



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
AL REPUBLICII MOLDOVA

Нина Бырназ Михай Лешану

БИОЛОГИЯ 12

УЧЕБНИК ДЛЯ 12-ГО КЛАССА

EDITURA
PRUT

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

Нина Бырназ Михай Лешану

БИОЛОГИЯ 12

УЧЕБНИК ДЛЯ 12-ГО КЛАССА

EDITURA
PRUT

Acest manual este proprietate publică, editat din sursele financiare ale Fondului special pentru manuale.

Manualul școlar a fost elaborat în conformitate cu prevederile Curriculumului la disciplină, aprobat prin Ordinul ministrului educației, culturii și cercetării nr. 906 din 17.07.2019. Manualul a fost aprobat prin Ordinul ministrului educației și cercetării nr. 481 din 12 aprilie 2024 ca urmare a evaluării calității metodico-științifice.

(название учебного заведения)

УЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЧЕБНИКА

Год пользования	Фамилия и имя ученика	Учебный год	Состояние учебника	
			в начале года	в конце года
1				
2				
3				
4				
5				

- Учитель должен проверить правильность написания фамилии и имени ученика.
- Запрещаются записи и любые пометки на страницах учебника.
- Состояние учебника в начале и в конце учебного года оценивается как: *отлично, хорошо, удовлетворительно или плохо.*

Autori: Nina Bîrnaz, doctor în pedagogie, conf. univ., Universitatea de Stat din Moldova
Mihai Leșanu, doctor în biologie, conf. univ., Universitatea de Stat din Moldova

Toate drepturile asupra acestei ediții aparțin Editurii Prut Internațional. Reproducerea integrală sau parțială a textului sau a ilustrațiilor din acest manual este posibilă numai cu acordul scris al editurii.

Traducere din română: Ludmila Perciuleac

Redactor: Tatiana Șarșov

Corector: Olga Efremov

Copertă: Irina Cuzin

Machetare computerizată: Zoe Ciumac

Imagini: *shutterstock.com*

© Nina Bîrnaz, Mihai Leșanu, 2024

© Editura Prut Internațional, 2024

Editura Prut Internațional, str. Alba Iulia, nr. 23, bl. 1 A, MD-2051, Chișinău

Tel.: (+373 22) 75 18 74; (+373 22) 74 93 18

www.edituraprut.md; e-mail: office@prut.ro

Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții din Republica Moldova

Бырназ, Нина

Биология: учебник для 12-го класса / Нина Бырназ, Михай Лешану; traducere din română: Ludmila Perciuleac; Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova. – [Chișinău]: Prut Internațional, 2024 (Rotografika, [Serbia]). – 176 p.: il. color. Editat din sursele financiare ale Fondului special pentru manuale.

ISBN 978-9975-54-813-7

57(075.3)

Б 954

СОДЕРЖАНИЕ

1. Основы генетики	
1.1. Молекулярные основы наследственности. Нуклеиновые кислоты. Гены.....	6
1.2. Репликация, транскрипция, трансляция	10
1.3. Материальные основы наследственности. Хромосомы	16
1.4. Деление клетки. Амитоз и митоз	19
1.5. Деление клетки. Мейоз.....	23
1.6. Гаметогенез.....	27
1.7. Закономерности наследования признаков. Законы Г. Менделя	31
1.8. Сцепленное наследование признаков.....	35
1.9. Наследование признаков, сцепленных с полом.....	38
<i>Дополнительный материал. Наследование признаков при взаимодействии генов</i>	<i>42</i>
1.10. Наследование групп крови.....	46
1.11. Наследственная и ненаследственная изменчивость. Мутации и их значение	49
1.12. Мутагенные факторы.....	52
1.13. Генетика человека. Методы изучения наследственности человека	57
1.14. Нормальная наследственность человека.....	61
1.15. Наследственные болезни человека.....	63
Итоговый тест.....	68
2. Селекция организмов. Биотехнологии	
2.1. Селекция животных.....	74
2.2. Селекция растений	77
2.3. Селекция микроорганизмов	81
2.4. Традиционные и современные биотехнологии	83
2.5. Генная инженерия.....	86
Итоговый тест	89
3. Эволюция организмов на Земле. Эволюция человека	
3.1. Основные гипотезы происхождения жизни.....	92
3.2. Принципы биологической эволюции	96
3.3. Доказательства эволюции: данные сравнительной анатомии и эмбриологии.....	99
3.4. Доказательства эволюции: данные палеонтологии и молекулярной биологии	103
3.5. Факторы эволюции: наследственность и изменчивость	107
3.6. Факторы эволюции: взаимодействие организмов с факторами среды и естественный отбор	111
3.7. Направления эволюции	115
3.8. Эволюция человека.....	117
Итоговый тест	122
4. Экология и охрана окружающей среды	
4.1. Уровни интеграции и организации живой материи	126
4.2. Организация живой материи.....	130
4.3. Природные экосистемы. Наземная экосистема.....	135
4.4. Природные экосистемы. Водная экосистема	139
4.5. Искусственные экосистемы. Агробиоценозы	143
4.6. Цепи питания и экологические пирамиды.....	145
4.7. Динамическое равновесие в экосистеме.....	148
4.8. Загрязнение атмосферы и ее охрана	152
4.9. Загрязнение водной среды и ее охрана	155
Итоговый тест	159
<i>Приложение 1. Решение задач по теме «Законы Г. Менделя»</i>	<i>162</i>
<i>Приложение 2. Решение задач по темам «Сцепленное наследование признаков» и «Наследование, сцепленное с полом»</i>	<i>166</i>
<i>Приложение 3. Решение задач по теме «Наследование групп крови».....</i>	<i>169</i>
<i>Приложение 4. Практические работы по теме «Основы генетики»</i>	<i>171</i>
<i>Приложение 5. Практическая работа «Экология и охрана окружающей среды».....</i>	<i>176</i>

ВВЕДЕНИЕ

Генетика является одним из величайших достижений XX века. Благодаря ей в биологии свершилась настоящая революция, последствия которой пока трудно предсказать. Сейчас мы начинаем получать ответы на вопросы, многие века занимавшие лучшие умы человечества, – что такое наследственность, как передаются признаки от родителей к детям, чем вызваны наследственные болезни.

Постигнув суть природы хромосом и генов, молекулярных механизмов реализации наследственной информации, генетика пытается объяснить сложные явления жизни.

Выдающиеся открытия последних лет позволили генетике занять лидирующие позиции среди биологических наук.

КОМПЕТЕНЦИИ РЕАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

- Определение понятий: ген, хромосома, генотип, фенотип, наследственность, изменчивость, репликация, транскрипция, трансляция, amitoz, митоз, мейоз, гомозиготный организм, гетерозиготный организм, мутация.
- Описание структурных особенностей нуклеиновых кислот.
- Описание процессов репликации, транскрипции, трансляции.
- Выявление типов хромосом, типов мутаций и мутагенных факторов, нормального и патологических кариотипов человека.
- Распознавание фаз митоза и мейоза.
- Описание процессов гаметогенеза у человека.
- Объяснение основных механизмов наследования признаков.
- Применение законов наследственности для решения генетических задач.
- Анализ влияния мутагенных факторов среды на живые организмы.
- Сравнение митоза и мейоза, наследственности и изменчивости, наследственной и ненаследственной изменчивости.
- Применение лабораторного оборудования и техник для изучения клеточного деления и кариотипа человека.
- Аргументация необходимости применения специальных методов для изучения генетики человека.
- Предложение мер профилактики наследственных болезней человека.

СОДЕРЖАНИЕ РЕАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

- 1.1. Молекулярные основы наследственности.
Нуклеиновые кислоты. Гены
- 1.2. Репликация, транскрипция, трансляция
- 1.3. Материальные основы наследственности. Хромосомы
- 1.4. Деление клетки. Amitoz и митоз.
- 1.5. Деление клетки. Мейоз
- 1.6. Гаметогенез
- 1.7. Закономерности наследования признаков.
Законы Г. Менделя
- 1.8. Сцепленное наследование признаков
- 1.9. Наследование признаков, сцепленных с полом
Дополнительный материал. Наследование признаков при взаимодействии генов
- 1.10. Наследование групп крови
- 1.11. Наследственная и ненаследственная изменчивость.
Мутации и их значение
- 1.12. Мутагенные факторы
- 1.13. Генетика человека. Методы изучения наследственности человека
- 1.14. Нормальная наследственность человека
- 1.15. Наследственные болезни человека
Итоговый тест

КОМПЕТЕНЦИИ

Гуманитарный профиль

- Определение понятий: ген, хромосома, генотип, фенотип, наследственность, изменчивость, гомозиготный организм, гетерозиготный организм, мутация.
- Описание структурных особенностей нуклеиновых кислот.
- Выявление типов хромосом, типов мутаций и мутагенных факторов, нормального и патологических кариотипов человека.
- Объяснение основных механизмов наследования признаков.
- Применение законов наследственности для решения генетических задач.
- Анализ влияния мутагенных факторов среды на живые организмы.
- Сравнение наследственности и изменчивости.
- Аргументация необходимости применения специальных методов для изучения генетики человека.
- Предложение мер профилактики наследственных болезней человека.

СОДЕРЖАНИЕ

Гуманитарный профиль

- 1.1. Молекулярные основы наследственности.
Нуклеиновые кислоты. Гены
- 1.2. Материальные основы наследственности. Хромосомы
- 1.3. Законы наследования Г. Менделя.
Моногибридное скрещивание
- 1.4. Наследование признаков, сцепленных с полом
- 1.5. Наследование групп крови
- 1.6. Наследственная и ненаследственная изменчивость.
Мутации и их значение
- 1.7. Мутагенные факторы
- 1.8. Генетика человека. Методы изучения наследственности человека
- 1.9. Нормальная наследственность человека
- 1.10. Наследственные болезни человека
Итоговый тест

ГЛАВА 1

ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ

Генетика – это наука, которая изучает законы *наследственности и изменчивости живых организмов*. Она устанавливает механизмы, которые обеспечивают хранение генетической информации и наследственных изменений.

Наследственность как предмет изучения генетики представляет собой свойство живых организмов наследовать и передавать признаки от родителей потомству. Наследственность поддерживает стабильность и преемственность в ряду поколений организмов, обеспечивая тем самым сохранение вида.

Наследственная информация о признаках находится в **генах**. Понятие гена можно определить с трех точек зрения:

- с *физической точки зрения*: ген – это участок хромосомы, содержащий последовательности нуклеотидов;
- с *функциональной точки зрения*: ген – это информационная единица, которая переписывается в мРНК и реализуется в полипептидную цепь;
- с *генетической точки зрения* ген – это единица наследственности, которая содержит информацию о наследственном признаке.

В классической концепции *ген представляет собой наименьшую единицу наследственности, мутаций и рекомбинаций*. Ген определяет последовательность нуклеотидов в цепи мРНК и соответственно аминокислот в молекуле белка.

Гены локализованы в хромосомах (тема 1.3) и расположены в линейном порядке. Каждый ген занимает в хромосоме определенное место – **локус**.

В результате мутаций гена возникают новые варианты гена – **аллели**, которые обуславливают различные проявления одного и того же признака. В каждой хромосоме содержится только один из аллелей, или аллельных генов. У диплоидных организмов, в парах гомологичных хромосом, каждый ген занимает один и тот же локус и представлен двумя аллельными вариантами.

Исходные аллельные гены называются **нормальными генами** (дикими), а гены, возникшие в результате мутации, называются **мутантными генами**.

Наследственный материал организмов представлен **нуклеиновыми кислотами**. Впервые нуклеиновые кислоты были выделены из ядра, а впоследствии были обнаружены и в других клеточных оргanelлах (например, митохондриях, хромопластах, рибосомах).

Различают два типа нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновую кислоту (**ДНК**) и рибонуклеиновую кислоту (**РНК**). Обе они играют важную роль в биосинтезе белков и передаче наследственной информации от поколения к поколению.

Молекулы нуклеиновых кислот представлены полинуклеотидными цепями, в которых отдельный нуклеотид является структурной единицей, или мономером. Каждый нуклеотид состоит из трех элементов: азотистого основания, углевода (пентозы) и остатка фосфорной кислоты.

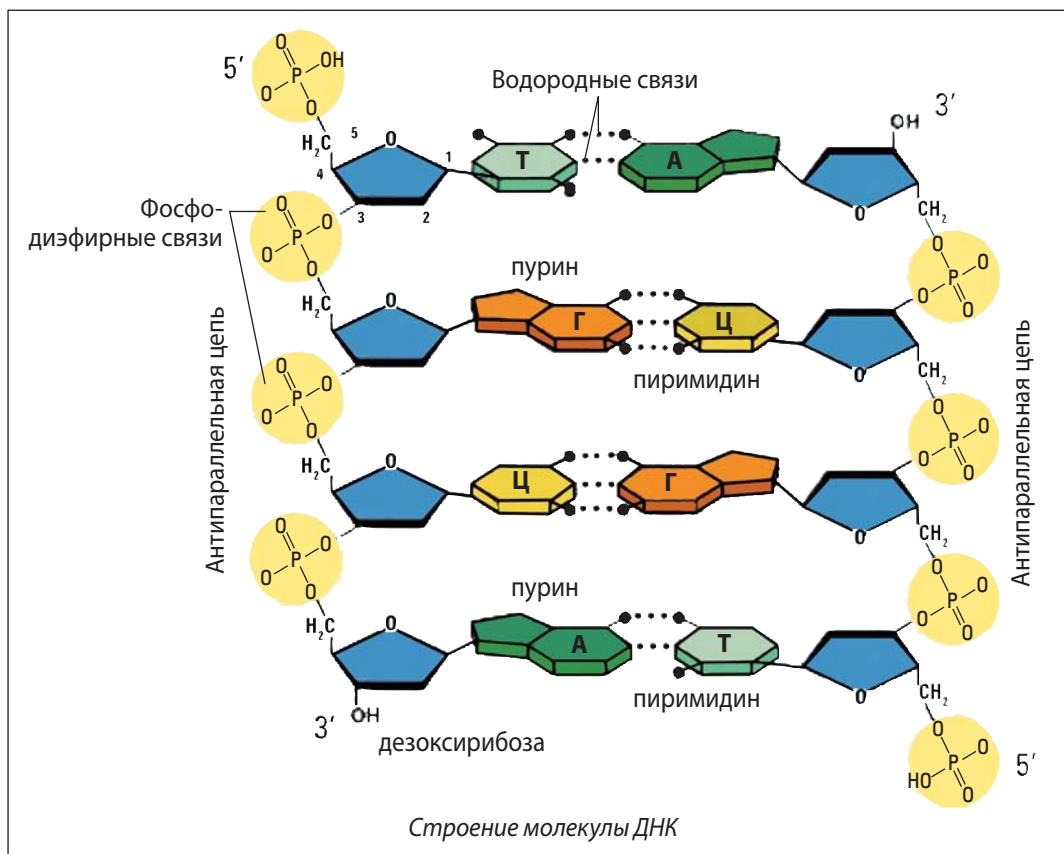
Молекула ДНК обладает сложным строением и представляет собой двойную спираль из двух цепей. Каждая цепь состоит из нуклеотидов, число которых может достигать нескольких тысяч и даже миллионов. Остаток фосфорной кислоты и пентоза (дезоксирибоза) одинаковы для всех нуклеотидов, в то время как азотистые основания отличаются и могут быть четырех типов: аденин (А), тимин (Т), гуанин (Г) и цитозин (Ц).

В одной молекуле ДНК количество аденина равно количеству тимина, в количество цитозина – количеству гуанина:

$$\frac{A + Г}{T + Ц} = 1$$

Нуклеотиды соединяются друг с другом *фосфодиэфирными связями*, образующимися между двумя пентозами соседних нуклеотидов одной цепи (в положении 3' и 5') и остатком фосфорной кислоты.

Обе цепи ДНК дополнительно соединяются при помощи *водородных связей*, образующихся между азотистыми основаниями цепей по принципу комплементарности: А-Т; Г-Ц. Между аденином и тимином образуются две водородные связи, а между гуанином и цитозином – три. В результате цепи имеют комплементарную структуру и обладают противоположной пространственной ориентацией (антипараллельны), а молекула ДНК имеет структуру двойной спирали.



Другим типом нуклеиновых кислот является рибонуклеиновая кислота (РНК), сходная по некоторым признакам с ДНК, но обладающая рядом отличительных особенностей. РНК состоит из одной нуклеотидной цепи, причем каждый нуклеотид включает в себя три компонента: азотистое основание, углевод (рибозу) и остаток фосфорной кислоты.

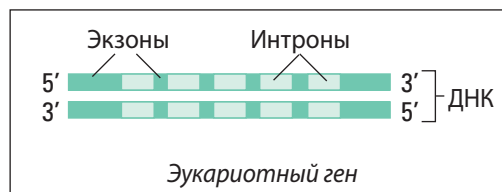
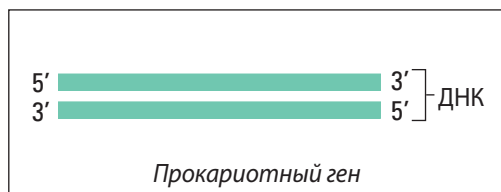
В состав РНК входят следующие азотистые основания: аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц) и урацил (У).

В клетке есть несколько типов РНК: матричная (мРНК), транспортная (тРНК), рибосомная (рРНК) и другие (например, малая ядерная (мяРНК)).

Все типы РНК имеют разные формы и размеры и переписываются с ДНК. Молекулы РНК участвуют в реализации наследственной информации в процессе синтеза белка, выполняя следующие функции:

- рРНК входит в состав рибосом (рРНК составляет около 80% от общего количества РНК в клетке);
- тРНК переводит генетическую информацию с мРНК и переносит аминокислоты к рибосомам;
- мРНК переносит наследственную информацию с ДНК к месту синтеза белков.

Существуют некоторые особенности организации генетического материала (ДНК) у прокариотных и эукариотных организмов.



У прокариотных организмов (бактерий) наследственный материал представлен одной кольцевой молекулой ДНК. Ее длина около 1400 нм. Эта молекула «голая»: она не образует сложных комплексов с гистоновыми белками.

У эукариот (растения, грибы, животные) генетический материал характеризуется дискретностью, то есть в составе генов можно выделить кодирующие (**экзоны**) и некодирующие (**интроны**) участки. В процессе созревания мРНК интроны удаляются. Кроме того, ДНК взаимодействует и с гистоновыми белками, образуя сложный нуклеопротеиновый комплекс – хроматин.

Ученые предполагают, что в ходе эволюции первыми появились рибонуклеиновые кислоты, которые содержали генетический материал и выполняли наследственную функцию. Со временем функция хранения и передачи генетической информации перешла к ДНК, локализованной в специальных клеточных органеллах, окруженных двумя мембранами.

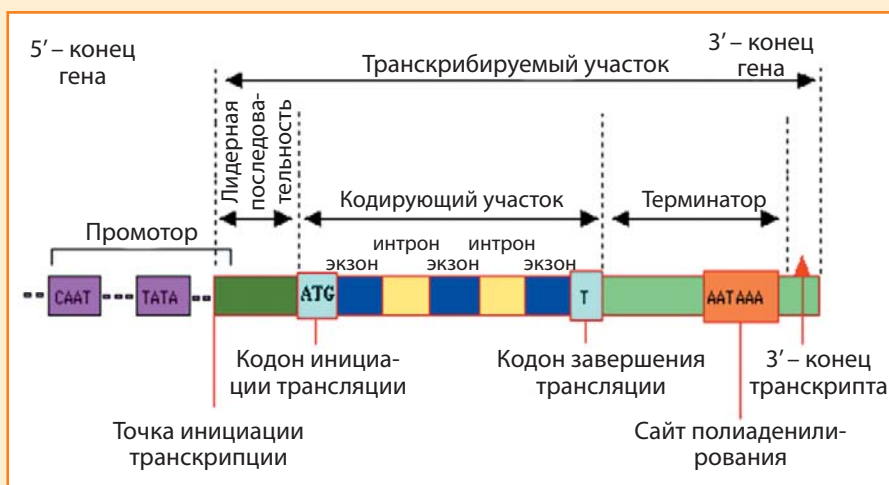
Узнай больше!

Генетическая роль ДНК была доказана в 1944 году О. Эвери, М. Маккарти и К. Маклаудом, которые повторили эксперименты Ф. Гриффита по генетической трансформации двух штаммов пневмококков (*Diplococcus pneumoniae*) и доказали экспериментально, что именно ДНК является носителем генетической информации. В 1947 году Э. Чаргафф с сотрудниками установили, что в молекуле ДНК количество пуриновых азотистых оснований (аденина и гуанина) равно количеству пиримидиновых азотистых оснований (цитозина и тимина). В дальнейшем эта закономерность получила название «Правила Чаргаффа».

Благодаря исследованиям М. Уилкинса, Ф. Крика и Дж. Уотсона к 1953 году была установлена молекулярная структура двойной спирали ДНК. Ее диаметр составляет около 20 Å, пары комплементарных нуклеотидов располагаются на расстоянии 3,4 Å, а один виток спирали содержит 10 пар оснований (34 Å). Наиболее часто встречается правозакрученная спираль ДНК (форма В-ДНК), однако есть и молекулы ДНК с левозакрученной спиралью (форма А-ДНК).

ДНК обладает способностью к денатурации (при температуре 80–100 °С или при рН в диапазоне <3 и >10) в результате разрушения водородных связей между полинуклеотидными цепями и восстановлению (ренатурации) двойной спирали при температуре около 65 °С.

Структурные гены, определяющие структуру белков, состоят из двух участков: кодирующего (содержит экзоны и интроны) и регуляторного (содержит промотор и терминатор). Последовательности ДНК кодирующего участка определяют структуру белковой молекулы, в то время как регуляторные участки контролируют процессы реализации генетической информации. Ниже представлена общая схема строения структурных генов эукариот.



Генетический материал прокариот характеризуется рядом особенностей. Бактериальный геном содержит одну группу сцепления и небольшое число генов. Наряду с основными генами (нуклеоида), он содержит и дополнительный генетический материал в виде плазмид, мобильных генетических элементов и др.

Регуляция генетической активности у прокариот происходит по принципу обратной связи (feedback). Пока в клетке присутствует субстрат (необходимый белок), синтезируется фермент для расщепления этого белка. Когда весь субстрат использован, белок-репрессор блокирует активность структурных генов, кодирующих фермент, посредством оператора (специального регуляторного участка ДНК).

Регуляция генетической активности у эукариот намного сложнее и обусловлена рядом отличительных особенностей их организации, а именно: наличием ограниченного двумя мембранами ядра, взаимодействием ДНК и гистоновых белков с образованием хромосом, несколькими уровнями регуляции. Этот процесс происходит на всех этапах экспрессии генов (транскрипции, процессинга, трансляции).



Основной задачей генетики является изучение:

1. Выбери правильный вариант ответа.
 - а) особенностей индивидуального развития организмов;
 - б) особенностей строения клеток;
 - в) закономерностей хранения и передачи наследственной информации;
 - г) возможных путей эволюции организмов.

2. Прочитай текст об особенностях генов и подготовь план его представления одноклассникам на уроке.

3. Сравни строение ДНК и РНК и представь результаты сравнения в виде таблицы, указав не менее трех сходств и трех отличий. Подготовь устное сообщение на 2–3 минуты.

4. Прочитай текст и выбери для него один из предложенных заголовков. Обоснуй свой выбор.

Количество мРНК определяется необходимым количеством белка в клетке. Белки синтезируются в клетке строго в объемах, необходимых для процессов ее жизнедеятельности. В зависимости от необходимого количества белка меняется и количество мРНК, ответственной за синтез данного белка. Если клетке нужно больше данного белка, увеличивается число молекул соответствующей мРНК. Если же клетке необходимо меньше белка, количество молекул мРНК сокращается путем их инактивации или расщепления.

Варианты: 1. Особенности мРНК; 2. Приспособление клеток к постоянному обмену веществ.

5. Изготовь из подручных средств модель структуры нуклеиновой кислоты. Проведи презентацию своей модели (1–3 минуты) на уроке.

6. Объясни в 2–3 предложениях смысл фразы *ДНК – молекула жизни* на основе информации под штрихкодом QR 1.1.1.



QR 1.1.1

7. Дай определение понятия *эпигеном* и объясни его современное применение на основе информации под штрихкодом QR 1.1.2 в период с 13.24 до 17.05.



QR 1.1.2

8. Обоснуй важность появления молекулы ДНК. Представь 2–3 биологических преимущества в сравнении с РНК. (Для нахождения информации можешь использовать электронные источники по специальности.)

Репликация играет ключевую роль в наследственности, так как обеспечивает передачу генетической информации в ряду поколений.

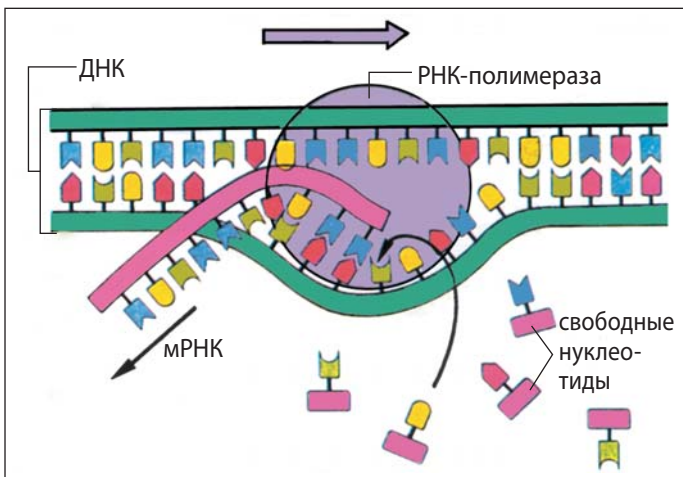
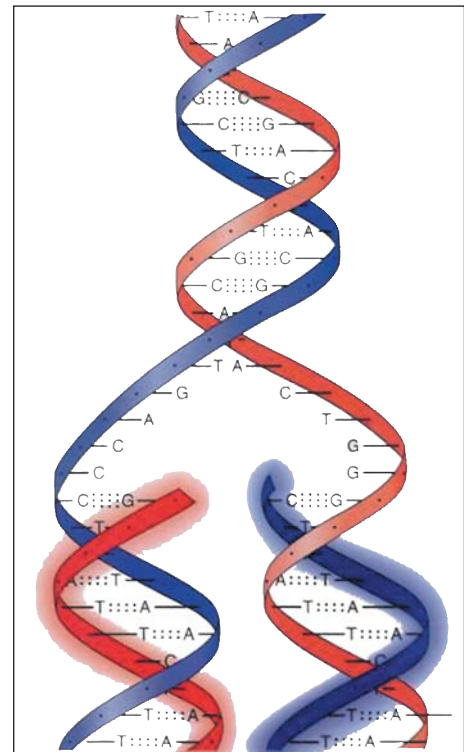
Репликация представляет собой уникальный, характерный только для молекул ДНК процесс. Это не простое деление, а самоудвоение, в процессе которого две цепи исходной молекулы ДНК разъединяются под действием специальных ферментов (в фазе S клеточного цикла), и каждая из них служит матрицей для синтеза новых цепей из свободных нуклеотидов по принципу комплементарности.

В результате репликации образуются две новые молекулы ДНК, идентичные между собой и аналогичные исходной молекуле ДНК. Каждая новая молекула ДНК имеет одну старую цепь и одну вновь синтезированную цепь (полуконсервативный механизм).

Таким образом, процесс репликации обеспечивает точную передачу наследственной информации от материнской клетки дочерним клеткам.

Транскрипция заключается в переписывании генетической информации с ДНК на РНК. Этот процесс имеет некоторое сходство с репликацией и происходит в несколько этапов:

- локальная деспирализация (расплетание) молекулы ДНК на две цепи;



- рядом со свободными нуклеотидами ДНК по принципу комплементарности группируются нуклеотиды РНК. Так рождается новая цепь мРНК. Этот процесс происходит при помощи специального фермента (*РНК-полимераза*);
- молекула мРНК, отделившись от ДНК, созревает (путем удаления интронов и сшивания экзонов) и переходит через ядерные поры в цитоплазму (ДНК не покидает ядро клетки).

Так информация одного из участков ДНК переписывается в мРНК. Синтез мРНК происходит только на одной из цепей ДНК, которая имеет направление $3'-5'$ и называется антикодогенной.

По завершении транскрипции двойная спираль ДНК восстанавливается.

Трансляция – это процесс, лежащий в основе синтеза белков. Он заключается в переводе генетической информации с последовательности нуклеотидов в мРНК в аминокислотную последовательность молекулы белка при помощи специального генетического кода.

Генетический код представляет собой систему зашифровки (кодирования) генетической информации о последовательности аминокислот в белковой молекуле в виде определенной последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК (или вирусной РНК).

Последовательность аминокислот в молекуле белка определяется последовательностью нуклеотидов в молекуле ДНК, представленных в виде *триплетов* (кодонов). Каждый кодон соответствует одной аминокислоте.

В состав белков входят 20 типов аминокислот, а число возможных комбинаций при сочетании 4 типов азотистых оснований по 3 равно 64 ($4^3 = 64$). Как следствие, число возможных триплетов намного больше, чем необходимо для зашифровки всех аминокислот.

Согласно современным представлениям, решающую роль в триплете играют первые два основания, а замена третьего часто не сказывается на смысловом значении кодона.

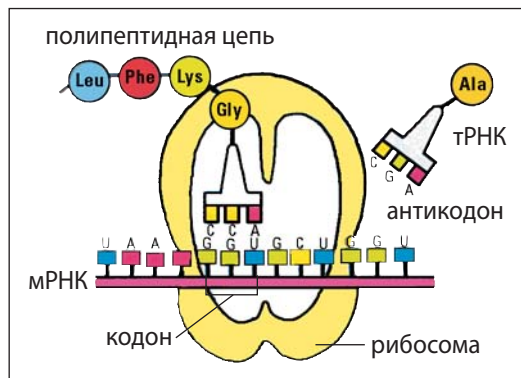
Генетический код					
Первое основание	Второе основание				Третье основание
5' конец	У	Ц	А	Г	3' конец
У	Фенилаланин (Phe) Фенилаланин Лейцин (Leu) Лейцин	Серин (Ser) Серин Серин Серин	Тирозин (Tyr) Тирозин Stop Stop	Цистеин (Cys) Цистеин Stop Триптофан (Try)	У Ц А Г
Ц	Лейцин Лейцин Лейцин Лейцин	Пролин (Pro) Пролин Пролин Пролин	Гистидин (His) Гистидин Глутамин (Gln) Глутамин	Аргинин (Arg) Аргинин Аргинин Аргинин	У Ц А Г
А	Изолейцин (Ile) Изолейцин Изолейцин Метионин (Met) (Start)	Треонин (Thr) Треонин Треонин Треонин	Аспарагин (Asn) Аспарагин Лизин (Lys) Лизин	Серин (Ser) Серин Аргинин Аргинин	У Ц А Г
Г	Валин (Val) Валин Валин Валин	Аланин (Ala) Аланин Аланин Аланин	Аспарагиновая кислота (Asp) Аспарагиновая кислота Глутаминовая кислота (Glu) Глутаминовая кислота	Глицин (Gly) Глицин Глицин Глицин	У Ц А Г

Одна и та же аминокислота может быть закодирована несколькими триплетами. Это свойство генетического кода называется *вырожденностью*.

Другим свойством генетического кода является его *универсальность*, то есть одни и те же кодоны кодируют одни и те же аминокислоты у всех живых организмов (бактерий, растений, животных и др.).

Генетический код *не перекрывается*: каждая группа из трех последовательных оснований образует один триплет, и одно азотистое основание может входить в состав только одного кодона. В цепи ДНК триплеты располагаются в линейной последовательности, при этом генетический код не прерывается и не имеет запятых. В ходе синтеза белка генетическая информация считывается триплет за триплетом от первого (кодона START) до последнего (кодона STOP). Кодон инициации трансляции (START) представлен триплетом АУГ, а кодон завершения трансляции (STOP) – одним из трех триплетов: УАА, УГА, УАГ.

Трансляция происходит на рибосомах.



У молекул тРНК в цитоплазме клетки есть несколько специальных участков. Один из них называется «антикодон» и состоит из трех азотистых оснований, комплементарных определенному кодону в мРНК. К противоположному концу молекулы тРНК присоединяется соответствующая аминокислота, которая будет перенесена к месту синтеза белка – рибосомам.

В процессе трансляции генетической информации антикодон тРНК временно связывается с определенным кодоном мРНК. Так определяется последовательность аминокислот в синтезируемой молекуле белка.

Рибосомы при этом «скользят» вдоль цепи мРНК. Чтение генетической информации происходит с

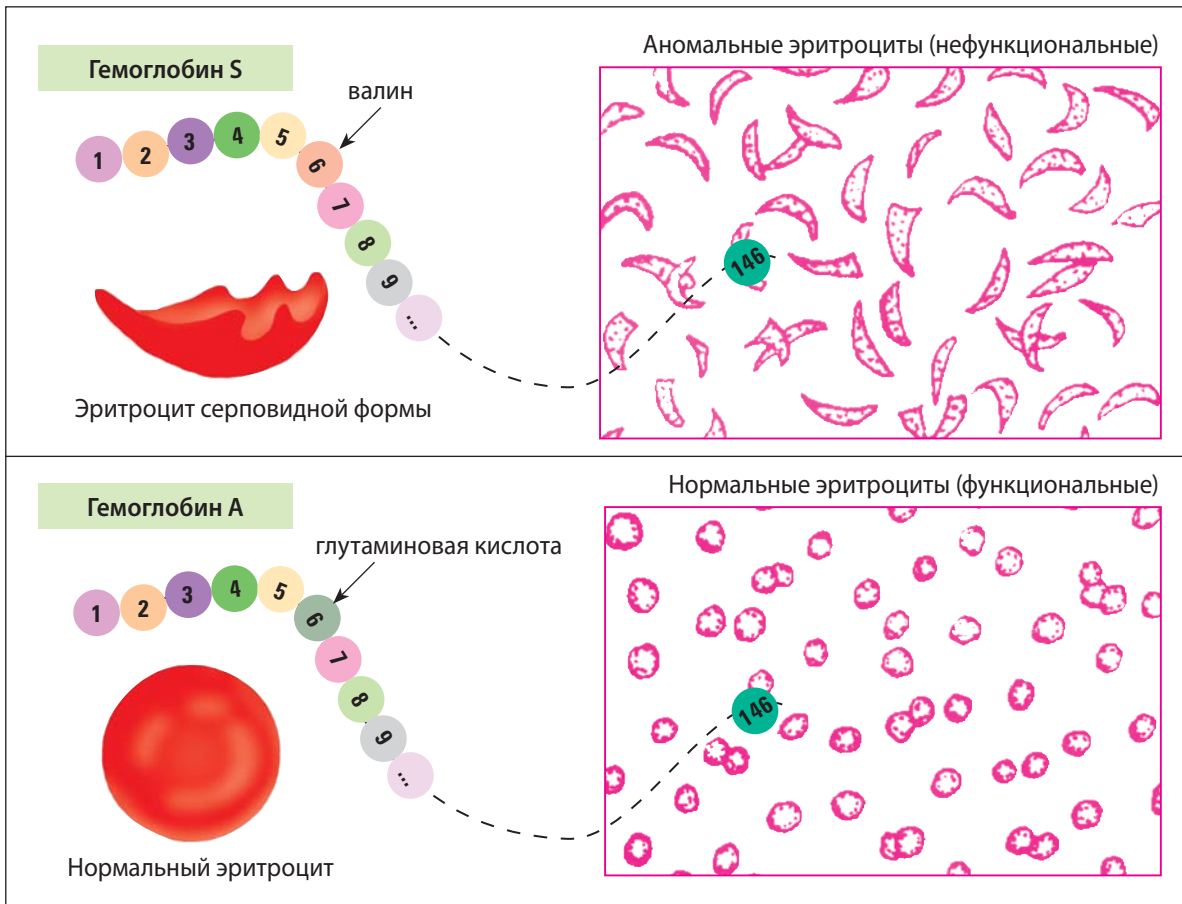
5'-конца (содержит фосфатную группу) к 3'-концу (содержит гидроксильную группу). Транспортируемые тРНК аминокислоты добавляются к растущей полипептидной цепи белка при помощи пептидных связей.

Следовательно, структура вновь синтезированного белка определяется информацией в участке ДНК, который кодирует этот белок.

Под действием природных или связанных с деятельностью человека мутагенных факторов (радиации, вредных химических веществ) в молекуле ДНК могут возникать нарушения. Как следствие, изменятся и кодоны в мРНК, что приведет в процессе перевода генетической информации к синтезу белков с измененной структурой. Такие дефектные белки не способны нормально выполнять свои функции, и это может быть причиной серьезных нарушений в работе жизненно важных систем организма. Примером таких нарушений является серповидно-клеточная анемия, при которой эритроциты приобретают специфическую форму серпа и не способны переносить кислород в достаточном количестве в ткани организма, что становится причиной анемии.

Серповидно-клеточная анемия, как и другие формы анемии, проявляется бледностью, общей слабостью и головокружениями. Для симптоматического лечения анемий применяют препараты, содержащие железо, витамины (в частности, В12), а также богатые железом продукты питания.

Новые возможности в лечении этого наследственного заболевания открывает генная терапия, позволяющая осуществить замену мутантного гена на нормальный. Другим перспективным подходом является активация гена фетального гемоглобина, который в норме у человека проявляется только в пренатальном периоде. (Управление по контролю за продуктами и лекарствами США в декабре 2023 года одобрило два метода генной терапии лечения серповидно-клеточной анемии для пациентов в возрасте от 12 лет. Один из методов использует технологию редактирования генома CRISPR, которая позволяет осуществить генетическую модификацию выделенных у больного клеток с последующей их трансплантацией в организм пациента. Аналогичное лечение было разрешено в ноябре 2023 года соответствующими органами здравоохранения Великобритании.)

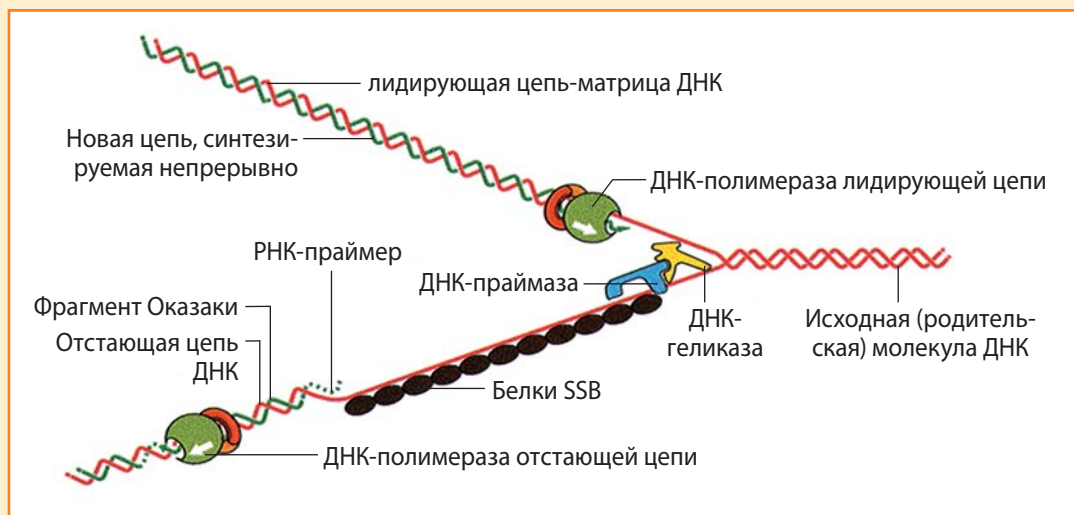


Узнай больше!

Репликация представляет собой процесс матричного, комплементарного и антипараллельного (чтение информации на цепи-матрице происходит в направлении 3'–5', а синтез новых цепей в направлении 5'–3') синтеза ДНК. Процесс репликации происходит при участии многих ферментов (см. рисунок ниже), среди которых:

- ДНК-геликаза (обеспечивает расплетание и локальную денатурацию ДНК, используя для этого энергию гидролиза АТФ);
- ДНК-полимераза (катализирует реакцию полимеризации нуклеотидов);
- праймаза (обеспечивает синтез небольшого фрагмента РНК, выполняющего роль затравки для работы ДНК-полимеразы);
- топоизомеразы (удаляют петли в молекуле ДНК благодаря способности разрезать цепи ДНК);
- ДНК-лигаза (соединяет вновь синтезированные фрагменты ДНК в цепь).

Кроме ферментов, в репликации участвуют специальные белки SSB, которые стабилизируют цепь-матрицу в выпрямленном состоянии.



Репликация начинается в точке ORI и завершается в точках terminus. Следует отметить, что у прокариот есть только одна единица репликации (репликон), а у эукариотных организмов их много. Репликация происходит на обеих цепях исходной молекулы ДНК, но с небольшими особенностями. На одной из цепей, которая называется лидирующей, синтез идет непрерывно, а на другой, которая называется отстающей, – прерывисто, в виде фрагментов Оказаки, которые затем объединяются.

В результате **транскрипции** у прокариот образуется мРНК, которая служит матрицей для синтеза молекул белка на рибосомах. У эукариот транскрипция завершается синтезом пре-мРНК, которая подвергается созреванию (процессингу) и образует зрелую мРНК. Процессинг включает в себя несколько этапов: экзпирование (защиту конца 5' пре-мРНК), полиаденилирование (защиту конца 3' пре-мРНК) и сплайсинг (удаление интронов и соединение между собой экзонов).

Расшифровка генетической информации в ходе **трансляции** происходит в направлении 5'–3', начинается с кодона АУГ и завершается одним из стоп-кодонов (УАА, УАГ, УГА). Синтез полипептидной цепи белка осуществляется в направлении NH_2 – COOH .



- 1 • Выбери для каждого утверждения *Истинно* или *Ложно*, используя представленную в тексте урока информацию.

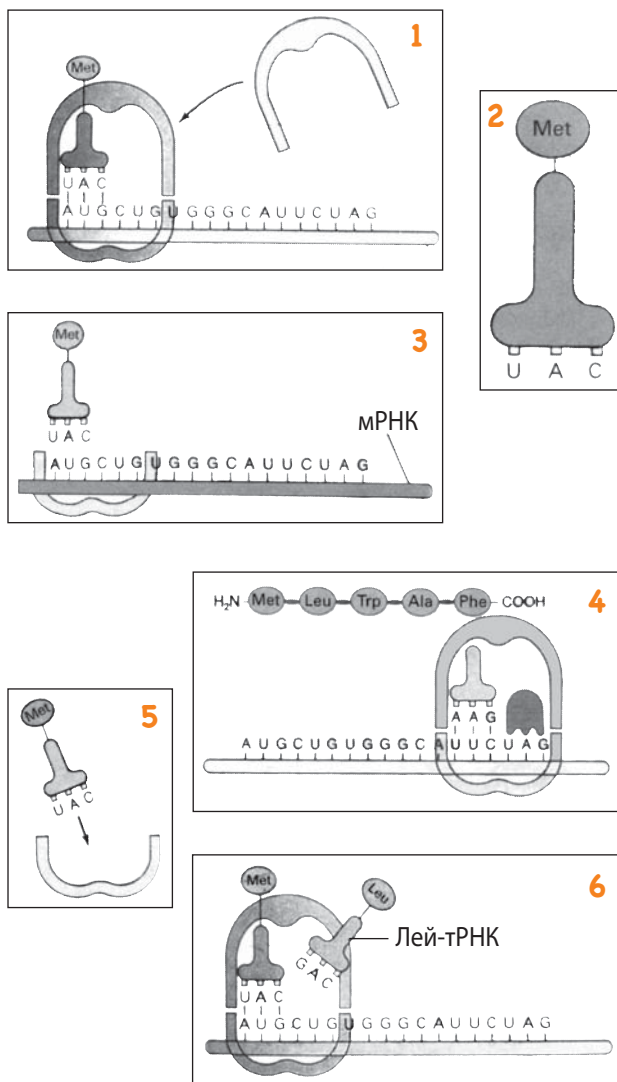
А. Репликация происходит во время деления клетки	Истинно / Ложно
Б. В эукариотной клетке транскрипция происходит в ядре	Истинно / Ложно
В. Одни и те же триплеты нуклеотидов кодируют одинаковые аминокислоты у различных организмов	Истинно / Ложно
Г. Процесс трансляции происходит в лизосомах	Истинно / Ложно

- 2 • Соедини описания этапов синтеза белка (А) с соответствующими изображениями (Б).

А

- а** тРНК в соответствии со своим антикодоном распознает и связывает аминокислоту метионин (Met).
- б** Met-тРНК направляется к рибосоме.
- в** Met-тРНК приближается антикодоном к комплементарному кодону мРНК.
- г** Большая и малая рибосомные частицы объединяются, образуя рабочую рибосому. Met-тРНК взаимодействует антикодоном с комплементарным триплетом мРНК.
- д** Leu-тРНК направляется к рибосоме в соответствие с кодоном мРНК.
- е** Рибосома дошла до кодона Stop, и синтез полипептидной цепи завершен.

Б



3 • Прочитай информацию и выполните задания.

Дрепаноцитоз, или *серповидно-клеточная анемия* – это тяжелое наследственное заболевание, причиной которого является мутация гена, ответственного за синтез гемоглобина. Нормальный ген обозначается HbA, а мутантный – HbS.

На рисунке А представлен участок мРНК, соответствующий HbA, а на рисунке Б – участок мРНК, соответствующий HbS.

А



Б



- Переведи каждую последовательность мРНК в последовательности аминокислот гемоглобина А и гемоглобина S, используя представленный на стр. 11 генетический код.
- Найди отличия в строении этих двух молекул гемоглобина.
- Укажи молекулу с мутацией, являющейся причиной серповидно-клеточной анемии.

4 • На основе представленного в тексте урока описания болезни и информации под штрихкодом QR 1.2.1 составь для родителей детей, страдающих серповидно-клеточной анемией, список рекомендаций по улучшению состояния здоровья их ребенка.



QR 1.2.1

- 5** • Какое из свойств генетического кода может способствовать новым исследованиям и открытиям в генетике?
- 6** • Объясни, почему данная схема называется «Экспрессия генов».



- 7** • Выскажи кратко свое мнение относительно следующего утверждения:
Сокращение в рационе питания аминокислот приводит к дефициту синтеза белков в организме.

Хромосомы являются носителями наследственной информации.

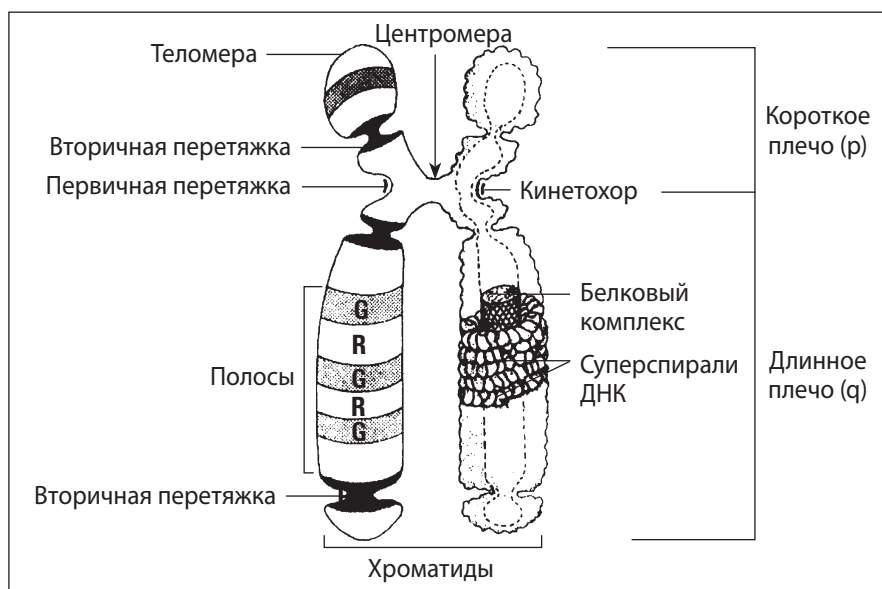
Они представляют собой компактные структуры, состоящие из нуклеиновых кислот и белков. Линейные молекулы ДНК взаимодействуют с гистоновыми белками и образуют первичную нуклеосомную нить. Нуклеосома является структурной единицей организации хроматина у эукариот и состоит из фрагмента ДНК, накрученного на глобулу из 8 гистоновых белков. В сочетании с РНК и негистоновыми белками нуклеосомы формируют **хроматин**, который во время деления многократно упаковывается и образует хромосомы.



В хроматине различают два типа участков: *эухроматин* и *гетерохроматин*. Эухроматин – это слабо окрашенные и неконденсированные участки, активные с генетической точки зрения. Гетерохроматин представляет собой интенсивно окрашенные и сильно конденсированные участки с меньшей генетической активностью. Гетерохроматин может быть факультативным (временно неактивным) и конститутивным (постоянно неактивным).

Хромосомы играют важную роль в клетке (организме), обеспечивая передачу генетической информации дочерним клеткам (потомству). Их можно выявить во время деления клетки (в метафазе они достигают максимальной спирализации).

Каждая хромосома соматической клетки состоит из двух хроматид, соединенных между собой в области первичной перетяжки – **центромеры**. Некоторые хромосомы имеют и вторичную перетяжку,



которая отделяет небольшой фрагмент – **сателлит**. Концы хромосомы – **теломеры** – защищают хромосомную ДНК от расщепления ферментами и предотвращают их слипание, обеспечивая тем самым целостность хромосом.

Используя специальные методы окраски, в хромосомах можно выявить светлые и темные участки разной ширины, которые называются хромосомными **полосами**, или **бэндами**.

Число, размеры и форма хромосом специфичны для каждого вида. В соматических клетках содержится диплоидный набор хромосом ($2n$), а в половых клетках (гаметах) – гаплоидный (n).

Название вида	Диплоидное число хромосом	Название вида	Диплоидное число хромосом
1. <i>Pisum sativum</i> (фасоль)	14	9. <i>Drosophila melanogaster</i> (плодовая мушка)	8
2. <i>Vicia faba</i> (конский боб)	12	10. <i>Ascaris megalocephala</i> (аскарида)	4
3. <i>Zea mays</i> (кукуруза)	20	11. <i>Bos taurus</i> (бык)	60
4. <i>Allium cepa</i> (лук)	16	12. <i>Ovis aries</i> (овца)	54
5. <i>Lycopersicon esculentum</i> (томат)	24	13. <i>Capra hircu</i> (коза)	60
6. <i>Triticum monococtum</i> (пшеница)	14	14. <i>Sus scrofa</i> (свинья)	38
7. <i>Beta vulgaris</i> (свёкла)	18	15. <i>Homo sapiens</i> (человек)	46
8. <i>Solanum tuberosum</i> (картофель)	48		

Хромосомы классифицируют, используя различные критерии:

- по положению центромеры:
 - *метацентрические* (центромера делит хромосому на два равных плеча);
 - *субметацентрические* (центромера немного смещена от центра);
 - *acroцентрические* (центромера сильно смещена к одному из концов);
 - *телоцентрические* (центромера занимает терминальное положение).



