, связан с жизнедеятельностью всей биомассы планеты в целом. Зелёные растения, поглощая солнечную энергию, создают из неорганических веществ органические вещества – первичную продукцию для всех организмов планеты. Животные превращают первичную растительную продукцию во вторичную – животную. Бактерии и грибы разрушают первичную растительную и вторичную животную продукцию до минеральных веществ. Основу биологического круговорота, обеспечивающего жизнь на Земле, составляют энергия Солнца и хлорофилл зелёных растений. Животные и растения связаны цепями питания друг с другом. Они включаются в круговороты веществ, происходящие в биогеоценозе и во всей биосфере.

*Круговорот углерода*. Углекислый газ в процессе фотосинтеза восстанавливается и превращается в органические вещества. Эти вещества используются для питания всеми организмами, окисляются при дыхании и выделяются в виде углекислого газа в атмосферу.

*Круговорот кислорода.* В процессе фотосинтеза в результате фотолиза воды образуется кислород и выделяется в атмосферу. Он используется для дыхания аэробными организмами и в митохондриях вновь превращается в воду.

*Круговорот азота.* Азотфиксирующие бактерии (клубеньковые бактерии на корнях бобовых) связывают молекулярный азот из атмосферы и превращают его в связанный азот – нитриты и нитраты, которые используют растения в синтезе органических веществ. Эти вещества используются в процессе питания всеми организмами, передаются по цепям питания. Редуценты – денитрифицирующие бактерии – вновь возвращают восстановленный азот в атмосферу.

*Круговорот воды* происходит и в неживой, и в живой природе. В результате испарения с поверхности Мирового океана, выделения паров воды телами живой природы в процессе дыхания, транспирации пары воды превращаются в облака. Далее в виде осадков вода выпадает на землю, возвращается в водоёмы, используется живыми организмами, вступает в реакции обмена, образуется в результате окисления органических веществ и вновь возвращается в атмосферу. Круговорот веществ – основа жизни биосферы.

Глобальные изменения в биосфере, вызванные деятельностью человека

Человек – часть биосферы. Деятельность человека стала фактором развития биосферы.

*Ноосфера* – это разумная часть биосферы, преобразованная трудом человека и изменённая его научной мыслью. В настоящее время поверхность нашей планеты перестала быть исключительно природным образованием. Человек своей хозяйственной деятельностью создал антропобиосферу, коренным образом преобразовал природную окружающую среду. Человечество интенсивно потребляет как живые, так и минеральные природные ресурсы. Изучение антропобиосферы показывает, что существует неразрывная связь между человеческим обществом и природой, действуют общие закономерности развития биологических и социальных систем.

Результаты производственной деятельности человека:

- 1) загрязнение атмосферы вредными газами, увеличение концентрации углекислого газа;
- 2) разрушение озонового экрана за счёт увеличения концентрации оксидов азота и фреонов;
- 3) изменение климата, возрастание «парникового эффекта» и повышение температуры воздуха;
- 4) загрязнение водоёмов и сокращение их площадей;
- 5) уничтожение лесов, массовые заболевания растительности;
- 6) засоление почв и нарастающее опустынивание;
- 7) интенсивное использование энергоносителей, создание атомных электростанций и загрязнение среды радиоактивными отходами.

Рациональное природопользование – основа для сохранения многообразия биосферы и роста благосостояния человечества. Охрана природы – это совокупность мероприятий, направленных на поддержание природы планеты в состоянии, соответствующем эволюционному уровню биосферы и её живого вещества, а также человека.

### **Мероприятия по охране природы**

Создание безотходных производств; экологически чистых технологий; очистка воздуха и сточных вод; рекультивация (искусственное воссоздание) земель; мелиорация почвы, направленная на повышение её плодородия. Диагностика химических препаратов на их мутагенную активность, разработка методов лечения наследственных заболеваний. Защита растительного и животного мира. Создание заповедников и заказников – природных охраняемых территорий; сохранение эталонов и памятников природы – уникальных природных объектов; создание национальных парков; составление списков исчезающих животных и растений («Красная книга»); разведение редких видов организмов



в искусственных условиях и акклиматизация их в природе. Сохранение генофонда флоры и фауны планеты. Воспитание экологического сознания населения.