- по участию в определении пола и наличию у разных полов:
 - *аутосомы* (типичные хромосомы, представленные в наборе большинством и идентичные у обоих полов – у человека в соматических клетках 44 аутосомы);
 - *гетеросомы*, или половые хромосомы (отличаются по размерам и морфологии; обозначаются, как правило, X и Y. Хромосома X, как и большинство аутосом, содержит много активных генов, а в хромосоме Y генов мало).

Гетеросомы играют важную роль в определении пола. Пол, который содержит одинаковые хромосомы (XX), называется *гомогаметным*, а пол, характеризующийся наличием разных половых хромосом (XY), называется *гетерогаметным*.

У некоторых организмов могут быть особые типы хромосом, например:

- *политенные хромосомы*. Они встречаются в клетках слюнных желез личинок ряда представителей двукрылых насекомых; образуются в результате многочисленных репликаций без последующего разделения хроматид (у дрозофиллы они могут содержать до 1024 хроматидных нитей);
- *хромосомы типа «ламповых щеток»* (обнаружены в ядрах первичных овоцитов земноводных, рыб, пресмыкающихся и птиц; являются результатом удлинённой профазы мейоза I и могут достигать гигантских размеров – до 1 м).

Количество, размеры и форма хромосом (**кариотип**) являются постоянными характеристиками вида и сохраняются в ряду поколений организмов. Отклонения от нормального кариотипа (численные и структурные мутации) существенно влияют на жизнеспособность организмов.



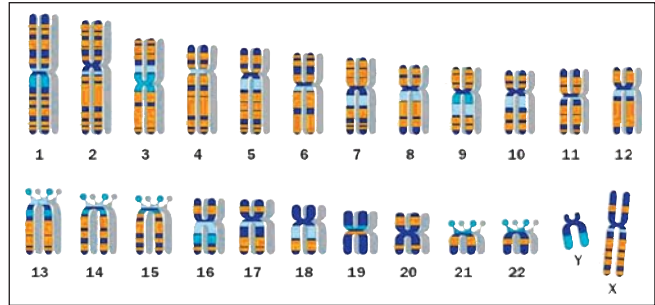
- 1 • Дополни предложения (задание выполняется в рабочей тетради).

Хромосомы выявляются в процессе _____ клетки. Они состоят из _____ и _____. Первичная перетяжка хромосом называется _____, а концы хромосом – _____.

- 2 • Опиши в 3–5 предложениях химический состав хромосом, используя представленную в учебнике информацию.

- 3 • Выполни классификацию хромосом по различным критериям в виде логически структурированной схемы.

- 4 • Распредели представленные на рисунке хромосомы человека по группам, учитывая размеры и положение центромеры.



- 5 • Изготовь из подручных средств модель хромосомы, демонстрирующую ее строение и состав.

- 6 • Прочитай тексты (материал подготовлен на основе указанных ссылок) и сформулируй 2–3 вывода о значении проекта «Геном человека» в развитии персонализированной медицины.

Персонализированная медицина (<https://genesys.md/en/articles/medicina-personalizata-medicina-viitorului>)

Персонализированная, или прецизионная, медицина – это направление, в котором врачи используют диагностические тесты для определения наиболее подходящего метода лечения для каждого отдельного пациента. Результаты играют ключевую роль в выборе лечения, потому что экспериментальные исследования показывают, что многие лекарства неэффективны для некоторых пациентов. Таким образом, на основе анализа результатов молекулярно-генетических тестов, истории болезни, особенностей окружающей среды и особенностей самого пациента медицинские службы могут разработать индивидуальные планы профилактики и лечения. Исследования экономической эффективности такого подхода показали, что у него много преимуществ как для отдельно взятого пациента, так и для системы здравоохранения в целом.

Проект «Геном человека» (<https://agmp.ro/istoria-proiectului-genomului-uman/>)

Проект «Геном человека» (HGP) – международная научно-исследовательская программа, целью которой было картирование – представление в виде карты полной последовательности ДНК человека (генома).

2800 ученых, принявших участие в этом исследовательском консорциуме, разделили авторство крупнейшего научного проекта, позволившего раскрыть тайны генетики человека.

В ходе реализации проекта «Геном человека» исследователи намеревались путем расшифровки генома человека достичь трех основных целей:

1) определение последовательности (порядка расположения) всех нуклеотидов в ДНК генома человека;

2) создание подробных генетических карт с указанием положения генов в наших хромосомах;

3) создание карт сцепления, с помощью которых можно проследить наследование признаков (например, генетических болезней) в ряду поколений. Карта сцепления показывает не физическое расстояние между генами, а относительное положение генов, которое определяется их совместным (сцепленным) наследованием.

Проект «Геном человека» выявил, что в геноме человека около 20 500 генов, и предоставил детальную информацию об их строении, организации и функциях. Эти данные можно использовать при анализе особенностей развития организма человека.

Международный консорциум по секвенированию генома человека опубликовал первый вариант генома человека, включающий около 3 млрд пар оснований, или около 90%, в журнале Nature в феврале 2001 г. Удивительным фактом стало то, что число обнаруженных в ДНК человека генов намного меньше теоретически ожидаемого – от 50 000 до 140 000 генов. Полная последовательность генома человека была расшифрована и опубликована в 2003 г.

- 7 • Подготовь презентацию (на 5–7 минут) в формате *Power Point* или информационный буклет, рассказывающий о факторах риска для наследственности живых организмов в твоей местности.

- 8 • Укажи в этой работе, какие меры предпринял(а) бы ты для устранения этих факторов.

Клетки в многоклеточных организмах выполняют разные функции. В зависимости от функции у них разная продолжительность жизни. Например, нейроны и некоторые мышечные клетки после дифференцировки перестают делиться и остаются в таком состоянии до конца жизни организма. Другие клетки, например клетки костного мозга, эпидермы, эпителия тонкого кишечника, живут недолго и замещаются новыми клетками, образованными в результате деления. Таким образом, жизненный цикл этих клеток состоит из периода функциональной активности и периода воспроизводства.

Деление клеток обеспечивает как процессы роста, так и регенерации тканей организма.

Различают два типа деления клеток – прямое и не прямое. К прямому делению относится *амитоз*, к не прямому – *митоз* (для соматических клеток) и *мейоз* (для специализированных клеток, образующих гаметы).

Не прямое деление предполагает деление ядра (кариокинез) и деление цитоплазмы (цитоккинез). В результате митоза наследственный материал в виде хромосом строго равномерно распределяется между дочерними клетками.

Амитоз характеризуется следующими особенностями:

- не происходит спирализации хромосом,
- не образуется веретено деления,
- первоначально удваиваются ядрышки,
- не исчезает ядерная оболочка,
- за делением ядра иногда не следует деление цитоплазмы, что приводит к образованию много-ядерных клеток.

Амитоз представляет собой способ быстрого деления клеток и характерен для большинства одноклеточных эукариотных организмов, а также встречается в патологических и старых клетках, утративших способность к дифференцировке.

Как правило, у животных путем амитоза делятся клетки некоторых зародышевых листков, фолликулярные клетки яичника, клетки эндокринных желез и печени, а у растений – некоторые клетки зародышевого мешка, паренхимы клубней и эндосперма.

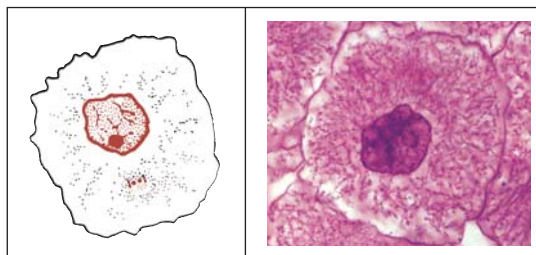
Самой распространенной формой клеточного деления является митоз. Путем митоза делятся соматические клетки меристематических тканей растений, клетки кроветворных органов и эпидермальных тканей животных.

Митоз характеризуется сложными изменениями ядра с образованием специальных структур – **хромосом**. В результате митоза из одной исходной диплоидной клетки ($2n$) образуются две новые дочерние клетки, идентичные материнской. Клеточный цикл (период от начала одного деления до следующего деления клетки) включает митоз, или собственно деление, и интерфазу, когда новые клетки растут и готовятся к следующему делению.

Интерфаза составляет около 90% клеточного цикла. В этот период хромосомы представлены в виде тонких нитей (от греч. *mitos* – нить), которые не видны в световой микроскоп.

Интерфаза состоит из трех периодов:

- 1) *пресинтетического* (G_1), в ходе которого клетка растет и готовится к удвоению ДНК; происходит синтез РНК, структурных белков и ферментов, необходимых для удвоения ДНК;
- 2) *синтетического* (S), в ходе которого происходит удвоение ДНК (репликация) и центриолей. Цепи молекулы ДНК расплетаются и становятся матрицей для синтеза новых комплементарных цепей. Вновь образованная молекула ДНК идентична исходной молекуле. Это определяет биологический смысл митоза – наследственная информация равномерно распределяется между дочерними клетками.

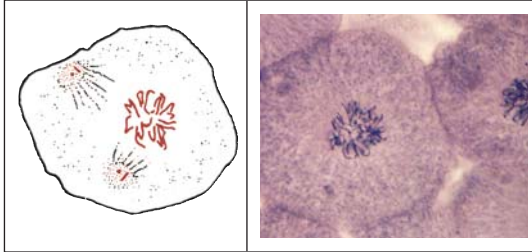
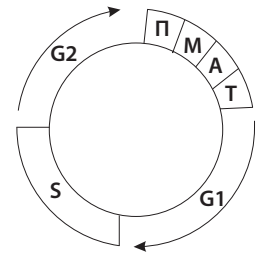


Продолжительность периода S варьирует от нескольких минут (у простейших) до 6–12 часов (у млекопитающих).

3) *постсинтетического (G2)*, в ходе которого:

- накапливается АТФ;
- синтезируются белки, в частности веретена деления;
- образуются новые клеточные органеллы.

Митоз состоит из 4 последовательных фаз: профазы (П), метафазы (М), анафазы (А) и телофазы (Т).



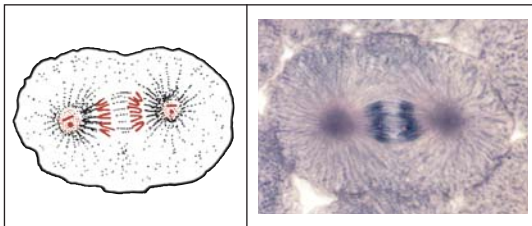
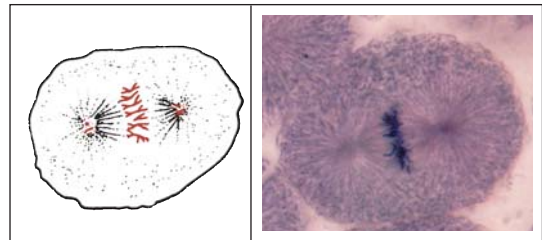
1) В *профазе* (составляет 50% митоза):

- увеличивается объем ядра и клетки;
- уменьшается функциональная активность клетки (например, ослабевают движение у амёб, лейкоцитов и др.);
- центриоли перемещаются к полюсам клетки;
- хромосомы спирализуются и становятся видимыми в световой микроскоп;

- исчезает ядрышко и ядерная оболочка;
- формируется веретено деления;
- нуклеоплазма сливается с цитоплазмой.

2) В *метафазе* (составляет 13% митоза):

- максимально спирализованные хромосомы располагаются в центре клетки, образуя метафазную пластинку (в это время в световом микроскопе хорошо видна их структура и количество);
- хромосомы прикрепляются центромерами к нитям веретена деления.



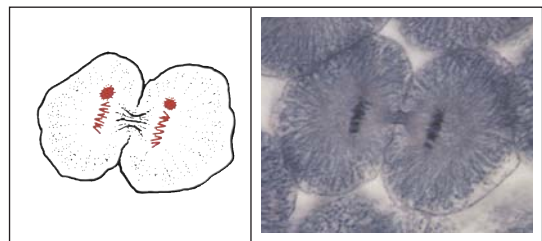
3) В *анафазе* (составляет 7% митоза):

- уменьшается вязкость цитоплазмы;
- происходит расщепление хромосомы на две хроматиды;
- нити веретена деления, прикрепленные к центромерам, сокращаются и тянут хроматиды к полюсам клетки; к каждому полюсу перемещается по одному диплоидному набору однохроматидных хромосом.

4) В *телофазе* (составляет 30% митоза):

- хромосомы деспирализуются;
- формируется ядерная оболочка;
- восстанавливается ядрышко.

Так завершается деление ядра (кариокинез), за которым следует деление цитоплазмы (цитоккинез). Клеточные органеллы распределяются более или менее равномерно между дочерними клетками. В клетках растений цитоккинез осуществляется от центра к периферии путем образования специальной пластинки (фрагмопласта). В животных клетках цитоккинез происходит от периферии к центру путем перетяжки.



Биологическая роль митоза заключается в том, что он обеспечивает:

- постоянство числа хромосом в ряду поколений соматических клеток;
- замещение клеток и регенерацию тканей и органов;
- рост и развитие многоклеточных организмов.



- 1 • Заполни таблицу (задание выполняется в рабочей тетради).

Деление путем амитоза

Примеры организмов, клетки которых могут делиться путем амитоза	Характерные особенности амитоза
Микроорганизмы 1. 2. 3.	
Животные 1. 2. 3.	
Растения 1. 2. 3.	

- 2 • Напиши над пунктирными линиями названия соответствующих фаз клеточного цикла, а рядом с цифрами – названия соответствующих понятий, выбрав их из предложенного списка. (Задание выполняется в рабочей тетради.)

1 – Профаза
2 – Ядрышко
3 – Хроматин
4 – Поздняя интерфаза
5 – Нити веретена деления

6 – Анафаза
7 – Хромосома
8 – Перетяжка
9 – Метафаза
10 – Центромера

11 – Центриоль
12 – Телофаза
13 – Ядерная пора
14 – Фрагментированная ядерная мембрана

15 – Ранняя интерфаза
16 – Экватор клетки
17 – Ядерная мембрана
18 – Дочерние клетки

3 • Соедини названия фаз митоза (А) с характерными для них процессами (Б).

А

- 1 – Профаза
- 2 – Метафаза
- 3 – Анафаза
- 4 – Телофаза

Б

- а – У каждого полюса клетки располагается набор хромосом, сходный с хромосомным набором материнской клетки.
- б – После репликации каждая хромосома состоит из пары сестринских хроматид.
- в – Двуххроматидные хромосомы располагаются в экваториальной плоскости.
- г – Расщепление хромосомы на две хроматиды, которые становятся новыми хромосомами.

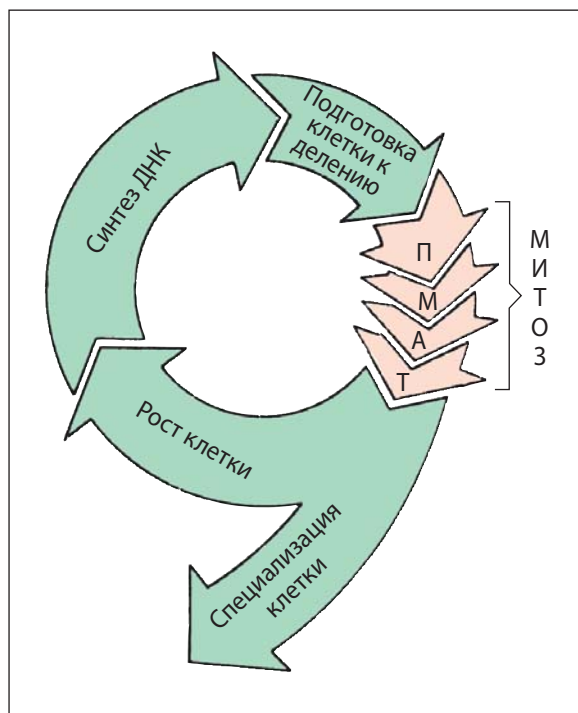
4 • Опиши представленный на схеме процесс.
• Озаглавь схему.

5 • Перечисли отличия между периодами G1 и G2 интерфазы, представив информацию в виде схемы «Фишбоун».

6 • Представь в виде кругов Эйлера взаимоотношения между понятиями:
а) *метафаза и митоз*;
б) *анафаза и телофаза*.

7 • Рассмотр под микроскопом препарат корешков лука и определи фазы митоза. Это задание может быть выполнено в виде практической работы под руководством учителя/учительницы (см. Приложение 4.1 на стр. 171–172).

8 • Назови 1–2 преимущества для человека и 1–2 преимущества для медицины того, что клетки печени делятся путем амитоза.



9 • Озаглавь текст, опираясь на полученные знания, и обоснуй свой выбор.

Стволовые клетки являются своеобразными «зачатковыми» клетками организма человека. Путем митотических делений и последующей дифференцировки они могут дать начало различным типам клеток, которые, в свою очередь, образуют ткани и органы. Так формируются клетки крови, нервной системы, сердечной мышцы, кожи и др.

Первые сообщения о возможности хранения стволовых клеток, выделенных из пуповинной крови, появились в начале 90-х годов прошлого века. Сначала в таких клеточных банках хранили весь объем крови из пуповины. Метод не требовал больших затрат, дорогостоящего оборудования и применялся до тех пор, пока не были разработаны современные способы выделения только ядерных клеток. Отличие этого подхода от традиционного метода заключается в разделении плазмы и эритроцитов от конечного продукта, предназначенного для хранения, а именно клеток с ядром, к которым относятся и стволовые клетки.

(<http://gynclinique.ro/articole/celule-stem.html>)

10 • Сформулируй, опираясь на материал урока, аргумент в пользу следующего утверждения:
Стволовые клетки новорожденного являются в большинстве случаев идеальным трансплантом.

Мейоз характерен для клеток, образующих гаметы. В процессе мейоза происходят количественные изменения, в результате которых диплоидный набор хромосом ($2n$) преобразуется в гаплоидный (n). В дальнейшем, в процессе оплодотворения, при слиянии двух гаплоидных клеток образуется диплоидная зигота. Так поддерживается постоянное число хромосом, характерное для каждого вида организмов.

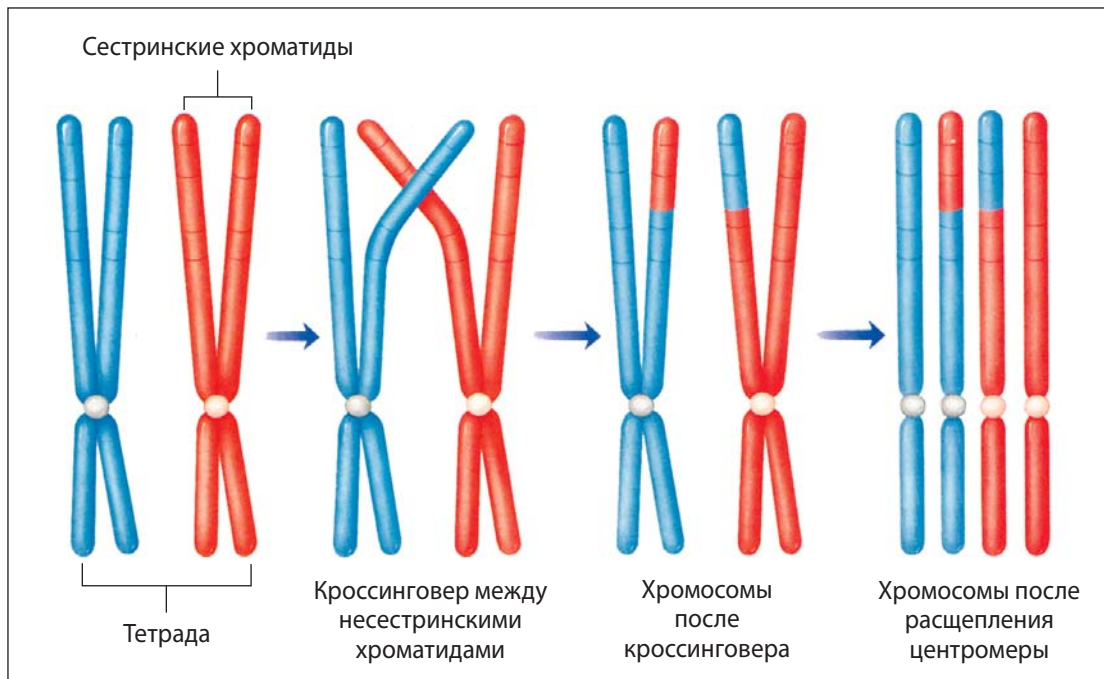
Мейоз состоит из двух последовательных делений: мейоза I (редукционное деление) и мейоза II (эквационное деление).

Первому мейотическому делению предшествует интерфаза, в ходе которой происходит репликация ДНК. Между первым и вторым делениями мейоза – короткая фаза (интеркинез), без репликации ДНК. Каждое из двух мейотических делений состоит из 4 последовательных фаз: профазы, метафазы, анафазы и телофазы.

Первое мейотическое деление

1) *Профаза I* является наиболее продолжительной фазой мейоза. У растений она длится несколько дней, а у животных – недели и даже годы. Для профазы I характерны следующие процессы:

- гомологичные хромосомы сближаются и образуют пары (*биваленты*);
- в результате конъюгации гомологичных хромосом в продольном направлении формируются *тетрады* из 4 хроматид;
- между несестринскими хроматидами происходит обмен гомологичными участками, приводящий к появлению новых комбинаций генов и увеличивающий тем самым генетическое разнообразие – **кроссинговер**;



- гомологичные хромосомы отталкиваются и спирализуются;
- исчезает ядрышко и ядерная оболочка;
- формируется веретено деления.

2) *Метафаза I* включает следующие процессы:

- пары хромосом (биваленты) располагаются в экваториальной плоскости, образуя метафазную пластинку;
- хромосомы центромерами прикрепляются к нитям веретена деления;
- нити веретена деления сокращаются и двуххроматидные хромосомы начинают перемещаться к полюсам клетки.

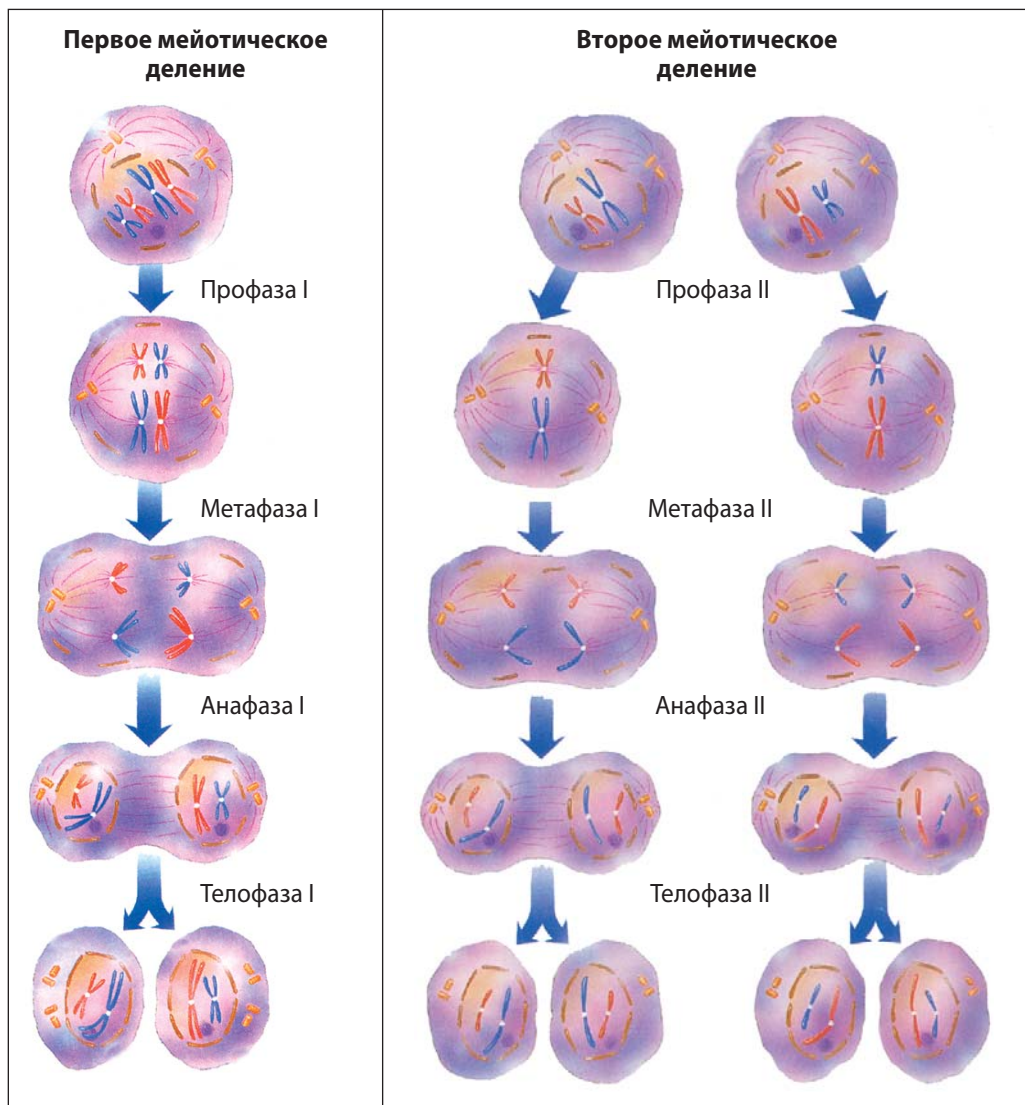
3) В *анафазе I*:

- хромосомы мигрируют к полюсам клетки, и к концу анафазы у полюсов оказывается по половине хромосом.

4) *Телофаза I* характеризуется следующими процессами:

- деспирализация двуххроматидных хромосом;
- восстановление ядерной оболочки и ядрышек.

За делением ядра следует деление цитоплазмы – цитокинез, в результате чего образуются две гаплоидные клетки.



Второе мейотическое деление

1) *Профаза II*:

- хромосомы спирализуются;
- исчезают ядрышко и ядерная оболочка;

- кариоплазма смешивается с цитоплазмой;
- образуется веретено деления.

2) *Метафаза II:*

- хромосомы перемещаются к экватору клетки, образуя метафазную пластинку;
- хромосомы центромерами прикрепляются к нитям веретена деления.

3) *Анафаза II:*

- происходит продольное расщепление в области центромеры;
- однохроматидные хромосомы перемещаются к полюсам клетки.

4) *Телофаза II:*

- хромосомы достигают полюсов клетки и деспирализуются;
- восстанавливается ядрышко и ядерная оболочка.

В результате кариокинеза и цитокинеза образуются 4 гаплоидные клетки, из которых формируются гаметы. У животных эти клетки называются сперматиды (у самцов) и овоциты (у самок), у растений – микроспоры и мегаспоры.

Следовательно, мейоз является процессом, в результате которого образуются половые клетки – гаметы. Кроме того, мейоз обеспечивает генетическое разнообразие благодаря внутривхромосомным (кроссинговер) и межхромосомным (независимое расхождение хромосом в анафазе I) рекомбинациям наследственного материала.

У высших животных в результате мейоза (гаметный мейоз) образуются гаплоидные клетки, которые без последующих делений участвуют в оплодотворении. У высших растений клетки, образованные в результате мейоза (споровый мейоз), делятся митотически, после чего дифференцируются в гаметы (сперматозоиды и яйцеклетку).



1 • Перепиши в тетрадь предложения и дополни их, используя информацию из правого столбца.

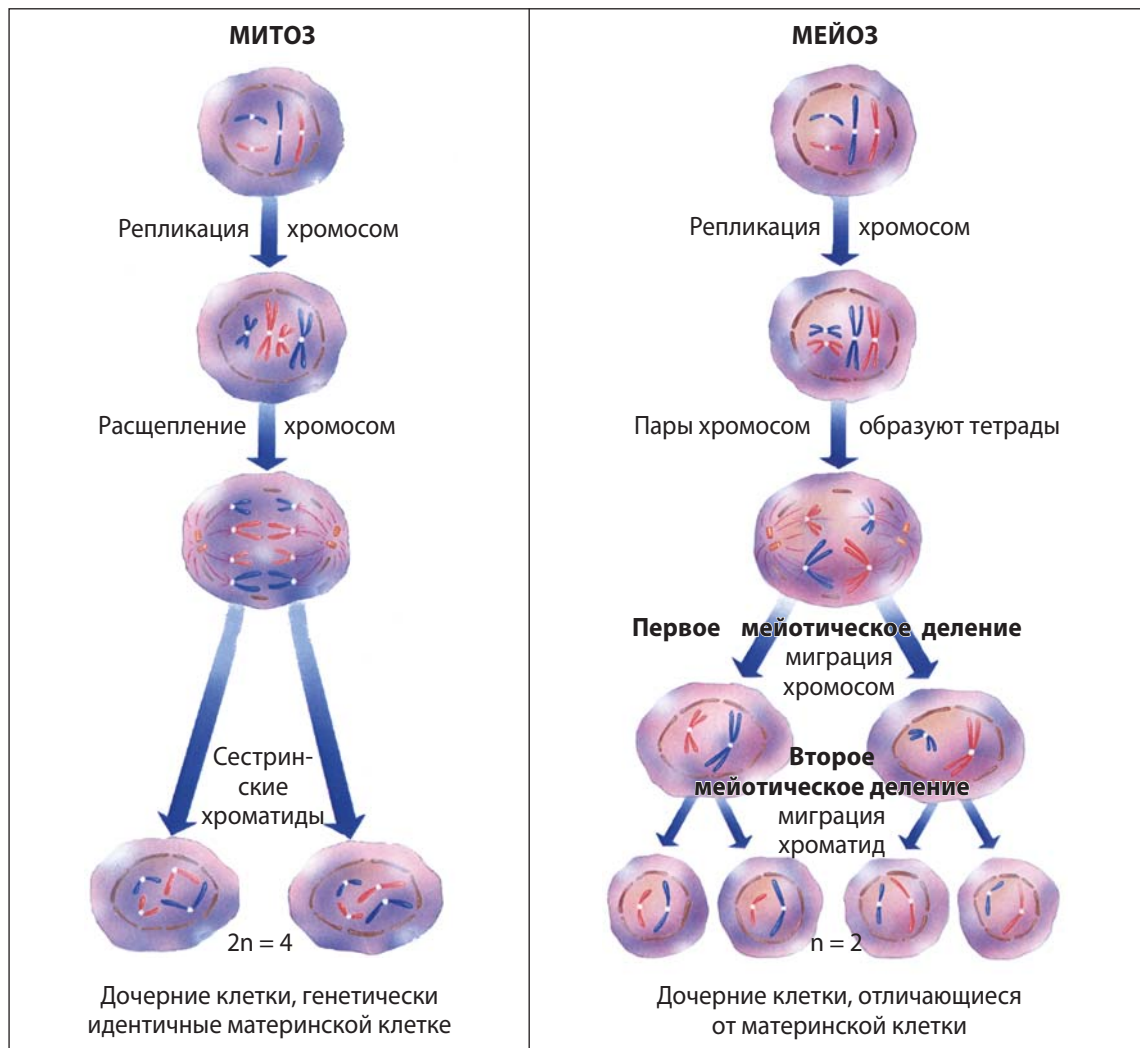
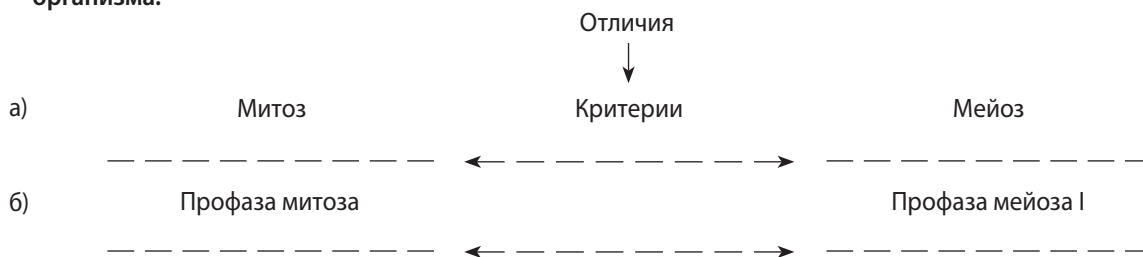
- Мейоз обеспечивает образование _____ клеток.
- Наследственная изменчивость вида обусловлена процессом _____.
- Если в материнской клетке 46 хромосом, то в дочерних клетках после мейоза будет по _____ хромосомы.
- Если в материнской клетке 46 хромосом, то в дочерних клетках после митоза будет по _____ хромосомы.
- В ходе первого мейотического деления к полюсам расходятся _____, а в ходе второго мейотического деления – _____.

– кроссинговера
– 23
– половых
– хромосомы
– 46
– хроматиды

2 • Представь в виде диаграммы жизненный цикл клетки, которая делится путем мейоза, и укажи названия всех фаз.

3 • Подготовь наглядное учебное пособие, в котором отрази мейоз клетки с 4 хромосомами в диплоидном наборе.

- 4 • Заполни схемы (а) и (б) на основе информации урока и представленных ниже изображений (задание выполняется в рабочей тетради). Укажи не менее 3 отличий и объясни значение мейоза для организма.



- 5 • Озаглавь группы понятий (А) и (Б) и обоснуй свой ответ.

<p>А</p> <p>46 хромосом 2 дочерние клетки 4 фазы Одна интерфаза</p>	<p>Б</p> <p>23 хромосомы 4 дочерние клетки 8 фаз Одна интерфаза</p>
--	--

- 6 • Объясни в 2–3 предложениях следующее утверждение:
Кроссинговер имеет эволюционное значение для организмов.

Гаметогенез – это процесс образования гамет. Мужские и женские гаметы формируются в гонадах, которые относятся к внутренним половым органам.

Сперматогенез

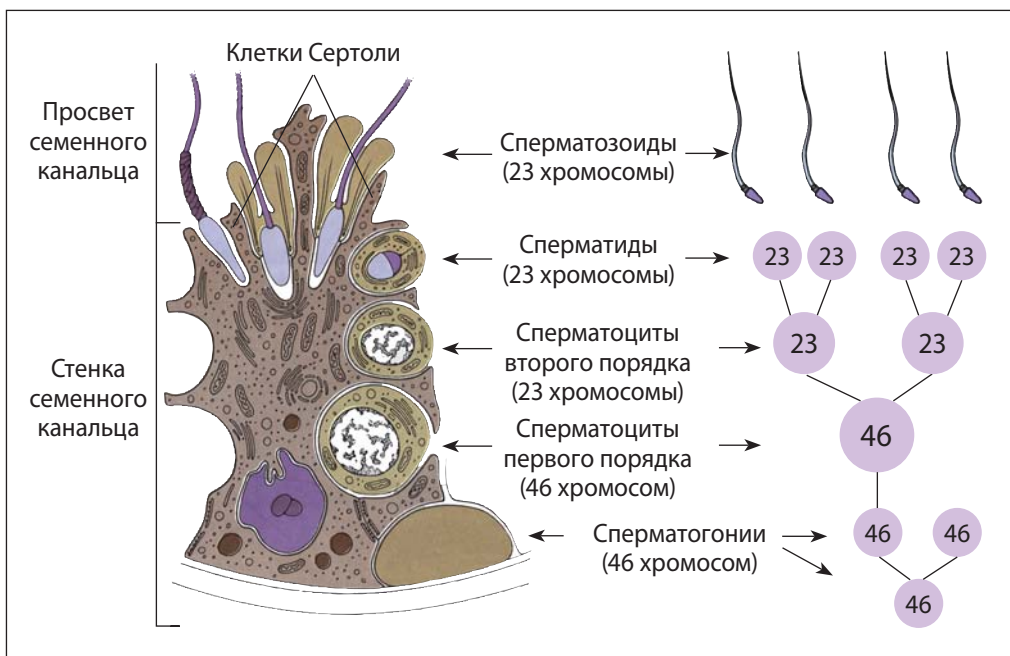
Сперматозоиды образуются в семенных канальцах семенников. В зачатковом эпителии семенных канальцев находятся многочисленные *сперматогонии* – клетки с диплоидным набором хромосом, которые делятся путем митоза и мейоза и образуют гаплоидные гаметы – сперматозоиды.

В эпителии семенных канальцев различают несколько типов клеток, которые соответствуют последовательным стадиям формирования мужских гамет. Процесс развития зрелых сперматозоидов из сперматогониев занимает около 74 дней.

Сперматогонии располагаются в наружном слое эпителии семенных канальцев, который называется *зоной размножения*. Они имеют округлую форму, крупное ядро и достаточно большой объем цитоплазмы.

В ходе эмбрионального и постэмбрионального развития до наступления половой зрелости сперматогонии делятся митотически. В результате количество их значительно возрастает, что определяет рост семенников. Этот период называется *периодом размножения*.

С наступлением половой зрелости часть сперматогониев продолжает делиться митотически, а часть перемещается в следующий слой, называемый *зоной роста* (ближе к просвету семенного канальца), где клетки увеличиваются в размерах. Эти клетки называются *сперматоцитами первого порядка*.

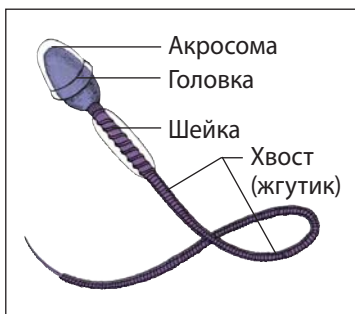


Последняя (третья) зона формирования мужских гамет называется *зоной созревания*. Здесь сперматоциты первого порядка делятся путем мейоза. В результате первого мейотического деления образуются 2 *сперматоцита второго порядка*, а в результате второго мейотического деления – 4 *сперматиды*. Сперматиды отличаются от исходных клеток овальной формой и меньшими размерами. В дальнейшем они перемещаются к просвету семенного канальца, где превращаются в *сперматозоиды*.

На этой стадии развития сперматозоиды еще не обладают полной подвижностью. Поэтому специальные клетки зародышевого эпителиа (клетки Сертоли) выделяют семенную жидкость, которая

переносит сперматозоиды через просвет канальцев в придатки. Здесь в течение 1–10 дней сперматозоиды окончательно созревают под действием специальных веществ, секретируемых клетками придатка, приобретают подвижность и готовы к оплодотворению.

Часть спермы остается в придатке семенника, а большая часть ее поступает в семявыводящий проток, где оплодотворяющая способность спермы сохраняется до 42 дней.



Сперматозоид – это небольшая подвижная клетка, в которой мало цитоплазмы, а большую часть занимает ядро. В сперматозоиде выделяют головку, шейку и хвост. В передней части сперматозоида расположена акросома, представляющая собой видоизмененный аппарат Гольджи. Она содержит специальные ферменты, расщепляющие оболочку яйцеклетки и обеспечивающие проникновение в нее ядра сперматозоида в момент оплодотворения. В области шейки находится множество митохондрий, в которых синтезируется энергия в виде АТФ. Эта энергия необходима для движения сперматозоидов при помощи жгутика.

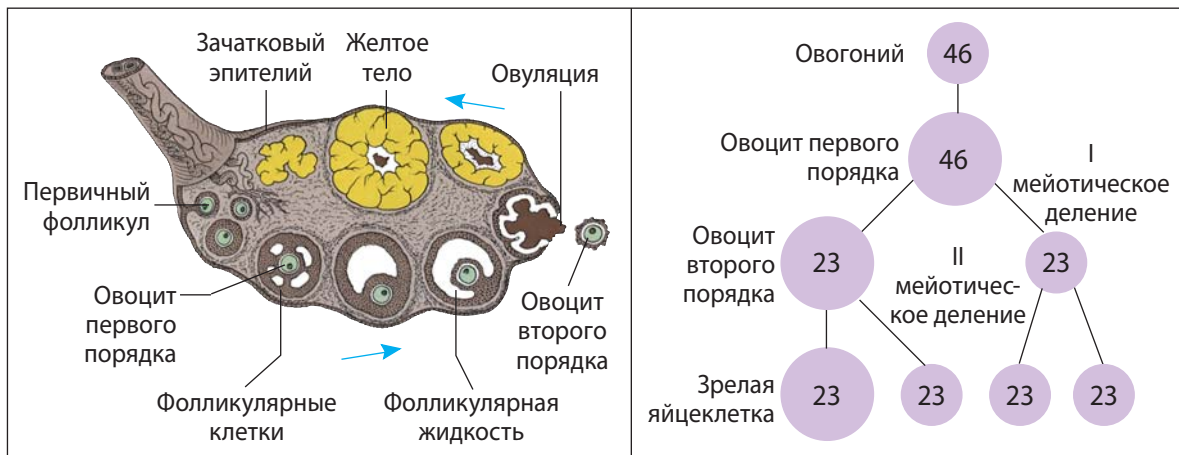
Овогенез

Овогенез является процессом образования женских гамет – яйцеклеток. Он состоит из тех же этапов, что и сперматогенез. Яйцеклетки формируются в фолликулах, которые находятся в корковом слое яичника. Развитие фолликула в яйцеклетку происходит под влиянием гонадотропных гормонов гипофиза.

В ходе эмбрионального развития яичники образуют до 7 млн первичных фолликулов, каждый из которых содержит по одному первичному овоциту. Однако в ходе развития большинство из них элиминируется, и к наступлению половой зрелости их число сокращается до 200–400 тыс., из которых только около 500 созревают и могут дать начало яйцеклетке.

В отличие от сперматогенеза, который у мужчин начинается с половым созреванием и происходит постоянно, образование яйцеклеток у женщин происходит циклично.

В ходе развития яйцеклеток различают первичные, вторичные (пузырчатые) и полостные фолликулы.



Первичные клетки, из которых формируются женские гаметы, называются *овогонии*. Они делятся многократно митотически в зоне размножения яичника и образуют *овоциты первого порядка*. Этот процесс происходит только в ходе эмбрионального развития. Овоциты первого порядка сохраняются без изменений до полового созревания.

С наступлением половой зрелости овоциты первого порядка растут и накапливают питательные вещества. Каждый овоцит окружен фолликулярными клетками, которые обеспечивают его питание.

Следующий этап связан с созреванием овоцитов, когда овоцит первого порядка претерпевает два последовательных мейотических деления, сопровождаемых неравномерным распределением цитоплазмы между дочерними клетками. В результате после первого деления образуются *овоцит второго порядка*, богатая цитоплазмой клетка, и небольшое первичное полярное тельце.

В дальнейшем фолликулярный пузырек разрывается и овоцит второго порядка попадает в маточную трубу (происходит *овуляция*), где в результате второго мейотического деления образуется крупная яйцеклетка и второе полярное тельце. Первичное полярное тельце также может делиться, образуя два вторичных полярных тельца. Следует отметить, что развитие *яйцеклетки* завершается только в случае оплодотворения ее сперматозоидом.

Таким образом, в результате двух последовательных мейотических делений образуется одна яйцеклетка и три полярных тельца. Последние не участвуют в оплодотворении и рассасываются.

В процессе овуляции клетки фолликулярного эпителия делятся и образуют желтое тело, которое секретирует гормоны – эстроген и прогестерон. После оплодотворения яйцеклетки желтое тело секретирует активно эти гормоны в течение первых трех месяцев беременности.

Если яйцеклетка не оплодотворяется, желтое тело рассасывается, количество эстрогенов и прогестерона уменьшается, а яйцеклетка с эндометрием (внутренний маточный слой) выделяется из матки. Отторжение эндометрия повреждает кровеносные сосуды, вызывая кровотечение (менструацию) в течение 3–5 дней. В ходе менструации выделяется 30–80 мл крови. Если количество крови превышает 80 мл, такое состояние считается патологическим.

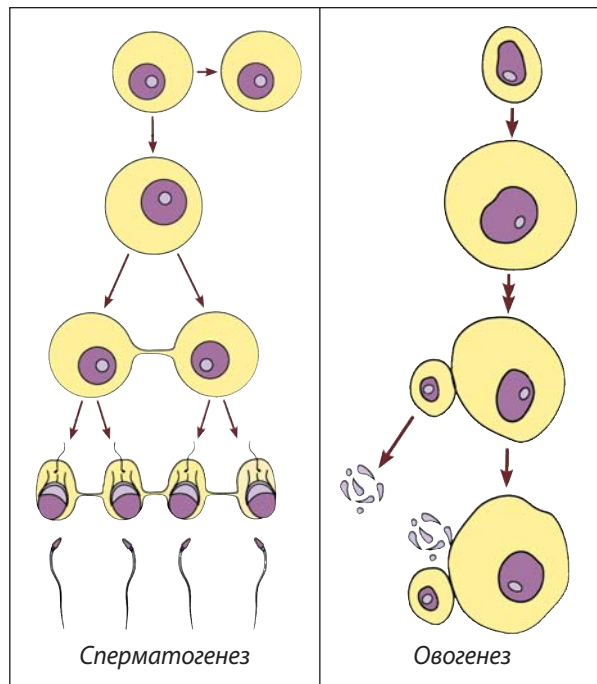
Задержка менструации является первым показателем беременности. С физиологической точки зрения наступление беременности характеризуется наличием желтого тела. Тест на беременность основан на выявлении определенных гормонов в моче беременной женщины.



1 • Дай определение понятиям: *сперматогенез, овогенез*.

2 • Перерисуй в тетрадь данные схемы. Укажи в них названия структур и процессов, выбрав их из предложенного списка. Опиши процессы сперматогенеза и овогенеза.

- Первичный сперматоцит (46 хромосом)
- Сперматиды
- Вторичный овоцит (23 хромосомы)
- Яйцеклетка (23 хромосомы)
- Митоз
- Первое мейотическое деление
- Сперматогоний (46 хромосом)
- Дегенерация
- Вторичный сперматоцит (23 хромосомы)
- Первичное полярное тельце
- Сперматозоиды (23 хромосомы)
- Второе мейотическое деление
- Вторичное полярное тельце
- Первичный овоцит (46 хромосом)



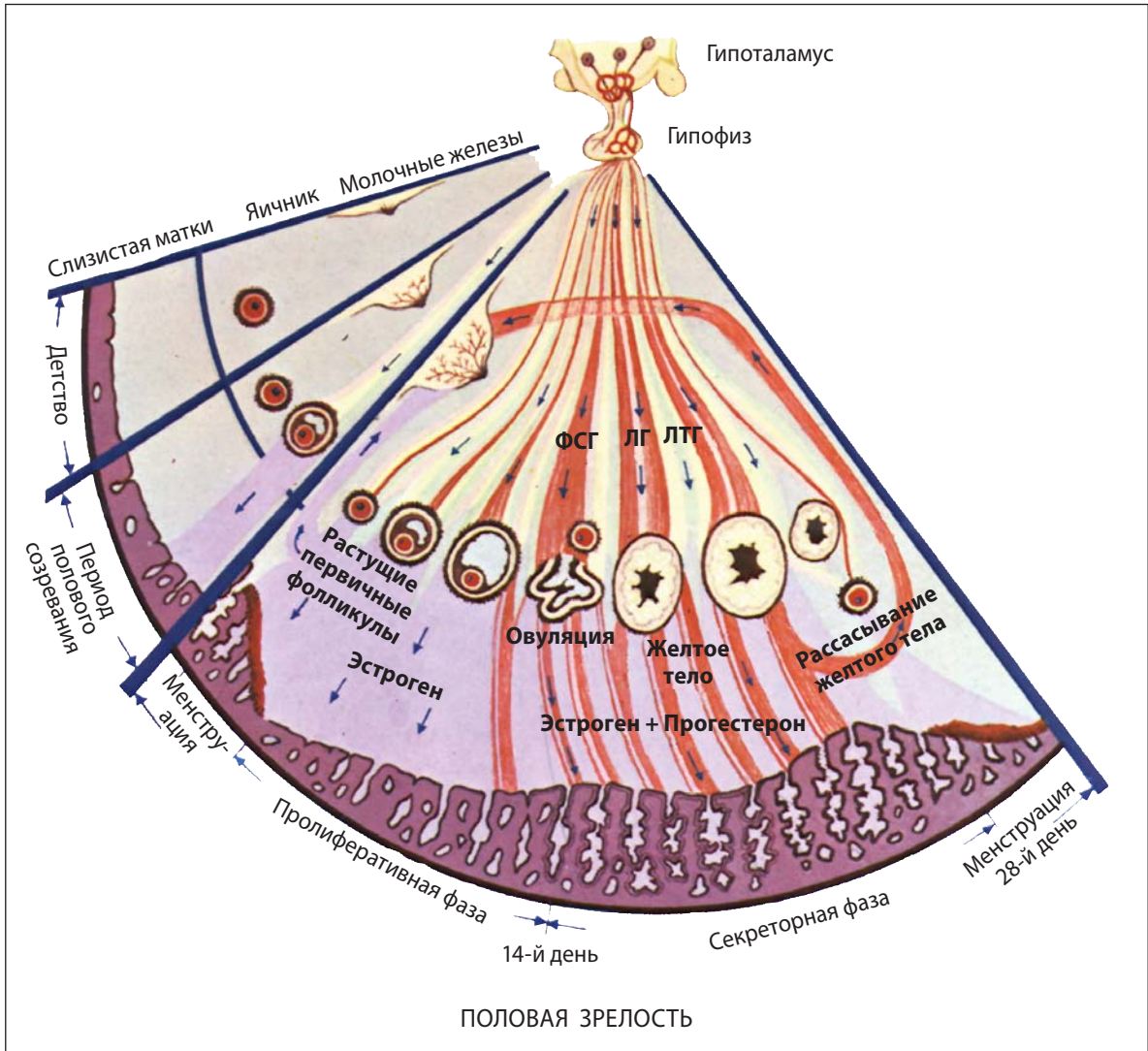
3 • Составь список рекомендаций для девушек для выявления возможной беременности.

4 • Представь в виде морфологической карты причины и последствия изменения спермограммы и предложи меры для ее нормализации. Для выполнения задания используй информацию под штрихкодом QR 1.6.1.



QR 1.6.1

- 5 • Используя представленное изображение, подготовь сообщение на 3–5 минут, в котором обоснуй следующие утверждения:
 а) эстрогены являются женскими гормонами; б) прогестерон – это гормон материнства.



- 6 • Прочитай текст.
 • Укажи рассмотренную в тексте проблему.
 • Какие выводы можно сделать из анализа рассмотренной проблемы?

Злоупотребление алкоголем и курение отрицательно влияют на репродуктивное здоровье мужчин, приводя к серьезным нарушениям в морфологии, количестве и подвижности сперматозоидов. Многочисленные научные исследования доказывают неблагоприятное действие никотина на процесс сперматогенеза в результате значительного сокращения количества сперматозоидов и ухудшения их качества. Кроме того, курение повышает риск возникновения в потомстве наследственных болезней, так как может вызывать изменения в ДНК сперматозоидов.

Основные законы наследственности были открыты Грегором Менделем, который в 1865 году представил результаты многолетних экспериментов в работе «Опыты над растительными гибридами». Г. Мендель проводил свои опыты на горохе, отобрав 22 формы, отличающиеся по ряду признаков: окраске и форме семян, окраске цветков, стручков, семядолей и др.

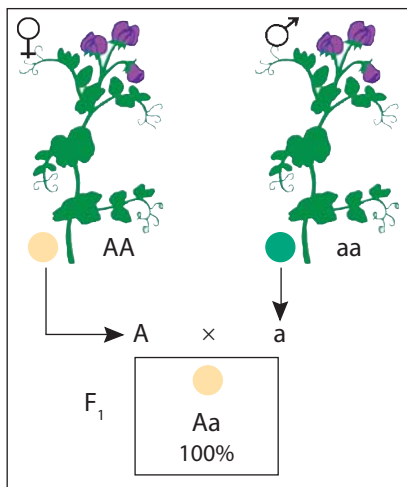
Для установления закономерностей наследования Г. Мендель скрещивал родительские формы (чистые линии) и анализировал полученное потомство. Этот подход составляет суть **гибридологического метода**, или **генетического анализа**.

Полученные результаты ученый подвергал тщательному статистическому анализу, что позволило ему выявить и обосновать основные законы наследования. В дальнейшем на основании этих законов стало возможным:

- раскрыть механизмы наследования признаков;
- прогнозировать результаты скрещивания;
- вывести новые сорта растений и породы животных.

Генетические символы	
P	– родительские формы;
♀	– женский генотип;
♂	– мужской генотип;
×	– скрещивание;
F(G) _{1,2...}	– поколение (1, 2...);
A (+)	– доминантный аллель гена;
a	– рецессивный аллель гена;
AA (aa)	– гомозиготный генотип (образует один тип гамет и не расщепляется в потомстве);
Aa	– гетерозиготный генотип (образует два типа гамет и расщепляется в потомстве);
Генотип	– совокупность генов организма;
Фенотип	– совокупность признаков организма.

Моногибридное скрещивание



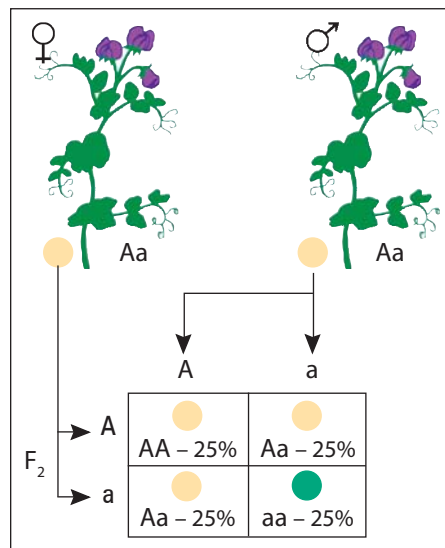
В своих первых опытах Мендель скрещивал чистые линии гороха, которые отличались по одному признаку (например, по цвету семян или их форме), и анализировал потомство. Оказалось, что в первом поколении (F₁) все потомки одинаковы и проявляют только один из альтернативных признаков – доминантный. В одном из опытов это гладкая форма семян, в другом – желтый цвет семян.

При самоопылении полученных в первом поколении гетерозиготных растений (Aa) в следующем поколении (F₂) были получены растения как с доминантным, так и с рецессивным признаками. При этом соотношение растений, отличающихся по одному признаку (фенотипу) составило примерно 3:1 (таблица, с. 32).

Для объяснения полученных результатов Мендель предположил, что от родителей потомству передаются некие наследственные факторы, которые не смешиваются и образуют пары. В ходе мейоза, в процессе образования гамет, происходит равное распределение этих факторов, в результате чего каждая из гамет содержит по одному фактору из пары, что обеспечивает их «чистоту».













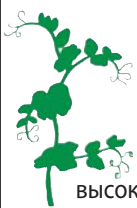

На основе анализа результатов моногибридного скрещивания Г. Мендель сформулировал следующие законы:

Закон единообразия гибридов первого поколения: при скрещивании гомозиготных особей, отличающихся по одной паре (или более) альтернативных признаков, наблюдается единообразие гибридов первого поколения по доминантному признаку.

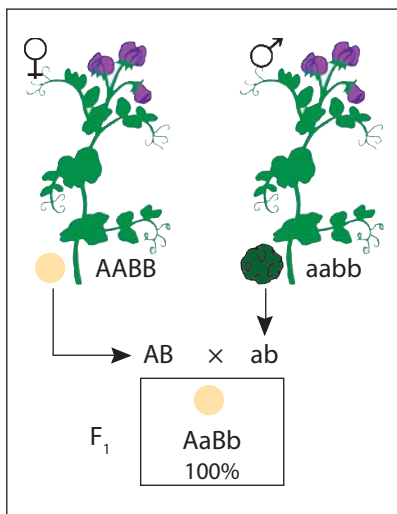


Закон расщепления: при скрещивании гибридов первого поколения во втором поколении наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 3:1.

Расщепление по фенотипу во втором поколении (F₂) в опытах Грегора Менделя





Анализируемый признак	Тип наследования		Число в потомстве		Соотношение	
	доминантный	рецессивный	доминантный	рецессивный	доминантный	рецессивный
1. Форма семян	 гладкие	 морщинистые	5474	1850	2,99	1,01
2. Окраска семян	 желтые	 зеленые	6022	2001	3,00	1,00
3. Плотность стручков	 твердые	 мягкие	882	299	2,99	1,01
4. Окраска стручков	 зеленые	 желтые	428	152	2,95	1,05
5. Окраска цветков	 пурпурные	 белые	705	224	3,04	0,96
6. Положение цветков	 пазушные	 верхушечные	651	207	3,03	0,97
7. Высота растения	 высокие	 низкие	787	277	2,96	1,04
Всего			14 959	5010	2,99	1,01

Дигибридное и полигибридное скрещивание



В своих следующих опытах Г. Мендель скрещивал растения гороха с желтыми и гладкими семенами (доминантные признаки) с растениями с зелеными и морщинистыми семенами (рецессивные признаки). В первом поколении все растения имели желтые и гладкие семена (согласно *закону единообразия первого поколения*).

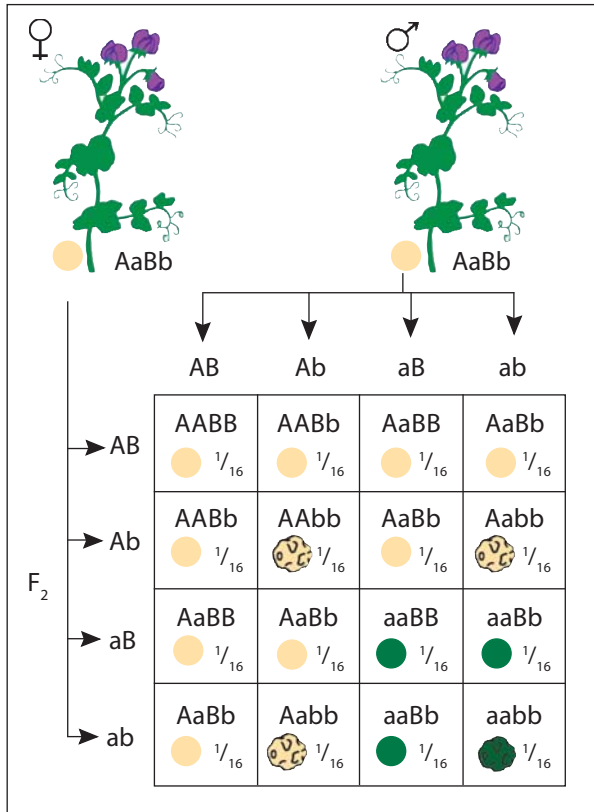
При скрещивании между собой гибридов первого поколения (F₁) во втором поколении Мендель получил четыре фенотипических класса растений, а именно:

-  желтые гладкие семена – 315
 -  желтые морщинистые семена – 101
 -  зеленые гладкие семена – 108
 -  зеленые морщинистые семена – 32
- всего – 556

Соотношение этих классов 9:3:3:1.

Появление новых фенотипов во втором поколении объясняется тем, что дигетерозиготные родительские растения ($AaBb$) формируют по 4 типа гамет (AB , Ab , aB и ab). Во время оплодотворения эти гаметы могут сочетаться в 16 различных комбинациях. Анализ возможных комбинаций указывает на следующую закономерность: по каждой отдельной паре признаков наблюдается расщепление 3:1 (12 комбинаций с желтыми и 4 – с зелеными семенами; 12 комбинаций с гладкими и 4 – с морщинистыми семенами).

На основании этого Г. Мендель сформулировал закон независимого наследования – при скрещивании гетерозиготных особей, отличающихся по двум или более парам признаков, во втором поколении наблюдается независимое сочетание генов разных аллельных пар и расщепление по фенотипу ($3:1$)ⁿ, где n – число пар признаков.

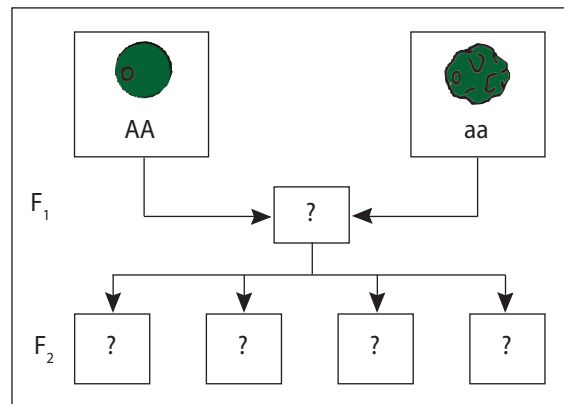


Примечание. Закон независимого наследования выполняется при определенных условиях:

- 1) одинаковая жизнеспособность мужских и женских гамет;
- 2) случайное и равновероятное слияние мужских и женских гамет;
- 3) гены, контролирующие данные признаки, расположены в разных хромосомах, т.е. отсутствует сцепление генов;
- 4) гены расположены в аутосомах, т.е. не сцеплены с полом;
- 5) гены, контролирующие признаки, не взаимодействуют друг с другом.



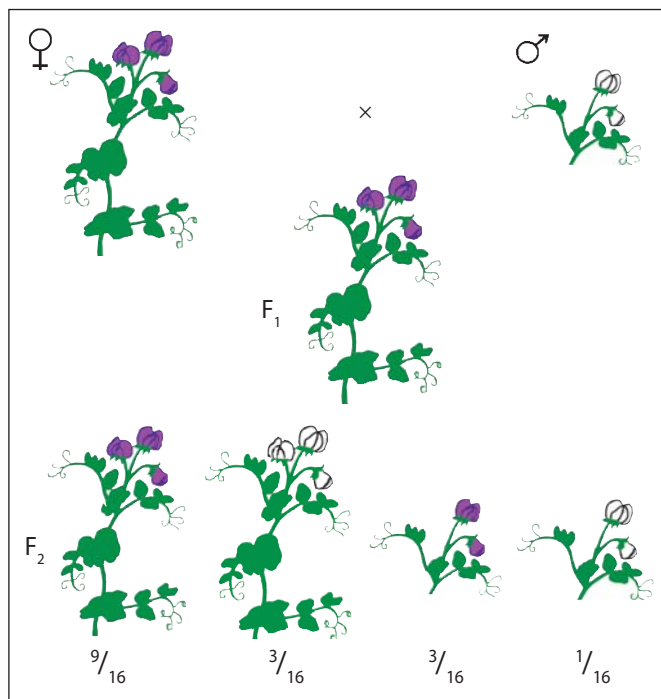
- 1 • Продемонстрируй на конкретном примере суть гибринологического метода и его применение.
- 2 • Перенеси схему в тетрадь.
• Впиши вместо вопросительных знаков недостающую информацию и на основе результатов моногибридного скрещивания сформулируй законы Г. Менделя.



- 3** • Опиши на основе рисунка суть дигибридного скрещивания Г. Менделя и представь схему опыта, используя генетические обозначения.

- 4** • Заполни таблицу.

Критерии отличия	Моногибридное скрещивание	Дигибридное скрещивание
Количество проанализированных признаков		
Количество фенотипических классов в F ₁		
Количество фенотипических классов в F ₂		



- 5** • Реши задачи:

- Способность писать правой рукой наследуется как доминантный признак, а левой – как рецессивный. Определите возможные генотипы и фенотипы детей, если их мать гетерозиготна, а отец – правша.
- У томатов красная окраска плодов доминирует над желтой. Какое потомство можно получить при скрещивании гетерозиготного растения томата с красными плодами и растения с желтыми плодами?
- Карие глаза у человека доминируют над голубыми, а курчавые волосы – над прямыми. Определите возможные фенотипы детей в семье, где у отца голубые глаза и курчавые волосы, а у матери – карие глаза и прямые волосы.

- 6** • Объясни родителям, почему они не получат только гладкие и желтые бобы гороха, даже если весной посадят лишь такие семена в своем огороде.

- 7** • Озаглавь текст и аргументируй свой выбор.

Законы наследования, открытые Г. Менделем, имеют важное практическое значение, так как показывают способ передачи и возможные варианты расщепления наследственных признаков у гибридов и их потомства. Эти законы являются теоретической и практической базой селекции растений и животных. Гибридные растения первого поколения F₁ отличаются мощным ростом и повышенной устойчивостью, что делает их выгодными для выращивания. Путем сочетания наследственных факторов исходных родительских форм можно получать новые высокопродуктивные сорта растений и породы животных.

Знание законов наследования нормальных и патологических признаков имеет особое значение для медико-генетического консультирования с целью предотвращения риска рождения детей с наследственными заболеваниями (в частности, в тех семьях, где родители здоровы, но являются гетерозиготными носителями рецессивных мутаций).

- 8** • Найди решение в данной ситуации.

Ваша семья открыла агрофирму и решила выращивать горох с зелеными морщинистыми бобами, но селекционеры предлагают вам только дигетерозиготные по этим признакам семена.

- Разработай схему последовательных действий для достижения желаемого результата.

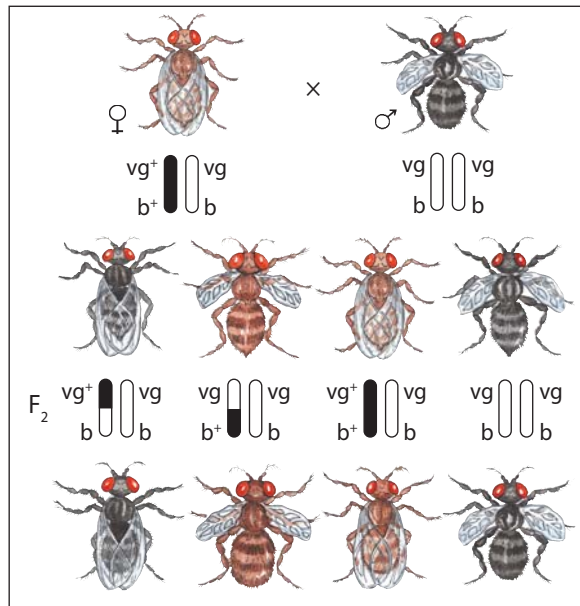
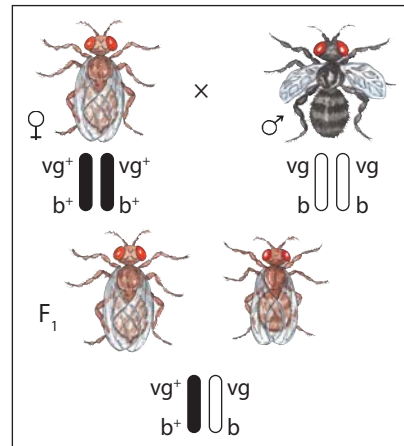
Сцепленное наследование признаков

Число признаков (генов) намного превышает количество хромосом в кариотипе организмов. Таким образом, одна хромосома содержит сразу несколько генов. Признаки, контролируемые генами одной хромосомы, наследуются не по законам Г. Менделя.

Наследование признаков, контролируемых генами одной и той же хромосомы, называется сцепленным. Оно было открыто Т. Морганом и его сотрудниками (К. Бриджес, А. Стертевант, Г. Мюллер).

Свои опыты ученые проводили на плодовой мушке (*Drosophila melanogaster*), которая является очень удобным генетическим объектом благодаря высокой плодовитости, короткому жизненному циклу (12 дней) и наличию различных мутантных форм.

В своих опытах Т. Морган первоначально скрещивал гомозиготных самок с нормальными крыльями (vg^+vg^+) и серым телом (b^+b^+) с гомозиготными самцами, имеющими редуцированные крылья ($vg\,vg$) и черное тело ($b\,b$). В первом поколении все мушки были дигетерозиготными (vg^+vg/b^+b) и имели нормальные крылья и серое тело.



При скрещивании дигомозиготных самок ($vg\,vg/b\,b$) с дигетерозиготными самцами (vg^+vg/b^+b) было получено только два фенотипических класса:

- 50% особей с нормальными крыльями и серым телом (vg^+vg/b^+b);
- 50% особей с редуцированными крыльями и черным телом ($vg\,vg/b\,b$).

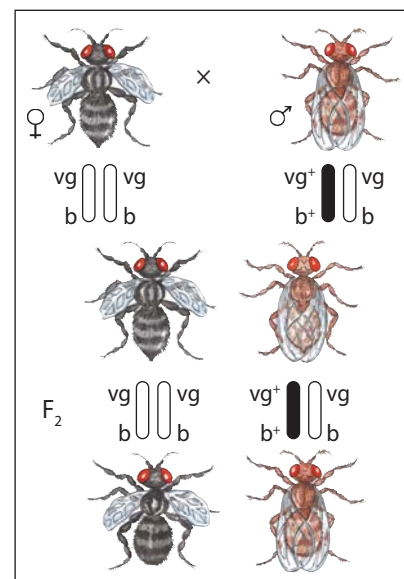
На основе анализа полученных результатов Т. Морган пришел к выводу, что гены, контролирующие цвет глаз и длину крыльев, расположены в одной и той же хромосоме и предаются совместно, т. е. сцеплено.

Сцепленное наследование может быть:

- **полным** (между генами не происходит кроссинговера);
- **неполным** (между генами происходит кроссинговер).

При скрещивании дигетерозиготных самок (vg^+vg/b^+b) с гомозиготными по обоим генам самцами ($vg\,vg/b\,b$) было получено четыре фенотипических класса в соотношении, не соответствующем теоретически ожидаемому (25%:25%:25%:25%), а именно:

- 8,5% особей с нормальными крыльями и черным телом ($vg^+vg/b\,b$);
- 8,5% особей с редуцированными крыльями и серым телом ($vg\,vg/b^+b$);
- 41,5% особей с нормальными крыльями и серым телом (vg^+vg/b^+b);
- 41,5% особей с редуцированными крыльями и черным телом ($vg\,vg/b\,b$).



Кроссинговер представляет собой обмен участками между несестринскими хроматидами гомологичных хромосом и происходит в профазе I мейоза. Именно кроссинговер обеспечивает генетическое разнообразие потомства за счет новых сочетаний генов.

На частоту кроссинговера могут влиять следующие факторы:

1) **внутренние**

- *расстояние между генами* (чем дальше друг от друга расположены гены, тем выше частота кроссинговера);
- *положение центромеры* (кроссинговер, как правило, подавлен в области центромеры);
- *пол* (у некоторых видов, например, у самцов дрозофилы, у самок тутового шелкопряда, кроссинговер у одного из полов отсутствует).

2) **внешние**

- *физические* (радиация, температура);
- *химические* (мутагенные вещества);
- *биологические* (вирусы).

Данные о частоте кроссинговера используют для определения положения гена в хромосоме и составления генетических карт. Расстояние между генами в них измеряется в морганидах – 1 морганида соответствует 1% кроссинговера). Например, в рассмотренном выше случае расстояние между генами, контролирующими длину крыльев и цвет тела, составляет 17 морганид (8,5% + 8,5% кроссоверных особей).

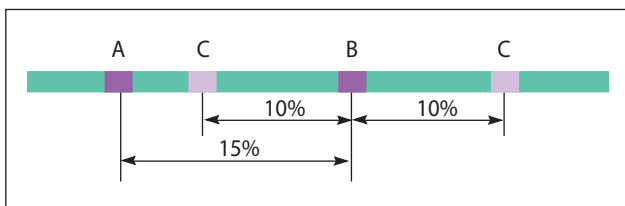
Совокупность генов одной хромосомы образует **группу сцепления** (от англ. *linkage* – связь, сцепление). Число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом. У гетерогаметного пола каждый тип половой хромосомы (X и Y) образует отдельную группу сцепления.

На основании проведенных экспериментов Т. Морган разработал **хромосомную теорию наследственности**. Ее основные положения:

- 1) гены расположены в хромосомах в линейном порядке, каждый ген занимает определенное место – локус;
- 2) гены, расположенные в одной хромосоме, наследуются сцепленно;
- 3) сцепление генов может быть полным и неполным.

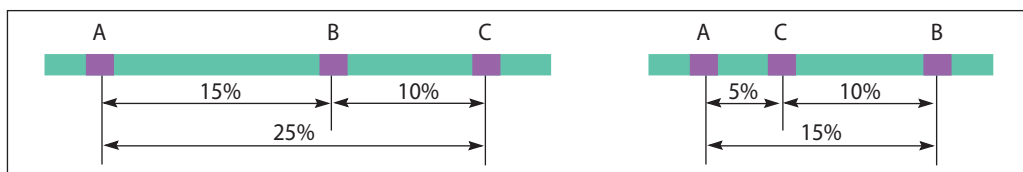
Генетическая карта хромосомы – это графическое изображение хромосомы с указанием расположения, порядка и расстояния между генами.

Составление хромосомных карт осуществляется путем многочисленных скрещиваний с последующим гибридологическим анализом. Рассмотрим на примере трех сцепленных (расположенных на одной хромосоме) генов А, В и С. Если при скрещивании особей, отличающихся по генам А и В, получено 15% рекомбинантных особей в потомстве, расстояние между этими генами составляет 15 морганид.



Для определения положения гена С необходимо установить частоту кроссинговера между ним и генами А и В. Если эта частота между генами А и В составляет 10%, можно предположить, что ген С расположен между генами А и В или за геном В.

Для уточнения положения гена С определяем частоту кроссинговера между генами А и С. Если эта частота составляет 25%, расположение генов следующее – А, В, С. В случае, если частота кроссинговера между генами А и С равна 5%, гены располагаются в следующем порядке – А, С, В (смотри схему).



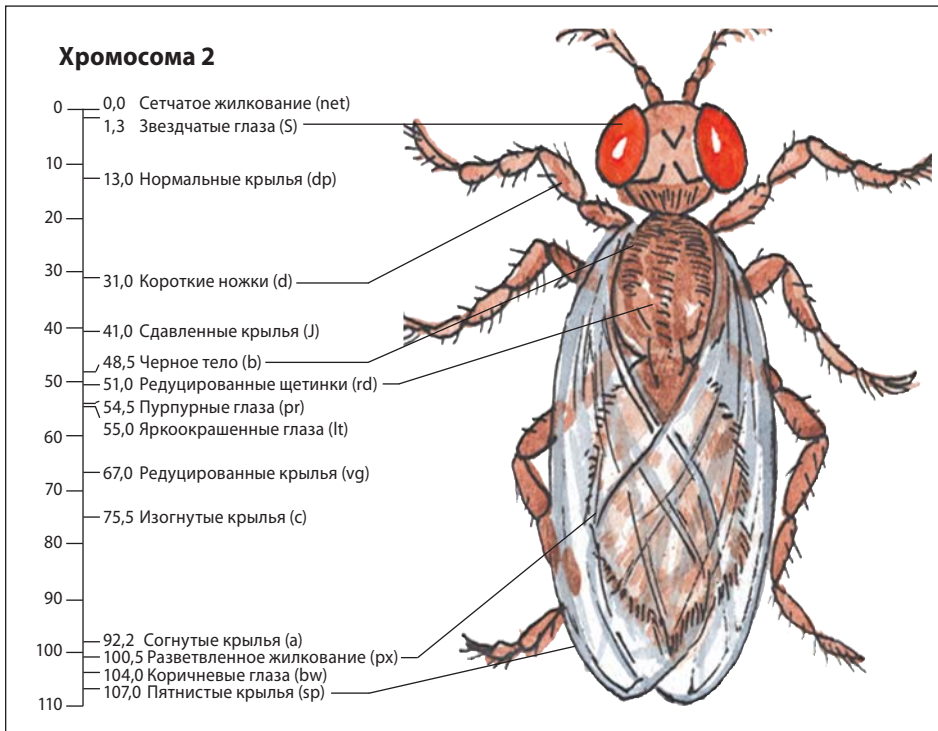
Наиболее подробные хромосомные карты составлены для дрозофилы, кукурузы и томатов.

Узнай больше!

Проект «Геном человека» был запущен осенью 1990 года. Его целью было установить путем секвенирования последовательность 3 млрд пар нуклеотидов, составляющих геном человека, и локализацию в нем около 25 000 генов. Проект был успешно завершен в 2003 году опубликованием последовательности генома человека. Полученная карта генома человека считается достоянием всего человечества и хранится в базе данных, известной как GenBank, в Национальном центре биотехнологической информации США.



- 1 • Перепиши в рабочую тетрадь и дополни предложения необходимой информацией.
 - а) Гены, локализованные в одной и той же хромосоме, наследуются _____.
 - б) Сцепление генов может быть _____ и _____.
- 2 • Опиши эксперименты Т. Моргана и полученные в них результаты.
- 3 • Представь в виде таблицы факторы, влияющие на частоту кроссинговера.
- 4 • Составь на основе анализа представленной ниже генетической карты одной из хромосом плодовой мушки (*Drosophila melanogaster*) две задачи относительно:
 - а) наследования сцепленных признаков;
 - б) определения расстояния между генами.



- 5 • Составь кроссворд, в котором будет представлено выражение *хромосомные карты*.
- 6 • Подготовь постер, в котором проиллюстрируй рисунком или схемой сущность хромосомной теории наследственности.
- 7 • Объясни на конкретном примере следующее утверждение:
Знание генетических карт имеет важное значение в селекции растений.

Половые различия организмов генетически детерминированы. **Генетический пол** зависит от сочетания половых хромосом и представляет собой генотип особи, формирующей гаметы определенного типа. В процессе оплодотворения гаметы противоположных полов сливаются, образуя зиготу. Фенотипический пол – это совокупность морфологических, структурных, функциональных и других особенностей, на основании которых животное или растение рассматривается как женское или мужское.

Пол особи определяется типом гамет, участвующих в оплодотворении. Эти гаметы содержат гаплоидный (половинный) набор хромосом.

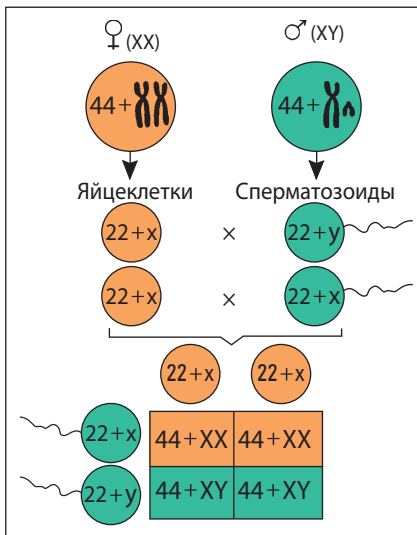
Существует несколько типов хромосомного определения пола:

1. Тип *Drosophila*

- встречается у конопли, земноводных, рыб, паукообразных, моллюсков, червей и др., а также у млекопитающих, включая человека;
- женский пол – гомогаметный, т. к. содержит одинаковые половые хромосомы (XX) и формирует один тип гамет (у человека – $22+X$);
- мужской пол гетерогаметный, т. к. содержит разные половые хромосомы (XY) и образует два типа гамет (у человека – $22+X$ и $22+Y$);
- пол будущего организма определяется мужскими особями.

2. Тип *Abraaxas*

- характерен для некоторых видов птиц, земноводных, пресмыкающихся, насекомых;
- самка является гетерогаметной (ZW), а самец – гомогаметным (ZZ);
- пол будущей особи определяют самки.



3. Тип *Protenor*

- встречается у некоторых насекомых (прямокрылых, полужесткокрылых);
- самка является гомогаметной (XX);
- самец гетерогаметный (X0), но не имеет хромосомы Y;
- пол будущей особи определяет самец.

4. Тип *Бабочки*

- характерен для некоторых насекомых (чешуекрылых);
- самец является гомогаметным (ZZ);
- самка – гетерогаметна, но не имеет хромосомы W (Z0);
- пол будущей особи определяют самки.

У большинства организмов (в том числе и у человека) соотношение по полу 1:1. Это объясняется тем, что в ходе гаметогенеза женщины образуют один тип яйцеклеток (22 аутосомы + хромосома X), а мужчины – два типа сперматозоидов ($22+X$ и $22+Y$) в равном количестве (50%:50%).

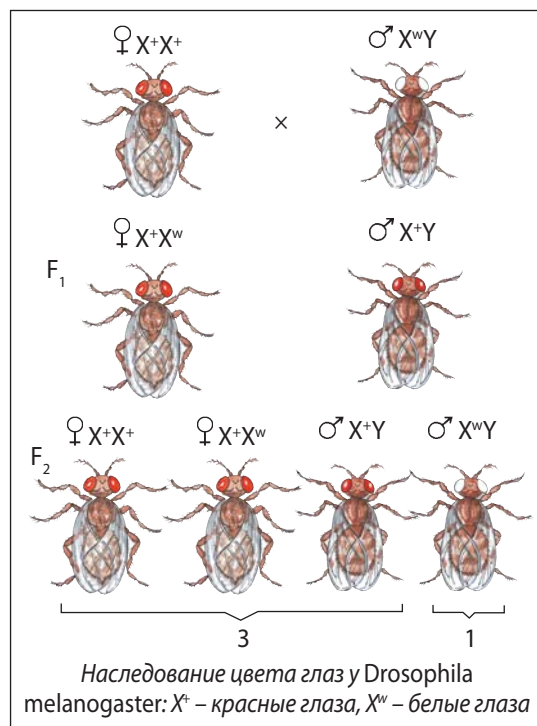
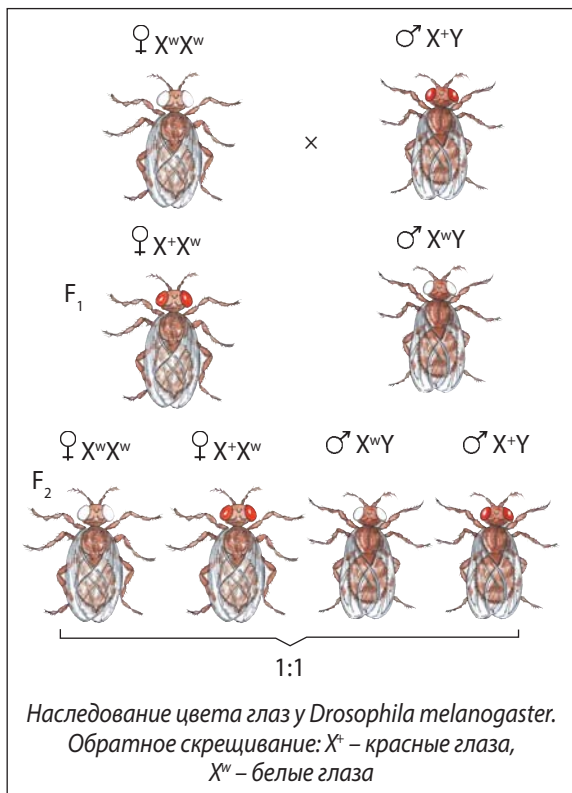
Во время оплодотворения при слиянии яйцеклетки ($22+X$) со сперматозоидом типа $22+X$ образуется зигота, из которой развивается женский организм ($44+XX$). При слиянии яйцеклетки со сперматозоидом ($22+Y$) образуется зигота $44+XY$ и родится мальчик. Эти два типа зигот образуются в равной пропорции 50%:50% (1:1).

В популяции могут наблюдаться отклонения (иногда существенные) от этого соотношения, которые объясняются особенностями вида и влиянием некоторых внутренних (гормоны) и внешних (среда) факторов.

Открытие хромосомного механизма определения пола показало, что есть признаки, наследование которых сцеплено с полом. Закономерности сцепленного с полом наследования были открыты Т. Морганом и его сотрудниками на плодовой мушке. (Механизм передачи некоторых болезней, связанных с полом, – например, гемофилии – был описан задолго до этого.)

При скрещивании самок дрозофилы с красными глазами (X^+X^+) с белоглазыми самцами (X^wY) в первом поколении у всех мушек были красные глаза. При скрещивании мушек F_1 между собой в следующем поколении наблюдали два фенотипических класса в соотношении 3:1 (75% красноглазых мушек и 25% мушек с белыми глазами).

При обратном скрещивании – самок с белыми глазами (X^wX^w) и красноглазых самцов (X^+Y), уже в первом поколении получали два фенотипических класса в соотношении 50%:50%, причем у всех самок были красные глаза, а у самцов – белые. При скрещивании между собой мушек F_1 во втором поколении получали то же расщепление по фенотипу – 50%:50%; самки и самцы встречались в равных соотношениях 1:1:1:1 (расщепление по генотипу).



Такой тип наследования, при котором признак самца проявляется у его дочерей, а признак самки – у сыновей, называется «крисс-кросс» (крест-накрест).

У человека по этому типу наследуются некоторые болезни, например, *гемофилия* (отсутствие фермента, необходимого для свертывания крови), *дальтонизм* (неспособность различать цвета). Эти болезни определяются рецессивными генами, расположенными в хромосоме X.

Следует отметить, что гемофилия обычно наблюдается у мальчиков, так как гомозиготные девочки (X^hX^h) из-за двойной дозы патологического гена либо не рождаются, либо погибают в раннем возрасте. Дальтонизм может проявляться у обоих полов, но у мужчин намного чаще.

Анализ закономерностей сцепленного с полом наследования позволяет сделать следующие выводы:

1. Признаки, контролируемые генами хромосомы X, передаются от матери к сыну, а от отца – дочери (крест-накрест).
 2. Признаки, контролируемые генами хромосомы Y, проявляются только у мужского пола и передаются от отца к сыну (примером может служить *гипертрихоз* – обильный рост волос на теле).
 3. Проявление некоторых признаков определяется полом. Например, облысение проявляется у мужчин, гомозиготных и гетерозиготных, намного раньше и сильнее, чем у женщин, у которых оно подавляется половыми гормонами.
 4. Некоторые признаки ограничены полом (проявляются только у особей одного пола, хотя контролируемые их гены имеются у обоих полов). Например, молочность у коров, яйценоскость у кур.
- Знание механизмов сцепленного с полом наследования представляет значительный интерес, т. к. позволяет прогнозировать проявление признаков в потомстве.

Узнай больше!

Генетическое определение пола. Как было показано выше, пол организма зависит от сочетания половых хромосом (X и Y). На половую дифференциацию организмов влияет соотношение половых хромосом X и аутосом (неполовых хромосом). Если соотношение числа хромосом X и набора аутосом равно 1, то этот организм будет женским, а если это соотношение будет равно 0,5 – мужским. Отклонения выше или ниже этих значений будут определять дифференциацию по женскому и мужскому типу.

Дифференциация пола зависит также от активности определенных генов, расположенных как в аутосомах, так и в половых хромосомах. В хромосоме X, в частности, сосредоточены гены женского развития, а в хромосоме Y – мужского, например, ген SRY у млекопитающих, ответственный за дифференцировку семенников и развитие организма по мужскому типу. Необходимо отметить, что организмы содержат гены для обоих полов, но они по-разному проявляются в онтогенезе.

У человека дифференциация пола является сложным и многоэтапным процессом. На первом этапе пол определяется сочетанием половых хромосом в зиготе (генетический пол). В дальнейшем происходит формирование гонад (гонадный пол). Так, сочетание XY определяет развитие семенников, а сочетание XX – приводит к формированию яичника. В ходе онтогенеза пол дифференцируется под действием выделяемых гонадами половых гормонов разного типа и в разных концентрациях (гормональный пол). К стадии полового созревания происходит формирование психологического пола, определяемого поведенческими, социально-культурными и личностными факторами.



- 1 • Перерисуй схемы в рабочую тетрадь и дополни их необходимой информацией для типов: *Drosophila*, *Abraaxas*, *Protenor*.

Тип ... встречается у ..., ...,



----- Половые хромосомы -----
Гаметы
----- (хромосомный набор) -----

Пол будущего ребенка определяется

- 2 • Представь в виде схемы закономерности наследования и соотношения полов (1:1).
- 3 • Найди соответствие между половыми хромосомами (А) и признаками (Б), которые контролируются сцепленными с полом генами.

А

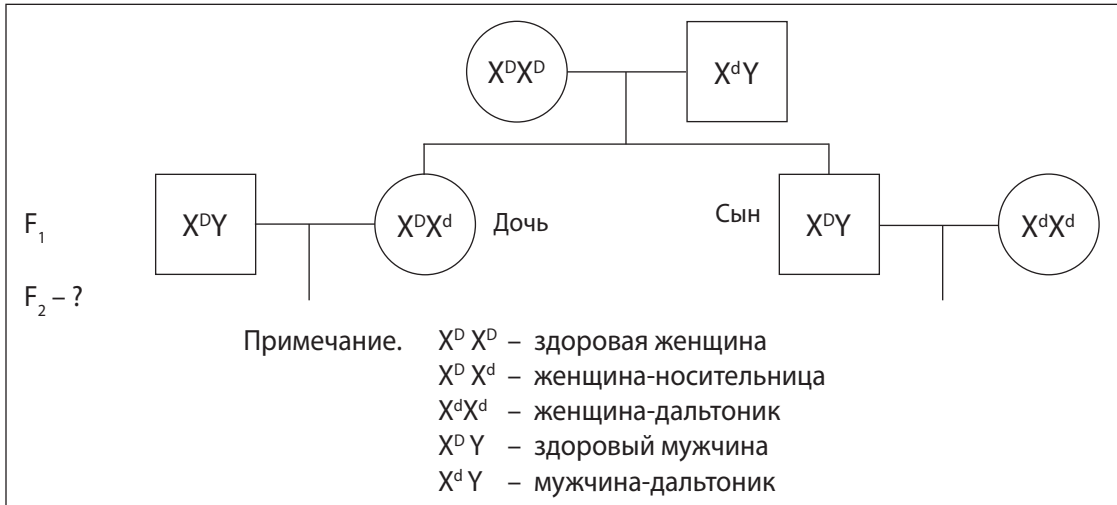
1 – X
2 – Y

Б

а – гемофилия
б – обволосение ушной раковины
в – дальтонизм

- 4 • Представь в виде кругов Эйлера взаимосвязь между следующими понятиями:
а) *тип Protenor*, *тип Drosophila*; б) признаки, сцепленные с полом, гемофилия, дальтонизм.

- 5. Разработай учебный материал (в бумажном или электронном варианте), в котором продемонстрируй явление «крисс-кросс» и особенности наследования признаков, сцепленных с полом.
- 6. Дополни схему вторым поколением, если известно, что в семье дочери родились два мальчика и две девочки, а в семье сына – один мальчик. Прокомментируй генотипы и проявление гена дальтонизма у внуков.

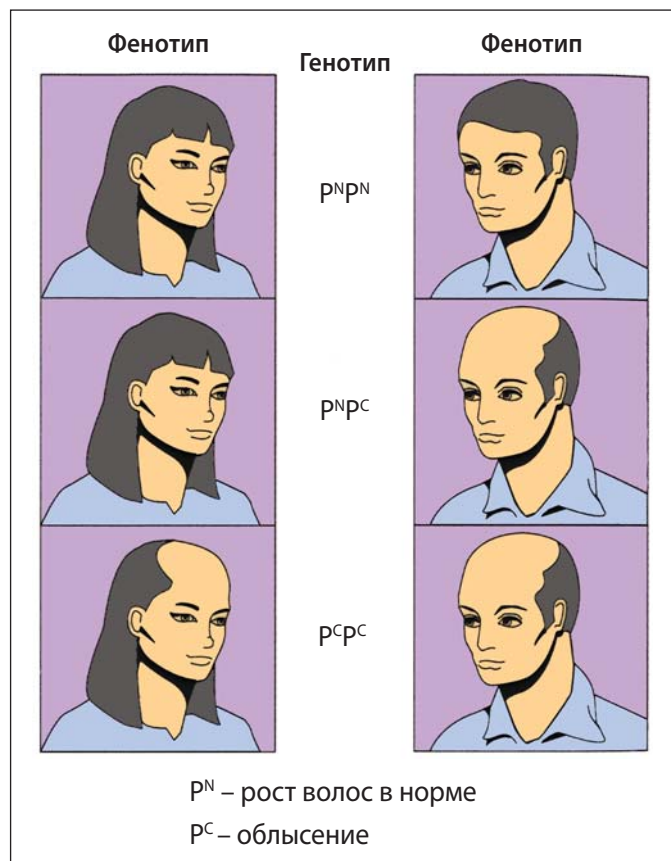


- 7. Объясни на основе рисунков наследование некоторых признаков, которые разным образом проявляются у мужчин и у женщин.

- 8. Объясни особенности наследования признаков, ограниченных или контролируемых полом, опираясь на информацию под штрихкодом QR 1.9.1.
- Определи, есть ли такие признаки в твоей семье.



QR 1.9.1.



- 9. Обоснуй возможность рождения здорового ребенка в следующей ситуации.

В семье, где сын страдает гемофилией, ожидают рождения еще одного ребенка. Родители обеспокоены тем, что может родиться ребенок с тем же заболеванием.

Наследование признаков при взаимодействии генов

Генотип – это не простой набор изолированных генов, а сложная и целостная система взаимодействующих друг с другом генов. В организме одновременно функционирует множество генов, расположенных как в одной паре хромосом, так и в разных хромосомах. Некоторые гены могут влиять на проявление других генов. Таким образом, в ходе онтогенеза развитие отдельно взятого признака является результатом сложных межгенных взаимодействий.

Основные принципы взаимодействия генов:

1. Взаимодействие аллельных генов (аллельные гены занимают один и тот же локус в гомологичных хромосомах и определяют пару альтернативных признаков; в мейозе они расходятся в разные гаметы).

Различают следующие типы взаимодействия аллельных генов:

- а) неполное доминирование;
- б) множественный аллелизм;
- в) плейотропия.

2. Взаимодействие неаллельных генов (неаллельные гены занимают разные локусы в одной хромосоме или расположены в разных хромосомах).

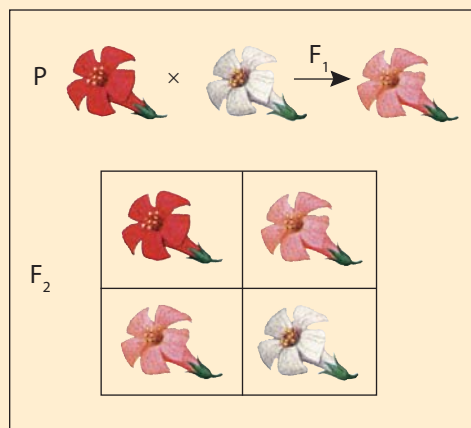
Есть несколько типов взаимодействия неаллельных генов:

- а) комплементарность;
- б) эпистаз;
- в) полимерия.

Взаимодействие аллельных и неаллельных генов может приводить к следующим последствиям: один ген подавляет или стимулирует действие другого; два гена определяют один признак и др. Как следствие, наблюдаются следующие отклонения от классических расщеплений по Менделю:

$$3 : 1 \longrightarrow 1 : 2 : 1;$$

$$9 : 3 : 3 : 1 \longrightarrow 13 : 3; 12 : 3 : 1; 9 : 3 : 4; 9 : 7; 9 : 6 : 1; 15 : 1.$$



Рассмотрим некоторые из типов взаимодействия генов.

1а. Неполное доминирование. Доминирование представляет собой преобладание одного аллельного гена над другим, что проявляется в подавлении рецессивного гена. Полное доминирование встречается редко, в большинстве случаев наблюдаются различные формы неполного доминирования (от почти полного до промежуточного).

В случае **неполного доминирования** доминантный ген подавляет действие рецессивного не полностью. У гетерозигот, таким образом, проявляются оба гена, а на уровне фенотипа наблюдается промежуточная форма признака. Закон единообразия в первом поколении соблюдается, но во втором поколении происходит расщепление по фенотипу 1:2:1.

Примеры: окраска цветков у некоторых растений (ночной красавицы, львиного зева), некоторые наследственные болезни человека (серповидно-клеточная анемия, прогрессирующая потеря координации произвольных движений, цистинурия и др.).

1б. Множественный аллелизм. В популяции могут существовать не два, а три и более аллеля одного и того же гена, которые возникают в результате мутаций в одном локусе. Таким образом, возникает серия множественных аллелей, число которых в популяции не ограничено. Но у одного индивида в генотипе могут быть только 2 аллеля из этой серии.

Ряд из трех или более альтернативных форм гена, которые занимают один и тот же локус в хромосоме, образуют **множественные аллели**. Таким образом, наряду с доминантным и рецессивным аллелями гена, возникают промежуточные аллели, которые по отношению к доминантному гену являются рецессивными, а по отношению к рецессивному гену – доминантными. Так формируются серии множественных аллелей: $a^1 > a^2 > a^3 > a^4 \dots > a^n$.

Примеры: окраска шерсти у морской свинки (определяется серией из пяти аллелей) и у кролика (контролируется четырьмя аллелями), группы крови человека (в системе АВ0 группы крови контролируются тремя аллелями одного гена), цвет глаз у человека.

1с. **Плейотропия** представляет собой явление, когда один ген контролирует несколько признаков. В этом случае проявляется множественное действие генов. Явление плейотропии было открыто Г. Менделем, который не исследовал его, но обратил внимание, что у растений с красными цветками основание черешков листа всегда окрашено в красный цвет, а кожура семян – в коричневый.

У дрозофилы ген белого цвета глаз влияет на окраску тела, длину крыльев, строение репродуктивного аппарата, пролиферативность и продолжительность жизни.

У человека известен *синдром Марфана* (арахнодактилия), который является результатом мутации одного гена, а проявляется целым рядом патологических признаков: длинными и тонкими пальцами, аномалиями в структуре хрусталика глаза и соединительной ткани, нарушениями в работе сердечно-сосудистой системы.

2а. **Комплементарное действие** наблюдается в случае, когда два неаллельных гена, будучи представленными в одном генотипе, приводят совместно к формированию одного признака. Этот тип наследования широко распространен в природе. Например, окраска цветков у душистого горошка, окраска шерсти у мышей, форма гребня у петухов, окраска оперения у волнистого попугая, форма плода у тыквы и др.

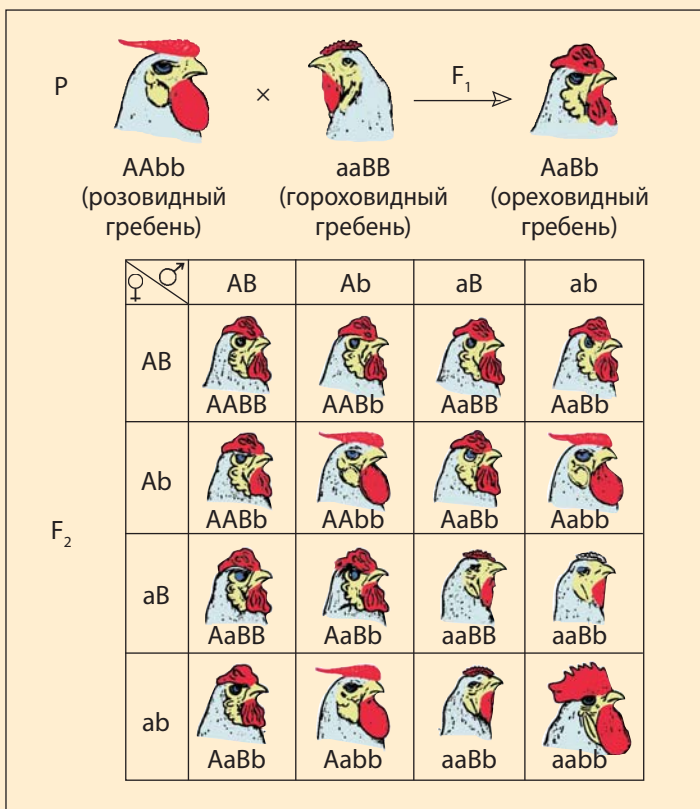
Комплементарное действие генов встречается и у человека. Нормальный слух является классическим примером взаимодействия двух комплементарных генов, один из которых определяет нормальное развитие улитки уха, а другой контролирует развитие слухового нерва. Доминантные гомозиготы и дигетерозиготы имеют нормальный слух, в то время как у рецессивных гомозигот по одному из двух генов или по обоим генам слух отсутствует.

Гемоглобин взрослого человека состоит из четырех полипептидных цепей, которые контролируются двумя парами неаллельных генов, расположенных в разных хромосомах. Для синтеза нормального гемоглобина необходимо наличие обоих доминантных генов.

2б. **Эпистаз** является типом взаимодействия неаллельных генов, при котором аллель одного гена (*эпистатического*) подавляет действие другого неаллельного гена (*гипостатического*). Различают *доминантный* и *рецессивный эпистаз*. В первом случае эпистатический ген доминантный, а во втором – рецессивный. При доминантном эпистазе расщепление по фенотипу 13:3 или 12:3:1, а в случае рецессивного эпистаза – 9:3:4. Это является результатом того, что подавляемый ген не проявляется.

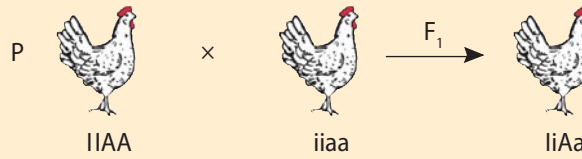
Примеры: окраска оперения у кур, окраска шерсти у собак и лошадей, энзимопатии (болезни, связанные с отсутствием какого-либо фермента) у человека.

