**Практические задания для самостоятельного выполнения**

1. Рассмотрите таблицу «Уровни организации живой природы» и заполните ячейку, вписав соответствующий термин.

Уровень организации живой природы	Пример
?	Совокупность всех живых организмов Земли
Организменный	Подготовительный этап энергетического обмена в пищеварительном тракте

Ответ: \_\_\_\_\_.

2. Выберите три верных ответа и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. К естественным биогеоценозам относят

- 1) сфагновое болото
- 2) рапсовое поле
- 3) яблоневый сад
- 4) сосняк-брусничник
- 5) тропический лес
- 6) урбозкосистему

Ответ: 

--	--	--

3. Выберите три верных ответа и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. Дубрава – устойчивая экосистема, так как в ней

- 1) замкнутый сбалансированный круговорот веществ
- 2) обитают продуценты и редуценты
- 3) почва содержит мало гумуса
- 4) цепи питания длинные, разветвлённые
- 5) биомасса консументов преобладает над биомассой продуцентов
- 6) большое видовое разнообразие растений и животных

Ответ: 

--	--	--

4. Установите последовательность процессов, протекающих при первичной сукцессии на склонах вулкана после его извержения. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) образование тонкого слоя почвы
- 2) формирование лесного сообщества
- 3) развитие кустарников и древесного подроста
- 4) формирование травяного сообщества
- 5) заселение склона листоватыми и накипными лишайниками

Ответ: 

--	--	--	--	--

5. Установите последовательность процессов круговорота азота в биосфере, начиная с фиксации атмосферного азота. Запишите в таблицу соответствующую последовательность цифр.

- 1) поедание растений животными и перенос азотсодержащих веществ по цепям питания
- 2) выделение животными во внешнюю среду мочевины и мочевой кислоты
- 3) связывание азота бактериями и поступление его соединений в почву
- 4) синтез аминокислот растениями
- 5) всасывание корнями растений воды с растворёнными соединениями азота

Ответ: 

--	--	--	--	--

6. Установите соответствие между характеристиками и видами экосистем: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

**ХАРАКТЕРИСТИКИ**

- А) высокий уровень аэрации
- Б) произрастание росянки
- В) мощный слой торфа на дне
- Г) повышенная кислотность воды
- Д) обильное накопление детрита
- Е) большое видовое разнообразие рыб

**ВИДЫ ЭКОСИСТЕМ**

- 1) равнинная река
- 2) верховое болото

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ: 

А	Б	В	Г	Д	Е

7. Установите соответствие между характеристиками и видами экосистем: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

**ХАРАКТЕРИСТИКИ**

**ВИДЫ ЭКОСИСТЕМ**

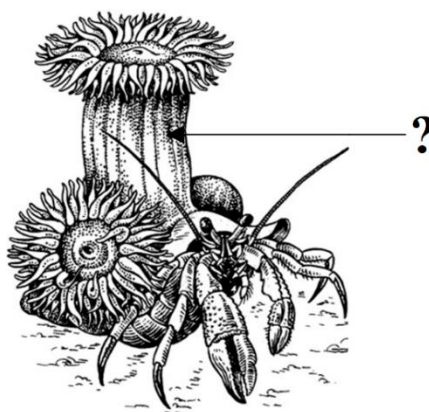
- |   |                    |
|---|--------------------|
| А) несбалансированный круговорот веществ  | 1) пшеничное поле  |
| Б) разветвлённые сети питания             | 2) суходольный луг |
| В) слабо выраженная саморегуляция         |                    |
| Г) низкая устойчивость                    |                    |
| Д) использование только солнечной энергии |                    |
| Е) большое видовое разнообразие           |                    |

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

8. Рассмотрите рисунок и укажите организм, обозначенный вопросительным знаком. Заполните пустые ячейки таблицы, используя термины и понятия, приведённые в списке. Для каждой ячейки, обозначенной буквой, выберите соответствующий термин или соответствующее понятие из предложенного списка.