2в. **Полимерия** – это явление, при котором один признак контролируется несколькими неаллельными генами. При этом два и более доминантных гена в равной степени влияют на проявление одного и того же



Породы кур с белым оперением

(I – доминантный ген супрессор, i – рецессивный ген, A – ген наличия пигмента, a – ген отсутствие пигмента)



♀ \ ♂	IA	Ia	iA	ia
IA	 IIAA	 IIAa	 IiAA	 IiAa
Ia	 IIAa	 IIaa	 IiAa	 Iiaa
iA	 IiAA	 IiAa	 iiAA	 iiAa
ia	 IiAa	 Iiaa	 iiAa	 iiaa

Влияние эпистаза на окраску оперения у кур при скрещивании пород белого цвета

признака. Как правило, полимерные гены обозначаются одной и той же буквой с указанием порядкового номера: A_1A_1 и a_1a_1 ; A_2A_2 и a_2a_2 .

По типу полимерии наследуются многие количественные признаки – интенсивность роста, масса, рост и др. Полимерия имеет биологическое значение: признаки, контролируемые несколькими полимерными генами, являются более стабильными, чем те, которые определяются одним геном. Без полимерных генов организм был бы менее устойчивым, т. к. любая мутация могла бы стать причиной резких изменений, что в большинстве случаев не способствует нормальному развитию.

У человека многие нормальные морфологические и физиологические, а также ряд патологических признаков контролируются полимерными генами – цвет кожи, рост, масса тела, уровень артериального давления, атеросклероз и др. Формирование этих признаков подчиняется закономерностям полигенного наследования и зависит в значительной степени от факторов среды.

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

1. В каждом организме одновременно функционируют много аллельных и неаллельных генов.
2. Аллельные и неаллельные гены взаимодействуют друг с другом, что приводит к отклонениям от классических менделевских расщеплений.
3. Генотип представляет собой целостную систему генов, а фенотип является результатом взаимодействия генов друг с другом, а также с внешней средой.



- 1** • Перепиши в рабочую тетрадь текст и дополни его необходимой информацией.

На проявление некоторых признаков влияет взаимодействие генов. Различают взаимодействие _____ и _____ генов.

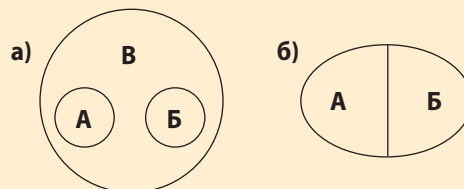
В случае аллельного взаимодействия гены расположены в _____ хромосомах и занимают одинаковые _____. В процессе мейоза аллельные гены распределяются в _____ гаметы. К этому типу относятся _____ и _____.

При неаллельном взаимодействии гены занимают разные _____ и находятся в _____ хромосоме или в _____ хромосомах. К этому типу относятся _____ и _____.

- 2** • Представь в виде таблицы особенности наследования признаков для каждого из типов взаимодействия генов, используя следующий алгоритм:

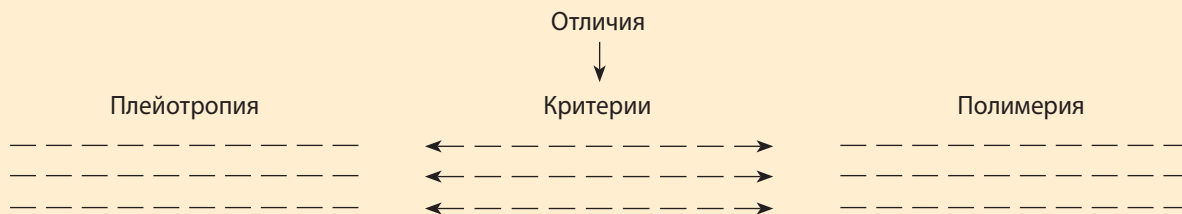
- определение типа взаимодействия генов;
- особенности проявления признака при данном типе взаимодействия;
- примеры (не менее трех) для данного типа взаимодействия генов.

- 3** • Выбери из текста понятия, которые соответствуют изображенным справа кругам Эйлера.



- 4** • Сравни генотипы растений ночной красавицы и укажи, какого цвета должны быть цветки у родительских форм, чтобы в потомстве получить три типа растений: с белыми, красными и розовыми цветками.

- 5** • Заполни в тетради следующую схему:



- 6** • Создай памятку для тех, кто хочет выращивать ночную красавицу на трех отдельных участках таким образом, чтобы на каждом из них цветки были только одного цвета.

- 7** • Аргументируй при помощи метода графов следующее утверждение:
Полимерные гены определяют стабильность организмов.

Наследование групп крови

Наследование групп крови у человека отличается сложностью и разнообразием. Многолетние исследования показали, что существуют различные системы групп крови, в контроль которых вовлечено более 60 групп генов (например, система Льюиса, Келла, Дюффи, Кида, Нг и др.).

Одной из наиболее известных среди них является система ABO. В этой системе группы крови отличаются по наличию или отсутствию антигенов А и В на поверхности эритроцитов и антител α и β – в плазме крови. Данные группы необходимо учитывать при переливании крови, т. к. неправильное переливание может привести к агглютинации эритроцитов и смерти пациента.

Группы крови в системе ABO контролируются тремя аллельными генами: А (A_1, A_2), В и О, из которых первые два являются доминантными, а последний – рецессивным. Явление, когда три и более аллелей одного и того же гена определяют признак, называется **множественным аллелизмом**.

Множественные аллели возникают в результате последовательных мутаций в определенном локусе. В генотипе одного индивида могут быть только 2 аллеля из серии множественных аллелей. Возможные генотипы для групп крови в системе ABO представлены в таблице:

Группы крови в системе ABO

Фенотип (группа)	Генотип	Антигены	Антитела	Частота в Западной Европе, в %	Частота в Африке, в %
O	OO	–	α, β	43	50
A	AA; AO	A	β	45	29
B	BB; BO	B	α	8	17
AB	AB	A; B	–	4	4

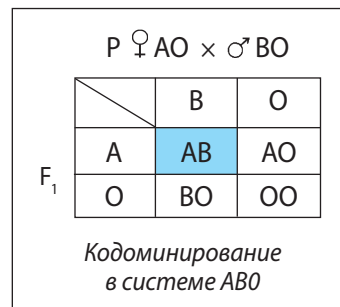
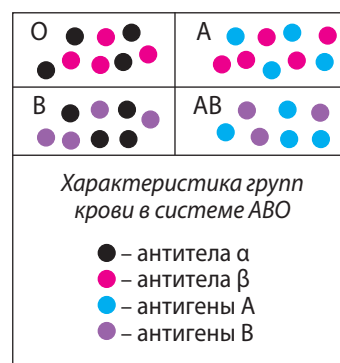
В системе ABO различают четыре группы крови (фенотипа): I(O), II(A), III(B), IV(AB), которые отличаются по антигенам на поверхности эритроцитов и антителам в плазме крови.

Фенотип I(O) характеризуется отсутствием на поверхности эритроцитов антигенов А и В и наличием в плазме крови антител α и β . У лиц с фенотипом II(A) на поверхности эритроцитов есть антигены А, а в плазме крови – антитела β . Для фенотипа III(B) характерно наличие антигена В и антител α . Группа крови IV(AB) обусловлена присутствием на поверхности эритроцитов обоих антигенов (А и В), но в плазме крови нет антител α и β (см. схему).

Систему ABO следует учитывать при переливании крови. Так, лицам с группой А нельзя переливать кровь группы В и наоборот.

В группе А выделяют 2 подгруппы: A_1 и A_2 . Подгруппа A_1 характеризуется более сильным взаимодействием с антителами плазмы крови групп В и О, в то время как для эритроцитов группы A_2 эта реакция намного слабее. Это объясняется тем, что в паре A_1, A_2 аллель A_1 – сильнее. Аллели А и В являются доминантными и проявляются с одинаковой силой в генотипе АВ. Это явление называется **кодоминированием** (см. схему).

Кодоминирование проявляется и в системе групп крови MN, открытой в 1927 году. Эта система контролируется двумя доминантными аллелями М и N, локализованными в 4-й хромосоме. Антигены, контролируемые этими генами, представляют собой гликопротеины.



В этой системе нет рецессивных аллелей, а только два доминантных, которые проявляются совместно, т. е. кодоминируют. Таким образом, различают три возможных генотипа: MM, NN, MN.

Среди жителей Европы генотип MM встречается с частотой 36%, генотип NN – 16%, а генотип MN – 48%.

В комплексе с другими методами система MN находит применение в определении отцовства. Если оба родителя MN, в потомстве могут быть следующие генотипы и фенотипы:

	P ♀ MN × ♂ MN		
генотип	1MM	2MN	1NN
фенотип	M	MN	N
	25%	50%	25%

В случае, если у матери генотип MM, а у ребенка MN, мужчина MM исключается из отцовства.

Генотип	Фенотип
MM	M
NN	N
MN	MN

Группы крови в системе MN

В некоторых случаях на наследование групп крови в системе ABO влияет эпистаз. Это явление получило название «бомбейского фенотипа» и заключается в следующем. Проявление генов A и B зависит от эпистатического гена, который имеет два аллеля – H и h. В случае, когда лица имеют в генотипе наряду с генами A и B два рецессивных аллеля h в гомозиготном состоянии (hh), эти гены не проявляются. Этот рецессивный аллель в гомозиготном состоянии (hh) влияет и на проявление гена O. В данном случае выделяют новый фенотип – «бомбейский фенотип» (см. схему).

		P ♀ BOHh × ♂ BOHh			
		BH	OH	Bh	Oh
F ₁	BH	BBHh	BOHh	BBhh	BOhh
	OH	BOHh	OOHh	BOhh	OOhh
	Bh	BBHh	BOHh	BBhh	BOhh
	Oh	BOHh	OOHh	BOhh	OOhh

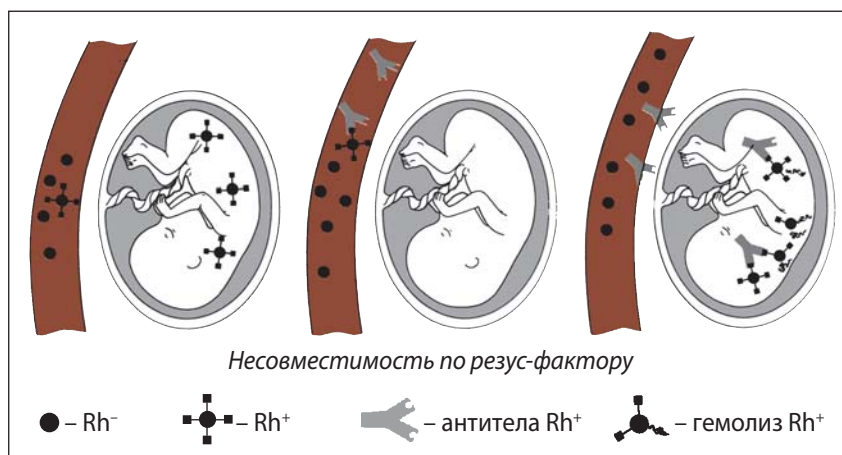
Наследование групп крови в системе ABO в случае эпистазии

Знание закономерностей наследования групп крови в системе ABO находит широкое применение в медицине и антропологии, а также может быть использовано в судебной медицине для определения отцовства. Но следует учитывать тот факт, что по группам крови нельзя с абсолютной точностью установить отцовство, а можно лишь утверждать о возможном отцовстве данного мужчины.

85% индивидов в популяции человека имеют на поверхности эритроцитов фактор Rh и называются *резус-положительными* (Rh⁺), в то время как 15% не имеют этого фактора в крови и являются *резус-отрицательными* (Rh⁻).

Резус-фактор также следует учитывать при переливании крови. Если резус-отрицательному человеку перелить резус-положительную кровь, в плазме крови реципиента образуются специфические антитела анти-Rh. Как следствие, при повторном переливании крови от Rh⁺ донора происходит агглютинация эритроцитов, что может привести к смерти реципиента.

Подобное явление наблюдается и в случае несовместимости между плодом и материнским организмом во время беременности, когда в организме Rh-отрицательной женщины развивается Rh-положительный плод. Антиген Rh плода проникает через плаценту в кровеносную систему матери, где образуются соответствующие антитела. При следующей беременности они, попадая в кровь резус-положительного плода, могут вызвать гемолитическую болезнь новорожденного.

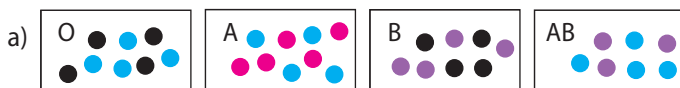




1 • Перепиши в тетрадь следующие предложения и заполни пропуски.

- Группа крови O характеризуется наличием антител _____ и _____ в плазме крови и _____ антигенов на поверхности эритроцитов.
- Группа крови A характеризуется наличием антигена _____ на поверхности эритроцитов и антитела _____ в плазме крови.
- Группа крови B характеризуется наличием антигена _____ на поверхности эритроцитов и антитела _____ в плазме крови.
- Группа крови AB характеризуется наличием антигенов _____ и _____ на поверхности эритроцитов и _____ антител в плазме крови.

2 • Исключи лишнее и обоснуй свой выбор.



б) MM, MN, NN, OO.

3 • Составь схему наследования групп крови и фактора Rh родителей.

4 • Напиши эссе из 10–15 предложений, в котором объясни явление несовместимости по фактору Rh.

5 • Озаглавь рисунок.



6 • Реши следующие ситуационные задачи с использованием метода графов:

- Твоя знакомая родила ребенка, а ее муж не признает отцовства.
 - Предложи ей рекомендации для определения отца ребенка.
- Твоя сестра ждет ребенка. Она Rh⁻, а ее муж Rh⁺.
 - Что можно ей посоветовать?

7 • Объясни своей семье, почему родители с группами крови A и B могут иметь детей с группой крови O.

Мутации и их значение

Каждый организм обладает способностью приобретать новые признаки под действием факторов среды. Эта способность называется **изменчивостью** и обеспечивает генотипические и фенотипические отличия между особями популяции.

Классификация изменчивости

По характеру наследования:

1. **Негенетическая (ненаследственная) изменчивость**

- не затрагивает генетический материал (в пределах нормы реакции данного признака);
- возникает в ответ на изменения факторов среды (количество осадков, интенсивность освещения, запасы питания и др.) или является результатом фенотипической экспрессии генотипа в ходе индивидуального развития организма;
- обеспечивает адаптацию организмов к меняющимся условиям среды обитания;
- не передается по наследству;
- не имеет особого эволюционного значения.

Примеры: уровень жирности молока крупного рогатого скота, высота деревьев, вес семян.

2. **Генетическая (наследственная) изменчивость**

- затрагивает генетический материал (хромосомы, ДНК);
- является результатом мутаций и генетических рекомбинаций;
- обеспечивает адаптацию организмов;
- передается по наследству по определенным законам;
- имеет важное эволюционное значение.

Наследственная изменчивость может быть двух видов:

- 2.1. мутационная, связанная с изменениями в структуре генов и/или хромосом, которые происходят спонтанно или под действием различных факторов среды;
- 2.2. рекомбинативная – обусловлена новыми сочетаниями генетического материала, возникающими как вследствие кроссинговера (внутрихромосомная рекомбинация), так и случайного распределения хромосом в мейозе и/или в момент оплодотворения (межхромосомная рекомбинация).

Мутации (от лат. *mutatio* – изменение) представляют собой любые изменения в наследственном материале индивида, не обусловленные расщеплением или рекомбинацией генов, и передающиеся потомкам.

Классификация мутаций

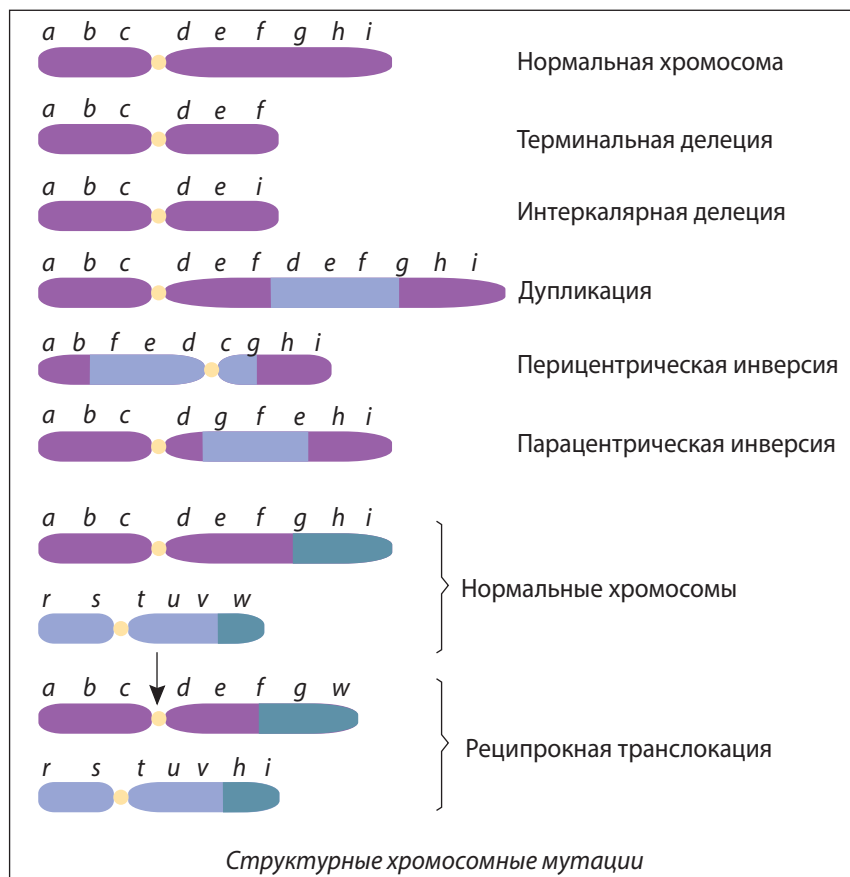
По типу измененного субстрата (по механизму осуществления):

1. **Генные мутации**

- нарушают структуру и функции гена;
 - изменяют рамку считывания генетической информации;
 - определяют синтез измененных (мутантных) белков.
- 1.1. **Замены** – замена одного (нескольких) оснований на другое (другие).
 - 1.1.1. Транзиции – замена одного основания на другое того же типа ($A \leftrightarrow G; T \leftrightarrow C$).
 - 1.1.2. Трансверсии – замена пуринового основания на пиримидиновое и наоборот ($A \leftrightarrow T$ или $A \leftrightarrow C; G \leftrightarrow T$ или $G \leftrightarrow C$).
 - 1.2. **Делеция** – выпадение одной или нескольких пар оснований.
 - 1.3. **Инсерции** – вставка пары оснований.

2. **Хромосомные мутации**

- 2.1. **Структурные** нарушения хромосом.
 - 2.1.1. Делеции – потеря участка хромосомы.
 - 2.1.2. Инверсии – поворот участка хромосомы на 180° .



- 2.1.3. Дупликации – удвоение фрагмента хромосомы за счет фрагмента гомологичной хромосомы;
- 2.1.4. Транслокации – обмен участками между двумя нехомологичными хромосомами.
- 2.2. **Численные (геномные)** – изменения числа хромосом (чаще встречаются у растений).
- 2.2.1. Полиплоидия – кратное (3, 4, 5...n) увеличение гаплоидного числа хромосом.
- А. Аутополиплоидия – полиплоидные формы содержат наборы хромосом одного и того же вида (пшеница, сахарная свекла и др.).
- Б. Аллополиплоидия – полиплоидные формы содержат хромосомные наборы разных видов (гибрид между капустой и редькой и др.);
- 2.2.2. Анеуплоидия – некратное увеличение числа хромосом (синдромы Тернера ($2n=45$), Клайнфельтера ($2n=47$), Дауна ($2n=47$) у человека).
- 3.1. **Спонтанные (природные)** мутации вызываются природными факторами в обычных условиях (температура, естественная радиация) и имеют частоту около 10^6-10^7 .
- 3.2. **Индукцированные (экспериментальные)** мутации вызываются человеком в экспериментальных условиях с использованием мутагенных факторов.

Значение мутаций:

- обеспечивают генетическое разнообразие популяций;
- служат источником материала для естественного отбора в процессе эволюции;
- применяются для получения новых штаммов микроорганизмов и сортов растений с новыми полезными свойствами.

Следует отметить, что в отношении эволюционного значения мутаций нет единого мнения. Некоторые ученые (например, Гюго де Фриз) считали мутации основным фактором биологической эволюции, в то время как другие полагают, что мутации из-за своего отрицательного действия на жизнеспособность организма не могут способствовать их эволюции.

Различные типы мутаций имеют разное значение. Основным источником изменчивости с эволюционной точки зрения являются генные мутации. Они обогащают генофонд популяции, образуя новые аллели для одного и того же локуса, а это определяет появление новых признаков.

Мутации могут быть случайными и в то же время необходимыми. Случайный характер обусловлен большим количеством генов и тем фактом, что нет строгой зависимости типа и частоты мутаций от условий жизни организма. Необходимость мутации связана с направленным характером процессов, во время которых они возникают и поддерживаются – транскрипции, распределения хромосом во время деления.

Эволюционное значение мутаций зависит от конкретных условий существования организмов. Вредная в одних условиях мутация может стать полезной в других. Большинство мутаций, будучи рецессивными, не проявляются фенотипически в гетерозиготном состоянии. Тем не менее, они обогащают генофонд популяции, создавая предпосылки для генетических рекомбинаций в пределах популяции.



1 • Перепиши в тетрадь следующие утверждения и заполни пропуски.

- а) Способность каждого _____ приобретать новые _____ под действием факторов среды называется _____.
- б) Групповая изменчивость представляет собой отличия между _____, а индивидуальная изменчивость – отличия между _____ в пределах одного и того же _____.
- в) _____ изменчивость затрагивает наследственный материал и может быть _____ и _____, в то время как изменчивость не затрагивает _____ материал и не передается по _____.

2 • Представь в виде логически структурированной схемы: а) *типы изменчивости*;
б) *типы мутаций*.

3 • Подготовь постер, в котором отрази области применения мутагенеза.

4 • Исключи лишнее и обоснуй свой выбор.

трансверсии, делеции, инверсии, дупликации, транслокации

5 • Проанализируй, используя метод «Треугольник УПК», высказывание: *Мутации – это эволюция или опасность?*

6 • Подготовь в формате Power Point (или любом другом электронном формате) презентацию на 5–7 минут об одной из мутаций, отразив в ней:

- *тип мутации*;
- *специфические изменения в генетическом материале*;
- *патологические признаки на уровне организма*.

7 • Сформулируй аргумент в поддержку следующего утверждения:

Мутации могут служить источником материала в эволюции организмов.

Мутагенные факторы

Частота мутаций значительно повышается под действием некоторых факторов среды, которые называются **мутагенными**. Их можно разделить на три группы – физические, химические и биологические мутагены.

1. Физические мутагенные факторы (радиация, критические температуры, ультразвук)

Особое значение среди физических мутагенов имеет радиация. Различают неионизирующую и ионизирующую радиацию.

Неионизирующая радиация (УФ-лучи):

- определяет фотохимические реакции;
- вызывает генетические изменения на уровне ДНК (тиминовые димеры – образуются ковалентные связи между двумя тиминами одной и той же цепи ДНК);
- широко используется в селекции микроорганизмов.

Ионизирующая радиация (рентгеновские лучи, γ -лучи, α -частицы, β -частицы):

- воздействует на растительные и животные ткани, вызывая изменения в наследственном материале;
- вызывает радиолиз воды и образование перекиси водорода;
- подавляет деление клеток;
- вызывает многочисленные нарушения на уровне ДНК и/или хромосом.

Существует несколько единиц измерения радиации:

- рентген* – 1 рентген равен количеству радиации, необходимой для образования $2,08 \times 10^9$ пар ионов в 1 см^3 воздуха при 0°C и давлении 760 мм рт. ст.
- рад* (поглощенная доза излучения) – 1 рад представляет собой энергию, поглощенную в виде ионизирующих излучений и равную 10^{-2} Дж/кг;
- грей* (Гр) – единица измерения поглощенной дозы ионизирующего излучения в системе СИ. Один грей равен дозе, полученной облученным организмом при поглощении 1 Дж/кг (1 Гр = 100 рад).

Организмы обладают определенной чувствительностью к радиации, которая неодинакова у разных организмов. Для характеристики чувствительности организмов к радиации используются два показателя:

- летальная доза 100 (ЛД 100)* – доза, которая вызывает гибель всех облученных организмов в течение 30 дней;
- летальная доза 50 (ЛД 50)* – доза, при которой в течение 30 дней погибают 50% облученных организмов.

В таблице указаны летальные дозы 50 для различных видов растений и животных.

Летальная доза 50 (ЛД 50) для некоторых видов организмов

Вид	ЛД 50 (рад)
Человек	450
Мышь	550
Заяц	950
Дрозофила	46000
Инфузория	350000
Картофель	5000
Фасоль	8000
Рожь	10000–15000
Томаты	30000–40000
Капуста	75000–100000

Эффект радиации зависит от ряда факторов, среди которых:

- природа вида (см. таблицу);

- этап онтогенеза (молодые растения более чувствительны к радиации, чем взрослые растения);
- степень специализации клетки (дифференцированные клетки отличаются большей устойчивостью, чем меристематические);
- число хромосом (с увеличением числа хромосом в кариотипе возрастает устойчивость организма к радиации);
- различные факторы среды (температура, концентрация газов, влажность и др.).

2. Химические мутагенные факторы (алкилирующие соединения, аналоги пуринов и пиримидинов, другие химические мутагены)

Алкилирующие соединения (иприт, этиленамин, митомицин, формальдегид и др.):

- блокируют клеточное деление;
- вызывают ошибки в репликации ДНК;
- приводят к удалению пуриновых оснований.

Аналоги пуринов и пиримидинов (5-бромурацил, 2-аминопурин и др.):

- вызывают замены в ДНК, т. к. включаются в состав ДНК, замещая нормальные азотистые основания.

Другие химические мутагены (азотистая кислота, формалин, пестициды, тяжелые металлы и др.):

- обладают ярко выраженным мутагенным эффектом;
- имеют специфический механизм действия;
- в определенных условиях некоторые химические мутагены имеют также и антимутагенный эффект;
- некоторые химические вещества (супермутагены) значительно увеличивают (примерно в 100 раз) спектр генных мутаций.

Химические вещества, обладающие мутагенным эффектом, применяются в различных областях промышленности, сельского хозяйства, медицины. Они поступают в воздух, почву и воду. В таблице представлены допустимые нормы (ДН) для различных химических веществ.

Допустимые нормы (ДН) для некоторых химических веществ

Химическое вещество или элемент	ДН в воде (мг/л)	ДН в воздухе (мг/м ³)	ДН в почве (мг/кг)
Свинец (Pb)	0,1	0,0003	30,0
Стронций (Sr)	50,0	-	-
Хром (Cr)	0,5	0,0015	-
Фенолы	0,001	-	-
Медь (Cu)	1,0	-	3,0
Ацетон	-	0,35	-
Формальдегид	-	0,0030	-
Уксусная кислота	-	0,06	0,06
Нитраты	-	-	130,0
Хлорид калия (KCl)	-	-	560,0

Мутагенные вещества могут попадать в ткани растений и животных как прямо, так и косвенным путем.

Пестициды, наряду с индуцированием мутаций, могут поражать центральную нервную систему человека, вызывая различные психические расстройства.

Некоторые минеральные удобрения (нитраты, нитриты) отрицательно влияют на развитие организма человека и вызывают различные хромосомные мутации и нарушения в центральной нервной системе. Эти вещества в высоких концентрациях вызывают головную боль, тошноту, обмороки и т. д.

3. Биологические мутагенные факторы (вирусы, микоплазмы):

- вызывают различные мутации на уровне ДНК и хромосом;
- поражают различные группы организмов (растения, животные, микроорганизмы).

В природных сообществах организмов существуют различные вирусы и микоплазмы, которые могут влиять на наследственность организмов.

Для уменьшения вредного действия мутагенных веществ могут быть использованы некоторые химические соединения и физические факторы, стимулирующие физиологические и биохимические процессы в живых организмах. Эти факторы называются **антимутагенами**, и природа их очень разнообразна (см. таблицу).

Некоторые группы антимутагенов

Группа	Примеры
Витамины	А (ретинол), С (аскорбиновая кислота), Е (токоферол)
Ферменты	Каталазы, полимеразы, нуклеазы
Лекарственные препараты	Сульфаниламиды, стрептомицин
Аминокислоты	Глутаминовая кислота, аргинин, гистидин
Ингибиторы радикалов	Фенолы, галловая кислота
Неионизирующие агенты	УФ-лучи, лазерные лучи

В качестве антимутагенов могут быть использованы некоторые продукты животного происхождения – рыба, молоко, сливочное масло и др.

Антимутагены выполняют различные функции:

- сокращают частоту хромосомных нарушений;
- усиливают процессы восстановления ДНК;
- нейтрализуют действие различных мутагенов;
- активируют ферментные системы клетки, которые участвуют в детоксикации вредных веществ.

Мутагенные факторы существенно нарушают наследственность организмов и представляют серьезную опасность для их жизнедеятельности. Поэтому особое значение имеет своевременное тестирование возможных мутагенных веществ и разработка методов предотвращения их отрицательного влияния.

Важно отметить, что путем индуцированного мутагенеза можно получать высокопродуктивные штаммы микроорганизмов и сорта растений. Так, путем экспериментального мутагенеза были получены штаммы *Penicillium crysogenum*, интенсивно синтезирующие пенициллин, а также тетраплоидные сорта винограда с высокой урожайностью.

Основными источниками загрязнения окружающей среды являются радиация, отходы промышленного и сельскохозяйственного производства, химические вещества антропогенного происхождения (лекарства, пестициды, пищевые вещества, моющие средства, косметические препараты и др.). Многие из этих веществ через воздух, воду, почву или живые организмы вызывают различные мутации у человека.

Например, после атомных взрывов в Японии (1945) у 18,7% женщин беременность прервалась выкидышем, 23,3% детей родились мертвыми, а 26% умерли сразу после рождения.

Катастрофа в Чернобыле (1986) повлекла за собой резкое увеличение частоты врожденных аномалий у новорожденных.

Широко применяемые в сельском хозяйстве пестициды (гербициды, инсектициды, фунгициды) могут накапливаться в окружающей среде (в растениях, воде, почве) и вызывать различные мутации.

Вредным действием обладают и некоторые консерванты, используемые в пищевой промышленности, лекарственные препараты, красители тканей и др.

В рамках генетического мониторинга проводится анализ мутагенного потенциала различных химических веществ, физических и биологических факторов. Для этого в качестве тест-систем используют ряд организмов, отличающихся простой организацией и неприхотливостью к условиям выращивания. К ним относятся некоторые бактерии, грибы и др. В последнее время все более широкое применение находят культуры растительных и животных клеток *in vitro*.

Узнай больше!

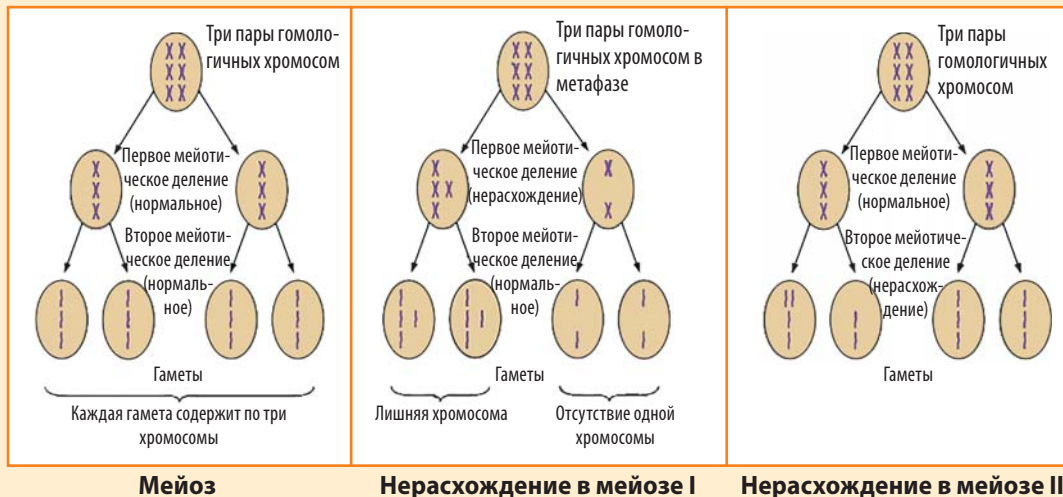
Механизм возникновения спонтанных генных мутаций определяется ошибками в ходе репликации ДНК в результате появления некомplementарных оснований. Входящие в состав нуклеотидов ДНК азотистые основания могут превращаться в таутомерные формы. Тимин (Т) и цитозин (Ц) являются кетоновыми пиримидинами, а аденин (А) и гуанин (Г) – аминовыми пуринами, а после таутомерных превращений ($C=O \leftrightarrow C-OH$; $-NH_2 \leftrightarrow NH$) Т и Ц становятся енольными пиримидинами, а А и Г – иминовыми пуринами. Как следствие, нарушается правило комплементарности: А связывается с Ц, а Г с Т.

Механизм возникновения индуцированных мутаций связан с изменениями азотистых оснований нуклеотидов ДНК (гидратация тимина, дезаминирование цитозина и др.) под действием физических и химических мутагенов, которые, вследствие этого, могут образовывать водородные связи с некомplementарными азотистыми основаниями.

Независимо от природы (спонтанные или индуцированные) генные мутации вызывают нарушения в транскрипции генетической информации и изменение одного функционального кодона на:

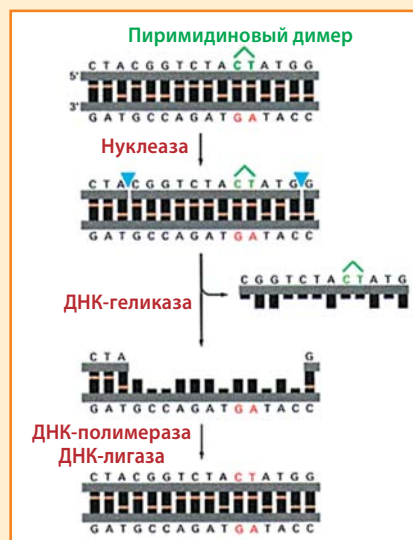
- стоп-кодон (мутация типа *nonsense*);
- смысловой кодон, кодирующий другую аминокислоту (мутация *missens*);
- другой смысловой кодон, кодирующий ту же аминокислоту (мутация *samesens*).

Механизмы возникновения численных хромосомных мутаций определяются ошибками в распределении наследственного материала в ходе клеточных делений, например, нерасхождение хромосом в процессе мейоза.



Репарация ДНК является процессом, присущим исключительно молекуле ДНК, и заключается в восстановлении нормальной структуры ДНК. Благодаря этой способности клетка может предотвращать накопление в ней мутаций. Процесс репарации ДНК обеспечивается сложным комплексом ферментов, которые находят в молекуле ошибку, устраняют ошибочный фрагмент и заполняют брешь, восстанавливая нормальную структуру ДНК (см. схему).

Репарация ДНК осуществляется по принципу комплементарности с использованием в качестве матрицы цепи ДНК без нарушений. Она может происходить как в ходе репликации, так и до нее или независимо от нее.





- 1 • Перепиши схему в тетрадь и заполни ее.

Тип мутагенных факторов	Примеры	Воздействие на наследственный материал
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

- 2 • Классифицируй мутагенные факторы в виде логической схемы.

- 3 • Оцени последствия:
а) нарушений веретена деления;
б) отсутствия механизмов репарации генных мутаций.

- 4 • Разработай рацион питания для людей, работающих в зоне повышенной радиации.

- 5 • Обведи букву *И* (*истинно*), если вторая часть утверждения подтверждает первую, в противном случае – *Л* (*ложно*). Если ты обвел(а) букву *Л*, напиши правильный вариант утверждения. (Задание выполняется в тетради.)

- а) Пестициды могут вызывать психические отклонения, так как влияют на нервную систему. И Л
- б) Ионизирующая радиация может влиять на процесс роста растений, так как подавляет деление клеток. И Л

- 6 • Выполни анализ предложенной темы методом SWOT: *Влияние применяемых в сельском хозяйстве пестицидов на организм человека*.

- 7 • Сгруппируй по три данные понятия и укажи критерии распределения.

радиация, ферменты, ретинол, медь, фенол,
рентгеновские лучи, пестициды, витамины, α -лучи,
свинец, аминокислоты, токоферол, γ -лучи, хром

- 8 • Подготовь презентацию в *Power Point* об отрицательном воздействии алкоголя на наследственный материал человека, опираясь на информацию под штрих-кодом QR 1.12.1.



QR 1.12.1

- 9 • Дай оценку описанной ситуации и сформулируй для своего друга рекомендации для уменьшения действия мутагенных факторов. Проиллюстрируйте свой совет с помощью метода графов.

Твой друг устроился на лето работать на предприятие, которое использует в технологическом процессе мутагенные факторы.

Среди генетических дисциплин особое значение имеет генетика человека, которая изучает наследственность человека. Первые наблюдения и гипотезы о наследственности появились еще в глубокой древности. Гиппократ (VI–V вв. до н. э.) в труде «Corpus hipocraticum» (Гиппократов сборник) рассматривал наследование таких признаков и болезней человека, как цвет глаз, эпилепсия.

В 1814 году английский врач В. Адамс в работе «Трактат о предполагаемых наследственных свойствах болезней» обратил внимание на тот факт, что при возникновении наследственных заболеваний родители часто состоят в близком родстве.

Основы генетики человека были заложены английским ученым Ф. Гальтоном, который 1864 году опубликовал две работы: «Наследование характера и таланта» и «Наследование гениальности». Он считал, что признаки человека, в том числе связанные с психикой, наследуются.

Генетика человека как наука возникла во второй половине XX века, когда ученые Тижо, Леван и Лежене установили кариотип человека и заложили основы цитогенетики человека.

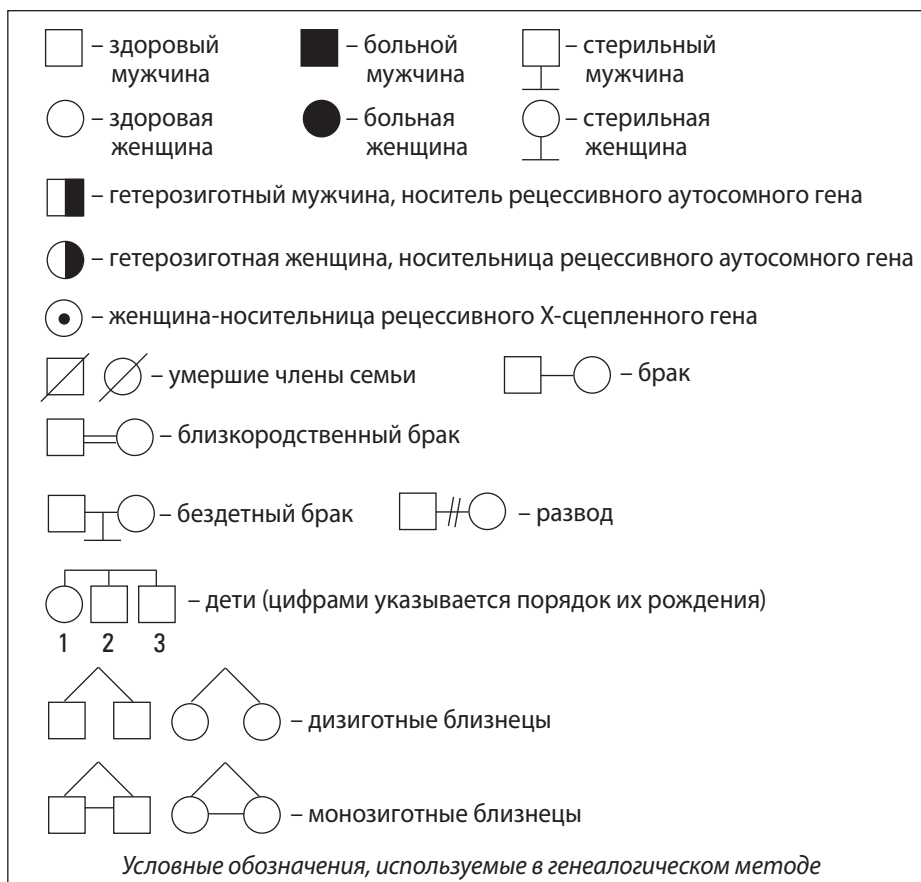
Необходимо отметить, что человек, как объект генетических исследований, имеет ряд особенностей, а именно:

- невозможность экспериментальных скрещиваний и использования гибридологического анализа;
- малое количество потомков и редкая смена поколений;
- невозможность экспериментального получения чистых линий или мутантных форм;
- этические проблемы и др.

Для изучения закономерностей наследственности человека используются специальные методы:

1. **Генеалогический метод** основан на построении генеалогического древа и анализе передачи определенного признака в ряду поколений.

Для составления родословных применяют специальные условные обозначения.



2. **Близнецовый метод** позволяет определить роль генотипа и среды в проявлении признака.

В этом случае изучают проявление признаков у монозиготных близнецов, которые развиваются из одной оплодотворенной яйцеклетки. Они всегда одного пола и имеют одинаковый генотип.

3. **Цитогенетический метод** позволяет выявить численные и структурные хромосомные мутации.

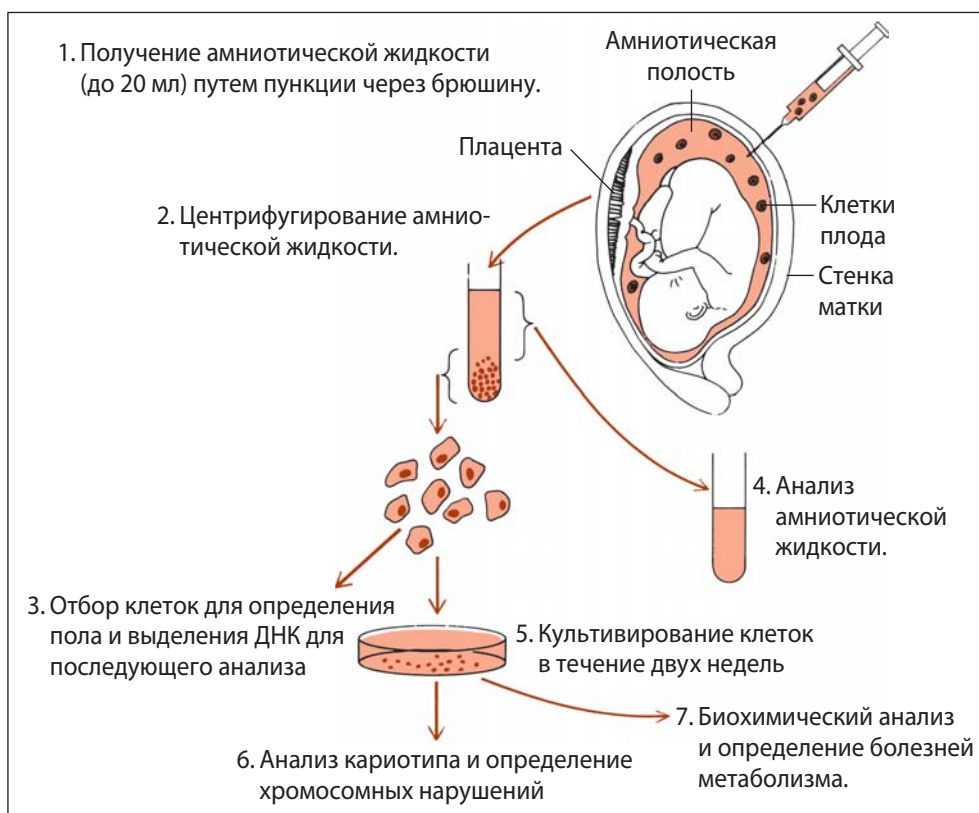
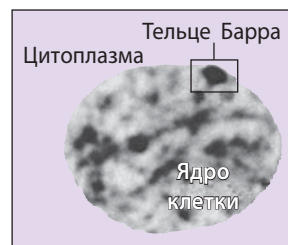
Для этого используют клетки в метафазе клеточного деления.

Выявление гетеросомных мутаций может быть проведено с использованием анализа полового хроматина (тельца Барра) в ядрах интерфазных соматических клеток. Половой хроматин представляет собой инактивированную хромосому X и в норме бывает только у женщин. (Число телец Барра на 1 меньше количества хромосом X.)

У женщин с синдромом Тернера половой хроматин отсутствует, а у мужчин с синдромом Клайнфельтера выявляется одно ($2n = 47$) или два ($2n = 48$) тельца Барра.

4. **Биохимический метод** основан на анализе различных биохимических показателей и применяется, в частности, для изучения (и предотвращения) наследственных болезней метаболизма.

5. **Амниоцентез** относится к методам пренатальной диагностики и позволяет выявить хромосомные и генные нарушения до рождения ребенка. Исследование проводится на 14–16 неделе беременности и заключается в анализе клеток плода, полученных путем трансабдоминальной пункции.



6. **Анализ близкородственных браков** проводится в популяциях, изолированных географически, этнически или по религиозному принципу.

Необходимо избегать близкородственных браков: они приводят к появлению тяжелых наследственных заболеваний у детей.

7. **Популяционно-статистический метод** позволяет определить частоту генов и генотипов в популяции людей.

Он основан на использовании закона Харди-Вайнберга:

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

где p – частота доминантного гена; q – частота рецессивного гена; p^2 – частота гомозигот по доминантному гену; q^2 – частота гомозигот по рецессивному гену; $2pq$ – частота гетерозигот.

8. **Молекулярно-генетические методы** основаны на изучении наследственного материала (ДНК) и позволяют определить положение генов в геноме (метод Саузерна), нуклеотидную последовательность генов (секвенирование ДНК), степень родства и отцовство, генные мутации (метод ПЦР).

9. **Дерматоглифический метод** связан с изучением кожных узоров пальцев, ладоней и стоп и используется для определения некоторых хромосомных синдромов.

10. **Ультразвуковое исследование (УЗИ)** состоит в использовании ультразвука для получения изображения плода. Также оно применяется в пренатальной диагностике для выявления врожденных аномалий развития.

В последние годы генетика человека приобретает все большее значение в биологии и медицине. Уже установлено, что в патологии человека многие болезни являются наследственными. Большинство общих заболеваний человека в той или иной степени тоже обусловлены генетически. Кроме того, без генетики не представляется возможным осмыслить индивидуальное развитие и эволюцию человека.

Генетика человека позволяет глубже понять различные вопросы: наследование нормальных и патологических признаков человека, генетический контроль клеточных процессов, механизмы диагностики и принципы профилактики наследственных болезней; выявление мутагенных факторов среды; медико-генетическое консультирование и планирование семьи; перспективы генной терапии.

Из биологических наук генетика развивается быстрее всех. Результаты генетических исследований имеют революционное значение для всей биологии, позволяя человеку проникнуть в уникальный и таинственный мир наследственности. Благодаря генетике были найдены ответы на вопросы, занимавшие лучшие умы человечества в течение многих веков: *Что есть наследственность? Как передаются признаки от родителей детям? Что представляют собой наследственные болезни?*

Современная генетика человека – комплексная наука, включающая много направлений.

- **Формальная генетика** изучает наследование менделирующих признаков человека и особенности их наследования.
- **Популяционная генетика** изучает распределение генов в различных человеческих популяциях и частоту носителей некоторых мутантных генов.
- **Цитогенетика** занимается изучением нормального и патологического кариотипа человека, а также методов диагностики хромосомных болезней.
- **Клиническая генетика** изучает наследственные болезни, принципы и методы их диагностики и лечения.
- **Иммуногенетика** исследует группы крови и генетические механизмы иммунитета.
- **Фармакогенетика** изучает значение генетических факторов в индивидуальной чувствительности к лекарственным препаратам.
- **Социальная генетика** изучает взаимодействие наследственных (65–70%) и социальных (30–35%) факторов в развитии и эволюции человека.
- **Нутригеномика** изучает влияние питания на экспрессию генов человека (реализацию генетической информации в ходе индивидуального развития).

Узнай больше!

Молекулярно-генетические методы. Техника секвенирования ДНК, разработанная Ф. Сэнгером (1977), и метод ПЦР (*Полимеразная Цепная Реакция*), разработанный К. Мюллисом (1983), внесли существенный вклад в развитие и применение исследований в области молекулярной биологии и генетики.

Метод ПЦР используется для получения большого количества копий коротких фрагментов ДНК и включает следующие этапы:

- получение необходимого фрагмента путем «разрезания» геномной ДНК при помощи рестриктаз (эндонуклеаз, разрезающих ДНК в строго определенных местах);
- денатурация ДНК с получением одноцепочечных фрагментов;
- присоединение короткого комплементарного праймера (из 20 нуклеотидов) к противоположным концам цепей фрагмента-мишени;

- синтез новых цепей фрагмента ДНК, комплементарных матричным цепям, при участии фермента Taq-полимеразы (выделенной из термоустойчивых бактерий *Thermus aquaticus*);
- повторение цикла денатурация – синтез (после 25 циклов можно получить до миллиона копий фрагмента ДНК).

Этот метод имеет целый ряд преимуществ, а именно:

- необходимость малого количества ДНК для анализа;
- возможность получения ДНК практически из любого биологического материала;
- доступность наборов реактивов для анализа;
- быстрота получения результатов.

В настоящее время на основе ПЦР разработаны новые молекулярно-генетические методы изучения генетического полиморфизма для различных организмов, среди которых можно выделить следующие:

- метод RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*), основанный на использовании коротких нуклеотидных произвольных (случайных) праймеров. Он позволяет выявить отличия между сортами растений, породами животных и штаммами микроорганизмов;
- метод AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*), позволяющий оценить полученные фрагменты рестрикции разной длины;
- метод SSR (*Simple Sequence Repeats*), использующийся для выявления полиморфизма микросателлитных повторов.



- 1 • Перечисли особенности человека как объекта генетических исследований.
- 2 • Опиши суть методов генетики человека.
- 3 • Подготовь постер, в котором отрази значение методов изучения генетики человека.

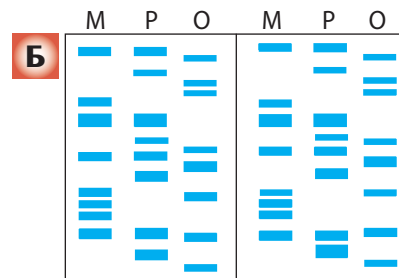
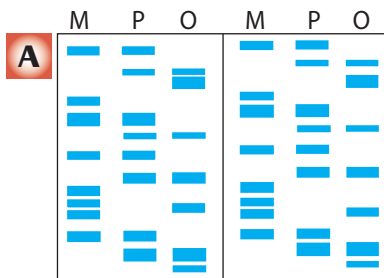
- 4 • Исключи из каждой серии лишнее понятие и аргументируй свой выбор.