Организм	Тип биотических отношений	Характеристика биотических отношений
_____ (А)	_____ (Б)	_____ (В)

Список терминов и понятий:

- 1) кольчатый червь
- 2) паразитизм
- 3) одностороннее использование одним организмом другого без нанесения вреда
- 4) симбиоз
- 5) хищничество
- 6) красный коралл
- 7) актиния
- 8) взаимовыгодное сожительство, включающее пищевые связи

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В

9. В Якутии в слое многолетней мерзлоты были обнаружены хорошо сохранившиеся останки мамонта. Исследования показали, что мамонты были короткохвосты, а площадь их ушной раковины была в 15–20 раз меньше, чем у африканского слона. Этот пример является типичной иллюстрацией правила Аллена, описывающего взаимосвязь между строением тела теплокровного животного и климатом, в котором он живёт. Какой физический принцип лежит в основе этого правила? Какие преимущества давали мамонтам такие особенности внешнего строения в их среде обитания? Почему под правило Аллена не подпадают почвенные млекопитающие, обитающие в разных климатических зонах? Укажите две причины.

10. В 2012 г. на Кавказ вместе с растениями для озеленения городской среды завезли бабочек огнёвок, которые стали очень быстро размножаться. Гусеницы огнёвок питаются листьями самшита. В результате к 2016 г. от реликтовых самшитовых лесов остались лишь отдельные группы растений. Почему численность бабочек в новых условиях быстро увеличилась? Почему после уничтожения самшита в тёмных самшитовых лесах вымерли многие виды растений подлеска?

### 3. Пример новой модели задания в КИМ 2024 г.

Новой моделью, запланированной на 2024 г., является задание на практическое применение закона Харди – Вайнберга.

Рассмотрим пример такого задания.

*Врождённый нефротический синдром – моногенное заболевание, возникающее в результате нарушения формирования почечного фильтра в нефронах. В финской популяции заболевание встречается в среднем 1 раз на 820 рождений. Известно, что частота мутантного аллеля в целом по человеческой популяции составляет 0,01. Рассчитайте равновесные частоты нормального и мутантного фенотипов в человеческой популяции, а также частоту мутантного аллеля в финской популяции. Поясните ход решения. Какой эволюционный фактор привёл к изменению частоты аллеля в финской популяции? При расчёте округляйте значения до четвертого знака после запятой.*

Схема решения задачи включает в себя следующие элементы:

- 1) равновесная частота мутантного фенотипа ( $aa$ ) составляет:  $q^2 = 0,01^2 = 0,0001$ ;
- 2) равновесная частота нормального фенотипа составляет:  $1 - q^2 = 0,9999$

ИЛИ

- 2) равновесная частота нормального фенотипа составляет:  $p^2 + 2pq = 0,99^2 + 2 \cdot 0,99 \cdot 0,01 = 0,9801 + 0,0198 = 0,9999$ ;
- 3) нормальный фенотип представлен доминантными гомозиготами ( $AA$ ) и гетерозиготами ( $Aa$ );
- 4) частота мутантного фенотипа ( $aa$ ) в финской популяции составляет:  $1/820 = 0,0012 = q^2$ ;
- 5) частота мутантного аллеля в финской популяции  $q = \sqrt{0,0012} = 0,0346$ ;
- 6) дрейф генов (эффект основателя)

#### Пояснение

Известно, что в целом по человеческой популяции частота мутантного аллеля составляет 0,01. Рассчитаем частоту мутантного аллеля  $f(a) = q = 0,01$ . Нужно рассчитать равновесные частоты, т.е. такие частоты генотипов и фенотипов, при которых выполняются закономерности уравнения Харди – Вайнберга:

Генотип	$AA$	$Aa$	$aa$
Равновесная частота	$p^2 = (1 - q)^2$	$2 \cdot p \cdot q = 2 \cdot (1 - q) \cdot q$	$q^2$

Очевидно, что при полном доминировании и аутосомно-рецессивном типе наследования (указано в условии задачи) нормальный **фенотип** будет представлен доминантными гомозиготами ( $AA$ ) и гетерозиготами ( $Aa$ ), а мутантный фенотип будет представлен только рецессивными гомозиготами ( $aa$ ).

Можно рассчитать сначала частоту рецессивных гомозигот ( $q^2$ ):  $q^2 = 0,01^2 = 0,0001$ . Именно это значение и обозначает частоту (долю) мутантных фенотипов в популяции. Значит, если остальные носители фенотипа будут здоровыми, то частоту нормального фенотипа можно вычислить следующим образом:  $1 - q^2 = 1 - 0,0001 = 0,9999$ .

Однако при ответе учащийся может найти равновесную частоту нормального аллеля в популяции:  $p = 1 - q = 1 - 0,01 = 0,99$ , а затем, используя эту частоту, подсчитать частоту доминантных гомозигот ( $p^2$ ) и частоту гетерозигот ( $2 \cdot p \cdot q$ ). Тогда формула для нахождения частоты нормального фенотипа будет выглядеть следующим образом:  $p^2 + 2pq = 0,99^2 + 2 \cdot 0,99 \cdot 0,01 = 0,9999$ .

Обратите внимание на то, что полученные значения являются идентичными и оба варианта расчётов являются правильными. Более того, учащийся может сначала рассчитать частоту

нормального фенотипа (0,9999), а затем рассчитать частоту мутантного фенотипа следующим образом:  $1 - 0,9999 = 0,0001$

Все перечисленные методы расчёта являются верными.

Чтобы рассчитать частоту мутантного аллеля в финской популяции (обратите внимание на то, что это значение будет отличаться от усреднённого показателя по всей популяции) необходимо для начала рассчитать частоту рецессивных гомозигот в этой популяции:  $q^2 = \frac{1}{820} = 0,0012$ .

Зная частоту рецессивных гомозигот, можно вычислить частоту рецессивного аллеля:  $q = \sqrt{q^2} = \sqrt{0,0012} = 0,0346$ .

Обратите внимание, что в условии не указано, что в финской популяции наблюдаются равновесные значения частот аллелей, а это значит, что использовать значения, подсчитанные для равновесной человеческой популяции, (0,01) неверно!

Финская популяция сформировалась в результате миграции небольшого числа особей, среди которых были носители заболевания. Затем численность популяции увеличилась, при этом частота аллеля осталась повышенной по сравнению со средними значениями, характерными для популяции человека. Следовательно, повышение частоты обуславливает дрейф генов (эффект основателя).

## 4. Ответы на задания

### 1. Ответы к разделу «Биология как наука. Живые системы и их изучение»

1	2	3	4	5	6
биотехнология	генеалогический; родословных	организменный	размножение; воспроизведение	11	15

7. Элементы ответа:

- 1) независимая переменная (задаваемая экспериментатором) – время освещения суспензии хлоропластов (время освещения раствора); зависимая (изменяющаяся в эксперименте) – интенсивность окраски (цвет) раствора (*должны быть указаны обе*);
- 2) суспензию хлоропластов необходимо оставить без освещения;
- 3) остальные параметры необходимо оставить без изменений;
- 4) такой контроль позволяет установить, действительно ли цвет раствора (интенсивность окраски) зависит от освещения,  
ИЛИ
- 4) такой контроль позволяет проверить, насколько изменения в цвете раствора обусловлены факторами, не связанными с освещением.

### 2. Ответы к разделу «Клетка как биологическая система»

1	2	3	4	5	6
13	22	16	285	256	52413
07	08				
5	244313				

9. Элементы ответа:

- 1) плазматическая мембрана (плазмалемма, наружная клеточная мембрана);
- 2) фосфолипиды;
- 3) функция структурная (барьерная);
- 4) наличие в фосфолипидах гидрофильных головок и гидрофобных хвостов (радикалов жирных кислот) (*должны быть указаны оба*);
- 5) гидрофобные хвосты ориентированы внутрь мембраны (гидрофильные головки ориентированы наружу).

10. Схема решения задачи включает следующие элементы:

- 1) аминокислоте **мет** соответствует кодон 5'-АУГ-3' (АУГ);
- 2) комплементарный триплет на ДНК – 3'-ТАЦ-5' (5'-ЦАТ-3', ТАЦ);
- 3) такой триплет встречается на верхней цепи ДНК, значит, она является матричной (транскрибируемой);
- ИЛИ
- 2) этому триплету соответствует триплет 5'-АТГ-3' (АТГ) на ДНК;
- 3) такой триплет встречается на нижней цепи ДНК, значит, верхняя цепь матричная (транскрибируемая);

4) последовательность иРНК:

- 3'-ГААУУГЦГАУУАУУАГУАУЦ-5'  
ИЛИ 3'-ГААУУГЦГАУУАУУАГУА-5'  
ИЛИ 5'-ЦУАУГАУУАУУАГЦГУУААГ-3'  
ИЛИ 5'-АУГАУУАУУАГЦГУУААГ-3';