генетический контроль клеточных процессов, определение генетической структуры популяции, диагностика наследственных болезней, генетическая консультация и планирование семьи, генная терапия

генетика человека, формальная генетика, популяционная генетика, клиническая генетика, социальная генетика

- 5 • Сравни пробы ДНК матери (М), ребенка (Р) и предполагаемого отца (О) и ответь на следующие вопросы:

- а) Сколько общих полос у ребенка и матери?
- б) Сколько общих полос у ребенка и предполагаемого отца?
- в) Является ли данный мужчина отцом ребенка?



- 6 • Распредели следующие методы по двум группам и объясни критерий распределения.

цитогенетический метод, биохимический метод, амниоцентез, молекулярно-генетический метод

- 7 • Объясни следующее утверждение на конкретном жизненном примере.

Пренатальная генетическая диагностика – настоятельное требование современного общества.

Нормальная наследственность человека

У человека, как и у других организмов, генетический материал представлен ДНК, локализованным в ядре. Все наследственные признаки контролируются генами, локализованными в ДНК. Число генов человека составляет около 30 000, но только небольшая часть этих генов активна на определенном этапе онтогенеза.

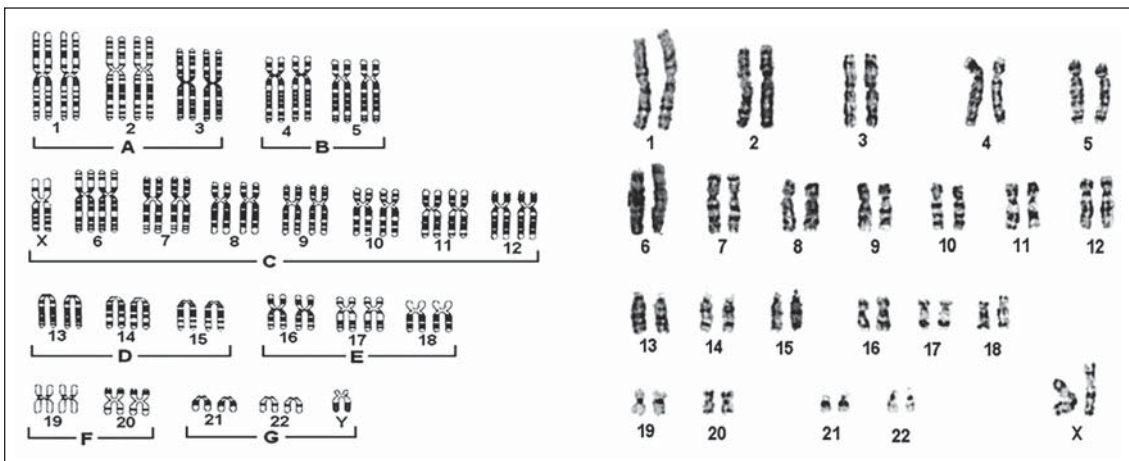
Гены, определяющие признаки человека, расположены в хромосомах. Совокупность хромосом индивида формирует его кариотип.

Кариотип человека включает 46 хромосом, из которых 44 – аутосомы и 2 – половые хромосомы (XX и XY).

В зависимости от положения центромеры и морфологических особенностей, хромосомы человека делят на 7 групп, обозначаемых буквами латинского алфавита от А до G (см. таблицу).

Классификация хромосом человека

Группа хромосом	Пары хромосом
A	1-3
B	4-5
C	6-12, X
D	13-15
E	16-18
F	19-20
G	21-22, Y



Моногенные признаки контролируют более 5 500 генов, из которых около 1000 определяют нормальные признаки, а 4500 – патологические признаки человека. В представленной ниже таблице показаны некоторые нормальные признаки человека, которые наследуются по аутосомному доминантному или рецессивному типам.

Моногенные аутосомные признаки человека

Доминантные	Рецессивные
Карие глаза	Голубые глаза
Каштановые волосы	Белокурые волосы
Курчавые волосы	Прямые волосы
Большой нос	Маленький нос
Наличие веснушек	Отсутствие веснушек
Абсолютный музыкальный слух	Отсутствие музыкального слуха
Большие уши	Маленькие уши

Некоторые признаки человека контролируются генами, расположенными в хромосомах X и Y, и наследуются сцепленно с полом. Есть признаки, которые определяются аутосомными генами, но их фенотипическое проявление зависит от пола. Например, облысение у мужчин проявляется как у гомозигот (cc), так и у гетерозигот (Cc), в то время как у женщин этот признак проявляется только в гомозиготном состоянии (cc).

В хромосоме Y расположен ген SRY (*sex-determining region Y*), который контролирует синтез фактора развития семенников и определяет развитие организма по мужскому типу.

Некоторые признаки человека являются полигенными, т. е. контролируются несколькими парами аллельных генов, которые могут взаимодействовать друг с другом. Как правило, при полигенном наследовании действие каждого гена усиливается (аддитивный эффект), и степень проявления признака зависит от количества доминантных генов в генотипе. По этому типу, как правило, наследуются количественные признаки.

Аллельные пары генов, расположенных в разных хромосомах, также взаимодействуют друг с другом.

Узнай больше!

Геном человека включает ядерный геном (около 26 000 пар генов) и митохондриальный геном (37 генов).

Ядерный геном содержит 25% генной ДНК и 75% внегенной ДНК. В генной ДНК 10% составляют кодирующие участки и около 90% – некодирующие. Внегенная ДНК представлена уникальными (60%) и повторяющимися (40%) последовательностями.

Ядерные гены делятся на три класса:

- гены I класса – кодируют три типа рибосомной РНК (5,8S; 18S и 28S);
- гены II класса – кодируют белки и переписываются в мРНК;
- гены III класса – кодируют тРНК и 5S рРНК.

37 генов митохондриального генома человека включают: 22 гена для тРНК, 2 гена для рРНК и 13 генов, кодирующих часть митохондриальных белков.



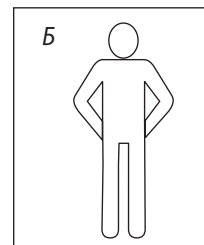
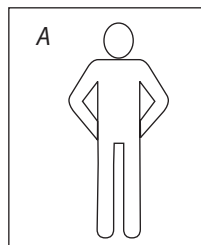
1 • Перечисли особенности кариотипа человека.

2 • Перенеси в тетрадь рисунки А и Б. Укажи на рисунке А доминантные признаки человека, а на рисунке Б – рецессивные, используя соответствующие цвета.

3 • Выбери правильные варианты ответа для следующих утверждений:

- I. К аутосомно-рецессивным признакам человека относятся:
- а) карие глаза;
 - б) каштановые волосы;
 - в) абсолютный музыкальный слух;
 - г) отсутствие веснушек.

- II. К аутосомно-доминантным признакам человека относятся:
- а) прямые волосы;
 - б) маленький нос;
 - в) большие уши;
 - г) маленькие уши.



4 • Разработай схему, отражающую нормальную наследственность человека.

5 • Составь учебную карточку, в которой представь свои личные моногенные аутосомные признаки.

6 • Объясни, используя информацию урока о сцепленных с полом признаках, проявление одного из признаков на примере членов своей семьи.

7 • Сформулируй одну закономерность полигенного наследования у человека, используя ключевые слова из текста урока.

8 • Оцени ситуацию и вырази свое отношение к ней, используя метод «шести шляп мышления».

Твоя сестра певица и обладает абсолютным музыкальным слухом. У ее мужа также абсолютный музыкальный слух. У них есть ребенок, который, по мнению специалистов, не отличается абсолютным музыкальным слухом. Родители в недоумении.

В специальной литературе (генетической, медицинской) используют различные понятия для описания патологий человека: наследственные, генетические, семейные, врожденные болезни. Рассмотрим, чем они отличаются.

Генетические болезни представляют собой заболевания, связанные с нарушениями в генетическом материале. Для генетических болезней существенным является не факт передачи по наследству, а то, что причиной болезни являются изменения в генетическом аппарате. Это понятие более широкое и включает в себя и наследственные болезни.

Наследственные болезни – это патологии, которые передаются от родителей к детям, за исключением случаев летального исхода и стерильности носителей данной болезни. Причиной этих болезней являются генные и хромосомные мутации.

Семейные болезни – это болезни, встречающиеся у многих членов данной семьи. Они могут быть наследственными, но также могут быть вызваны и другими, негенетическими факторами, например, общими вредными привычками, недостатком питания, общими неблагоприятными условиями жизни и др. Очевиден тот факт, что они не передаются по наследству.

Врожденные аномалии включают различные нарушения развития, которые проявляются при рождении. Они обусловлены целым рядом факторов, которые действуют во время беременности, например:

- наследственные нарушения;
- некоторые инфекционные болезни (корь, краснуха);
- гормональные нарушения;
- возраст будущей мамы (недостаточная зрелость или пожилой возраст);
- недостаточное питание (авитаминозы);
- облучение;
- химические мутагены (тяжелые металлы, пестициды) и др.

Наследственные болезни распространены в популяциях всех стран, но частота их неодинакова в разных географических зонах. Например, полидактилия (многопалость) встречается среди европейцев с частотой 0,5%, а у жителей африканского континента – с частотой 6,2%. В то же время частота врожденных аномалий развития намного выше в Европе в связи с высокой индустриализацией этих стран.

Наследственные болезни можно разделить на две группы – *генные* и *хромосомные*. Генные болезни, в свою очередь, делятся на аутосомные (контролируются генами, расположенными в аутосомах) и гетеросомные, или гоносомные (определяются генами половых хромосом). Эти болезни могут наследоваться по доминантному или рецессивному типу.

В патологии человека описан целый ряд болезней, вызванных мутациями с доминантным или рецессивным фенотипическим проявлением. Вот примеры некоторых из них.

Аутосомно-доминантные болезни:

- ахондроплазия – нарушения роста длинных трубчатых костей, как следствие – низкий рост;
- арахнодактилия – удлинение и утончение костей, тонкие «паучьи» пальцы;
- брахидактилия – укороченные фаланги пальцев;
- хорея Гентингтона – прогрессирующая дегенерация нервной системы (проявляется после 35–50 лет).

Аутосомно-рецессивные болезни:

- альбинизм – отсутствие меланина в клетках кожи (у больных высокая чувствительность к УФ-облучению и повышенный риск развития рака кожи);
- алкаптонурия – темный цвет мочи у новорожденных, артриты (как следствие нарушений в метаболизме);
- болезнь Тейя-Сакса – гипотония мышц, психомоторные нарушения;
- фенилкетонурия – метаболические и психические нарушения, умственная отсталость из-за накопления аминокислоты фенилаланина в клетках организма;
- галактоземия – нарушения метаболических процессов в печени, почках, головном мозге.

Существует ряд генных болезней, сцепленных с X или Y хромосомами.

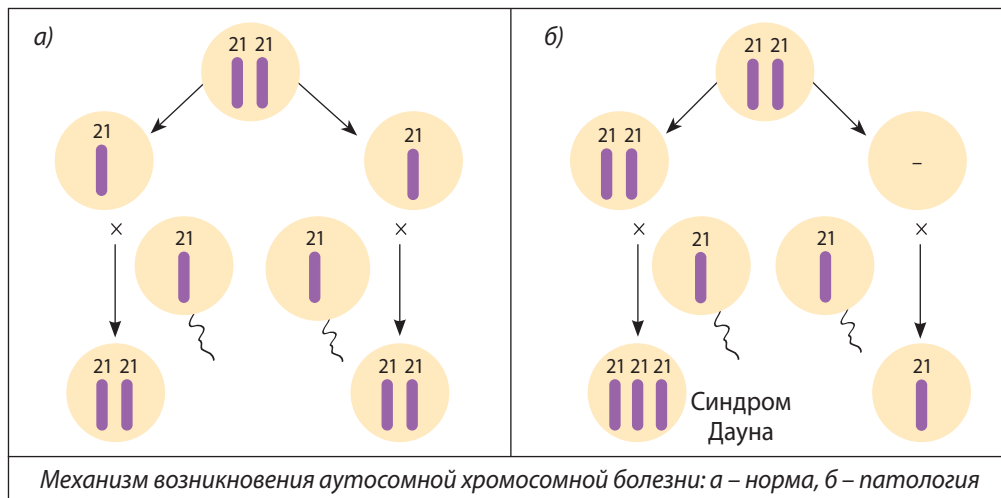
Доминантные X-сцепленные болезни:

- несовершенный амелогенез – нарушения зубной эмали, темные зубы;
- гипофосфатоземия – нарушения в развитии костной ткани.

Рецессивные X-сцепленные болезни:

- дальтонизм – отсутствие или нарушение цветового зрения;
- гемофилия – отсутствие фактора свертывания крови;
- миопатия Дюшенна – прогрессирующая мышечная дистрофия.

Хромосомные болезни бывают численными и структурными. Причиной структурных болезней являются делеции, инверсии или дупликации участков хромосом. Численные хромосомные болезни вызваны отсутствием или избытком одной или нескольких хромосом в кариотипе. Наиболее часто встречаются трисомии (наличие дополнительной хромосомы) и моносомии (потеря одной хромосомы).



Эти болезни могут быть как аутосомными, так и гетеросомными (гомосомными).

В ходе эволюции сформировался стабильный нормальный кариотип человека ($2n = 46$ хромосом). Любое отклонение от нормального числа или нарушение в структуре хромосом влечет за собой серьезные последствия на уровне фенотипа, часто являясь несовместимым с жизнью (летальным) или вызывая тяжелую болезнь. Частота хромосомных нарушений составляет около 1% у новорожденных. В период 8–12 недель внутриутробного развития около 3% эмбрионов имеют различные хромосомные аномалии. 30–50% выкидышей являются следствием мутации хромосом.

Причиной хромосомных болезней может быть любое отклонение от нормального числа хромосом, а также некоторые структурные нарушения: делеции, дупликации, транслокации и др. Численные нарушения являются результатом ошибок в распределении генетического материала в мейозе (нерасхождение хромосом, анафазное отставание).

К факторам, вызывающим хромосомные болезни, относятся:

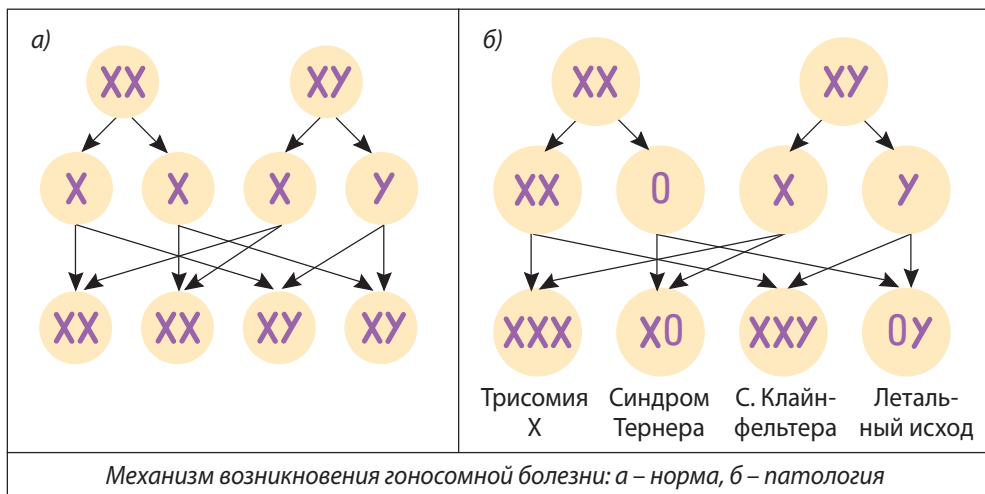
- ионизирующая радиация;
- некоторые лекарственные препараты и контрацептивы;
- вирусные болезни;
- недостаток питания (например, молодые женщины в концентрационных лагерях во время Второй мировой войны часто рожали детей с синдромом Дауна);
- эндокринные расстройства; возраст родителей, в первую очередь, матери (после 35 лет увеличивается риск рождения детей с синдромом Дауна).

Среди аутосомных болезней наиболее часто встречаются и хорошо изучены трисомии (наличие дополнительной хромосомы): трисомия 21 (синдром Дауна), трисомия 18 (синдром Эдвардса) и трисомия 13 (синдром Патау).

Синдром Дауна является самой распространенной хромосомной болезнью, частота его составляет 1:500–1:700. Болезнь впервые была описана английским врачом Дауном в 1866 году. Позднее, в 1957–1959 гг., французские исследователи Р. Торпен и Ж. Лежене показали, что в кариотипе больных присутствует дополнительная 21-я хромосома.

Диагностика этой болезни не представляет трудности для врачей, т. к. у больных наблюдаются ярко выраженные клинические признаки: плоское округлое лицо, низкий рост, короткие пальцы, специфическая кожная складка на ладони, задержка в умственном развитии и др. За последние 30–40 лет средняя продолжительность жизни людей с синдромом Дауна значительно возросла благодаря развитию медицины, внедрению новых методов хирургического и терапевтического лечения, а также социальной интеграции пациентов. В настоящее время она составляет 55–60 лет. В наше время люди с синдромом Дауна все больше вовлекаются в социальную жизнь, приобретают профессии.

Наряду с хромосомными болезнями аутосом известны синдромы, связанные с нарушениями половых хромосом.



Синдром Тернера является результатом моносомии X (кариотип больных – 45,X) и встречается только у женщин. Это единственный пример моносомии, совместимой с жизнью. Причиной болезни является отсутствие одной хромосомы X, как следствие нерасхождения или анафазного отставания хромосом в мейозе у одного из родителей.

Болезнь впервые была описана Н. А. Шерешевским(1925) и подробно изучена Г. Тернером (1938). Частота болезни составляет 1:4000–1:5000. У больных синдромом Тернера наблюдаются следующие клинические признаки: диспропорция тела (широкие плечи и узкий таз), низкий рост (130–140 см), «шея сфинкса» (короткая, со складками), недоразвитые яичники, повышенная эмоциональность и др.

Трисомия X наблюдается у женщин с кариотипом 47, XXX (частота болезни 1:10000). Впервые эта патология была описана А. Якобом (1959). Чаще всего болезнь не проявляется фенотипически, но могут наблюдаться незначительные нарушения в развитии, расстройства функций яичника.

Синдром Клайнфельтера наблюдается только у мужчин с частотой 1:1000 и является следствием дополнительной хромосомы X в их кариотипе. Чаще всего встречается кариотип 47, XXY, но могут быть и другие кариотипы – 48, XXXY; 48, XYYY; 48, XXYY; 49, XXXXY; 49, XXXYY. У больных наблюдаются следующие клинические признаки: женский тип телосложения (узкие плечи, широкий таз, отложение жира по женскому типу, слаборазвитая мускулатура), недоразвитые яички, психические расстройства.



В выявлении, изучении и профилактике наследственных болезней важное значение имеют медико-генетические консультации, которые призваны решать следующие задачи:

- медико-генетическое консультирование семей;
- пренатальную диагностику наследственных и врожденных болезней;
- генеалогический анализ семьи;
- изучение наследственных болезней метаболизма;
- планирование семьи и др.

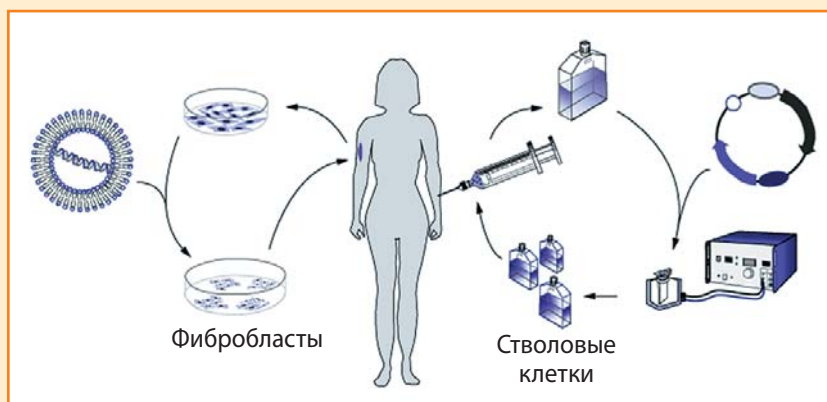
Узнай больше!

Генная терапия представляет собой современную технологию внедрения гена в геном клетки (организма) с целью исправления генетического нарушения. Она открывает перспективы в лечении некоторых наследственных, мультифакториальных и ненаследственных болезней человека.

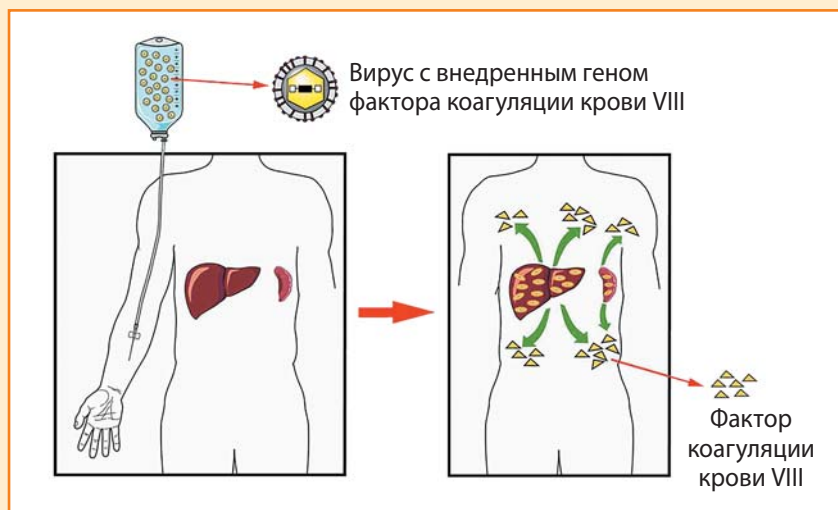
Основной целью генной терапии является обеспечение нормальной экспрессии внедренного гена в клетках организма. Для этого тщательно подбирается ген для переноса, оцениваются различные системы переноса (векторы), анализируются подходы к регуляции экспрессии перенесенного гена и, не в последнюю очередь, безопасность процедуры переноса для пациента.

Существует два основных пути переноса генов:

1. *ex vivo* – внедрение гена в ДНК клеток, выделенных из организма больного, с последующим их возвращением в организм пациента.



2. *in vivo* – внедрение нужного гена непосредственно в клетки организма человека с помощью специальных систем переноса (векторов).



Для переноса генов в клетки человека используют следующие векторы:

- вирусные (аденовирусы, ретровирусы и др.);
- невирусные (плазмиды, космиды и др.).

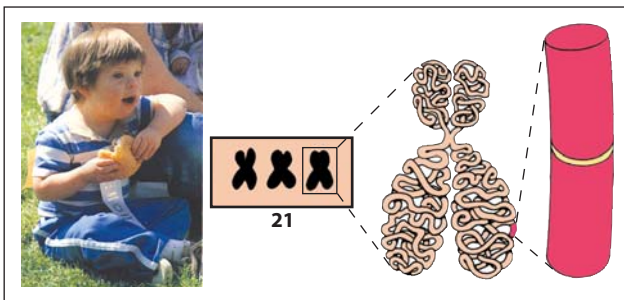
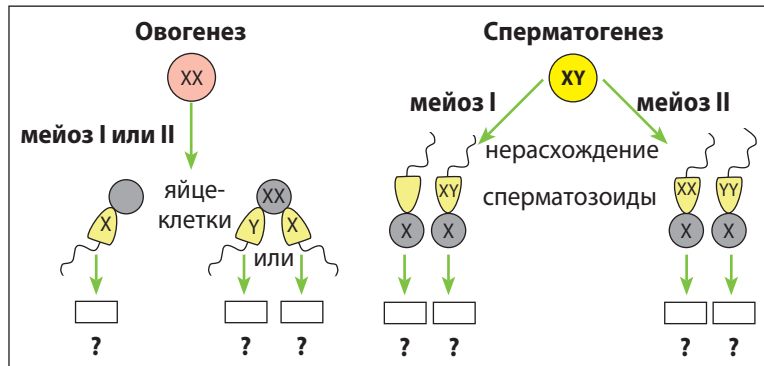
В настоящее время генная терапия используется для лечения таких наследственных болезней, как мышечная дистрофия, гемофилия, а также для заживления дефектов кожи.



1 • Напиши в тетради определения следующих понятий: *генетические болезни, наследственные болезни, семейные болезни, врожденные болезни.*

2 • Представь наследственные болезни в виде логической схемы.

3 • Впиши в прямоугольники соответствующие кариотипы, а вместо вопроса – названия хромосомных болезней. (Задание выполняется в тетради.)

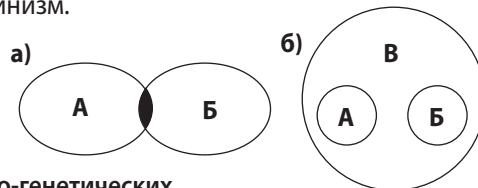


4 • Охарактеризуй изображенный синдром и представь в виде схемы механизм возникновения данного заболевания.

5 • Выбери правильные варианты ответа.

- I. Какой из синдромов относится к гетеросомным?
 - а) Синдром Дауна;
 - б) Синдром Эдвардса;
 - в) Синдром Тернера;
 - г) Синдром Патау.
- II. Какое из перечисленных генных заболеваний наследуется по аутосомно-доминантному типу?
 - а) Фенилкетонурия;
 - б) Ахондроплазия;
 - в) Алкаптонурия;
 - г) Альбинизм.

6 • Приведи 2–3 примера по теме урока, которые отражают следующие типы отношений в кругах Эйлера.



7 • Подготовь информационный листок о значении медико-генетических консультаций и представь его одноклассникам.

8 • Предложи 2–3 меры профилактики аутосомно-рецессивных болезней человека.



QR 1.15.1

9 • Разработай морфологическую карту по заинтересовавшему тебя генетическому заболеванию и укажи в ней: название генетической болезни, статистические данные, тип генетической болезни, изменения, причины, клинические признаки, методы предотвращения, способы лечения и др. Используй для этого информацию под штрихкодом QR 1.15.1.

10 • Проанализируй ситуацию и предложи Елене рекомендации по уменьшению риска рождения ребенка с наследственной патологией.

Елена работает программистом. Ей 39 лет, и она беременна.

ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

по теме «Основы генетики» (реальный профиль)

(выполняется в рабочей тетради)

Вариант I

1 Опиши в 5–7 предложениях портрет человека, указав 3 доминантных и 3 рецессивных признака. Подчерки прямой линией доминантные признаки и пунктиром – рецессивные.

2 Заполни схему для:

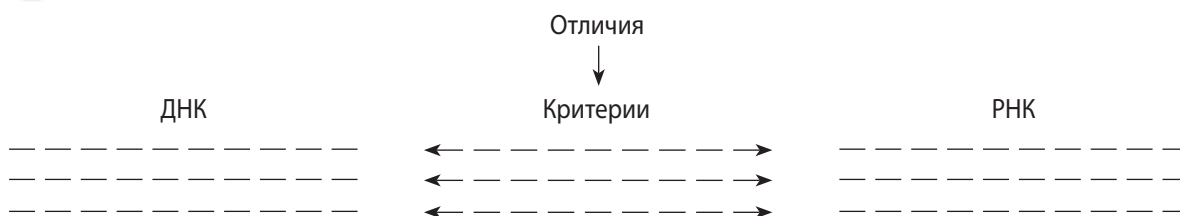
- а) численной хромосомной аутосомной болезни;
- б) генной X-сцепленной болезни.

Название болезни	Генотип/кариотип	Клинические признаки

3 Реши задачи.

- а) У кур черный цвет оперения и наличие гребня являются доминантными признаками, а пестрая окраска и отсутствие гребня – рецессивными. Петух с пестрой окраской и гребнем скрестили с курицей без гребня. В потомстве половина цыплят были черными с гребешком, а половина – пестрые с гребешком. Определи генотипы родительских форм (петуха и курицы).
- б) У дрозофилы серый цвет тела доминирует над черным, а нормальные крылья – над редуцированными. Гены, контролирующие эти признаки, находятся в одной и той же аутосоме на расстоянии 17 морганид. Определи возможные генотипы и фенотипы при скрещивании дигетерозиготной самки (доминантные гены были унаследованы от одного родителя) и самца с черным телом и редуцированными крыльями.
- в) В семье, где оба родителя имеют группу крови В (III) и не страдают гемофилией, родился сын – гемофилик с группой крови О(I). Какова вероятность рождения в этой семье здорового ребенка с группой крови АВ(IV), если известно, что гемофилия наследуется по рецессивному сцепленному с полом типу?

4 Заполни схему, указав не менее 3 отличий.



5 Сгруппируй по парам понятия и укажи критерии их распределения.

Хроматин, делеции, замена, положение центromеры, дупликации, нуклеосома, расстояние между генами, инсерции.

6 Предложи решения для следующих ситуаций.

- а) Твоя двоюродная сестра беременна.
 - Что ты можешь ей посоветовать для уменьшения риска рождения ребенка с наследственной болезнью?
 - Ответ обоснуй.
- б) В семье твоего двоюродного брата есть ребенок 4 лет, страдающий врожденным пороком развития.
 - Что ты посоветуешь брату для предотвращения риска рождения ребенка с той же болезнью?

Вариант II

1 Опиши в 5–7 предложениях портрет человека, указав 3 доминантных и 3 рецессивных признака. Подчеркни прямой линией доминантные признаки и пунктиром – рецессивные.

2 Заполни схему для:

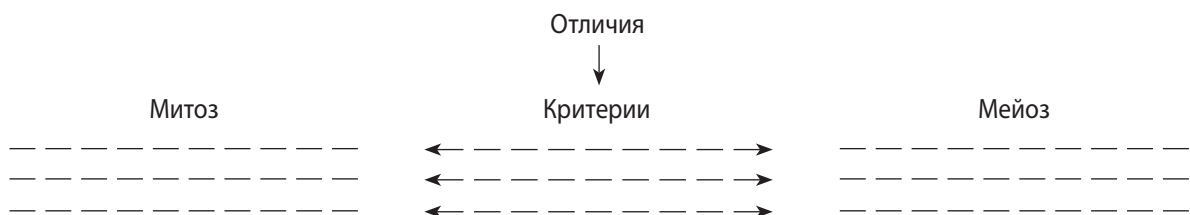
- а) численной хромосомной гетеросомной болезни;
- б) генной аутосомно-рецессивной болезни.

Название болезни	Генотип/кариотип	Клинические признаки

3 Реши задачи.

- а) У человека карие глаза доминируют над голубыми, а способность писать правой рукой доминирует над леворукостью. Гены, контролирующие эти признаки, расположены в разных хромосомах. Какова вероятность рождения кареглазого левши в семье, где оба родителя дигетерозиготны?
- б) У томатов нормальная длина стебля доминирует над карликовостью, а круглая форма плодов – над удлинённой. Гены, контролирующие эти признаки, расположены в одной и той же хромосоме на расстоянии 20 морганид. Какое потомство можно получить от скрещивания дигетерозиготного растения (доминантные гены получены от разных родителей) с карликовым растением, имеющим удлинённые плоды?
- в) В семье, где у матери группа крови O(I), а у отца – AB (IV), родился сын дальтоник с группой крови B(III). Оба родителя цвета различают нормально.
Какова вероятность рождения в этой семье здорового ребенка и его возможные группы крови? Известно, что дальтонизм контролируется рецессивным сцепленным с полом геном.

4 Заполни схему, указав не менее 3 отличий.



5 Сгруппируй по парам понятия и укажи критерии их распределения.

Ген, анеуплоидия, центромера, транслокация, транзиция, теломера, хромосома, трансверсии.

6 Предложи решения для следующих ситуаций.

- а) У твоего деда был брат, страдавший синдромом Дауна. Твоя сестра недавно вышла замуж и ждет ребенка.
 - Каковы твои рекомендации для сокращения риска рождения ребенка с данной наследственной болезнью?
 - Ответ обоснуй.
- б) В семье соседей родилась резус-отрицательная девочка с группой крови O(I). Оба родителя девочки резус-положительные и имеют группу крови B(III), поэтому они в недоумении и считают, что ребенка подменили в роддоме.
 - Объясни соседям возможность рождения в их семье ребенка с такой группой крови, используя решетку Пеннета.

ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

по теме «Основы генетики» (гуманитарный профиль)

(выполняется в рабочей тетради)

1 Опиши в 5–7 предложениях портрет человека, указав 3 доминантных и 3 рецессивных признака. Подчеркни прямой линией доминантные признаки и пунктиром – рецессивные.

2 Заполни схему для:

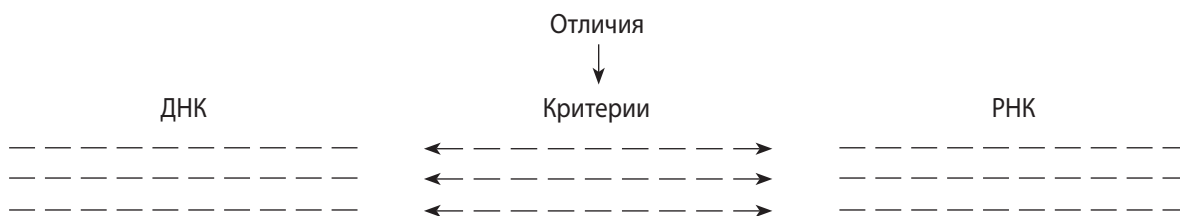
- а) численной гетеросомной болезни;
 б) генной X-сцепленной рецессивной болезни.

Название болезни	Генотип/кариотип	Клинические признаки
а) _____	_____	_____
б) _____	_____	_____

3 Реши задачи.

- а) У человека карие глаза доминируют над голубыми.
 Какова вероятность рождения кареглазого левши в семье, где оба родителя гетерозиготны?
- б) В семье, где у матери группа крови O(I), а у отца – AB (IV), родился сын дальтоник с группой крови B(III). Оба родителя цвета различают нормально.
 Какова вероятность рождения в этой семье здорового ребенка и его возможные группы крови?
 Известно, что дальтонизм контролируется рецессивным сцепленным с полом геном.

4 Заполни схему, указав не менее 3 отличий.



5 Сгруппируй по парам понятия и укажи критерии их распределения.

Гетеросомы, хроматин, замены, нуклеосома, аутосома, инсерции.

6 Предложи решения для следующих ситуаций.

- а) У твоего деда был брат, страдавший синдромом Дауна. Твоя сестра недавно вышла замуж и ждет ребенка.
- Каковы твои рекомендации для сокращения риска рождения ребенка с данной наследственной болезнью?
 - Ответ обоснуй.
- б) В семье твоего двоюродного брата есть 4-летний ребенок, страдающий врожденным пороком развития.
- Что ты посоветуешь брату для предотвращения риска рождения ребенка с той же болезнью?

РЕАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

Матрица оценивания	
Баллы	S_1 – 6 баллов (6 баллов за правильный ответ) S_2 – 6 баллов (по 3 балла за каждый правильный ответ) S_3 – 30 баллов (10 баллов за каждую задачу) S_4 – 9 баллов (по 1 баллу за каждый правильный ответ) S_5 – 12 баллов (по 1 баллу за каждый правильный ответ и по 2 – за каждый указанный критерий) S_6 – 6 баллов (по 3 балла за каждую решенную ситуационную задачу)

Шкала оценивания

Баллы	<28	28 – 34,99	35 – 41,99	42 – 47,99	48 – 54,99	55 – 61,99	62 – 69
Оценка	4	5	6	7	8	9	10

ГУМАНИТАРНЫЙ ПРОФИЛЬ

Матрица оценивания	
Баллы	S_1 – 6 баллов (6 баллов за правильный ответ) S_2 – 6 баллов (по 3 балла за каждый правильный ответ) S_3 – 20 баллов (10 баллов за каждую задачу) S_4 – 9 баллов (по 1 баллу за каждый правильный ответ) S_5 – 9 баллов (по 1 баллу за каждый правильный ответ и по 2 – за каждый указанный критерий) S_6 – 6 баллов (по 3 балла за каждую решенную ситуационную задачу)

Шкала оценивания

Баллы	<22	22 – 27,99	28 – 33,99	34 – 38,99	39 – 44,99	45 – 50,99	51 – 56
Оценка	4	5	6	7	8	9	10

ВВЕДЕНИЕ

Селекция организмов является не только наукой, но и искусством. Генетика предоставляет научную основу для получения новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов. Однако конечный результат зависит от творческого труда селекционеров по повышению продуктивности организмов и их устойчивости к факторам окружающей среды.

Реализация биологического потенциала растений, животных и микроорганизмов основана на использовании как классических, так и современных методов селекции. При этом очень важно не нарушить динамическое равновесие, установившееся в окружающей среде.

КОМПЕТЕНЦИИ РЕАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

- Определение понятий: селекция, сорт, порода, штамм, биотехнологии, генная инженерия.
- Описание методов селекции организмов.
- Сравнение традиционных и современных биотехнологий.
- Аргументация необходимости выведения новых пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов.
- Аргументация роли традиционных и современных биотехнологий в решении различных задач общества.

СОДЕРЖАНИЕ РЕАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

- 2.1. Селекция животных
 - 2.2. Селекция растений
 - 2.3. Селекция микроорганизмов
 - 2.4. Традиционные и современные биотехнологии
 - 2.5. Генная инженерия
- Итоговый тест

КОМПЕТЕНЦИИ

Гуманитарный профиль

- Определение понятий: селекция, сорт, порода, штамм.
- Описание методов селекции организмов.
- Планирование действий по селекции организмов.
- Аргументация необходимости выведения новых пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов.
- Оценка роли традиционных и современных биотехнологий для решения различных задач общества.

СОДЕРЖАНИЕ

Гуманитарный профиль

- 2.1. Селекция животных
 - 2.2. Селекция растений
 - 2.3. Селекция микроорганизмов
- Итоговый тест

ГЛАВА 2

СЕЛЕКЦИЯ ОРГАНИЗМОВ. БИОТЕХНОЛОГИИ

Селекция (от лат. *selectio* – отбор) – это процесс создания новых и улучшения уже существующих сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов.

В селекции породой, сортом, штаммом называют популяцию организмов, искусственно созданную человеком и характеризующуюся определенными наследственными признаками (устойчивость к болезням, высокая продуктивность, качество продукта и др.). Для их получения необходимо знание законов наследственности. Именно поэтому генетика является теоретической основой селекции.

Сорта, породы и штаммы проявляют свои свойства только в определенных условиях. При смене условий выращивания, а также при культивировании их в других географических зонах признаки могут проявляться слабее.

Эффективность селекции зависит от ряда факторов, среди которых:

- использование исходного гетерогенного материала;
- знание закономерностей наследования признаков;
- создание широкого спектра наследственно измененных форм для отбора;
- оценка роли среды в закреплении отобранных генетических признаков;
- разработка и использование новых (нетрадиционных) методов селекции.

В процессе селекции применяются два основных метода:

1. **Гибридизация.** Она управляет комбинативной изменчивостью и бывает нескольких типов:

1.1. *Близкородственное скрещивание (инбридинг)*

- проявляется ослабление некоторых признаков в результате гомозиготизации;
- обеспечивает формирование чистых линий;
- гетерогенность не исключена полностью;
- увеличивает способность фиксировать отобранные признаки.

1.2. *Отдаленное скрещивание (аутбридинг)*

- обеспечивает новые сочетания генов в гибридном организме;
- расширяет спектр изменчивости;
- родительские формы происходят из разных популяций;
- требует дальнейших методов селекции.

2. **Отбор.** Он обеспечивает устойчивость продуктивных форм и бывает нескольких типов:

2.1. *Массовый отбор*

- осуществляется по фенотипу (цвет, масса, форма и др.);
- эффективен для гетерогенных популяций;
- происходит, как правило, достаточно медленно.

2.2. *Индивидуальный отбор*

- осуществляется путем анализа продуктивности или генотипа;
- используется инбридинг;
- позволяет использовать определенные признаки особей.

Особенности селекции животных

• Подбор родительских форм

В процессе подбора родительских форм для селекции животных следует учитывать:

- относительно небольшое потомство, что затрудняет и замедляет процесс селекции;
- размножение ценных особей только половым путем;
- родословную производителя;
- совокупность признаков (фенотип).

Внешние признаки животного, его телосложение, размеры определенных частей тела часто коррелируют с различными экономически ценными признаками.

- **Применение различных форм скрещивания**

1. *Близкородственное скрещивание* используется для получения чистых линий (гомозигот) и выявления признаков, контролируемых рецессивными генами.

У гомозиготных животных некоторые признаки могут быть ослаблены. В этом случае проводят скрещивание разных линий для перевода генов в гетерозиготное состояние.

2. *Отдаленное скрещивание* состоит в передаче признаков родительских форм гибридному организму.

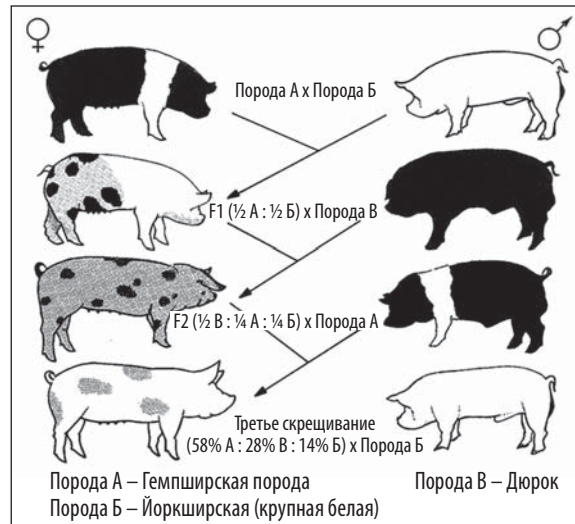
Эта форма скрещивания используется для объединения в организме одного животного ценных признаков разных пород, видов, родов.

Ценные породы домашних животных были получены П. Ф. Ивановым. При скрещивании украинской породы свиньи (устойчивой к местным условиям) с высокопродуктивной английской породой он получил новую породу (белую украинскую), сочетающую высокую продуктивность с устойчивостью.

Для получения устойчивых пород животных в селекции используется отдаленное скрещивание с дикими животными. В результате гибридизации тонкорунных овец с диким горным бараном архаром выведена новая порода – архаромеринос. При скрещивании дикого яка с коровой был получен гибрид, который характеризуется высоким качеством молока и мяса, а также устойчивостью к условиям среды.

Скрещивание проводится для улучшения продуктивности поколений потомков, полученных в результате спаривания с другими животными, дополняющими эту породу. В этом случае «слабые» места животного можно устранить «сильным» племенным животным – путем передачи определенного ценного признака животному, не обладающему им. Полученные в результате таких скрещиваний животные более плодовиты, чем их чистокровные родители. Кроме того, они обладают большим разнообразием и выносливостью, чем чистокровные породы.

В селекции животных используются различные методы скрещивания с учетом особенностей каждого вида животных. Следует отметить, что прогресс в получении новых рас требует многолетних усилий и анализа нескольких поколений. На рисунке представлена схема скрещивания племенных самок и породистых самцов свиней в ряду нескольких поколений.



- **Оценка по потомству**

Существуют специальные программы скрещивания и отбора. Селекционеры анализируют потомство от скрещивания по отдельным признакам (яйценоскость кур, масса свиней, жирность молока и др.).

- **Контролируемое использование факторов отбора**

Ценные качества пород животных могут быть сохранены только при условии выращивания животных в оптимальных условиях (количество и качество кормов, условия ухода и др.).

- **Применение новых методов селекции**

Наряду с традиционными методами (скрещивание и отбор) в селекции животных используют и новые методы:

- криоконсервация (замораживание) гамет и/или эмбрионов производителя для сохранения генофонда домашних животных;
- искусственное оплодотворение для получения элитных животных.

Эмбрионы элитных форм крупного рогатого скота (с высокой продуктивностью) можно хранить в жидком азоте при температуре минус 196 °С.

В присутствии специальных веществ (криопротекторов) температура постепенно понижается – на 0,3–2°C в минуту. В этих условиях вода не кристаллизуется, а выводится из эмбриона постепенно.

Сохраненные таким образом ценные эмбрионы используют в дальнейшем для трансплантации обычным коровам, что позволяет получить более многочисленное высокопродуктивное потомство.

Самкам крупного рогатого скота вводят также гормональные препараты, стимулирующие созревание большого количества яйцеклеток, которые в перспективе могут стать элитными эмбрионами.

Современные методы, основанные на криоконсервации, искусственном оплодотворении и трансплантации эмбрионов, увеличивают эффективность селекции животных примерно в 40 раз.



- 1 • Напиши в тетради определения следующих понятий: *селекция, инбридинг, аутбридинг, порода*.
- 2 • Объясни значение 2–3 факторов, влияющих на эффективность селекции.
- 3 • Опиши основные методы селекции и представь их в виде логической схемы.
- 4 • Перенеси в тетрадь и заполни таблицы:

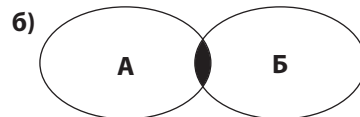
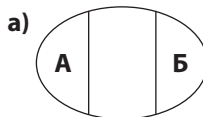
а)

Критерии отличия	Близкородственное скрещивание	Отдаленное скрещивание
Особенности генотипа		
Происхождение родительских форм		

б)

Критерии отличия	Массовый отбор	Индивидуальный отбор
Анализируемые аспекты		
Применяемые методы		

- 5 • Напиши на основе материала учебника по одному примеру понятий, отражающих следующие типы взаимоотношений.



- 6 • Используя аббревиатуры и пиктограммы, подготовь для студентов зоотехнического университета демонстрационные плакаты (постеры), в которых отрази особенности селекции животных и расшифруй используемые обозначения.



QR 2.1.1

- 7 • Твои соседи решили заняться разведением кроликов. Подготовь для них 3–5 рекомендации по правильному подбору пар для скрещивания. Используй для этого информацию под штрихкодом QR 2.1.1.



QR 2.1.2

- 8 • Напиши в сельскохозяйственный журнал заметку для животноводов о преимуществах использования генетических «банков» в селекции животных. Используй для этого информацию под штрихкодом QR 2.1.2.
- 9 • Какие рекомендации ты мог(ла) бы дать своему другу, планирующему заняться разведением и выращиванием ценных пород собак?

Селекция растений – это процесс создания высокопродуктивных, устойчивых к вредителям, болезням и неблагоприятным факторам среды сортов растений.

Сорт представляет собой группу растений одного вида с определенными наследственными свойствами. Сорта, полученные в результате вегетативного размножения одного исходного растения, называются *сортами-клонами*. Сорта, полученные путем индивидуального отбора среди самоопыляющихся растений, называются *линиями*. Относительно гомогенные группы перекрестноопыляемых растений называются *сортами-популяциями*.

Высокопродуктивные и/или устойчивые сорта создаются в определенных условиях (на селективных фонах). При изменении этих условий ценные качества сортов могут снижаться.

Особенности селекции

- **Использование «центров происхождения»**

Русский ученый Н. И. Вавилов разработал учение о центрах происхождения культурных растений. Согласно этому учению каждый вид имеет свой центр (см. таблицу), в котором наблюдается его наибольшее генетическое разнообразие.

Центры происхождения некоторых культурных растений

Центр происхождения	Растения
Средиземноморский (3)	Бобовые, кормовые культуры
Абиссинский (5)	Злаковые, сорго, кофе, арбуз
Центральноамериканский (1)	Кукуруза, подсолнечник, тыква
Южноамериканский (2, 2A, 2B)	Картофель, табак
Южноазиатский (7, 7A)	Рис, сахарный тростник, цитрусовые
Восточноазиатский (8)	Пшенио, гречка, яблоко, слива, цитрусовые
Юго-западноазиатский (4, 6)	Пшеница, виноград, бобовые



Знание центров происхождения культурных растений имеет важное значение для селекционеров, т. к. позволяет:

- получить необходимый для опытов исходный материал;
- знать гомологичные ряды наследственной изменчивости;
- выбрать методы получения новых сортов.

- **Применение метода гибридизации**

Гибридизация может быть *близкородственной* (скрещивание особей, линий или сортов одного вида) и *отдаленной* (скрещивание растений разных видов или родов).

В зависимости от уровня, на котором осуществляется скрещивание, различают два типа отдаленной гибридизации:

1. *In vivo*

- основан на скрещивании генетически отличающихся особей;
- позволяет изучить механизмы несовместимости;
- позволяет сочетать в одном организме ценные признаки различных видов и родов;
- лежит в основе получения новых сортов.

Путем отдаленной гибридизации удалось получить гибриды редьки и капусты (*рафанобрассика*), пшеницы и ржи (*тритикале*).

Скрещивая отдаленные сорта пшеницы, П. П. Лукьяненко получил новый сорт *Безостая 1*, давший начало еще двум сортам – *Аврора* и *Кавказ*.

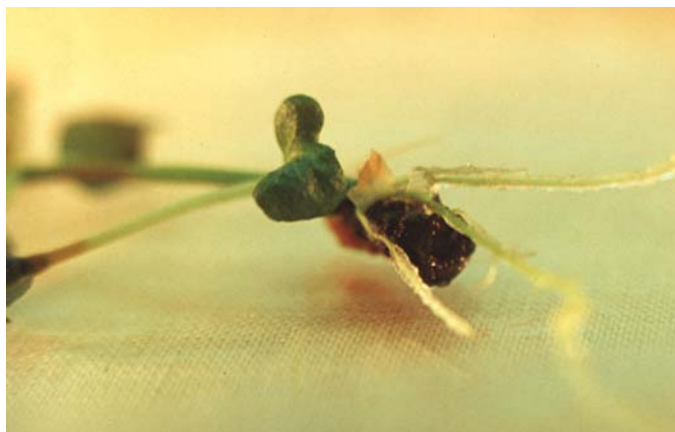
а)



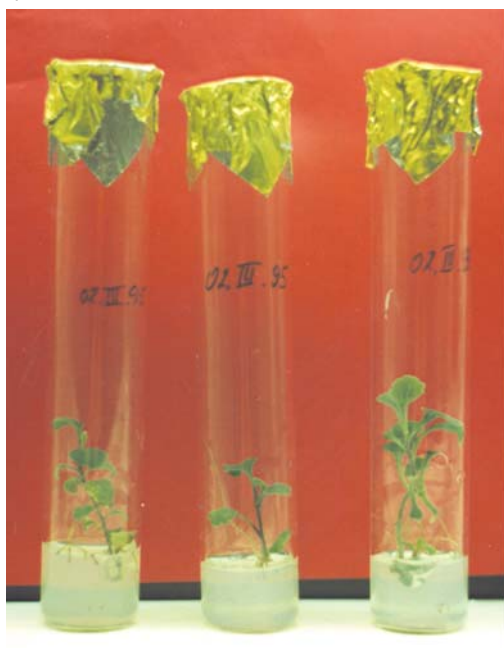
б)



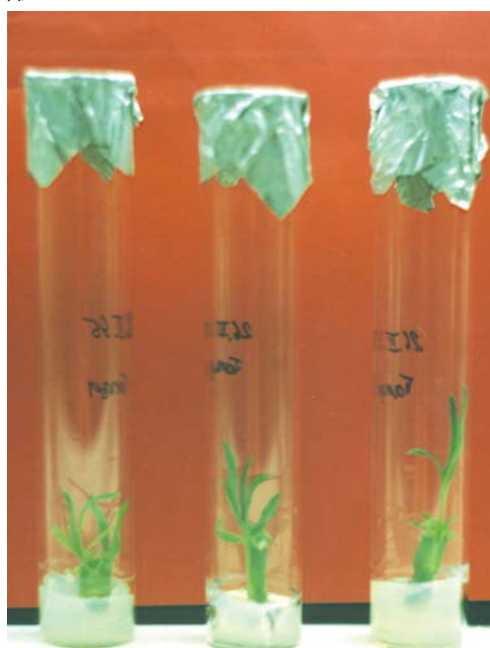
в)



г)



д)



Культивирование растений *in vitro*: а – исходные экспланты хризантемы; б – каллусная масса хризантемы; в – ризогенез (образование корней); г – регенерация растений хризантемы; д – регенерация растений гвоздики

2. *In vitro*

- основан на слиянии генетически отличающихся клеток вне растительного организма;
- позволяет изучить на клеточном уровне и преодолеть механизмы несовместимости;
- обеспечивает перенос клеточных органоид;
- применяется для получения новых линий и сортов.

Методом слияния растительных клеток без клеточной стенки (*протопластов*) были получены гибриды томата и картофеля, томата и табака и др.

• **Использование экспериментального мутагенеза**

В отличие от животных, у растений можно получать мутантные формы, отличающиеся от исходной большей продуктивностью и устойчивостью.

Преимущества экспериментального мутагенеза:

- предоставляет разнообразный исходный материал для селекции;
- позволяет получать высокопродуктивные сорта (например, пшеницы, сахарной свёклы, винограда, картофеля, гречихи, овса и др.).

В качестве мутагенных факторов используют облучение и различные химические соединения (например, колхицин).

• **Использование гетерозиса**

Искусственное самоопыление (инбридинг) используется в селекции перекрестноопыляемых растений, что позволяет через 5–10 поколений получить чистые, гомозиготные линии. Как правило, эти линии не обладают ценными качествами, но при скрещивании двух чистых линий получаются гибриды, имеющие повышенную продуктивность. Это явление получило название *гетерозис*.

Механизм гетерозиса достаточно сложен. Это может быть связано с переходом большинства генов в гетерозиготное состояние, взаимодействием генов, сверхдоминированием, мужской цитоплазматической стерильностью и др.

Полученные гибриды на 20–30% превосходят родительские формы по урожайности. Этот эффект проявляется только в первом поколении гибридов, а в последующих поколениях постепенно уменьшается.

Гетерозис применяется в селекции кукурузы, картофеля, томатов и др.

• **Направленное использование факторов отбора**

Используя факторы внешней среды в качестве фона отбора, можно получить сорта с определенными свойствами. Известный русский ученый-селекционер И. В. Мичурин для получения устойчивых к неблагоприятным факторам среды растений выращивал исходный материал в условиях пониженной температуры или на бедных почвах, вносил изменения в условия питания, заражал растения патогенами и т. д.

Использование факторов отбора:

- позволяет получить сорта с определенными свойствами/качествами;
- способствует разработке других способов получения новых сортов.

Путем отдаленного скрещивания французской груши с дикой уссурийской И. В. Мичурин получил новый сорт, который сочетал в себе высокое качество плодов с устойчивостью к заморозкам. Для этого он использовал метод ментора: прививал в ствол гибридных деревьев побеги растений с плодами высшего качества.

Кроме этих методов, И. В. Мичурин использовал и другие, которые позволили ему создать более 300 сортов плодовых культур.

Известный американский ученый-селекционер, фитопатолог Норман Борлоуг произвел в 50-х годах XX века настоящую «зеленую революцию», получив новые полукарликовые сорта пшеницы, устойчивые к ржавчине. Эти сорта имели урожайность в 2,5–3 раза выше существующих сортов, что позволило быстро увеличить производство пшеницы во всем мире.

• **Использование нетрадиционных методов селекции**

В настоящее время, наряду с традиционными методами (массовый, индивидуальный отбор), все большее применение в селекции находят нетрадиционные методы и подходы – гаметная селекция, клеточная селекция.

Гаметная селекция

- проводится на уровне гамет (как правило, пыльцы);
- позволяет расширить спектр разнообразия исходного материала для отбора, т. к. каждое пыльцевое зерно представляет отдельный генотип;
- открывает новые пути получения сортов с экономически ценными признаками (устойчивость к неблагоприятным температурам, патогенам и др.).

Клеточная селекция

- проводится на клеточном уровне с использованием культур изолированных клеток;
- сокращает время получения нового сорта до 2–5 лет;
- совершенствует методы селекции растений.

В основе клеточной селекции лежат культуры изолированных тканей и клеток *in vitro* (см. рисунки на с. 78). Благодаря этому методу можно выращивать фрагменты, ткани и клетки растений вне организма, на специально подобранных питательных средах, и получать путем регенерации новые растения. Эта технология обеспечивает:

- клональное размножение ценных или исчезающих форм растений;
- получение безвирусного посадочного материала (декоративные растения, плодовые культуры и др.);
- получение биологически важных веществ (алкалоиды, каротиноиды и др.)

В современной селекции все большее применение находит технология рекомбинантной ДНК, которая позволяет переносить гены и получать генетически модифицированные (трансгенные) растения. С помощью этой технологии можно перенести гены синтеза биологически активных веществ, гены устойчивости к патогенам и вредителям, пестицидам, гены способности фиксировать атмосферный азот, гены аромата фруктов и т. д.

В настоящее время получены трансгенные растения многих видов, однако их производство и потребление требует осторожности по ряду причин, и, прежде всего, чтобы не нарушить динамическое равновесие в природе.



- 1 • Дай определение следующим понятиям: *сорт, чистая линия, гетерозис*.
- 2 • Представь методы селекции растений в виде логической схемы и опиши суть этих методов.
- 3 • Представь взаимоотношения между следующими понятиями в виде кругов Эйлера.
а) *томаты: картофель: гибридизация in vitro*;
б) *сорта: популяции: линии*;
в) *близкородственное скрещивание: гетерозис*.
- 4 • Разработай учебную карточку о центрах происхождения культурных растений, произрастающих вблизи твоего населенного пункта.
- 5 • Укажи преимущества использования одного из методов селекции для улучшения сорта растений, произрастающих в твоей местности.
- 6 • Подготовь, используя информацию под штрихкодом QR 2.2.1, реферат объемом 100–150 слов, в котором отрази влияние генетически модифицированных растений на человека.
- 7 • Опиши особенности одного из сортов растений, который ты хотел(а) бы выращивать. Разработай алгоритм работы в виде схемы последовательных действий.



QR 2.2.1

Селекция микроорганизмов – это процесс получения высокопродуктивных штаммов.

Штаммом называют популяцию микроорганизмов одного вида, характеризующуюся определенными морфологическими и биохимическими свойствами.

Штаммы микроорганизмов используют в фармацевтической промышленности для производства антибиотиков, витаминов, алкалоидов и других веществ; в пищевой промышленности в производстве молочных и хлебопекарных продуктов, а также в других отраслях экономики.

В селекции микроорганизмов используют различные методы.

- **Отбор ценных природных форм**
 - проводится оценка (тестирование) большой группы микроорганизмов и отбираются формы с высоким биосинтетическим потенциалом (синтез антибиотиков и др.).
- **Отбор спонтанных мутантных форм**
 - отбирают формы с ценными качествами из спектра мутаций, возникающих естественным путем.
- **Отбор индуцированных мутаций**
 - для получения штаммов-суперпродуцентов микроорганизмов (бактерий, плесневых грибов) индуцируют мутации с помощью химических соединений (этиленамин и др.) и физических факторов (облучение).
- **Гибридизация и технология рекомбинантной ДНК**
 - гибридизацию используют для получения новых штаммов дрожжей;
 - технологию рекомбинантной ДНК применяют для получения ценных веществ и трансформации бактерий.

Классические методы селекции организмов требуют существенных затрат. Поэтому в настоящее время в селекции микроорганизмов все более широкое применение находят современные методы – индуцированный мутагенез, геновая инженерия, клеточная гибридизация и др. Эти методы позволяют получать несвойственные культуре микроорганизмов вещества, например гормоны, интерферон и др.

Особенности селекции микроорганизмов:

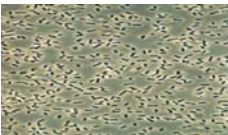
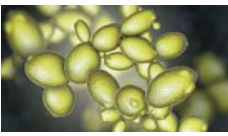
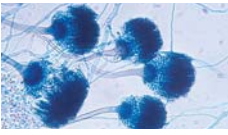

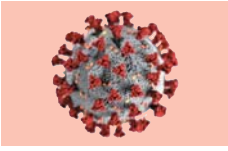
- преобладает бесполое размножение;
- возможна работа с огромным количеством особей сразу благодаря высокой скорости их размножения (бактерия *E. coli* делится каждые 15–20 минут; клетки дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* – каждые 60 минут);
- быстрая смена поколений;
- возможность контролируемого получения высокопродуктивных штаммов путем индуцированного мутагенеза;
- высокая изменчивость препятствует сохранению отобранного признака, поэтому создаются и используются коллекции штаммов.

Для получения конкретного биологически активного соединения используют определенный штамм микроорганизмов, к которому предъявляются следующие требования:

- высокая продуктивность;
- устойчивость к вирусам;
- возможность выращивания на недорогих питательных средах;
- сохранение высокой продуктивности в процессе культивирования;
- безопасность для окружающей среды.

Из множества микроорганизмов некоторые группы нашли практическое применение.

Применение микроорганизмов

Группа микроорганизмов	Применение
1. Бактерии 	<ul style="list-style-type: none"> – производство молочных продуктов (ацидофильные бактерии); – производство инсектицидов (споровые бактерии); – производство антибиотиков (актиномицеты); – производство удобрений (азотфиксирующие бактерии); – производство вакцин (ослабленные патогенные бактерии).
2. Дрожжи 	<ul style="list-style-type: none"> – хлебопечение; производство напитков (пиво и др.); – производство метаболитов (витаминов, аминокислот); – производство кормового белка (технические дрожжи).
3. Плесневые грибы 	<ul style="list-style-type: none"> – производство антибиотиков (род <i>Penicillium</i>); – производство органических кислот – лимонной, глюконовой (род <i>Aspergillus</i>); – производство продуктов питания (сыры).
4. Микроскопические водоросли 	<ul style="list-style-type: none"> – получение биологически активных веществ (β-каротин и др.); – производство кормового белка (роды <i>Scenedesmus</i>, <i>Arthrospira</i> и др.).
5. Вирусы 	<ul style="list-style-type: none"> – производство вакцин; – производство препаратов (биоинсектицидов) для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур.



- 1** • Напиши определения следующих понятий: *селекция микроорганизмов, штамм*.
 - 2** • Классифицируй методы селекции микроорганизмов в виде логической схемы.
 - 3** • Нарисуй в форме карикатуры:
 - а) *особенности селекции микроорганизмов;*
 - б) *требования, предъявляемые к штаммам микроорганизмов для получения биологически активных веществ.*
 - 4** • Представь типы взаимоотношений между группами понятий в виде кругов Эйлера:
 - а) *естественный отбор – искусственный отбор;*
 - б) *гибридизация – рекомбинантная ДНК;*
 - в) *бактерии – дрожжи.*
- а) Составь план эксперимента.
 - б) Представь результаты эксперимента, указав:
 - сформулированную гипотезу;
 - результаты эксперимента;
 - выводы.
 - в) Представь полученный продукт.
- 5** • Проведи, согласно алгоритму, эксперимент по получению продуктов из активированных микроорганизмов.
 - 6** • Проанализируй, используя метод SWOT, сильные и слабые стороны, возможности и риски использования генной инженерии в селекции микроорганизмов.
 - 7** • На основе представленной выше таблицы разработай рекламный плакат для предприятия, которое производит биологически важные для человека вещества с использованием микроорганизмов.
 - 8** • Подготовь текст телевизионной рекламы об экологически чистых продуктах и штаммах микроорганизмов, используемых в технологическом процессе хлебопечения на предприятии твоих родителей.

Биотехнология – это наука о получении необходимых для человека веществ и продуктов с использованием живых организмов, тканей или клеток. Также биотехнология занимается улучшением и получением новых штаммов микроорганизмов, новых сортов растений и пород животных.

Человек применяет биотехнологические процессы с древних времен: для получения молочно-кислых продуктов, изготовления различных напитков, в хлебопечении и т. д.

Большого прогресса биотехнология достигла с развитием молекулярной биологии, биохимии, генетики и других биологических наук.

Биотехнологические подходы и методы можно разделить на *традиционные* и *современные*.

1. Традиционные биотехнологии

- применяют с древних времен (6000 лет до н. э.);
- основаны на традиционных методах культивирования микроорганизмов;
- не исключают использования современных методов (клонирование ДНК, клеточные культуры и др.).

1.1. *Промышленная микробиология* – обеспечивает получение необходимых продуктов из культур микроорганизмов.

1.2. *Техническая биохимия* – обеспечивает получение веществ на основе ферментативного катализа и культивирования гибридных клеток (полученных путем слияния опухолевых клеток и лимфоцитов) для получения моноклональных антител.

2. Современные биотехнологии

- начали использовать относительно недавно (50–100 лет назад);
 - основаны на современных методах (технология рекомбинантной ДНК, клеточные культуры и др.).
- 2.1. *Генная инженерия* – обеспечивает получение продуктов путем создания новых генетических структур с использованием технологии рекомбинантной ДНК.
- 2.2. *Клеточная инженерия* – обеспечивает получение необходимых веществ на основе культур растительных и животных клеток.

В настоящее время биотехнологическими методами получают многие необходимые человеку продукты и вещества (см. таблицу).

Продукты, полученные традиционными и современными биотехнологическими способами

Отрасли биотехнологии	Продукты, полученные в различных отраслях				
	сельское хозяйство	пищевая промышленность	медицина	химическая промышленность	энергетическая промышленность
Промышленная микробиология	кормовые белки, аминокислоты, витамины, гормоны, антибиотики, ферменты, бактериальные удобрения, биоинсектициды	аминокислоты, витамины, полисахариды, напитки, продукты питания, лимонная и уксусная кислоты	витамины, гормоны, антибиотики, ферменты, вакцины, полисахариды, алкалоиды, нуклеотиды, диагностические препараты, глюконовая кислота	органические растворители (ацетон, бутанол, этанол), молочная кислота, итаконовая кислота, ферменты, пигменты	этанол, метанол, этилен, водород, метан, биогаз
Техническая биохимия	моноклональные белки, ферменты, гормоны, вакцины, интерферон	ферменты	гормоны, вакцины, ферменты, интерферон, моноклональные антитела	ферменты, пигменты	АТФ
Генная инженерия	клоны, гормоны, вакцины, трансгенные организмы, азотфиксирующие линии растений	полисахариды, аминокислоты	гормоны, вакцины		
Клеточная инженерия	новые генотипы, клоны, трансгенные организмы	полисахариды	алкалоиды	пигменты, латекс	биогаз

Достижения традиционных и современных биотехнологий вносят существенный вклад в решение глобальных проблем человечества.

Проблема питания: получение продуктов питания (молочнокислые и хлебопекарные продукты); изготовление напитков; получение органических кислот (лимонная, уксусная) и др. Полученные биотехнологическим путем продукты в определенной степени возмещают недостаток природных продуктов питания.

Энергетическая проблема: получение биогаза; получение метанола и этанола; синтез АТФ и др. Биотехнологические продукты реже традиционных используют в качестве источников энергии.

Проблемы сырья: извлечение металлов из руд, переработка промышленных отходов с целью их вторичного использования. Биотехнологические продукты можно рассматривать как альтернативные природным ресурсам источники сырья, запасы которых на планете резко уменьшаются.

Экологическая проблема: использование микроорганизмов для очистки сточных вод и промышленных отходов. Благодаря биотехнологическим способам получения нужных веществ решается проблема сохранения разнообразия растительного и животного мира.

Проблема охраны здоровья: получение антибиотиков; получение вакцин; получение моноклональных антител и др. Биотехнологические продукты используют в лечении различных заболеваний. Особые перспективы в будущем открывает генная терапия.



1 • Напиши определение понятия *биотехнология*.

2 • Перепиши и заполни схему, описав сущность каждого из типов биотехнологии.



3 • Перепиши в рабочую тетрадь и заполни таблицы.

а)

Критерии отличия	Традиционные биотехнологии	Современные биотехнологии
Используемые методы		
Начало практического применения биотехнологий		

б)

Критерии отличия	Клеточная инженерия	Генная инженерия
Используемые материалы		
Начало практического применения этих методов		

4 • Сгруппируй в триады данные понятия на основе представленных в таблице критериев.

биоинсектициды, АТФ, растворители, клоны, водород, моноклональные белки, алкалоиды, ацетон, трансгенные организмы

Критерии классификации	Продукты, полученные в сельском хозяйстве путем традиционных и современных методов биотехнологии	Продукты, полученные методами технической биохимии	Продукты, полученные методами промышленной микробиологии
Группа понятий			

- 5 • Запиши алгоритм биотехнологии, которую используют в твоей семье для получения какого-нибудь продукта в домашних условиях. Укажи тип биотехнологии.
- 6 • Проведи методом SWOT анализ использования современных биотехнологий в агропромышленном секторе экономики.
- 7 • На основе анализа данного текста сформулируй определение понятия *устойчивое сельское хозяйство*.

Биотехнология и глобальное сообщество

Устойчивое сообщество

Многие ученые рассматривают биотехнологию как важный фактор развития устойчивого сельского хозяйства, так как биотехнологические методы, в сравнении с традиционным сельским хозяйством, позволяют повысить продуктивность организмов с наименьшим риском для окружающей среды. Сельскохозяйственные предприятия по всему миру прилагают значительные усилия для внедрения в практику устойчивого сельского хозяйства.

Что такое устойчивое сельское хозяйство?

Это понятие было предложено Конгрессом США и введено в Закон о сельском хозяйстве 1990 года для обозначения интегрированной системы технологий земледелия и животноводства с учетом специфических особенностей региона. Устойчивое сельское хозяйство, в отличие от традиционного, способно обеспечить население продуктами питания на длительный период, улучшить качество окружающей среды и сохранить природные ресурсы, эффективно использовать невозобновляемые природные источники при постоянном контроле состояния биологических циклов, поддерживать экономическую жизнеспособность сельскохозяйственных мер и улучшить качество жизни работников аграрного сектора и населения в целом.

Фермеры, являясь сторонниками охраны окружающей среды, вносят свой вклад в развитие устойчивого сельского хозяйства посредством:

- применения наиболее прогрессивных технологий повышения продуктивности сельскохозяйственного производства, которые не вредят окружающей среде;
- улучшения здоровья населения – предоставляя качественные и богатые полезными веществами продукты питания;
- повышения благосостояния и социальной защиты работников сельского хозяйства и близлежащих населенных пунктов.



QR 2.4.1

- 8 • Приведи аргументы в поддержку следующего утверждения:
Применяемые в настоящее время биотехнологии должны иметь правовую основу на международном уровне.
Используй для этого информацию под штрихкодом QR 2.4.1 «Правовые режимы биотехнологий».

- 9 • Подготовь рекламную листовку, в которой представь преимущества применения одной из биотехнологий на местном и национальном уровне.

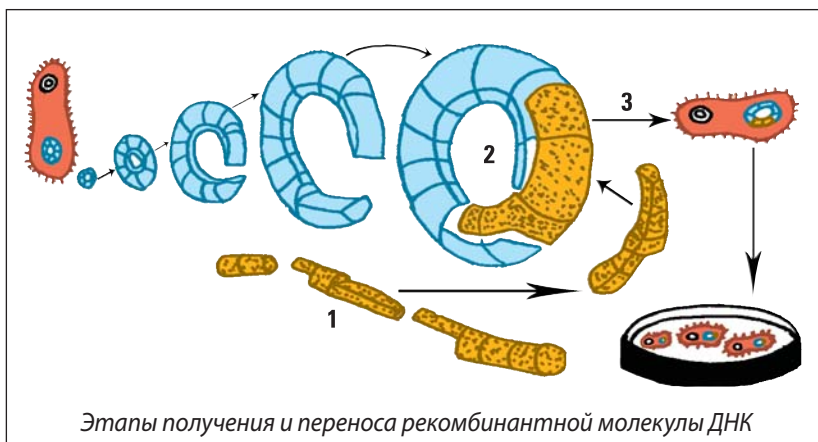
Генная инженерия является одним из современных биотехнологических подходов, основанном на создании и использовании рекомбинантных молекул ДНК. Рекомбинантными называются молекулы ДНК, содержащие участки (гены) чужеродной ДНК. Эти молекулы можно ввести в другую клетку, где происходит транскрипция с образованием мРНК и трансляция с образованием специфических белков.

Генная инженерия включает в себя три основных этапа:

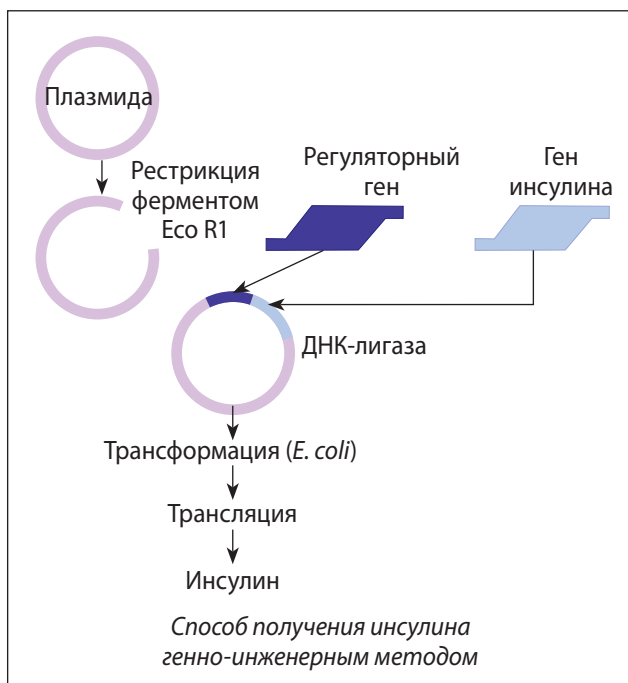
1. *Выделение или химический синтез нужного гена.* Для получения из выделенной ДНК нужного фрагмента используют специальные ферменты (рестриктазы), которые разрезают ДНК в определенном месте (сайт рестрикции).
2. *Получение рекомбинантной молекулы ДНК,* т. е. включение нужного гена в молекулу ДНК при помощи фермента лигазы.
3. *Перенос рекомбинантной ДНК в клетку-хозяина и синтез в ней соответствующего белка.* Для переноса используют специальные векторы – небольшие молекулы ДНК, способные внедряться в другие клетки и реплицироваться там автономно. В качестве вектора обычно используют бактериальные плазмиды, вирусы и др.

Этапы генной инженерии представлены на рисунке.

С помощью генно-инженерных подходов освоено промышленное производство различных гормонов, интерферона и получение трансгенных растений.



Получение гормонов и интерферона



В 70-х годах прошлого века были разработаны принципиально новые методы получения человеческого инсулина. Эти исследования были обусловлены тем, что инсулин и другие белковые гормоны животного происхождения имеют ряд недостатков:

- незначительное количество получаемого продукта;
- повышенный риск передачи некоторых заболеваний;
- невозможность получения некоторых специфических гормонов (соматотропина).

С помощью рестриктаз (например, Eco R1) и лигаз (ДНК-лигаза) были получены рекомбинантные молекулы ДНК, содержащие ген инсулина. После переноса этих молекул в клетки бактерий (*Escherichia coli*) последние начали синтезировать, наряду с собственными белками бактериальной клетки, человеческий инсулин.

Для того чтобы защитить синтезированный инсулин от расщепления бактериальными ферментами, в молекулу рекомбинантной ДНК дополнительно вводится ген, кодирующий специфический белок бактерии (например, галактозидазу).

Генно-инженерный метод позволяет получить до 200 г инсулина с 1 см³ культуры. Для получения этого количества традиционным способом необходимо 1600 кг поджелудочных желез свиней.

Аналогичным способом в настоящее время получают и другие гормоны белковой природы (соматотропин, соматостатин), а также интерферон.

Ген интерферона (кодирует белок из 146–166 аминокислот) внедряется в плазмиду, которая переносится в клетки *E. coli*, где происходит синтез интерферона. Из 1 л *E. coli* можно получить около 5 мг интерферона (для сравнения, это в 5000 раз больше, чем из 1 л крови).

Получение трансгенных растений

Методы генной инженерии позволяют осуществлять перенос важных генов в растительные клетки и получать генетически модифицированные (*трансгенные*) растения. Для этого используют бактерии *Agrobacterium tumefaciens*, которые содержат плазмиды Ti (*tumor inducing*).

Получение трансгенных растений включает следующие этапы:

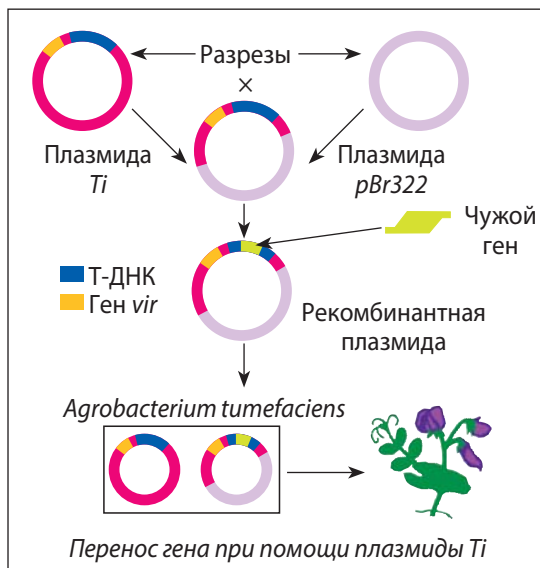
- внедрение фрагмента ДНК из плазмиды Ti в плазмиду *E. coli*;
- введение в полученную плазмиду необходимого гена (например, гена устойчивости к патогенам) и гена маркера для отбора (гена устойчивости к антибиотику);
- перенос рекомбинантной плазмиды в бактерию *A. tumefaciens*;
- инфицирование растения бактериями *A. tumefaciens*;
- отбор трансформированных растений (с полезными качествами и устойчивых к патогенам).

Для переноса генов, наряду с плазмидами, используются вирусы, липосомы и др.

Таким способом уже получены растения картофеля, томатов и других видов, устойчивых к различным патогенам.

В медицине генно-инженерные методы открывают принципиально новые возможности в лечении наследственных болезней (генная терапия) путем замены патологических генов на нормальные.

Однако использовать технологию рекомбинантной ДНК следует с особой осторожностью, принимая во внимание этические проблемы и возможные негативные последствия бесконтрольного применения этих методов для окружающей среды.



Узнай больше!

Геномное редактирование (*Genome editing*) – это современное направление генной инженерии, основанное на возможности вносить точечные изменения в ДНК организмов. Редактирование генов осуществляется при помощи специальных ферментов, нуклеаз, которые способны разрезать ДНК в строго определенных местах, позволяя удалять и замещать определенные участки ДНК. Ключевой в геномном редактировании является технология CRISPR-CAS9, предложенная в 2012 году учеными Дженнифер Дудна, Эммануэль Шарпантье и Фэн Чжан. CRISPR-CAS9 отличается специфичностью и точностью действия, позволяя исследователям удалять и вставлять последовательности нуклеотидов в нужные места в ДНК.

CRISPR (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats – регулярно расположенные кластерные короткие палиндромные повторы*) представляет собой семейство последовательностей ДНК, обнаруженных в геноме прокариот (бактерий). Эти последовательности содержат участки

ДНК вируса, однажды атаковавшего бактерию. Внедрив эти чужеродные фрагменты в собственную ДНК, бактерия способна эффективно защищаться от новых «атак» подобных вирусов. Как следствие, эти последовательности являются ключевыми в антивирусной защите бактерий.

Специфическая нуклеаза Cas9 (связанный с CRISPR белок) – это фермент, который использует последовательности CRISPR в качестве метки для распознавания и разрезания специфических участков ДНК для дальнейшего их замещения на другие.

Геномное редактирование открывает новые перспективы в различных областях, включая фундаментальную биологию, получение биотехнологических препаратов и лечение наследственных болезней.



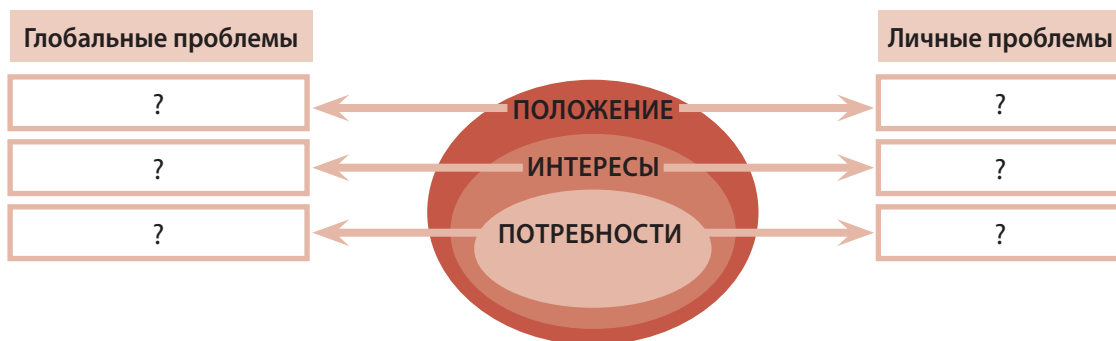
- 1 • Напиши определение понятия *генная инженерия*.
- 2 • Перенеси в тетрадь и заполни схему этапов генной инженерии и опиши суть каждого из них.



- 3 • На основе текста урока «Получение трансгенных растений» подготовь постер, в котором продемонстрируй механизмы генной инженерии и ее значение в сельском хозяйстве.
- 4 • Прочитай текст под штрихкодом QR 2.5.1. «Генетически модифицированные организмы – отслеживаемость и этикетирование» и укажи причины необходимости разработки Регламента (ЕС) № 1830/2003 относительно отслеживаемости и этикетирования генетически модифицированных организмов и отслеживаемости продовольственных и кормовых продуктов, полученных из генетически модифицированных организмов.
- 5 • Напиши эссе из 5–7 предложений на тему «Генная инженерия и медицина», используя информацию урока из раздела «Получение гормонов и интерферона».
- 6 • На основе представленной схемы «Лук» поясни утверждение: *Генная инженерия решает проблемы как отдельного человека, так и общества в целом.* (Задание выполняется в тетради.)



QR 2.5.1



ИТОГОВЫЙ ТЕСТ по теме «Селекция организмов. Биотехнологии» (реальный профиль) (выполняется в рабочей тетради)

- 1 Опиши одним предложением суть *метода скрещивания*, используемого в селекции организмов.
- 2 Напиши резюме из 3–5 предложений, в котором отрази суть гетерозиса.
- 3 Приведи не менее двух аргументов в пользу роли генетики в селекции организмов.
- 4 Укажи не менее двух преимуществ использования гибридизации или технологии рекомбинантной ДНК в селекции микроорганизмов.

5 Перенеси в тетрадь и заполни таблицу.

Типы гибридизации	Отличия	Сходства
Гибридизация <i>in vivo</i>		
Гибридизация <i>in vitro</i>		

6 Представь, что ты консультант фирмы, оказывающей услуги в области биотехнологий. Предложи список рекомендаций для предпринимателя, который хотел бы начать производство пищевых продуктов с помощью биотехнологий.

ИТОГОВЫЙ ТЕСТ по теме «Селекция организмов. Биотехнологии» (гуманитарный профиль) (выполняется в рабочей тетради)

- 1 Опиши одним предложением суть *метода отбора*, используемого в селекции организмов.
- 2 Напиши резюме из 3–5 предложений, в котором отрази суть экспериментального мутагенеза.
- 3 Приведи не менее двух аргументов в пользу применения криоконсервации в селекции животных.
- 4 Укажи не менее двух преимуществ применения биотехнологии в селекции организмов.

5 Перенеси в тетрадь и заполни таблицу.

Типы гибридизации	Отличия	Сходства
Близкородственное скрещивание		
Отдаленное скрещивание		

6 Представь, что ты консультант фирмы, оказывающей услуги в области селекции животных. Предложи список рекомендаций для предпринимателя, который хотел бы начать производство ценных пород животных.

РЕАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ / ГУМАНИТАРНЫЙ ПРОФИЛЬ

Матрица оценивания	
Баллы	S_1 – 4 балла (4 балла за правильный ответ) S_2 – 6 баллов (6 баллов за правильный ответ) S_3 – 8 баллов (по 4 балла за каждый правильный ответ) S_4 – 8 баллов (по 4 балла за каждый правильный ответ) S_5 – 9 баллов (по 3 балла за каждый правильный ответ) S_6 – 6 баллов (6 баллов за правильный ответ)

Шкала оценивания

Баллы	<15	16 – 19,99	20 – 23,99	24 – 27,99	28 – 32,99	33 – 36,99	37 – 41
Оценка	4	5	6	7	8	9	10

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы эволюции живых организмов вызывают понимание и одобрение у одних и резкое несогласие у других. Однако, независимо от убеждений каждого из нас, эволюционное учение поднимает ряд чрезвычайно важных вопросов: как возникла жизнь, как развивались во времени живые существа и др. Поэтому будет логичным предложить и вам, после многих лет изучения биологии, процессов и явлений, связанных с жизнью на Земле, попытаться найти ответы на эти вопросы.

КОМПЕТЕНЦИИ РЕАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

- Интерпретация принципов эволюции организмов и гипотез зарождения жизни.
- Описание основных этапов эволюции человека.
- Определение биологических и социальных факторов антропогенеза.
- Выявление факторов эволюции живого мира.
- Оценивание влияния факторов эволюции на организмы.
- Анализ доказательств эволюции на основе данных сравнительной анатомии, эмбриологии, палеонтологии и молекулярной биологии.

СОДЕРЖАНИЕ РЕАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

- 3.1. Основные гипотезы зарождения жизни
 - 3.2. Принципы биологической эволюции
 - 3.3. Доказательства эволюции: данные сравнительной анатомии и эмбриологии
 - 3.4. Доказательства эволюции: данные палеонтологии и молекулярной биологии
 - 3.5. Факторы эволюции: наследственность и изменчивость
 - 3.6. Факторы эволюции: взаимодействие организмов с окружающей средой и естественный отбор
 - 3.7. Направления эволюции
 - 3.8. Эволюция человека
- Итоговый тест



**«Ничто в биологии не имеет смысла
кроме как в свете эволюции»**

Феодосий Добржанский

ГЛАВА 3

**ЭВОЛЮЦИЯ
ОРГАНИЗМОВ
НА ЗЕМЛЕ.
ЭВОЛЮЦИЯ
ЧЕЛОВЕКА**

Проблема возникновения жизни является одной из центральных проблем биологии. Она – предмет постоянных споров и дискуссий между идеалистами и материалистами. Как возникла жизнь? Этот вопрос обсуждается с момента появления сознания и культуры у человека и продолжается до сих пор. Ему посвящены многочисленные гипотезы и теории, одни из которых основаны на простых умозаключениях, другие – на известных фактах и экспериментальных данных.



Креационизм

Согласно этой теории, жизнь была создана некой сверхъестественной силой, произошло это лишь однажды и поэтому недоступно для наблюдения.

В основе этой концепции лежит абсолютная вера, поэтому она находится вне рамок научного исследования. Так как наука занимается только теми явлениями, которые поддаются наблюдению, она никогда не сможет ни доказать, ни опровергнуть эту концепцию.

Теория самопроизвольного (спонтанного) зарождения

Сторонниками этой теории были Демокрит, Аристотель, У. Гарвей, Ф. Бэкон, Р. Декарт, Я. Б. ван Гельмонт и другие ученые. И хотя теория зародилась еще в древности, она никогда не пользовалась большим доверием в научном мире. Некоторые ученые восторженно принимали ее, другие – игнорировали.

Согласно этой гипотезе жизнь возникла из неживой материи в результате действия механических сил природы как путем абиогенеза (из неорганической материи), так и путем гетерогенеза (из мертвой органической материи).

Некоторые древние ученые наивно полагали, что жизнь может возникнуть из земли, воды, гниющих и разлагающихся остатков. По их мнению, змеи, кроты и мыши могли зарождаться из земли; раки, лягушки, рыбы, крокодилы – из ила; черви и насекомые – из гниющего мяса.



Я. Б. ван Гельмонт

Ян Баптиста ван Гельмонт (1577–1644) описал эксперимент, в котором он за три недели якобы создал мышей из грязного белья и горстки пшеницы. Важным фактором в процессе зарождения мыши Ван Гельмонт считал человеческий пот.

В 1688 году итальянский биолог Ф. Реди провел опыты, которые противоречили теории самопроизвольного зарождения. Используя сосуды с вареным и сырым мясом, он установил, что появляющиеся на гниющем мясе маленькие червячки – это личинки мух.

С открытием микроорганизмов теория самопроизвольного зарождения вновь становится популярной среди ученых. Однако известный французский ученый Луи Пастер на основе проведенных экспериментов окончательно опроверг эту теорию и доказал справедливость теории биогенеза. Он доказал, что микроорганизмы не

возникают спонтанно, а присутствуют повсюду: в воде, почве, воздухе и развиваются там, где есть благоприятные условия.

Итак, жизнь не может возникнуть путем самопроизвольного зарождения в обычных условиях. Это уточнение является необходимым, т. к. по мнению немецкого ученого Эрнста Геккеля, «полностью отрицать спонтанное зарождение – означает признать чудо, божественное сотворение мира».

Теория панспермии (Анаксагор, Г. Буффон, Г. Липман, С. Аррениус, Ф. Крик и др.).

Согласно этой теории жизнь, как и материя, вечна и имеет неземное происхождение. По мнению сторонников этой идеи, жизнь могла возникнуть в разное время и в разных частях Вселенной, а затем была перенесена на Землю.

С. Аррениус (1859–1927) полагал, что жизнь существует везде во Вселенной благодаря переносу «зародышей жизни» с одних планет на другие.

В изученных метеоритах (Orgueil, Kabe) обнаружены «предшественники живого» – жирные кислоты, 17 аминокислот, углеводы (манноза, глюкоза), циклические азотистые основания (аденин, гуанин) и др. Ученые экспериментально доказали, что споры выдерживают пониженные температуры. Кроме того, была показана возможность замораживания протоплазмы в специальных условиях, без ее кристаллизации. В таких условиях протоплазма сохраняет жизнеспособность тысячи лет.

В настоящее время нет доказательств существования жизни за пределами Земли. Однако полностью эту возможность нельзя исключать, так как наша планета является частью огромной Вселенной. Если жизнь существует на Земле, почему она не могла бы возникнуть и на других, более крупных планетах?

Теория биогенеза, или биохимической эволюции (А. И. Опарин, Дж. Холдейн, С. Миллер, Г. К. Юри, С. Фокс и др.).



С. Аррениус

Теория была предложена А. И. Опариным (1922) и Дж. Холдейном (1929). Согласно этой теории, жизнь возникла путем абиогенного синтеза органических веществ в специальных условиях, и процесс этот происходил постепенно – в три этапа:

1. *Неорганический этап* – образование простейших органических соединений из неорганических.

По мнению А. И. Опарина, это произошло около 4–4,5 млрд лет назад и стало возможным благодаря специальным условиям в атмосфере Земли. Легкие газы – водород, гелий, азот, кислород и аргон – уходили из атмосферы, так как гравитационное поле нашей планеты из-за высокой температуры (4000–8000 °С) имело низкую плотность и не могло их удержать. Атмосфера Земли в то время состояла из аммиака, метана, углекислого газа и паров воды, из которых под действием мощных электрических разрядов могли возникнуть простейшие органические соединения.

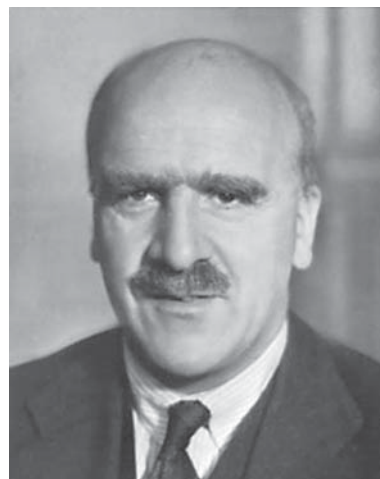


А. И. Опарин

2. *Органический этап* – образование более сложных органических соединений (аминокислот, углеводов, белков, нуклеиновых кислот).

Под действием ультрафиолетовых лучей (в отсутствие озонового слоя) вода распадалась на водород и кислород. Водород поднимался в атмосферу, а наличие кислорода способствовало образованию таких химических соединений, как этанол, кетоны, органические кислоты, альдегиды. Эти вещества поднимались в атмосферу, а после дождя опять попадали в водные бассейны Земли, где вступали в новые химические реакции и образовывали сложные органические соединения.

Таким образом сформировались полимерные соединения – углеводы, белки, нуклеиновые кислоты и др. Эти теоретические предположения были подтверждены экспериментально, что делало теорию биохимической эволюции более убедительной.



Дж. Холдейн (1892–1964)

В 1953 г. С. Миллеру и Г. Ури удалось экспериментальным путем получить, пропуская электрические заряды через смесь воды (35 %), аммиака (26 %), метана (26 %) и водорода (13 %) под давлением в несколько паскалей при температуре 60–80 °С, ряд органических соединений: аланин, аспарагиновую кислоту, глутаминовую кислоту, мочевины, молочную кислоту, лимонную кислоту и др.

Позднее ученые П. Адельсон, С. Харада и С. Фокс получили в ходе своих экспериментов аминокислоты и полипептиды (при нагревании до 170–180 °С в течение 6–8 часов).

Американский биохимик А. Корнберг в 1958 г. впервые синтезировал в лабораторных условиях молекулы ДНК.

3. Биологический этап – формирование из белков и других органических соединений первых живых систем, способных к метаболизму.

На этом этапе образовывались первые коацерватные капли – сгустки из сложных органических веществ. В них накапливались белки, углеводы, жиры и нуклеиновые кислоты. Коацерваты – это еще не живые организмы, но они уже были способны избирательно поглощать вещества и расти. В коацерватах гидрофильные части молекул ориентированы наружу, а гидрофобные – внутрь. Таким образом формировались структуры, аналогичные современным мембранам, которые и обеспечивали избирательный транспорт веществ.

Внутри коацервата нуклеиновые кислоты вступали во взаимодействие с белками, что сделало возможным хранение и передачу информации от ДНК к белкам. Одновременно с этим формировались мембраны, которые дали начало самовоспроизводящимся нитевидным структурам и первым протобионтам.

Усложняясь, коацерваты образовывали первые примитивные клетки – прокариотические, из которых в ходе дальнейшей эволюции сформировались и более сложно устроенные эукариотические клетки.

Полученные экспериментальные данные позволили многим ученым принять эту теорию, хотя дискуссии и споры по некоторым вопросам продолжают до сих пор. Например, есть разные точки зрения в отношении биологической эффективности органических веществ, синтезированных абиогенным путем; взаимосвязи между нуклеиновыми кислотами и белками и т. д.

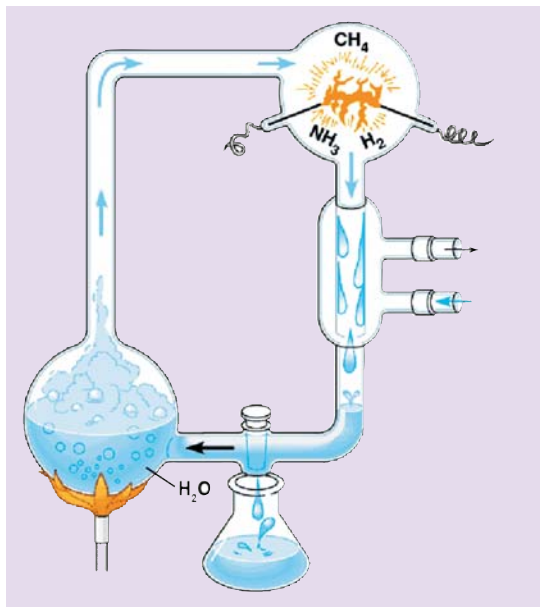
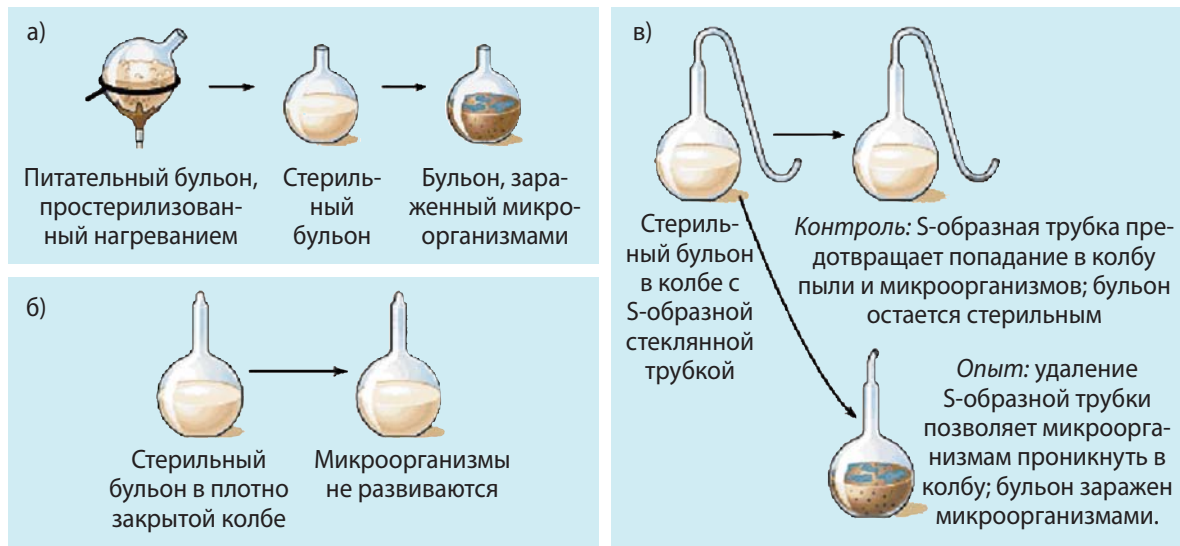
В настоящее время существуют и другие концепции, которые пытаются найти ответы на вопросы, связанные с происхождением жизни, или дополнить уже существующие гипотезы и теории. Например, многие ученые поддерживают идею К. Вёзе и Г. Фокса (1977), согласно которой современные организмы имеют монородовое происхождение. Их прародителем является универсальный предок с примитивной, более простой, чем у прокариот, организацией, у которого наследственную информацию определяли рибонуклеиновые кислоты (РНК).

От данного единого предка взяли начало две эволюционные линии, определившие появление археобактерий и эубактерий. В дальнейшем возникла третья эволюционная линия, давшая начало эукариотам.



- 1** • Перечисли основные гипотезы происхождения жизни и опиши кратко их суть.
- 2** • Представь этапы теории биогенеза в виде структурированной схемы.
- 3** • Сравни две гипотезы (по выбору) происхождения жизни на Земле, используя не менее трех критериев. Ответ представь в виде таблицы.
- 4** • Предложи эксперимент для подтверждения или отрицания происхождения жизни.

- 5** • Проанализируй представленную ниже схему опытов Л. Пастера и опиши в тетради результаты всех трех опытов, объяснив их суть одним предложением.



- 6** • Сформулируй 4–5 выводов о происхождении жизни на основе анализа информации под штрихкодом QR 3.1.1.



QR 3.1.1

- 7** 7. Объясни в 3–4 предложениях, каким образом были получены первые органические вещества в экстремальных условиях первичной атмосферы. Используй для этого схему эксперимента С. Миллера и Г. Ури, представленную на рисунке.

- 8** • Объясни в 5–7 предложениях следующее явление.

В лабораторных условиях в результате химического синтеза были получены смесь L- и D-форм аминокислот, в то время как для живых организмов характерна только L-форма.

- 9** • Подготовь презентацию в *Power Point* на тему «Как возникла жизнь?»

- 10** • Покажи в виде логической схемы возможность возникновения жизни на Земле в современных условиях.

Эволюцией называется процесс постоянного развития как в природе, так и в обществе, который путем постепенных изменений приводит к глубоким качественным преобразованиям.

Применительно к живым организмам эволюцию можно определить как развитие с течением времени сложных организмов из предшествующих более простых организмов путем образования новых структур. Таким образом, эволюция охватывает все надиндивидуальные группы организмов – от популяции и вида до типа и царства. В специальной литературе для описания эволюции больших таксономических групп (отряд, класс, тип) используют термин *макроэволюция*, а эволюцию на уровне вида описывают термином *микроэволюция*.

Микроэволюция представляет собой процессы преобразования на уровне отдельных популяций и видов, что приводит под действием естественного отбора к возникновению новых более приспособленных видов. Появление новых видов имеет очень важное значение в биологической эволюции.

В настоящее время под видом понимают совокупность индивидов, обладающих наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических признаков, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство, приспособленных к определенным условиям жизни и занимающих один и тот же ареал обитания.

Каждый вид характеризуется многими признаками, которые носят название критериев вида. К ним относятся:

- *морфологический критерий* характеризует особенности внешнего и внутреннего строения организмов особей одного вида;
- *физиологический критерий* характеризует особенности процессов жизнедеятельности (дыхания, размножения и др.) особей одного вида;
- *биохимический критерий* отражает сходство химического состава и биохимических реакций в организме особей одного вида;
- *генетический критерий* определяет сходство особей данного вида по признакам наследственной организации;
- *экологический критерий* определяет сходство реакции индивидов одного вида на воздействие факторов среды;
- *географический критерий* характеризует особей вида по ареалу, занимаемому на планете.

Наука, которая занимается изучением эволюции органического мира, называется **эволюционизмом**.