5) фрагмент полипептида: мет-иле-иле-сер-вал-лиз

3. Ответы к разделу «Организм как биологическая система»

1	2	3	4	5	6	7	8
2	25	75	4	213213	15234	126	135

9. Схема решения задачи включает следующие элементы:

1) первое скрещивание

Р ♀  $AA X^B X^B$  × ♂  $aa X^b Y$   
 серое тело, красные глаза      чёрное тело, белые глаза  
 G  $A X^B$        $a X^b, a Y$

генотипы и фенотипы потомства:

♀  $Aa X^B X^b$ , ♂  $Aa X^B Y$   
 серое тело, красные глаза;

2) второе скрещивание

Р ♀  $aa X^b X^b$  × ♂  $AA X^B Y$   
 чёрное тело, белые глаза      серое тело, красные глаза  
 G  $a X^b$        $A X^B, A Y$

генотипы и фенотипы потомства:

♀  $Aa X^B X^b$  – серое тело, красные глаза;  
 ♂  $Aa X^b Y$  – серое тело, белые глаза;

3) во втором скрещивании фенотипическое расщепление по признаку окраски глаз у самцов и самок связано со сцеплением гена этого признака с X-хромосомой (гетерогаметный пол наследует X-хромосому только от одного родителя, а гомогаметный – от двух).

10. Схема решения задачи включает:

1) Р ♀  $X^{Ab} X^{aB}$  × ♂  $X^{AB} Y$   
 нормальное развитие мышц, нормальное развитие мышц,  
 нормальное ночное зрение      нормальное ночное зрение  
 G  $X^{Ab}, X^{aB}, X^{AB}, X^{ab}$        $X^{AB}, Y$

F<sub>1</sub>

генотипы, фенотипы возможных дочерей:

$X^{Ab} X^{AB}$  – нормальное развитие мышц, нормальное ночное зрение;  
 $X^{aB} X^{AB}$  – нормальное развитие мышц, нормальное ночное зрение;  
 $X^{AB} X^{AB}$  – нормальное развитие мышц, нормальное ночное зрение;  
 $X^{ab} X^{AB}$  – нормальное развитие мышц, нормальное ночное зрение;

генотипы, фенотипы возможных сыновей:

$X^{Ab} Y$  – нормальное развитие мышц, куриная слепота;  
 $X^{aB} Y$  – мышечная дистрофия, нормальное ночное зрение;  
 $X^{AB} Y$  – нормальное развитие мышц, нормальное ночное зрение;  
 $X^{ab} Y$  – мышечная дистрофия, куриная слепота;

2) ♀  $X^{Ab} X^{AB}$  × ♂  $X^{AB} Y$   
 нормальное развитие мышц, нормальное развитие мышц,  
 нормальное ночное зрение      нормальное ночное зрение  
 G  $X^{Ab}, X^{AB}$        $X^{AB}, Y$

F<sub>2</sub>

генотипы, фенотипы возможных дочерей:

$X^{Ab} X^{AB}$  – нормальное развитие мышц, нормальное ночное зрение;  
 $X^{AB} X^{AB}$  – нормальное развитие мышц, нормальное ночное зрение;



генотипы, фенотипы возможных сыновей:

$X^{Ab}Y$  – нормальное развитие мышц, куриная слепота;

$X^{AB}Y$  – нормальное развитие мышц, нормальное ночное зрение;

3) в первом браке возможно рождение сына с мышечной дистрофией и куриной слепотой ( $X^{ab}Y$ ). В генотипе этого ребёнка находятся материнская, образовавшаяся в результате кроссинговера X-хромосома с двумя рецессивными аллелями и отцовская Y-хромосома, не содержащая аллелей этих двух генов.

4. Ответы к разделу «Система и многообразие органического мира»

1	2	3	4	5	6	7	8
3	133221	235	361452	5	332211	235	145362

9. Элементы ответа:

- 1) 1 – сосуды (ксилема);
- 2) транспортируют воду с минеральными солями (осуществляют восходящий ток веществ);
- 3) 2 – ситовидные трубки (флоэма);
- 4) транспортируют органические вещества;
- 5) срез сделан в зоне всасывания.

10. Элементы ответа:

- 1) большая площадь поверхности жабр обеспечивает большой контакт с водой;
- 2) многочисленные капилляры в жабрах обеспечивают максимальное извлечение кислорода из воды;
- 3) движение жаберных крышек обеспечивает движение воды, омывающей жабры;
- 4) плавание с открытым ртом (увеличение скорости движения) обеспечивает усиление омывания жабр водой;
- 5) противоточное движение крови в капиллярах и воды в жабрах (в противоположных направлениях) обеспечивает максимальное извлечение кислорода из воды.

5. Ответы к разделу «Организм человека и его здоровье»

1	2	3	4	5	6
анатомия	4	123322	146	263415	526
7					
564213					

8. Элементы ответа:

- 1) на рисунке 1;
- 2) движение крови из предсердий в желудочки (уменьшается объём предсердий, предсердия сокращены);
- 3) полулунные клапаны закрыты;
- 4) створчатые клапаны открыты;
- 5) закрытые полулунные клапаны препятствуют обратному току крови;
- 6) открытые створчатые клапаны способствуют прохождению крови из предсердий в желудочки.

9. Элементы ответа:

- 1) базедова болезнь (гипертиреоз);
- 2) повышение основного обмена;
- 3) усиливается теплопродукция;
- 4) потоотделение увеличивает теплоотдачу.

10. Элементы ответа:

- 1) сродство гемоглобина к кислороду больше у высокогорных лам (меньше у верблюдов);
- 2) концентрация кислорода (парциальное давление) в условиях высокогорья ниже, чем в степях Монголии (концентрация кислорода в степях Монголии выше, чем в условиях высокогорья);
- 3) количество эритроцитов;
- 4) наличие или отсутствие ядра в эритроцитах (форма эритроцитов);
- 5) размер эритроцитов;
- 6) количество (концентрация) гемоглобина (в эритроцитах).

6. Ответы к разделу «Теория эволюции. Развитие жизни на Земле»

1	2	3	4	5	6
345	136	221211	416	212212	112122
7	8				
23154	231312				

9. Элементы ответа:

- 1) географическая (пространственная) изоляция;
- 2) теория дрейфа континентов;
- 3) установлено, что Южная Америка, Африка и Австралия представляли собой единый континент, на котором обитали предки современных двоякодышащих рыб;
- 4) в результате расхождения материков в каждой изолированной популяции накапливались разные мутации (изменился генофонд);
- 5) в каждой изолированной популяции на рыб оказывали воздействие разные условия (отбор работал в разных направлениях);
- 6) репродуктивная изоляция (действие отбора) привела к появлению разных видов рыб.

10. Элементы ответа:

- 1) эра – кайнозойская; период – палеоген (должны быть указаны и эра, и период);
- 2) класс – Рептилии (Пресмыкающиеся);
- 3) в скелете несколько шейных позвонков;
- 4) наличие поясничного отдела позвоночника;
- 5) плечи и бедра расположены параллельно субстрату (расставленные конечности);
- 6) наличие грудной клетки;
- 7) рычажные (пятипалые) конечности наземного типа;
- 8) впервые сформировались у древних земноводных.

7. Ответы к разделу «Экосистемы и присущие им закономерности»

1	2	3	4	5	6
биосферный	145	146	51432	35412	122221
7	8				
121122	748				

9. Элементы ответа:

- 1) чем меньше площадь выступающих частей тела (поверхности тела), тем меньше потеря тепла (или наоборот);
- 2) в холодных условиях такое строение тела позволяет экономить (сохранять) тепло;
- 3) уменьшается вероятность обморожения тела;
- 4) почвенная среда характеризуется отсутствием резких температурных колебаний в разных климатических зонах;
- 5) выступающие части тела мешают передвижению в почвенной среде (выступающие части тела, как правило, отсутствуют у почвенных животных).

10. Элементы ответа:

- 1) избыток пищевых ресурсов (свободная экологическая ниша);
- 2) слабая межвидовая конкуренция с местными видами;
- 3) отсутствие естественных врагов (хищников, паразитов);
- 4) высокая плодовитость (быстрая смена поколений, высокая скорость размножения);
- 5) в подлеске (в нижнем ярусе) обитают тенелюбивые растения;
- 6) при уничтожении кроны деревьев избыточное количество света снижало жизнеспособность растений.