Научные основы эволюционного учения были заложены английским естествоиспытателем **Чарльзом Дарвиным** в работе «Происхождение видов путем естественного отбора», опубликованной в 1859 году. Однако еще задолго до Дарвина человек обратил внимание на разнообразие окружающих его живых организмов и пытался объяснить структурные и функциональные сходства между ними. Так появилось множество гипотез и теорий объяснения развития органического мира.

Среди задач эволюционного учения можно выделить следующие:

- определение понятия *живой* материи и уровней организации и интеграции живой материи;
- выявление особенностей эволюции основных групп растений, животных, микроорганизмов;
- изучение процессов микро- и макроэволюции;
- установление движущих сил эволюции органического мира;
- определение положения человека в природе и изучение его происхождения;
- выявление механизмов адаптации биологических систем;
- разработка теорий, объясняющих эволюционные процессы, и др.

Биологическая эволюция может происходить двумя основными путями – *прогрессивным путем* и *путем специализации*. Для прогрессивной эволюции характерно образование новых структур и усложнение функций организма, что повышает общий уровень его организации и жизнеспособности. Эти изменения приводят к возникновению новых крупных таксономических групп и известны как *ароморфозы*. Например: появление внутренней полости тела, кровеносной системы закрытого типа, хорды, четырехкамерного сердца и др. (у животных); появление фотосинтеза, дифференциации вегетативных органов, двойного оплодотворения (у растений).

Эволюция путем специализации позволяет использовать уже существующие ресурсы. Она основана на мелких эволюционных изменениях, приспособляющих организмы к конкретным условиям обитания. Эти изменения позволяют организмам занять новые экологические ниши и называются *идеоадаптациями*. Примеры идеоадаптаций у животных: форма клюва у птиц, строение конечностей у парнокопытных; у растений – форма плода, семени и цветка.

В случае паразитизма, когда паразит живет и питается за счет организма хозяина, специализация выражается в редуцировании некоторых органов или даже систем органов. Этот процесс называется *дегенерацией* (например, отсутствие кровеносной системы у бычьего цепня, отсутствие корней у повилики и др.).

В основе функционирования живого мира лежат определенные принципы, обеспечивающие его существование и эволюцию. Выделяются 5 основных принципов: простота, экономичность, предопределенность, ограничение и физический детерминизм.

Принцип простоты предполагает, что все процессы и явления по сути своей очень просты. Этот принцип считается доминирующим в организации структур. Например, все атомы состоят из трех основных типов частиц: электронов, протонов и нейтронов; огромное разнообразие белков образовано всего лишь 20 типами аминокислот; нуклеиновые кислоты, имеющие первостепенное значение в хранении и передаче наследственной информации, состоят всего из 4 типов нуклеотидов.

Даже клетка согласно этому принципу не является слишком сложной, что позволяет ей функционировать и выживать на протяжении времени. Другими словами, жизненные процессы, потрясающие нас многообразием и сложностью, в сути своей удивительно просты.

Принцип экономичности тесно связан с простотой в организации и функционировании живых систем. Отлажено работающая биологическая структура используется максимально и не требует создания новых структур. Например, во многих макромолекулах (белках, нуклеиновых кислотах) один тип мономера (аминокислота, нуклеотид) повторяется много раз. Симметрия, так часто встречающаяся в живом мире, также является примером экономичности. В качестве примера экономичности можно привести и мембраны, которые используются в клетке для образования различных органелл.

Однако принцип экономичности может иметь и другие последствия. Например, растения вынуждены использовать в качестве химических источников минеральные элементы, а животные – использовать в пищу растения (травоядные животные) или других животных (плотоядные).

Принцип предопределенности предполагает, что каждый вид, каждый организм, каждая структура, каждая молекула образованы на основе определенной программы. В основе этой программы лежит наследственная информация, закодированная в нуклеиновых кислотах.

Организация генов и хромосом в клетках эукариотных организмов обеспечивает постоянное образование новых форм при сохранении уже существующих, что гарантирует биологическую преемственность.

Принцип ограничения обеспечивает организацию, функционирование и эволюцию биологических систем путем ограничения потенциальных возможностей. Эти ограничения могут быть вызваны факторами среды, которые обеспечивают лучшую адаптацию организмов. Например, число клеточных органелл ограничено размерами и типом клетки, а число индивидов в популяции ограничено количеством пищи и размерами занятого ареала.

Каждая дочерняя клетка получает от материнской клетки ту же генетическую информацию, но ее реализация ограничена условиями многоклеточного организма.

Принцип физического детерминизма означает запрограммированное развитие организмов. Согласно этому принципу в ходе эволюции происходят последовательные модификации организмов, что подтверждают и палеонтологические данные. Однако они не сопровождаются радикальными изменениями внутренней организации. Таким образом, каждый новый путь развития имеет определенные пределы.

Принцип физического детерминизма обеспечивает сохранение внутренней организации индивидов.



- 1** • Перепиши в тетрадь предложения и заполни пропуски:
- а) Эволюция крупных таксономических групп, как, например, _____ называется _____, а эволюция мелких таксономических групп, как, например, _____ называется _____.
- б) Наука, которая изучает вопросы эволюции органического мира, называется _____.

2 • Представь в форме таблицы критерии вида, выделив его отличительные особенности.

3 • Проиллюстрируй задачи эволюционного учения, используя схему «Пирамида».

4 • Перенеси в тетрадь и заполни следующую таблицу, приведя примеры идиоадаптаций у растений и животных родного края. Для выполнения задания используй различные источники информации: интернет, литературу по специальности, художественную литературу, собственные наблюдения.

Идиоадаптации	К свету	К температуре	К влажности
Примеры			
У растений			
У животных			

5 • Объясни в 5–7 предложениях, почему дегенерация ряда жизненно важных систем паразитических червей рассматривается как эволюционный путь (биологический прогресс)?

6 • Покажи эволюционные последствия появления фотосинтеза для различных групп организмов на основе информации под штрихкодом QR 3.2.1.



QR 3.2.1

7 • Объясни в 3–4 предложениях, почему генетическая информация клеток ограничена в ходе индивидуального развития.

8 • Объясни общий принцип мембранной организации клеточных органелл.

9 • Объясни, чем отличается принцип предопределенности от теории преформизма, предложенной в XVIII веке. Согласно ей зародыш будущего организма уже сформирован в половых клетках и его развитие заключается только в увеличении размеров.

Доказательства эволюции: данные сравнительной анатомии и эмбриологии

Румынский биолог Эмиль Раковица писал: «Биологическая эволюция является неопровержимым фактом, спорными остаются лишь пути ее осуществления».

Это утверждение основывается на разнообразных доказательствах (законах, экспериментальных данных и т. д.) как природных, так и экспериментальных, предоставленных различными науками.

Доказательства сравнительной анатомии

Сравнительная анатомия и морфология приводят доказательства, основанные на особенностях внешнего и внутреннего строения организмов.

Среди доказательств можно выделить следующие:

• Наличие гомологичных органов

– Гомологичными называются органы, имеющие общее происхождение и сходное строение, но выполняющие разные функции.

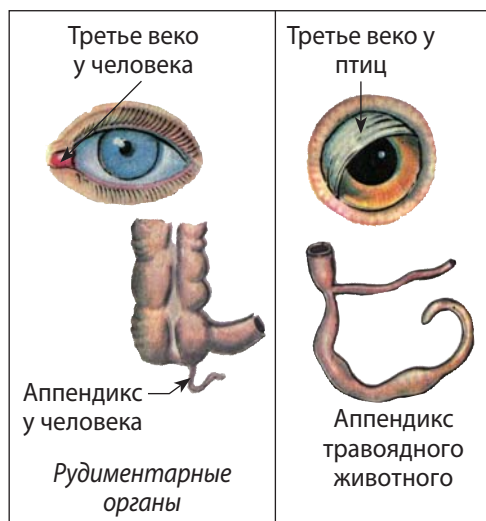
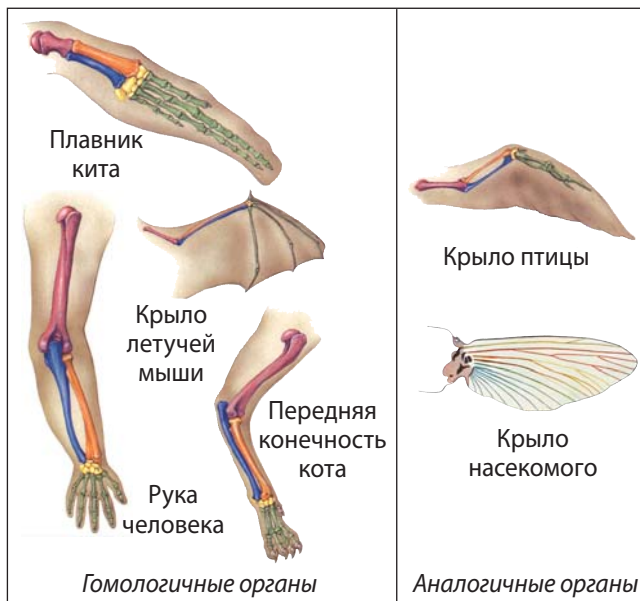
– Гомологичные органы отражают эволюцию путем дивергенции (расхождение признаков, приводящее к появлению новых организмов от общего предка и преобразование одних органов в другие – стебель и лист у растений; ласты дельфина, крыло летучей мыши, передняя конечность лошади, рука человека).

Наличие гомологичных органов является сильным аргументом в пользу общего эволюционного происхождения, несмотря на то что каждый из органов приспособлен для выполнения определенной функции.

• Наличие аналогичных органов

– Аналогичные органы имеют разное строение и происхождение, но выполняют одну и ту же функцию.

– Они отражают конвергентную эволюцию (независимое возникновение сходных признаков у организмов, имеющих разное происхождение, или у органов, имеющих различное происхождение, но выполняющих сходные функции). Например, плавники рыб и ласты дельфина, крылья насекомых и рукокрылых млекопитающих, колючки кактуса и боярышника, клубни картофеля и георгина).



Наличие аналогичных органов подтверждает биологическую эволюцию. Эти органы, развившиеся в аналогичной среде и выполнявшие одинаковые функции, сходны по строению, но не идентичны.

• Наличие рудиментарных органов

– Рудиментами называются органы, сохранившиеся у организмов, но давно утратившие свое исходное значение.

– Рудименты указывают на сходство групп организмов (аппендикс, зуб мудрости, мигательная перепонка глаза, мышцы уха и др.).

Обнаруженные рудиментарные органы доказывают тот факт, что они были хорошо развиты и активны у предков современных организмов, но в связи с изменением условий среды и образа жизни утратили свое значение. У человека около 100 рудиментарных органов.

Данные наблюдения были представлены Ж. Б. Ламарком в его концепции о роли «упражнения и неупражнения» органов в эволюции. Стойкие мутации уменьшают размеры и функции того или иного органа. Если эти органы необходимы для выживания организма, они не подвергнутся риску исчезновения. Если органы не являются существенными для выживания в конкретных условиях обитания, то их размеры постепенно уменьшаются, и в итоге они исчезнут.



Атавизмы у человека

- **Наличие атавизмов**

- Атавизмы представляют собой органы, существовавшие у далеких предков, но полностью утраченные в процессе эволюции.
- Атавизмы указывают на сходство различных организмов (наличие внешнего хвоста, более двух сосков у человека и др.).

Эмбриологические доказательства

Эмбриология предоставляет ряд доказательств на основе закономерностей эмбрионального развития:

- **Закон зародышевого сходства** (К. Бер, 1828)

- Сходство развития зародышей разных систематических групп свидетельствует об общности их происхождения.
- Эмбрионы высших животных схожи с эмбрионами низших животных, а не со взрослыми формами. На ранних этапах развития эмбрионы позвоночных характеризуются большим сходством по форме и частям тела, наличию жаберных щелей и др. На этом этапе очень трудно отличить эмбрион человека от эмбриона обезьяны, курицы, ящерицы или рыбы.

По мере развития зародыш приобретает все более заметные черты строения, характерные для класса, отряда, рода и, наконец, вида, к которому он принадлежит. Особенности эмбрионального развития и последовательная дифференциация признаков указывает на общность происхождения этих организмов.

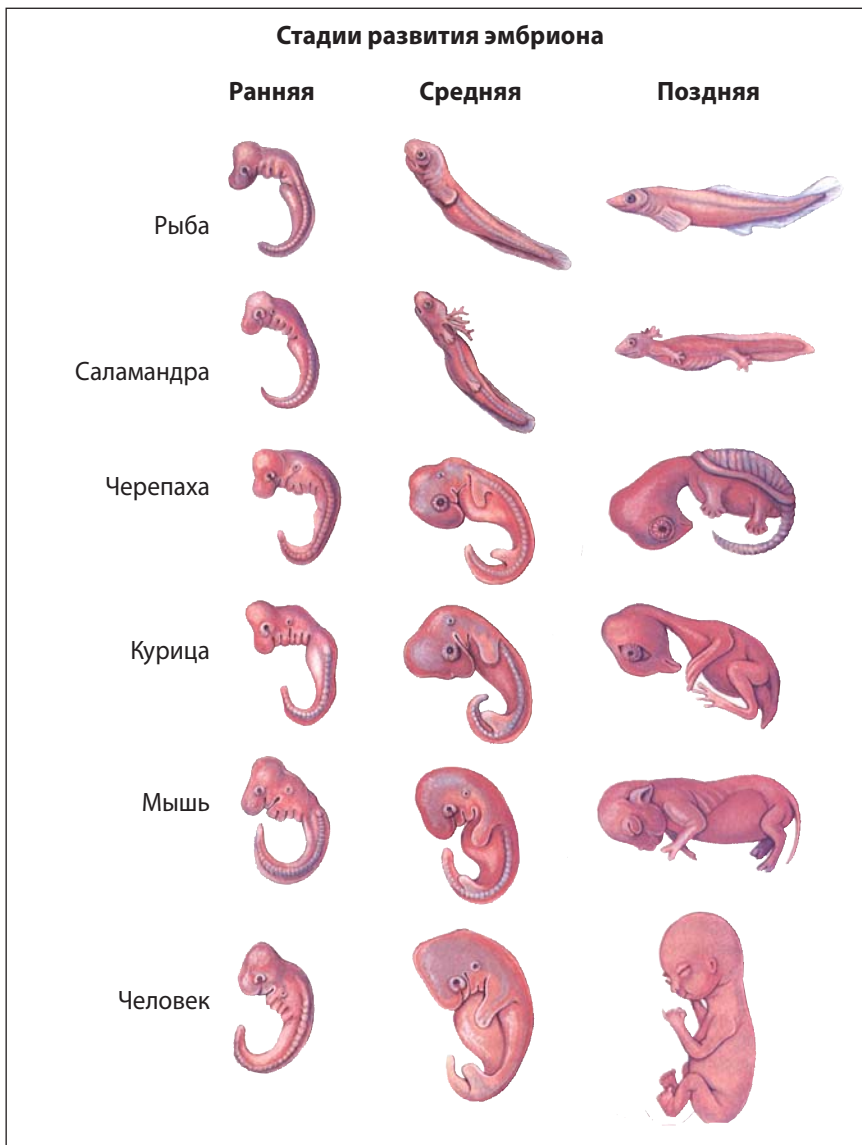
- **Биогенетический закон** (Э. Геккель, 1866)

Индивидуальное развитие (онтогенез) есть краткое и сжатое повторение исторического развития вида (филогенеза) (головастик у земноводных, личинки у бабочек, заросток у папоротников и др.). Эмбрион человека на самых ранних стадиях развития схож с эмбрионом рыбы (наличие жаберных щелей, хвоста и др.). Позднее он схож с эмбрионом пресмыкающихся (закрытие жаберных щелей, разделение предсердия на две камеры). К седьмому месяцу внутриутробного развития эмбрион человека похож на эмбрион обезьяны, и только к моменту рождения он проявляет свойства своего вида.

- **Закон филоэмбриогенеза** (А. Северцов, 1935)

Онтогенез, являясь кратким повторением филогенеза, может влиять на особенности филогенетического развития вследствие изменений в структуре и функциях органов (дифференциация чешуи у рыб и пресмыкающихся: первоначально чешуя образуется из клеток эктодермы, а затем развивается в костную чешую (у рыб) и роговую чешую (у пресмыкающихся)).

Значение взаимосвязи онтогенеза и филогенеза позволяет углубить общее представление о развитии организмов. *Оплодотворенное яйцо* можно сравнить с одноклеточным предком животных, *бластулу* – с колониальным простейшим организмом или с некоторыми формами многоклеточных организмов, которые возможно были предками кишечноротовых и всех высших животных, а *гастролу* – с предковым животным (*Gastrea*), давшим начало беспозвоночным и позвоночным.



1 • Приведи по три примера гомологичных, аналогичных, рудиментарных органов и атавизмов.

2 • Выбери правильные ответы:

- 1** Гомологичные органы:
- а) колючки кактуса и розы;
 - б) крылья бабочки и летучей мыши;
 - в) плавники акулы и дельфина;
 - г) рука человека и лапа кошки.

- 2** Рудиментарные органы человека:
- а) аппендикс;
 - б) третье веко;
 - в) наличие более двух сосков;
 - а) и б).

- 3** • Составь учебную карточку на тему «Атавизмы и их значение в эволюции человека».
- Представь ее одноклассникам.
- 4** • Прочитай представленные утверждения, каждое из которых состоит из двух частей. Обведи слово *Да*, если вторая часть объясняет первую, и *Нет* – если это не так.
- Напиши в тетради верное утверждение.

А ДА НЕТ Гомологичные органы являются доказательством эволюции организмов, так как отражают принцип эволюции путем дивергенции.

Б ДА НЕТ Лапа кошки и нога человека являются гомологичными органами, так как выполняют одну и ту же функцию – участвуют в беговом движении.

- 5** • Объясни в 3–4 предложениях значение повторения филогенеза в онтогенезе (биогенетический закон Э. Геккеля), используя информацию под штрихкодом QR 3.3.1.



QR 3.3.1

- 6** • Выяви сходства и отличия между рудиментами и атавизмами, используя предложенную модель. (Задание выполняется в рабочей тетради.)

Сходства

1. _____

2. _____

3. _____

Отличия
↓
Критерии

Рудименты	Критерии	Атавизмы
	←-----→	
	←-----→	
	←-----→	

- 7** • Каковы последствия чрезмерного развития одного из рудиментарных органов человека?
- 8** • Отобрази взаимоотношения между следующими понятиями в виде кругов Эйлера:
- гомологичные органы, аналогичные органы, сравнительная анатомия;
 - рудимент, атавизм, эволюция.
- 9** • Напиши аргумент в пользу следующего утверждения:
Онтогенез – это краткое повторение филогенеза.

Доказательства палеонтологии

Палеонтология занимается изучением ископаемых останков разных организмов. Она предоставляет ряд доказательств биологической эволюции:

• Ископаемые останки

Это различные кости (позвоночных) или отпечатки в камнях (беспозвоночных и растений). Особенности останков указывают на родственные связи между различными систематическими группами организмов.

• Переходные формы

Это организмы, сочетающие признаки древних и исторически более молодых систематических групп организмов (*археоптерикс* – переходная форма от пресмыкающихся к птицам; *тереодонт* – от пресмыкающихся к млекопитающим; *псилофиты* (ринофиты) от водных растений к растениям суши). Переходные формы указывают на родственные связи между различными систематическими группами.



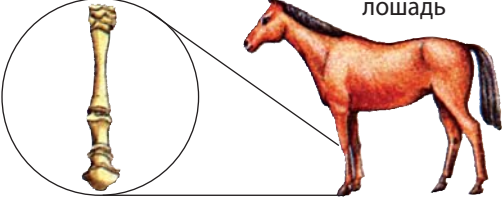
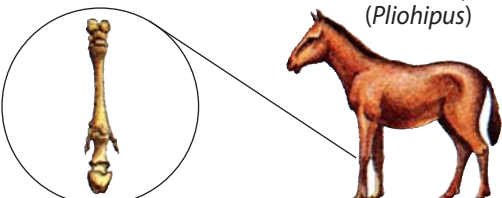
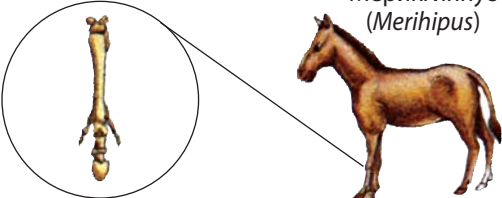
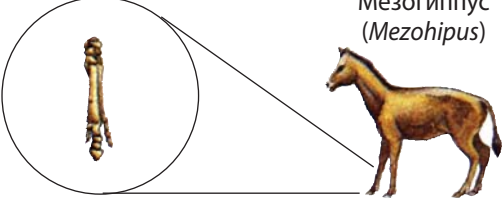
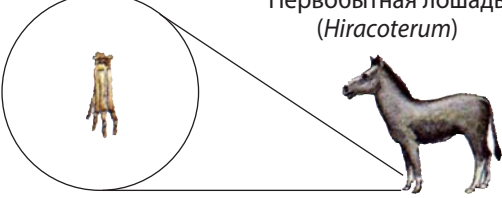
Переходные формы







• Филогенетические ряды

Это различные группы ископаемых организмов, последовательно сменяющих друг друга в процессе эволюции (например, лошади). В филогенетических рядах представлен возможный эволюционный путь данного вида.

Палеонтологические данные наряду с данными эмбриологии и сравнительной анатомии предоставляют доказательства длительного процесса биологической эволюции на Земле.

Земная кора состоит из пяти основных слоев, каждый из которых подразделяется на более тонкие слои. В этих слоях сохранились ископаемые останки некогда существовавших организмов животных и растений.

3 млн лет назад	 <p>Современная лошадь</p>
10 млн лет назад	 <p>Плиогиппус (<i>Pliohippus</i>)</p>
25 млн лет назад	 <p>Меригиппус (<i>Merihipus</i>)</p>
40 млн лет назад	 <p>Мезогиппус (<i>Mezohippus</i>)</p>
60 млн лет назад	 <p>Первобытная лошадь (<i>Hircoteryx</i>)</p> <p>Эволюция лошади</p>

Эра	Период	Эпоха	Возраст (млн лет)		Формы жизни	
Кайнозойская	Четвертичный	Голоцен	0.01		Эпоха человеческой цивилизации	
		Плейстоцен	2.5		Появление человеческой культуры	
	Третичный	Плиоцен	7			Преобладание млекопитающих, птиц, насекомых
		Миоцен	25			Расцвет млекопитающих
		Олигоцен	38			Появление австралопитеков
Эоцен	54					
Палеоцен	65					
Мезозойская	Меловой		136		Апогей развития и вымирание динозавров Вторичное распространение насекомых Появление первых человекообразных обезьян	
	Юрский		195		Расцвет и специализация динозавров Появление первых млекопитающих Появление первых птиц	
	Триасовый		225		Появление динозавров	
Палеозойская	Пермский		280		Расцвет пресмыкающихся; сокращение числа земноводных	
	Каменно-угольный (карбон)	Пенсильванская	321		Эпоха земноводных Расцвет насекомых	
		Миссисипская	345		Появление пресмыкающихся	
	Девонский		395		Эпоха рыб Появление наземных позвоночных (земноводные)	
	Силурийский		435		Появление первых животных с легочным дыханием (скорпионы); разнообразие рыб	
	Ордовикский		500		Развитие морских беспозвоночных Появление первых позвоночных (рыб)	
Кембрийский		570	Появление примитивных морских беспозвоночных – трилобитов (животных со скелетом)			
Протерозойская	Докембрийский		1500		Появление первых эукариот и многоклеточных организмов	
		2500	Появление прокариот			

В соответствии с последовательностью слоев была разработана геохронологическая шкала, согласно которой историю жизни на Земле делят на эры, периоды и эпохи. Продолжительность каждого периода можно оценить по толщине соответствующего слоя горных пород и по скорости распада радиоактивных элементов (см. схему на стр. 104).

В результате крупных геологических перемещений, называемых геологическими революциями, некоторые участки суши поднимались, а другие – опускались.

Самая древняя эра – архейская – длилась около 2 млрд лет. Для нее характерны высокая вулканическая активность и движение земных пластов. Тепло, давление и тектонические перемещения уничтожили многие из ископаемых останков, однако в древних осадочных породах обнаружены биополимеры и останки прокариот.

В протерозойской эре, более спокойной с геологической точки зрения, происходили процессы седиментации и несколько эпох оледенения. Обнаруженные ископаемые указывают на наличие и быструю эволюцию жизни – появились первые эукариоты и древние многоклеточные организмы.

К концу палеозоя уже существовали представители большинства типов растений и животного царства, за исключением птиц и млекопитающих. В кембрии животные и растения населяли в основном моря, в то время как суша была пустыня и безжизненна. В ордовике появились первые наземные растения.

Мезозойская эра началась около 225 млн лет назад. Этот период называют эрой пресмыкающихся из-за быстрой эволюции и разнообразия рептилий. Однако к концу мелового периода большая часть рептилий исчезла, вероятно, из-за неспособности адаптироваться к геологическим и климатическим изменениям.

Кайнозойская эра делится на два неравных периода – третичный, длившийся 65 млн лет, и четвертичный, начавшийся 2,5 млн лет назад. В этот период появились предки человека.

Доказательства клеточной и молекулярной биологии

Жизнь очень разнообразна на макроскопическом уровне, однако и на молекулярном уровне организмы демонстрируют ряд сходств. Например:

- **На молекулярном уровне**

- АТФ – уникальная молекула, обладающая способностью сохранять и преобразовывать энергию в различных живых организмах;
- белки всех живых организмов состоят из 20 типов аминокислот;
- у всех живых организмов в состав нуклеиновых кислот (ДНК и РНК) входят 4 типа нуклеотидов;
- генетический код универсален, то есть один и тот же кодон (триплет нуклеотидов) определяет одну и ту же аминокислоту у всех живых организмов (растений, животных);
- наличие в ДНК организмов различных систематических групп сходных полинуклеотидных последовательностей;
- универсальность принципов реализации наследственной информации у различных типов эукариотических организмов.

Сложность и разнообразие живых организмов определяются биохимическими различиями, но в то же время многие основные физиологические процессы определяются общими химическими связями и реакциями. Как растения, так и животные используют одни и те же вещества в процессе дыхания и для накопления энергии.

- **На клеточном уровне**

Общий план строения клетки является сходным, за небольшим исключением, для всех живых организмов. Любая эукариотическая клетка ограничена мембраной и включает схожие органеллы: эндоплазматическую сеть, аппарат Гольджи, митохондрии, рибосомы, ядро и др.

Без особых трудностей можно осуществить слияние животных клеток и протопластов растений (растительных клеток, лишенных клеточной стенки), что демонстрирует сходство между животными и растительными клетками.



1 • Перечисли палеонтологические доказательства эволюции органического мира.

2 • Выбери правильные варианты ответа:

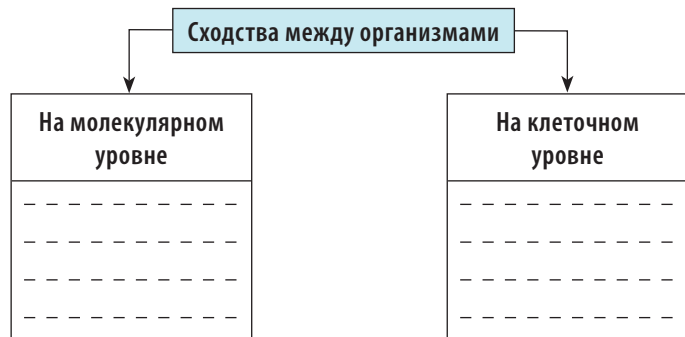
1 К переходным формам растительных организмов относятся:
 а) археоптерикс;
 б) псилофиты;
 в) териодонт;
 г) все ответы верны.

2 Что из перечисленного относится к палеонтологическим доказательствам?
 а) ископаемые останки;
 б) филогенетические ряды;
 в) универсальность генетического кода;
 г) а) и б).



QR 3.4.1

3 • Разработай схему процесса вымирания мамонтов на основе информации под штрихкодом QR 3.4.1.



4 • Заполни в тетради схему и сделай 2 основных вывода.

5 • Объясни в 5–7 предложениях, почему живые организмы отличаются на макроскопическом уровне и при этом очень схожи на микроскопическом.

6 • Покажи взаимоотношения между следующими понятиями в виде кругов Эйлера:
 а) меригиппус – плиогиппус; б) кодоны – аминокислоты.

7 • Напиши для своего младшего брата/сестры небольшую сказку (около 1700 знаков) о истории жизни на Земле на основе информации и рисунков текста урока. Озаглавь ее.

8 • Подготовь для одноклассников путеводитель по музею этнографии и естествознания, в котором представь описание некоторых палеонтологических экспонатов. Используй для этого сайт www.muzeu.md.

9 • Используя электронные источники информации, приведи 3–4 вывода о причинах вымирания динозавров.

10 • Объясни в 7–8 предложениях небольшое число переходных форм в ископаемых останках и их отсутствие для большинства ныне живущих организмов.

Эволюция органического мира определяется различными факторами, число которых весьма велико. Однако проблема факторов эволюции намного сложнее, чем кажется. Это можно наблюдать по тому, как эти факторы классифицируются и как интерпретируется их роль и способ действия. Большинство ученых к основным факторам эволюции относят следующие:

- 1) **наследственность** – обеспечивает сохранение вида;
- 2) **изменчивость** – обеспечивает разнообразие и материал для отбора;
- 3) **борьба за существование** – обеспечивает взаимодействие организмов с внешней средой;
- 4) **естественный отбор** – обеспечивает выживание и воспроизводство самых приспособленных организмов.

Наследственность – это свойство живых организмов сохранять и передавать свои признаки потомкам. Благодаря наследственности обеспечивается воспроизводство и стабильность видов в природе.

Единицей хранения и передачи наследственной информации является ген. С точки зрения классической генетики ген – это неделимая единица наследственности. В современной концепции ген рассматривается как сложно организованная структурная и функциональная единица, которая обеспечивает три важных процесса в живых организмах: мутацию (изменения гена); рекомбинацию (новые сочетания генов) и экспрессию (фенотипическое проявление в виде признаков).

Гены взаимодействуют друг с другом, и часто проявление одного гена зависит от других. Фенотипические признаки редко контролируются одним геном (моногенное наследование). Чаще признак контролируется несколькими неаллельными генами (*полигенное наследование*), а иногда один ген определяет несколько признаков (*плейотропия*).

Проявление структурных генов зависит как от генетических факторов (регуляторные участки, взаимодействие генов), так и от негенетических факторов (абиотические и биотические факторы среды).

Исследования последних лет указывают на эволюционную роль регуляторных участков, которые влияют на активность структурных генов. Для генов характерна дифференциальная активность, то есть они активируются или подавляются в зависимости от этапа онтогенеза, организма, органа или ткани, физиологического состояния клетки, факторов среды.

Изменение частоты аллелей в популяции в результате случайных событий называется **генетическим дрейфом**. Чем менее многочисленна популяция, тем больше она подвержена случайным изменениям. В больших популяциях генетический дрейф не заметен, так как рандомизированный отбор гамет способствует сохранению частоты аллелей в пределах средней и постоянной во времени величины. В основе генетического дрейфа лежит случайное сочетание гамет в процессе оплодотворения.

Генетический дрейф может изменять частоту аллелей в популяции двумя способами:

1. **«Эффект бутылочного горлышка»** (*bottleneck*). Наблюдается в популяциях, в которых численность критически сокращена.



2. **Эффект основателя.** Наблюдается в случаях, когда небольшая группа индивидов отделяется от популяции и дает начало новой популяции.

Генетический дрейф обеспечивает закрепление нейтральных мутаций в природных популяциях. Он не является направленным, а его эффекты накапливаются с течением времени. Как следствие, генетический дрейф определяет рост генетических различий между природными популяциями и уменьшение в них генетического разнообразия.

Изменчивость – это свойство живых организмов приобретать новые признаки под воздействием факторов среды. Изменчивость бывает двух типов:

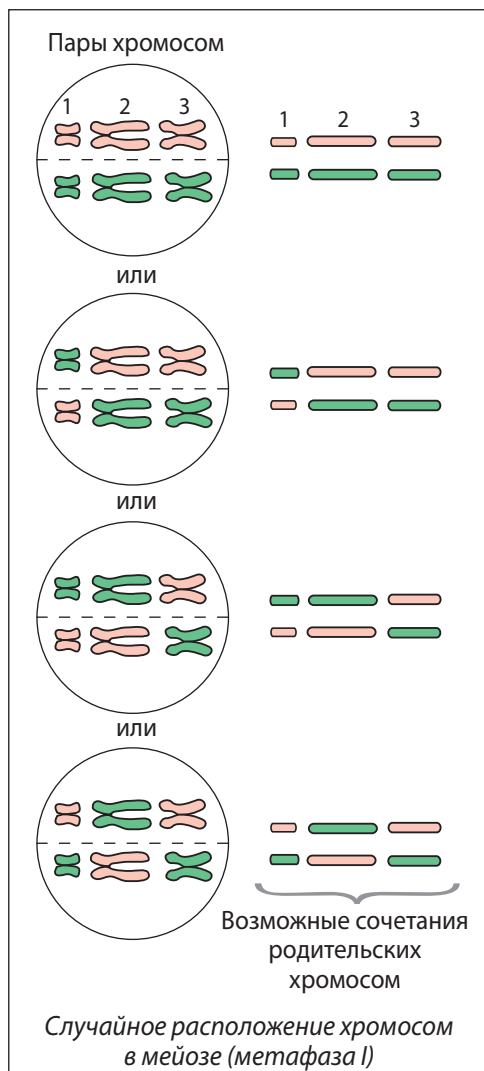
а) **ненаследственная (модификационная)**

- не затрагивает наследственный материал;
- вызвана условиями жизни (питание, температура, свет и др.);
- обеспечивает приспособление организмов к условиям среды;
- не имеет особого эволюционного значения;

б) **наследственная (генотипическая)**

- изменяет наследственный материал;
- вызвана действием мутагенных факторов среды (физических, химических и биологических);
- обеспечивает адаптацию вида;
- имеет важное эволюционное значение.

К наследственной изменчивости относятся *мутации* и *рекомбинации*. Мутации представляют собой изменения на уровне генов, хромосом или других клеточных носителей генетической информации.



Мутации являются важным источником изменчивости, которые не только обогащают популяцию новыми формами, но и увеличивают гетерогенность популяции, обеспечивая ее адаптивность. Эти изменения являются важным фактором эволюции, т. к. предоставляют основной материал для естественного отбора с целью улучшения популяции или вида. Однако мутации не управляют ходом эволюционного процесса, доказательством чего является нейтральность большинства мутаций.

Генетическая рекомбинация связана с процессами, происходящими в ходе образования гамет в мейозе. Она не вызывает изменений в генах, а лишь модифицирует способ их комбинирования в данном генотипе. Таким образом, именно рекомбинации служат самым богатым источником наследственных изменений (см. схему).

Мутации и генетические рекомбинации обеспечивают индивидуальный полиморфизм в пределах популяции, способствуя приспособлению и отбору организмов.

Полиморфизм предполагает наличие трех и более различных форм среди особей одного вида растений или животных.

Существует несколько типов полиморфизма.

- **Сбалансированный полиморфизм** характеризуется равновесием между гомозиготными и гетерозиготными формами, комбинациями аллельных генов, противоположными полами и др. В этом случае две или более формы организмов сосуществуют в стабильном соотношении в пределах популяции, причем каждая из форм имеет как преимущества, так и недостатки. Например, у божьей коровки *Adalia bipunctata* весной преобладает красная окраска, а осенью – черная, которая больше подходит для зимовки.

Среди темнокожего населения Центральной Африки есть три типа индивидов, отличающихся по строению эритроцитов: с нормальным гемоглобином, с невыраженной формой анемии (анормальный гемоглобин) и с летальной формой анемии. Индивиды с промежуточной формой анемии устойчивы к малярии, поддерживая, тем самым, концентрацию данного гена в популяции.

- *Избирательный полиморфизм* определяется способностью одного, более адаптивного аллеля, заменять действие другого аллеля. Примером такого типа полиморфизма служит индустриальный меланизм у березовой пяденицы *Biston betularia*. Темноокрашенные формы бабочек имеют селективное преимущество перед светлой формой в промышленных районах.



Промышленный меланизм березовой пяденицы



Разнообразие окраски раковины у *Ceraea nemoralis*

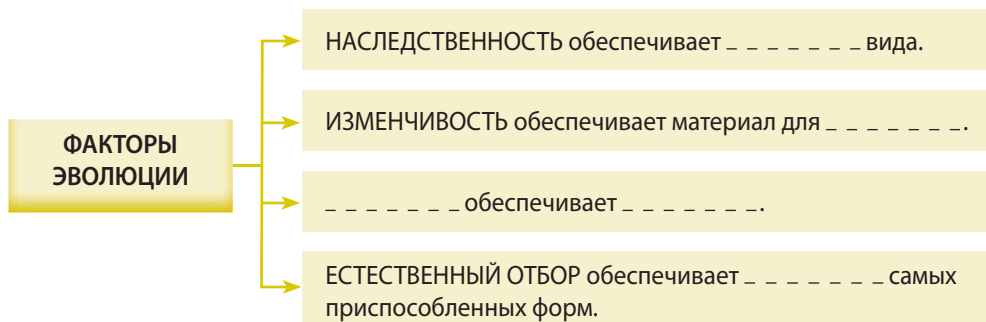
- *Нейтральный полиморфизм* характеризуется действием некоторых нейтральных генов на способность к выживанию организмов. Например, различная окраска раковины улиток контролируется множественными аллелями, что обеспечивает огромное разнообразие по цвету и вследствие этого – выживание их в определенных условиях обитания.
- *Экологический полиморфизм* определяется способностью адаптации некоторых организмов к различным экологическим условиям.
- *Криптический полиморфизм* характеризуется изменениями, которые не проявляются на уровне фенотипа.

Генетический полиморфизм характерен для большинства организмов и является важным фактором защиты и сохранения вида в ходе эволюции. В то же время генетический полиморфизм может быть механизмом расширения вида.

Необходимо отметить, что генетические рекомбинации и мутации могут влиять на генетическую структуру популяции. Мутации могут изменять частоту аллелей в популяции, если не действуют факторы удаления вызванных мутациями изменений. Это достигается за счет воспроизведения аллелей, устраненных естественным отбором. При этом мутации обеспечивают появление альтернативных аллелей, на которые может действовать отбор.



- 1 • Заполни схему в тетради.



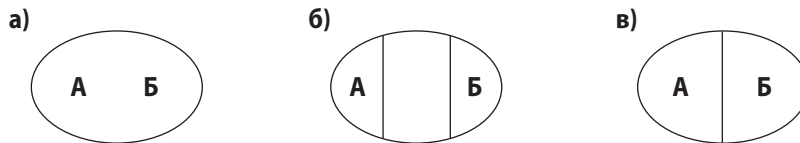
- 2 • Представь пример независимого наследования 3 признаков на основе рисунка на с. 108, используя в качестве объекта изучения горох.
- 3 • Составь ребус с ключевым словом *изменчивость*, используя вопросы об адаптации растений и животных.
- 4 • Исключи лишнее в следующей логической последовательности понятий:

сбалансированный полиморфизм, избирательный полиморфизм,
нейтральный полиморфизм, криптический полиморфизм

- 5 • Заполни схему в тетради. Предложи 3 критерия для сравнения.



- 6 • Разработай план описания сущности наследственности как фактора эволюции.
- 7 • Напиши в тетради по два примера соотношений на основе материалов урока, соответствующих предложенным вариантам кругов Эйлера.



- 8 • Представь последствия отсутствия рекомбинаций для живых организмов, используя метод «Таблица».
- 9 • Продемонстрируй эволюционное значение наследственности и изменчивости, используя метод графов.
- 10 • Оцени эволюционное значение полиморфизма на основе информации под штрихкодом QR 3.5.1.



QR 3.5.1

Эволюция организмов обусловлена их взаимодействиями с факторами среды. Ч. Дарвин назвал это взаимодействие **борьбой за существование** и считал его основным действующим механизмом естественного отбора. Ученые используют это понятие в широком смысле слова, понимая под борьбой за существование всю совокупность взаимоотношений организмов со средой.

Борьба за существование включает в себя не только конкурентные связи (как кажется по названию), но и связи нейтральные и взаимовыгодные (симбиотические).

Борьба за существование зависит от целого ряда факторов, среди которых:

- *пролиферативность организмов* – чем выше скорость размножения особи, тем острее конкуренция и интенсивнее гибель;
- *скорость удаления организмов из популяции* – делает борьбу более острой;
- *плотность популяции* – перенаселение является одной из основных причин борьбы за существование;
- *возраст организмов* – более молодые особи погибают, как правило, быстрее;
- *относительная приспособленность организмов* – любая адаптация выгодна организму в определенных (неменяющихся) условиях среды.

Борьба за существование является основной причиной естественного отбора, так как она определяет направление и ход биологической эволюции.

В зависимости от факторов среды можно выделить следующие формы борьбы за существование:

1. *Борьба с абиотическими факторами* (механическими, физическими, химическими).
2. *Борьба с биотическими факторами* (с другими организмами).
 - 2.1. *Внутривидовая борьба* (борьба с другими организмами в пределах популяции данного вида).
 - 2.2. *Межвидовая борьба* (борьба с организмами других видов).

В природных условиях факторы среды взаимодействуют одновременно и не могут быть разделены.

Под действием абиотических факторов как животные, так и растительные организмы развивают различные адаптации (см. таблицу).

Адаптация растений и животных к абиотическим факторам

Абиотические факторы	Адаптации растений	Адаптации животных
Высокая температура	Модификация листьев (колючки) и стебля (суккулентов), удлинение корней, сокращение интенсивности транспирации и др.	Термоизоляция путем образования полостей под надкрыльями (у насекомых), удлинение нижних конечностей, светлая окраска, зарывание в песок, ночной образ жизни и др.
Низкая температура	Небольшие размеры, обезвоживание тканей, накопление криопротекторных веществ, опадание листьев, замедление метаболических процессов и др.	Обезвоживание тканей, повышение осмотического давления в тканях, накопление криопротекторных веществ, спячка, толстый слой жира у млекопитающих и др.
Пониженная влажность	Значительное удлинение корня, сокращение транспирации, восковой налет на листьях, преобразование листьев в колючки, повышение осмотического давления в клетках, суккулентные стебли и др.	Непроницаемость кожного покрова, сокращение потовых желез, сокращение объема выделяемой с мочой воды, использование метаболической воды, ночной образ жизни, зарывание в песок, летний покой и др.
Свет	Специализация растений в короткодневные и длиннодневные, специализация фотосинтетического аппарата, ритмичность устьиц и др.	Развитие специальных светочувствительных органов, различная окраска, различное поведение у дневных и ночных животных и др.

Биотические факторы представлены отношениями между различными организмами. Они могут быть нейтральными (0), положительными (+) и отрицательными (-). Различают следующие типы межвидовых отношений:

- *нейтрализм* (0 0) – организмы не оказывают прямого влияния друг на друга (например, сосуществование белок и птиц в лесу);
- *конкуренция* (– –) – борьба за общие источники питания и ресурсы (волк и лиса);
- *амениализм* (0 –) – взаимоотношения не являются обязательными ни для одного из видов, но в ходе взаимодействия продукты метаболизма одного организма ингибируют развитие другого;
- *паразитизм* (+ –) – отношения с положительным эффектом для паразита и отрицательным – для хозяина (аскарида и человек);
- *хищничество* (+ –) – связь, аналогичная паразитизму; отличие в том, что хищник, как правило, убивает свою жертву (волк и заяц);
- *комменсализм* (+ 0) – комменсал живет за счет другого организма, не нанося ему при этом вреда (некоторые рыбы и кораллы);
- *протокооперация* (+ +) – взаимовыгодные для обоих видов отношения, но не обязательные для них (крабы и актинии);
- *мутуализм* (+ +) – положительные и обязательные для обоих видов отношения (микоризные грибы и корни деревьев, клубеньковые бактерии и бобовые растения, цветковые растения и опыляющие их насекомые).

Адаптация организмов в ходе взаимодействия с абиотическими и биотическими факторами определяется естественным отбором.

Естественный отбор – это процесс, в результате которого выживают и оставляют потомство самые приспособленные к условиям жизни особи. Естественный отбор определяет направление эволюции организмов.

Естественный отбор действует на генотипы организмов посредством их фенотипов. Так, в результате естественного отбора:

- возникают организмы с новыми адаптивными признаками;
- удаляются из популяции организмы с признаками, потерявшими свою адаптивную ценность в новых условиях жизни;
- сохраняются организмы, подтвердившие свою адаптивность в данных условиях среды.

Эффективность естественного отбора можно определить по **коэффициенту отбора** (s):

$$s = \frac{p_1 - p}{p_1 - pp_1'}$$

где p – частота аллеля в первом поколении; p_1 – частота аллеля во втором поколении.

Коэффициент отбора отражает избирательное преимущество гена, определяющего данный признак.

Естественный отбор основан на трех предпосылках:

1. Большинство организмов имеет больше потомков, чем могут выжить и размножиться.
 2. В каждом поколении генотипы, способствующие выживанию и воспроизводству, представлены большим числом.
 3. Организмы отличаются между собой по способности к выживанию и размножению.
- Репродуктивный успех организма и способность его выдерживать изменения условий среды обитания называется **толерантностью**. Толерантность отражает способность особей к выживанию и коррелирует с типом отбора, который действует на генотип.

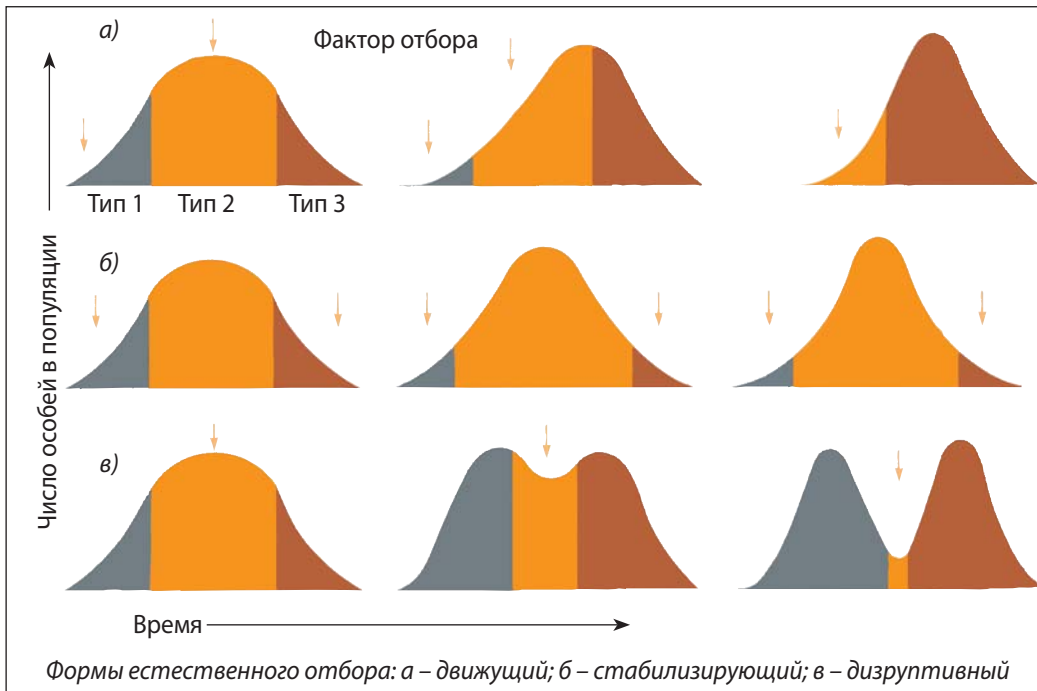
Различают несколько типов естественного отбора (см. схему на стр. 113).

1. Движущий отбор (направленный)

- происходит в меняющихся условиях среды;
- отбираются организмы, приспособленные к действию данного фактора;
- устраняются из популяции организмы, не приспособленные к изменяющимся условиям среды;
- под действием движущего отбора изменяется генетическая структура популяции.

Примером этой формы отбора является индустриальный меланизм у березовой пяденицы (*Biston betularia*). Под действием загрязнения окружающей среды первоначальную популяцию белых бабочек заменила популяция бабочек темного окраса.

Дым фабрик и заводов в индустриальной зоне английского города Манчестер существенным образом изменил среду обитания этого вида бабочек. На почерневших от смога стволах березы преимущество стали иметь формы темного цвета. Если в 1848 году бабочки черного цвета составляли только 1% от популяции, то к 1898 году их число достигло 99%. Как следствие, они вытеснили исходную популяцию белых бабочек.



2. Стабилизирующий отбор

- происходит в стабильных условиях среды;
- не исключает гетерогенности популяции;
- обеспечивает сохранение признаков, имеющих адаптивное значение;
- устраняет особи, существенно отклоняющиеся от среднего значения признаков;
- элиминация особей может быть избирательной и неизбирательной.

Одним из примеров стабилизирующего отбора является вес ребенка при рождении, который в среднем составляет 3,4–3,6 кг. Изучение большого числа новорожденных показало, что в течение первого месяца жизни самая высокая смертность наблюдается у детей с весом, который меньше среднего или превышает его.

Стабилизирующий отбор может быть *нормализующим*, т. е. обеспечивающим сохранение уже существующих форм, и *канализующим*, т. е. определяющим эволюцию онтогенетических процессов.

3. Дизруптивный отбор

- характерен для гетерогенной популяции;
- обеспечивает сохранение крайних форм и устранение промежуточных;
- благоприятствует двум или более фенотипам в популяции;
- определяет сбалансированный полиморфизм в популяции.

Примером дизруптивного отбора может служить появление разнообразных форм дрозофилы в лабораторных условиях или разнообразие форм бабочек в исходной популяции вида *Papilio dardanus*.

В Африке существует несколько различных видов бабочек с мимикрией, самки которых имитируют внешний вид других несъедобных видов бабочек. В этом случае дизруптивный отбор привел к формированию в пределах группы организмов с общим происхождением нескольких различных форм, хотя они не были изолированы географически.

Узнай больше!

Процессы отбора тесно связаны с явлением изоляции.

Изоляция – это процесс ограничения или подавления обмена генами между различными популяциями посредством различных механизмов. В зависимости от преобладающего механизма различают следующие типы изоляции:

- *пространственная изоляция* – определяется географическими факторами, которые вызывают разобщение популяции вследствие занятия различных территорий, разделенных рекой, горами и др., в пределах ареала обитания вида;
- *экологическая изоляция* – вызвана тем, что часть особей популяции предпочитают специфические условия обитания;
- *репродуктивная изоляция* – определяется биологическими особенностями организмов до оплодотворения (презиготическая изоляция: сезонная, механическая, поведенческая) или после оплодотворения (постзиготическая изоляция: нежизнеспособность гибридов, стерильность гибридов и др.).

В природных условиях на организм действуют, как правило, одновременно несколько механизмов изоляции. В результате возникают новые сочетания генов, которые обеспечивают приспособление организмов к определенным условиям жизни.



- 1 • Перепиши в тетрадь предложения и заполни пропуски.

Эволюция организмов определяется _____ организмов с _____.
Этот процесс был назван Ч. Дарвином _____.

- 2 • Опиши суть борьбы за существование.
- 3 • Представь в виде таблицы типы связей организмов с факторами среды и приведи по одному примеру для каждого типа связи.
- 4 • Используя схему «Кластер», покажи особенности адаптации к условиям среды:
а) *растения умеренной зоны;* б) *животного пустыни.*
- 5 • Представь в виде таблицы адаптивные особенности не менее 3 растений из различных географических зон.
- 6 • Объясни в 5–7 предложениях следующие факты: *угорь живет в реках, а икру откладывает в море; лосось обитает в морях, а на нерест отправляется в реки.*
- 7 • На основании схемы «Фишбоун» перечисли отличия между двумя формами естественного отбора, используя для каждого аргумента 3–5 дополнительных источников информации.
- 8 • Представь в виде таблицы типы межвидовых связей, характерных для одной наземной и одной водной экосистемы.
• Приведи примеры каждого типа связей.
- 9 • Выполни сравнительный анализ факторов эволюции и представь 3–4 аргумента в пользу утверждения:
Естественный отбор – фактор, определяющий направление эволюции.
- 10 • Используя метод SWOT, оцени последствия движущего естественного отбора в одной из природных экосистем в твоей местности.

Биологическая эволюция – общепризнанный факт. Но каков ее финальный результат?

Ж. Б. Ламарк считал, что результатом эволюции является повышение уровня организации организмов (*градация*) и появление дивергентности типов организации. Согласно Ч. Дарвину, эволюция приводит к повышению уровня приспособленности организмов. Русский ученый А. Н. Северцов на основе сравнительного анализа пришел к заключению, что эволюция приводит к **биологическому прогрессу**, который может быть ограниченным (в пределах систематической группы) и неограниченным (эволюция человека).

Вид находится в состоянии биологического прогресса, если соблюдаются следующие условия:

- увеличение числа особей в пределах уже существующей популяции;
- расширение исходного ареала вида;
- прогрессивная дифференциация и увеличение количества таксономических групп.

Биологический прогресс вида может быть достигнут несколькими путями.

1. **Ароморфоз** – это морфофизиологический прогресс, т. е. появление признаков, существенно повышающих уровень организации большой группы организмов.

Ароморфозы характерны для крупных таксономических групп – семейства, порядка, класса, царства. Примерами ароморфозов являются: возникновение фотосинтеза у растений; выход растений на сушу; появление цветка и семян у покрытосеменных; половое размножение у растений и/или животных; развитие билатеральной симметрии у животных; четырехкамерное сердце у птиц и млекопитающих и др.

2. **Идиоадаптация** представляет собой морфофизиологический прогресс, характерный для мелких систематических групп, и является результатом действия факторов внешней среды.

Идиоадаптации могут быть результатом изменений уровня организации с сохранением типичных связей со средой или результатом приспособлений к специфическим условиям жизни.

У живых организмов встречаются различные типы специализации:

- специализация по типу питания (у крабов, тутового шелкопряда и др.);



- специализация путем сверхразвития и достижения гигантских размеров (динозавры; насекомые каменноугольного периода с размахом крыльев до 1,5 м; земноводные пермского периода, достигавшие 5–7 м; некоторые современные нематоды размером до 8 м, обитающие на дне океана);
- специализация путем утраты ароморфозов предков (паразитические черви, у которых отсутствуют некоторые жизненные системы);
- специализация к определенным условиям обитания (строение корня, цветка, семян у растений; структура конечностей у животных).

3. **Дегенерация** – это морфофизиологический регресс, который приводит к упрощению организации в результате действия факторов среды.

Исчезновение некоторых органов, а иногда и целых систем органов, является следствием паразитического образа жизни. Например, отсутствие листьев у повилики, утрата пищеварительной, дыхательной и кровеносной систем у паразитических червей.

Следует отметить, что морфофизиологический регресс и упрощение организации организмов не исключают биологического прогресса у этих организмов.

Пути биологического прогресса взаимосвязаны, так как:

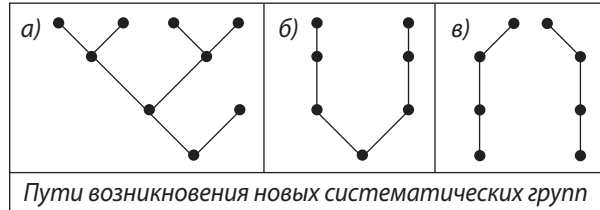
- каждый вид в пределах обитания, определенных факторами окружающей среды, приспосабливается к определенным условиям жизни;
- реорганизация уже существующих форм может быть результатом как морфофизиологического прогресса, так и регресса;
- организмы, однажды вступив на новый путь развития, приспосабливаются к новым условиям жизни. Возникновение и развитие новых систематических групп происходит несколькими путями:
 - а) *дивергенция* – расхождение признаков в процессе эволюции, приводящее к появлению новых форм, происходящих от общего предка.

Среди основных причин дивергенции можно выделить различия по экологическим нишам, конкуренцию между различными группами организмов и др.;

б) *параллелизм* – появление сходных признаков на основе общности организации.

Параллелизм устанавливается в случае завершения дивергентности и адаптации к определенным стабильным условиям жизни;

в) *конвергенция* – независимое возникновение сходных признаков у организмов, не родственных друг другу, как результат адаптации к сходным условиям обитания (см. схему).



Конвергенция основана на развитии сходных приспособлений (особенно к абиотическим факторам среды), но не может в итоге приводить к перекрыванию или объединению различных систематических групп (например, конвергенция формы тела акулы и дельфина).

Биологическая эволюция очень разнообразна и зависит от различных факторов. Однако она является необратимой, то есть ни один организм не может вернуться к состоянию, которое когда-то было у его предков. Это следует учитывать для разумного и эффективного использования природных богатств.



1 • Дай определение понятиям *ароморфоз, идиоадаптация, дегенерация*.

2 • Соедини стрелками эволюционные пути из колонки А с соответствующими им характеристикам из колонки Б.

А
1 – ароморфоз
2 – идиоадаптация
3 – дегенерация

Б
а – форма клюва у птиц
б – специализация к паразитическому образу жизни
в – существенные изменения на уровне органов или систем органов

3 • Перечисли 3 условия, определяющих биологический регресс.

4 • Представь в виде схемы пути биологического прогресса, показав их взаимодействие.

5 • Объясни в 3–5 предложениях, почему не могут пересекаться пути эволюции акулы и дельфина.

6 • Опиши в 5–7 предложениях роль фотосинтеза в эволюции организмов.

7 • Объясни следующее утверждение: *Гигантизм не является успешным путем в эволюции организмов*.

8 • Перечисли приспособления организмов, отраженные в материале под штрих-кодом QR 3.7.1.



QR 3.7.1

9 • Проанализируй тему «Дивергентная эволюция у растений» и представь результаты анализа в виде схемы «Картография».

10 • Покажи эволюционное значение конвергенции для растительного и животного мира.

Эволюция человека (антропогенез) отличается от других эволюционных путей. Проблема происхождения человека существует тысячелетия и не имеет окончательного решения. Согласно креационистской концепции человек был создан божественной силой из «красной глины» путем вдохновения «бессмертного духа». Еще в древние века были предприняты попытки объяснить происхождение человека на материальной (научной) основе. Например, Анаксимандр и Эмпедокл считали, что люди произошли из земли. Аристотель, изучив строение тела человека, пришел к заключению, что человек относится к царству животных, и дал ему название *zoon politicon*. С открытием ряда сходств в строении тела человека и обезьяны римским врачом и анатомом Клавдием Галеном и с появлением подробного описания строения шимпанзе, сделанным английским анатомом Эдвардом Тайсоном (1699), стала очевидной принадлежность человека к царству животных.

Карл Линней, выдающийся шведский ученый-натуралист, автор первой системы классификации живого мира, расположил человека рядом с человекообразными обезьянами, отведя ему отдельный род – род *Homo*.

Согласно современной концепции человек занимает следующее систематическое положение:

Царство: *Animalia* – гетеротрофные организмы с голозойным питанием.

Подцарство: *Metazoa* – многоклеточные животные.

Тип: *Chordata* – животные с хордой.

Подтип: *Vertebrata (Craniata)* – позвоночные.

Надкласс: *Tetrapoda* – четвероногие.

Класс: *Mammalia* – млекопитающие.

Подкласс: *Eutheria* – плацентарные млекопитающие.

Отряд: *Primates* – млекопитающие с хорошо развитым головным мозгом и конечностями хватательного типа.

Семейство: *Hominidae* – организмы с большим головным мозгом; для них характерно прямохождение.

Род: *Homo* – человек с плоским лицом и выступающим подбородком.

Вид: *Homo sapiens* – человек разумный.

Факторы, обеспечившие эволюцию человека, можно разделить на:

1. Биологические факторы

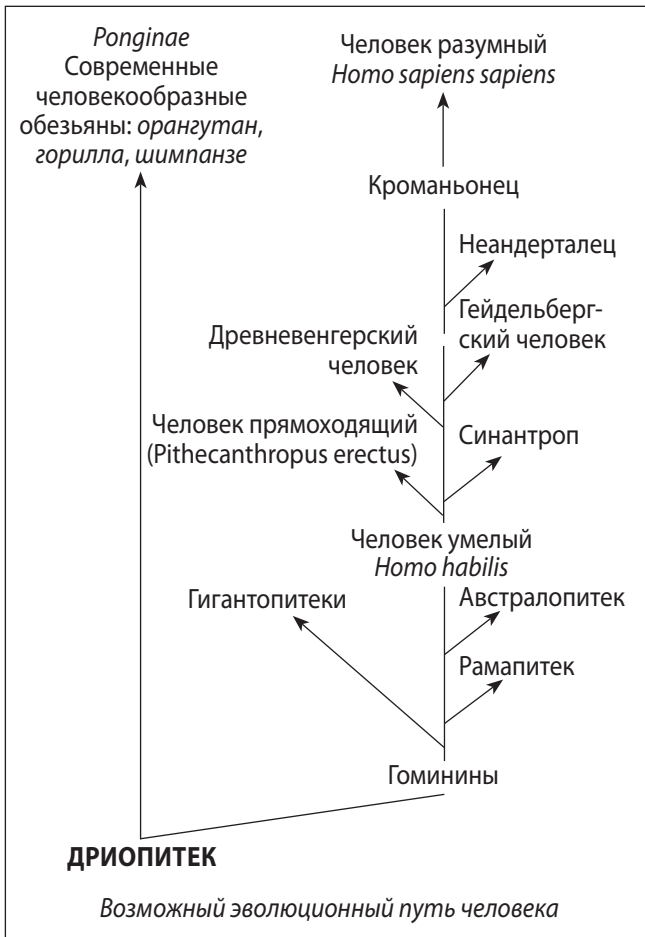
- *наследственность* – обеспечивает сохранение наследственных признаков и передачу их потомству; определяет существование человека как вида;
- *изменчивость* – обеспечивает появление новых признаков в меняющихся условиях среды; определяет адаптацию человека к условиям жизни;
- *естественный отбор* – обеспечивает отбор наиболее приспособленных к меняющимся условиям среды особей; обуславливает выживание наиболее приспособленных из них;
- *борьба за существование* – обеспечивает существование человека во взаимоотношениях с другими организмами, которые могут быть конкурентными, нейтральными или неконкурентными; определяет адаптивность человека;
- *половой отбор* – обеспечивает половой диморфизм в человеческой популяции; поддерживает соотношение по полу 1:1;
- *упражнение* – обеспечивает развитие или упрощение некоторых органов в зависимости от их использования или неиспользования; определяет преимущества некоторых органов в борьбе за существование;
- *размножение* – обеспечивает передачу признаков потомкам и появление новых признаков в результате новых сочетаний генов.

2. Социальные факторы

- *способность изготавливать орудия труда* – обеспечивает постоянное физическое и умственное совершенствование человека;
- *социальная организация* – обеспечивает совершенствование человека на основе достижений окружающих его людей (общества);

- *членораздельная речь* – обеспечивает накопление опыта в результате коммуникации;
- *сознание* – обеспечивает осмысление и отражение реальности и прогнозирование адекватного поведения.

Из сказанного можно заключить, что человек является биосоциальным существом. В настоящее время физическая эволюция человека в целом завершена, однако, благодаря наличию интеллекта, продолжается эволюция в социальном, экономическом и культурном планах.



Согласно эволюционной концепции, человекообразные обезьяны и человек произошли от общего предка (дриопитека) около 30 млн лет назад.

Принято считать, что в эволюции человека были и побочные («неудачные») ветви:

- *Рамапитеки, гигантопитеки и австралопитеки*, которые жили около 1,5–5 млн лет назад.

Предполагают, что австралопитеки жили в безлесных степных просторах, вблизи водоемов. Они имели мощные челюсти и зубы и питались преимущественно мясной пищей. Возможно, они занимались групповой охотой.

Большинство антропологов считают, что австралопитеки являлись промежуточной ступенью между человекообразными обезьянами и человеком.

- *Питекантропы и синантропы* жили около 550 тыс. лет назад.

Они принадлежат одной и той же ископаемой группе и представляют первый этап в эволюции человека – *древнейшие люди*. Наряду с питекантропами и синантропами в эту группу входят Гейдельбергский человек и Человек умелый.

Древнейшие люди внешне уже походили на современного человека. Для них было характерно вертикальное положение тела и прямохождение. У них был удлинённый и узкий череп, низкий покатый лоб, большие надбровные дуги и широкие ноздри. Объем мозга варьировал от 680 см³ (у человека умелого) до 1050 (у синантропа).

Однако определяющим фактором, который позволил древнейшим людям отделиться от человекообразных обезьян и начать собственную эволюционную линию, стала их способность изготавливать орудия труда. Сначала орудия были примитивными, но со временем они становились все сложнее и разнообразнее.

Древнейшие люди распространились по всему Старому Свету. Они появились около 2 млн лет назад и просуществовали около 300 тысяч лет.




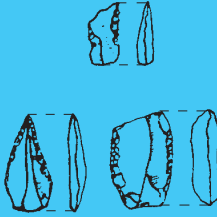
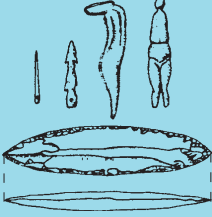


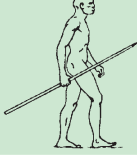
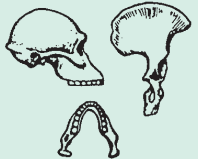
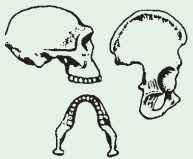


- *Неандертальцы* – 20–40 тыс. лет назад.

Неандертальцы относятся к *древним людям*. Для них характерны: массивное тело, рост до 155 см, удлинённый череп с объемом мозга 1300–1600 см³. У них еще сохраняются относительно низкий лоб, массивная нижняя челюсть. Их зубы намного крупнее, чем у кроманьонцев.

По Т. Эдингеру, мозг неандертальцев уже напоминает мозг человека, но еще сохраняются некоторые примитивные признаки. Он более узкий в передней своей части и шире – в задней. Особенностью является неравномерное развитие полушарий мозга, что приближает неандертальцев к людям современного типа. Извилины немногочисленны и слабо развиты.

Около 35 тыс. лет назад в Европе появились первые люди современного типа – *кроманьонцы*. Обнаружение кроманьонца (в 1868 г. во Франции, неподалеку от городка Лес-Эзи) выявило наличие общих характеристик, в большой степени соответствующих *Homo sapiens*.

Наиболее существенные изменения в ходе эволюции человека представлены в схеме.

	Дриопитеки	Австралопитеки	Древнейшие люди	Древние люди	Люди современного типа
Использование различных орудий труда (из камня и других материалов)	 Древесина?				
Объем мозга	(350 см ³ ?)	450 см ³ 750 см ³	850 см ³ 1100 см ³	1400 см ³	Несущественные изменения
Способ передвижения				Несущественные изменения	Несущественные изменения
Анатомические особенности	?			 Несущественные изменения	 Несущественные изменения
	Более 4 000 000 лет	3 000 000 лет	1 500 000 лет	90 000 лет	35 000 лет

Изменения в ходе эволюции человека

Существуют две теории о центрах происхождения человека – *моноцентрическая* и *полицентрическая*. Согласно моноцентрической теории, центром происхождения человека является Центральная Африка, т. к. именно здесь найдено большинство промежуточных форм эволюции человека. Отсюда человек расселился через Азию в другие регионы планеты.

Исходя из второй теории – полицентрической – существует несколько центров происхождения человека на Земле. Подтверждением этого могут служить различные цивилизации высокого уровня развития, существовавшие в разных частях нашей планеты практически в одно и то же время.

Большинство ученых считает, что в настоящее время на Земле существуют разные популяции одного и того же вида – *Homo sapiens*. Он является полиморфным и состоит из различных рас. Расы – это большие группы людей, отличающиеся некоторыми физическими признаками.

В современном человечестве выделяют три основные расы:

1. **Европеоидная** – характеризуется светлым цветом кожи, узким лицом, сильно выступающим прямым носом, прямыми или кучерявыми волосами. К ней относятся представители коренного населения Европы, Южной Азии и Северной Африки. Европеоидная раса подразделяется на подрасы: северную, восточноевропейскую, средиземноморскую, альпийскую и др.

2. **Монголоидная** – отличается плоским широким крупным лицом, узким разрезом глаз, жесткими прямыми волосами, смуглым цветом кожи, обычно сплюснутым и слабо выступающим носом. К ней относятся представители коренного населения Центральной и Восточной Азии, Индонезии, Сибири.

3. **Негроидная** – характеризуется темным цветом кожи, курчавыми волосами, темными глазами, толстыми губами и плоским, широким носом. В ней выделяют две ветви – африканскую и австралийскую.

Расы человека возникли как результат географической и социально-культурной изоляции. В ходе тысячелетней истории древние популяции и группы людей распространились по всему свету, контактируя друг с другом.

Следует отметить, что с точки зрения интеллектуальных способностей все расы одинаковы и подвержены эволюции в равной степени. Представители разных рас встречаются, создают семьи и имеют детей. В настоящее время благодаря массовым миграциям и процессу глобализации происходит смешение различных рас.

Узнай больше!

В 2022 году Нобелевская премия по физиологии и медицине была присуждена шведскому биологу Сванте Паабо, который секвенировал геном неандертальца. Работы исследователя в области генома вымерших гоминидов и эволюции человека привели к появлению новой научной дисциплины – *палеогеномики*.

Благодаря секвенированию ДНК кости, обнаруженной в Сибири, в 2008 году ученый открыл существование прежде неизвестного гоминида – Денисовского человека (*Homo denisovensis*). По мнению исследователя, в ходе эволюции произошла передача 2% генов от вымерших гоминид к *Homo sapiens*.



1 • Дай определение следующим понятиям: *антропогенез, центр происхождения, неантропы*.

2 • Заполни в тетради таблицу.

Таксоны	Название таксономической группы	Характеристика
Царство	Animalia	Гетеротрофные эукариотические организмы с голозойным питанием
Тип	Chordata	-----
Подтип	-----	Наличие позвоночника
-----	-----	Молочные железы, волосы
-----	Primates	Хорошо развитый головной мозг, руки могут захватывать предметы
Семейство	-----	Большой мозг, прямохождение
-----	-----	Высокий лоб, сложенные надбровные складки, развитый подбородочный выступ, ноздри в нижней части носа

3 • Подготовь учебный демонстративный материал, в котором представь возможные пути эволюции человека.

4 • Представь в виде таблицы факторы эволюции человека.

- 5 • Выяви сходства и отличия между факторами эволюции и заполни схему:

Сходства

1. _____
2. _____
3. _____

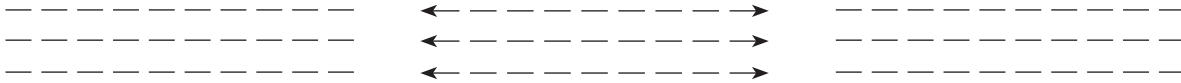
Отличия



Биологические факторы

Критерии

Социальные факторы



- 6 • Представь в виде таблицы доказательства животного происхождения человека.
- 7 • Подготовь презентацию *Power Point* на тему «Происхождение человека», используя различные источники информации.
- 8 • Составь схему этапов развития цивилизации, используя электронные источники информации.
- 9 • Представь аргументы *за* и *против* моноцентрической и полицентрической теорий происхождения человека.
- 10 • Приведи аргументы в пользу утверждения Ф. Энгельса: *Труд создал человека*.

ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

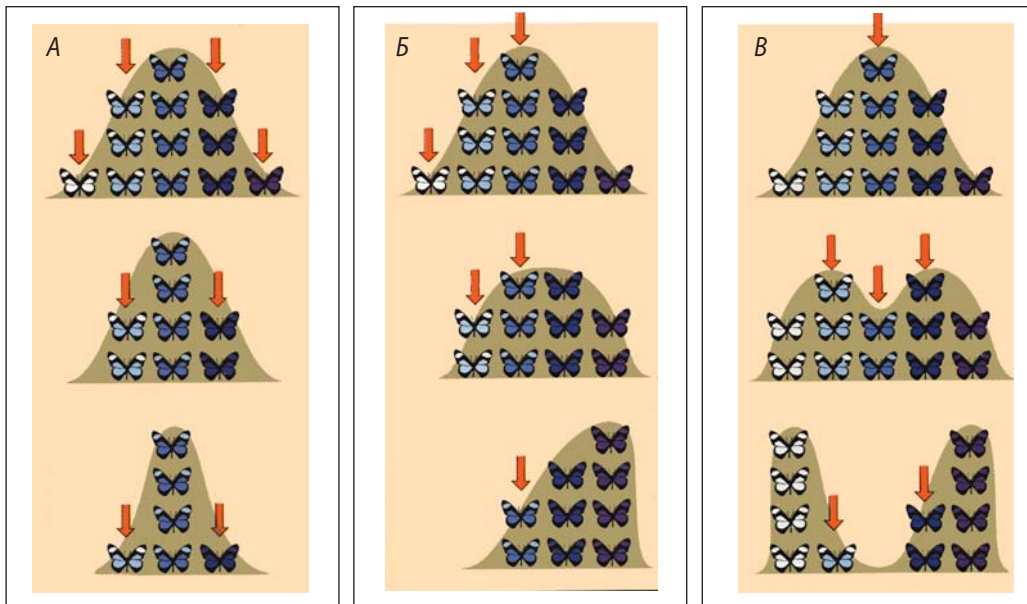
по теме «Эволюция организмов на Земле. Эволюция человека» (реальный профиль) (выполняется в рабочей тетради)

1 Напиши определения следующих понятий: *эволюция, рудименты, атавизмы, естественный отбор, антропогенез.*

2 Перепиши в тетрадь таблицу о систематическом положении человека и заполни ее, приведя не менее 4 таксонов в иерархической последовательности.

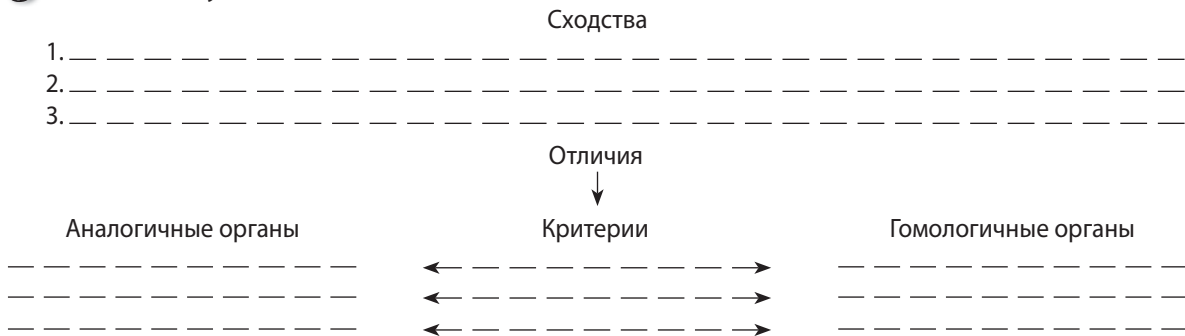
Таксоны	Название таксономической группы	Характеристики

3 Назови формы естественного отбора, представленные в схеме, и охарактеризуй каждую из них.



4 Представь в таблице по 3 примера адаптации к факторам среды (температуре) растений и животных в твоём населенном пункте.

5 Заполни схему.



6 Назови не менее 3 условий, которые, по твоему мнению, необходимы для зарождения и поддержания жизни. Ответ аргументируй на основе метода *SWOT*.

РЕАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

Матрица оценивания	
Баллы	S_1 – 5 баллов (по 1 баллу за каждый правильный ответ) S_2 – 12 баллов (по 1 баллу за каждый правильный таксон, его название и характеристику) S_3 – 9 баллов (по 1 баллу за каждое верное название, по 2 балла за каждую верную характеристику или по 1 баллу за каждую неполную характеристику) S_4 – 6 баллов (по 1 баллу за каждый правильный пример адаптации: 3 – для растений и 3 – для животных) S_5 – 9 баллов (по 1 баллу за каждый верный критерий сходства; по 2 балла за каждую пару отличий; по 1 баллу за каждую пару отличий без указания критерия) S_6 – 9 баллов (по 1 баллу за каждое условие; по 2 балла за каждую полную правильную аргументацию; по 1 баллу за каждую частичную аргументацию)

Шкала оценивания

Баллы	15,1 – 19,99	20 – 25,99	25 – 29,99	30 – 34,99	35 – 39,99	40 – 44,99	45 – 50
Оценка	4	5	6	7	8	9	10

КОМПЕТЕНЦИИ

РЕАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

- Выявление уровней интеграции и организации живой материи.
- Определение понятий: популяция, биоценоз, биосфера, экосистема, пищевая цепь, пищевая система, экологическая пирамида.
- Описание уровней организации живой материи.
- Анализ пищевых цепей разных экосистем.
- Установление связей между различными организмами в пределах одной экосистемы.
- Идентификация природных и искусственных экосистем.
- Сравнение различных типов экосистем.
- Распознавание факторов загрязнения окружающей среды.
- Аргументация необходимости охраны окружающей среды.
- Оценка роли живых организмов в круговороте веществ в природе.
- Оценка последствий глобального потепления.
- Планирование действий по сохранению разнообразия растений и животных.

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение разнообразия живого мира и обеспечение его долговременного и стабильного развития являются первостепенными задачами современности. От решения этих глобальных проблем зависит благополучие будущих поколений и возможность пользоваться богатствами природы. Поэтому для вас, как представителей молодого поколения планеты, крайне важно знание особенностей взаимодействия организмов с окружающей средой, понимание роли человека в охране наземных и водных ресурсов. От отношения каждого из нас к природе зависит ее процветание и поддержание в ней динамического равновесия.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

- 4.1. Уровни интеграции и организации живой материи
 - 4.2. Организация живой материи
 - 4.3. Природные экосистемы. Наземная экосистема
 - 4.4. Природные экосистемы. Водная экосистема
 - 4.5. Искусственные экосистемы. Агробиоценозы
 - 4.6. Цепи питания и экологические пирамиды
 - 4.7. Динамическое равновесие в экосистеме
 - 4.8. Загрязнение атмосферы и ее охрана
 - 4.9. Загрязнение водной среды и ее охрана
- Итоговый тест

КОМПЕТЕНЦИИ

Гуманитарный профиль

- Выявление уровней интеграции и организации живой материи.
- Определение понятий: популяция, биоценоз, биосфера, экосистема, пищевая цепь, пищевая система, экологическая пирамида.
- Анализ пищевых цепей разных экосистем.
- Установление связей между различными организмами в пределах одной экосистемы.
- Идентификация природных и искусственных экосистем.
- Сравнение различных типов экосистем.
- Планирование действий по сохранению разнообразия растений и животных.

СОДЕРЖАНИЕ

Гуманитарный профиль

- 4.1. Уровни интеграции и организации живой материи
 - 4.2. Организация живой материи
 - 4.3. Природные экосистемы. Наземная экосистема
 - 4.4. Природные экосистемы. Водная экосистема
 - 4.5. Искусственные экосистемы. Агробиоценозы
 - 4.6. Цепи питания и экологические пирамиды
 - 4.7. Динамическое равновесие в экосистеме
- Итоговый тест

ГЛАВА 4

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Уровни интеграции и организации живой материи

Материя в природе не распределена случайным образом, а существует в виде материальных тел. Для живой материи характерны некоторые особенности, среди которых:

- **организация** – построение комплекса элементов, взаимодействующих друг с другом и подчиняющихся целому (совокупность органов, участвующих в пищеварении, образует пищеварительную систему; совокупность жизненно важных систем составляет организм);
- **структура** – способ внутренней организации системы, в которой устанавливаются определенные связи (например, каждая составная часть пищеварительной системы – ротовая полость, желудок, кишечник, печень – имеют определенное строение; каждый организм характеризуется определенным строением, обусловленным уровнем организации);
- **функция** – активность структурного элемента, направленная на поддержание целостности (каждый орган пищеварительной системы выполняет одну или несколько функций, обеспечивающих расщепление питательных веществ; каждая система органов выполняет определенную функцию, обеспечивающую существование организма).

Для живой материи характерны уровни интеграции и уровни организации.

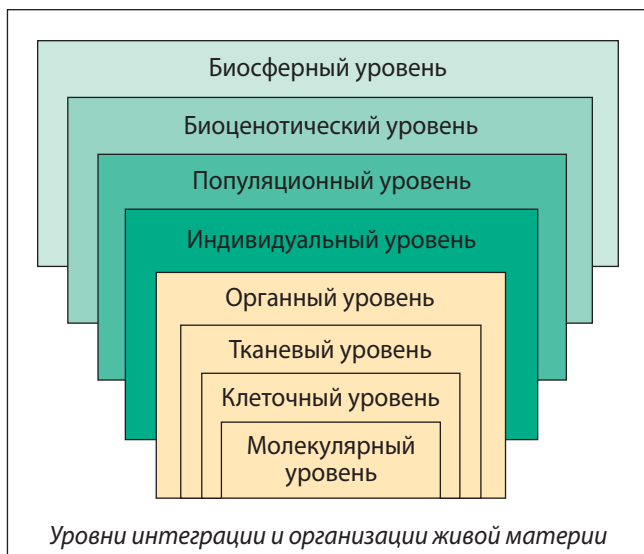
Уровни интеграции отражают определенные качества материи. Они представлены как неживыми системами (атомы, ионы, молекулы), так и живыми системами (клетки, ткани, органы). На этих уровнях жизнь можно исследовать, хотя она не существует самостоятельно, т. к. не наблюдаются все свойства живого. К этим уровням относятся:

- *молекулярный уровень* (представлен молекулами ДНК и белков в пределах одной клетки);
- *клеточный уровень* (представлен различными типами клеток в ткани);
- *тканевой уровень* (представлен разными типами тканей в органе);
- *органный уровень* (представлен разными органами в рамках организма).

Изолированные культуры клеток и тканей можно поддерживать вне организма (*in vitro*) длительное время. Однако эти системы не могут существовать независимо, т. к. не обладают всеми свойствами живого (например, саморегуляцией, самовоспроизводством и др.).

Уровни интеграции важны в организации жизни, но только те из них, которые имеют универсальный характер, составляют **уровни организации**. Для них характерна специфическая организация, свойственная только биологическим системам, проявляющим все свойства живой материи.

Уровнями организации живой материи являются следующие:



- *индивидуальный уровень* представлен отдельными особями, одноклеточными (амеба, инфузория-туфелька, хлорелла и др.) и многоклеточными (горох, картофель, волк, обезьяна и др.);
- *популяционный уровень* (или видовой) представлен популяцией из особей или другими формами существования вида (прайд у львов, косяк у рыб, табун у лошадей);
- *биоценоотический уровень* представлен различными биоценозами (водными, наземными и др.);
- *биосферный уровень* представлен биосферой Земли, в основе существования которой лежат биогеохимические круговороты материи и энергии.

Жизнь очень сложна и многообразна. Основными свойствами живых организмов являются:

1. Генетическая программа

Это совокупность наследственной информации, накопленной в ходе эволюции и обеспечивающей существование вида в определенных условиях окружающей среды. Эта информация хранится и реализуется при участии нуклеиновых кислот (ДНК и РНК). Точные механизмы реализации генетической программы обеспечивают непрерывность и преемственность особи, вида и т. д.

Программы делятся на:

- а) *программы, обеспечивающие существование самих организмов* (добыча пищи, защита от врагов, адаптация к факторам среды);
- б) *программы, обеспечивающие существование структурных элементов организмов* (программы клеточных органоидов, клеток, тканей и т. д.);
- в) *программы, обеспечивающие более высокий уровень развития, иногда во вред отдельным организмам* (некоторые виды рыб мигрируют во время нереста и погибают после этого, служа кормом для мальков).

2. Самовоспроизводство

Самовоспроизводство заключается в способности живых организмов производить себе подобных. Организмы размножаются двумя основными путями: *бесполом* (фрагментами мицелия, почкованием, спорами, видоизмененными корнями и стеблями) и *половым* (при слиянии специализированных клеток – гамет). При бесполом размножении обычно образуются идентичные потомки, в то время как потомство, полученное при половом размножении, отличается разнообразием и сочетает признаки обоих родителей.

Тип размножения зависит от многих факторов: уровня развития организма, длительности жизненного цикла, пролиферативности, адаптации к условиям среды и др.

3. Целостность

Это свойство живых организмов обеспечивает их существование как целостной системы во взаимодействии с внешней средой. При этом индивидуальность каждого из элементов этой системы сохраняется. Например, организм человека – это целостная система, состоящая из органов, выполняющих разные функции. Биоценоз также функционирует как целостная система благодаря своим основным элементам: продуцентам, консументам и редуцентам.

4. Гетерогенность

Гетерогенность обеспечивает структурное и функциональное разнообразие биологических систем. Являясь единым целым, каждая биологическая система состоит из многочисленных идентичных или отличающихся элементов, которые обеспечивают ее существование. Гетерогенность способствует адаптации системы, независимо от уровня ее организации (разнообразие органов растений и животных; возрастное и половое разнообразие в популяции).

Гетерогенность определяет установление динамического равновесия. Исходя из этого, гетерогенность не может быть абсолютной.

5. Динамическое равновесие

Динамическое равновесие биологических систем обусловлено непрерывным обменом материи и энергии с окружающей средой, в результате чего обеспечивается постоянное самообновление. Оно сочетает в себе две противоположные характеристики – стабильность и изменчивость.

Это свойство обеспечивает организацию биологических систем за счет уменьшения энтропии.

6. Саморегуляция

Биологические системы самостоятельно поддерживают динамическое равновесие, обеспечивая контроль и координацию протекающих в них процессов. На разных уровнях организации живой материи существуют различные механизмы саморегуляции, в основе которых лежит принцип обратной связи (*feedback*). На индивидуальном уровне саморегуляция находится под контролем нервной и эндокринной систем, на уровне биоценоза обеспечивается трофическими связями и др.

7. Информационный характер

Живая материя имеет информационный характер, т. е. способна принимать, хранить и передавать информацию в рамках биологической системы.

В передаче этой информации участвуют различные стимулы:

- а) *физические* – звуки (у дельфинов), цвета (у рыб, пресмыкающихся) и др.;
- б) *химические* – привлекающие и/или отпугивающие вещества (у насекомых, пресмыкающихся, млекопитающих);
- в) *биологические* – поведенческие реакции (особенно в брачный период у млекопитающих, птиц, рыб, насекомых).

Восприятие информации зависит от уровня организации живых систем.

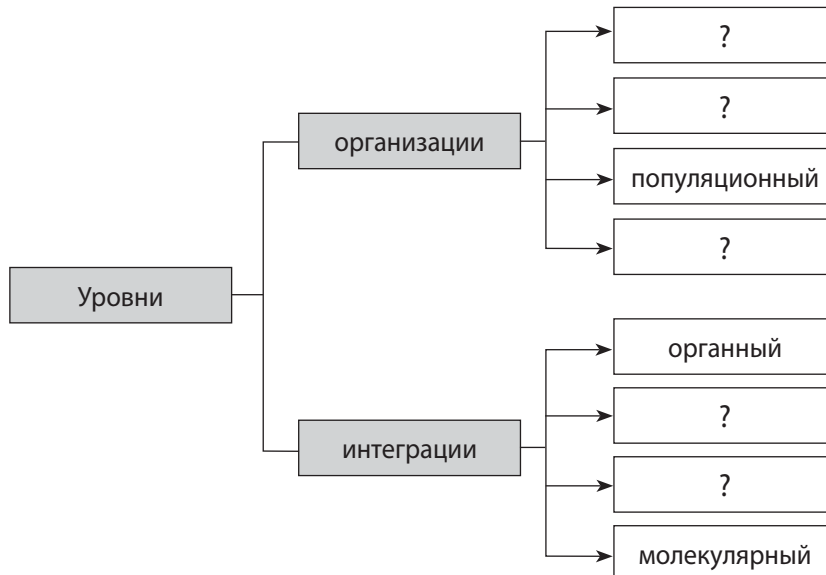
Обычно информация передается с избытком, т. к. не вся она достигает места назначения.

8. Завершенность ответов

Живые организмы способны адекватно отвечать на меняющиеся условия среды, что позволяет им приспособиться к этим условиям.



- 1 • Перерисуй схему в тетрадь и дополни ее недостающей информацией.



- 2 • Перечисли свойства живой материи и опиши их суть. Представь информацию в виде схемы-паука.

- 3** • Составь системную карту, отразив в ней уровни интеграции и организации живой материи на конкретном примере.
- 4** • Заполни в тетради таблицу о системах общения в живом мире, используя дополнительные источники информации (интернет, специальную и художественную литературу), а также собственные наблюдения.

Организм \ Способ общения	Физический	Химический	Биологический
Косули			
Пчелы			
Волки			

- 5** • Исключи лишнее слово и объясни свой выбор:

А клетка, индивид, популяция, биоценоз, биосфера

Б молекулярный, клеточный, тканевой, органный, индивидуальный

- 6** • Прочитай утверждения, которые состоят из двух частей, каждая из которых верна.
- Обведи слово «ДА», если вторая часть объясняет первую, и слово «НЕТ» – если это не так.
 - Запиши верное утверждение. (Задание выполняется в тетради.)

А ДА НЕТ Индивидуальный уровень представляет собой уровень организации живой материи, потому что на этом уровне проявляются все особенности живого.

Б ДА НЕТ В биологических системах информация всегда передается с избытком, т. к. переданная информация способствует адаптации организмов к условиям среды.

- 7** • Приведи 2–3 аргумента в пользу применения вегетативного размножения ценных форм, указав его преимущества и недостатки.
- 8** • Составь по одному ребусу, в которых зашифруй:
- а) высший уровень организации живой материи;
 - б) низший уровень организации живой материи.
- 9** • Укажи последствия нарушения динамического равновесия в наземной или водной экосистеме в твоей местности, используя метод SWOT.

Как отмечалось выше, жизнь может существовать на различных уровнях организации. Элементарный уровень организации живой материи представлен особью (организмом). Разнообразные связи организма с внешней средой обеспечивают его существование. Ни один организм не может существовать независимо от факторов среды. Пространство, в котором живет организм, и комплекс экологических факторов, влияющих на него, образуют **среду обитания**.

Адаптивная способность организмов существенно увеличивается с повышением уровня организации, в частности на популяционном, биоценозном и биосферном уровнях. Наряду с индивидуальными приспособлениями у организмов формируются групповые приспособления.

Совокупность особей одного вида, обладающих сходными морфологическими и физиологическими признаками, заселяющих определенную территорию ареала вида и свободно скрещивающихся между собой, называется **популяцией**.

Особенности каждой популяции определяются природой вида, миграцией особей, источниками питания, климатическими факторами, внутри- и межвидовыми связями, уровнем приспособленности организмов и др.

Для популяций характерны следующие отличительные особенности:

1. **Ареал** – специфическая область, занимаемая особями данной популяции. В пределах ареала размеры популяции определяются многими факторами, среди которых: особенности перемещения особей, источники пищи и др. Например, некоторые животные (олени, бизоны, дикие утки) в определенные сезоны могут мигрировать на сотни и тысячи километров, в то время как другие организмы (большинство растений, кораллы, актинии) не меняют исходного ареала.

Выбор территории популяции зависит от географических факторов (реки, горные цепи, болота), источников пищи, специализации организмов и др.

2. **Численность** – общее количество особей на одной территории. Численность популяции зависит от различных факторов, среди которых: особенности вида, источники пищи, забота о потомстве, адаптивность организмов, сезонные изменения, плодовитость организмов и др. Некоторые популяции состоят из нескольких десятков особей (например, популяции львов), а другие исчисляются тысячами (например, популяции рыб, насекомых).

3. **Плотность популяции** – число особей на единицу площади или объема среды. Она отражает соотношение между численностью и ареалом популяции. Плотность популяции измеряется в количестве особей или биомассе на единицу площади (км^2 , га) или объема (м^3).

4. **Рождаемость** – количество особей, родившихся в определенный промежуток времени. На рождаемость оказывают влияние: соотношение полов, число взрослых особей, длительность жизненного цикла, соотношение между репродуктивным периодом и продолжительностью жизни, плодовитость организмов (например, сельдь откладывает до 40 тыс. икринок, сом – до 1500, а акула – всего несколько штук), забота о потомстве, климат, наличие хищников и др.

5. **Смертность** – количество особей, умерших в определенный промежуток времени. Смертность является характеристикой, противоположной рождаемости, но зависит от тех же факторов среды. Причиной массовой гибели в популяции могут быть хищники, паразиты и различные инфекционные болезни. Уровень смертности неодинаков на различных этапах онтогенеза. Наиболее уязвимыми являются детеныши. Они подвергаются наибольшей опасности. Взрослые особи более устойчивы и приспособлены к условиям окружающей среды.

6. **Численный рост популяции** – соотношение между рождаемостью и смертностью; может быть положительным или отрицательным.

7. **Темпы роста** – среднее количественное прибавление в единицу времени.

Темпы роста популяций варьируют от вида к виду. Графически темпы роста можно представить в виде кривой, которая включает период адаптации, период экспоненциального роста и период покоя. Если рождаемость не превышает смертность, это может поставить под угрозу существование данной популяции.

8. **Половая структура** – соотношение между особями мужского и женского полов в популяции. Пол организмов также является генетически обусловленным признаком и, как правило, соотношение полов в популяции составляет 1:1. Однако в природе соотношение полов зависит не только от генетических закономерностей, но и от факторов внешней среды. Оно может изменяться в сторону преобладания самок (например, у ондатры, фазана, синицы) или самцов (у пингвинов, летучих мышей).

9. **Возрастная структура** – соотношение между особями разного возраста.

Возрастная структура определяется биологическими особенностями вида, действием факторов внешней среды.

Популяция, которая содержит особи всех возрастных категорий, называется *полной популяцией*, а в случае отсутствия особей какого-либо возраста – *неполной*. Полные популяции характеризуются стабильностью, независимостью и высоким уровнем саморегуляции. Особая роль в популяции принадлежит особям, достигшим половой зрелости и способным к размножению. Путем воспроизведения обеспечивается восстановление и поддержание численности популяции.

10. **Этологическая (поведенческая) структура** популяции отражает соотношение особей, различающихся по образу жизни и комплексу поведенческих реакций.

Некоторые способы жизни организмов показаны на представленных ниже изображениях.



Способы жизни животных

Живые организмы, населяющие определенную территорию, не изолированы друг от друга, а взаимодействуют, образуя единое целое. Сообщества растений, животных, грибов и микроорганизмов, тесно связанных между собой, образуют **биоценоз** (от лат. *bios* – жизнь, *koinos* – совместно), а участок суши (воды), заселенный представителями биоценоза, называется **биотопом** (от лат. *bios* – жизнь, *topos* – место).

Биоценоз является более высоким уровнем организации, чем популяция. Он состоит из организмов разных видов, которые прямо или косвенно обеспечивают существование биоценоза. Размеры биоценоза зависят от входящих в его состав видов и варьируют в широких пределах: от ствола дерева до целого леса, от лужи до моря и т. д.

Биоценозы, независимо от их природы (*естественный* – водный бассейн, лес и др.; *искусственный* – сад, пшеничное поле и др.) и размеров, характеризуются общностью организации.



Примеры биоценозов



Структура биоценоза

- **Основные структурные элементы**

1. *Продуценты* – организмы, синтезирующие необходимые для существования биоценозов вещества. В большинстве естественных биоценозов основными продуцентами являются фотосинтезирующие организмы: сосудистые растения в наземных биоценозах и водоросли – в водных.

2. *Консументы* – организмы, потребляющие органические вещества и обеспечивающие их последовательное преобразование. К консументам относятся различные виды животных, в том числе и человек. Вследствие адаптации к условиям жизни они отличаются большим разнообразием и делятся на:



- 2.1. *первичные консументы* – животные, употребляющие растительную пищу (травоядные);
- 2.2. *вторичные консументы* – животные, питающиеся травоядными (плотоядные);
- 2.3. *третичные консументы* – животные, которые питаются травоядными и/или плотоядными (например, хищные птицы).

В зависимости от источника используемой пищи различают два основных типа консументов: *биофаги* (употребляют живую пищу, например, личинки некоторых насекомых) и *сапрофаги* (питаются мертвым органическим веществом, например, некоторые грибы).

3. *Редуценты* – организмы, которые разлагают органические вещества. К ним относятся микроорганизмы (плесневые грибы, бактерии), некоторые животные и растения, которые разлагают выделения животных, остатки мертвых растительных и животных организмов.



• Основные группы организмов

1. *Автотрофные организмы*. Эти организмы синтезируют органические вещества из неорганических. Основными автотрофами являются зеленые растения, которые, используя энергию солнца и неорганические вещества (CO_2 , H_2O), образуют органическую биомассу и тем самым обеспечивают существование биоценоза. Эти организмы называют фотоавтотрофами (помимо зеленых растений, в эту группу входят и фотосинтезирующие водоросли и бактерии, использующие CO_2 , H_2S для синтеза органических веществ).

К автотрофным организмам относятся также некоторые почвенные бактерии, которые используют для синтеза органических веществ энергию химических реакций (окисление серы, железа, азота). Эти хемоавтотрофные бактерии были открыты русским ученым А. Н. Виноградским.

В условиях темноты и недостатка или отсутствия кислорода бактерии являются единственными организмами, способными синтезировать необходимые для существования биоценозов вещества.

2. *Гетеротрофные организмы*. Им свойственно использовать готовые органические вещества, синтезированные другими организмами. К гетеротрофам относятся животные, грибы и большинство бактерий. Они могут также использовать органические вещества других организмов, паразитируя на них (паразиты) или разлагая их остатки (сапрофиты).

Большое разнообразие гетеротрофных организмов объясняется высокой адаптивностью организмов и заселением различных экологических ниш.

• Основные показатели биоценоза

1. *Численность* – совокупность особей (видов), населяющих данный биотоп. Она зависит от видового состава биоценоза, уровня приспособленности, специализации организмов, площади занимаемой территории и др. Численность можно определить по числу особей (видов) на единицу площади, которая совпадает с ареалом биоценоза. Этот показатель может отражать неоднородность среды обитания, обусловленную благоприятными условиями жизни.

2. *Биомасса* – общее количество органического вещества особей (видов), образующих биоценоз. Она выражается в единицах веса (кг, тонны) на единицу площади (м^2 , га). Значительная часть биомассы биоценозов приходится на высшие растения.

3. *Продуктивность* – количество органического вещества, образованного в единицу времени. Она определяется биосинтетической активностью основных продуцентов – растений.

Продуктивность биоценоза обеспечивает обновление органической биомассы, причем обновление происходит намного быстрее в водных биоценозах, чем в наземных.

Часть оболочки земного шара, населенная живыми организмами, образует **биосферу**. Она включает литосферу, атмосферу и гидросферу. Благодаря биогеохимическому круговороту веществ каждые 8 лет происходит обновление биомассы. При этом растительная масса суши обновляется медленнее (каждые 14 лет), в то время как органическая масса океанов обновляется каждые 33 дня, а растительная – ежедневно.



- 1 • Напиши определения понятий *среда обитания, популяция, биоценоз, биосфера*.
- 2 • Перечисли 4–5 характеристик популяции, объяснив одним предложением суть каждой из них.
- 3 • Прочитай приведенные ниже утверждения и обведи букву *И*, если высказывание истинно, и букву *Л*, если оно ложно. Если ты обвел(а) букву *Л*, напиши правильный вариант. (Задание выполняется в тетради.)

А И Л Циклические популяции отражают распределение животных в пределах ареала в зависимости от источника пищи и убежища.

Б И Л Экологические популяции представляют собой популяции, которые воспроизводятся половым путем в результате свободного скрещивания особей.

- 4 • Соедини стрелками типы основных элементов биоценоза из колонки *А* с соответствующими им примерами организмов из колонки *Б*. (Задание выполняется в тетради.)

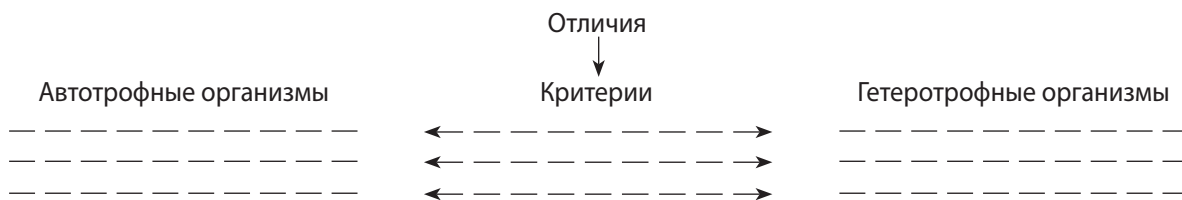
А

_____ а) первичные консументы
 _____ б) вторичные консументы II порядка
 _____ в) третичные консументы
 _____ г) вторичные консументы I порядка
 _____ д) первичные консументы

Б

1) ястреб
 2) травянистые растения
 3) синицы
 4) клопы
 5) пауки
 6) шмели
 7) ласточки

- 5 • Составь схему, в которой отрази разнообразие индивидов популяции.
- 6 • Заполни в тетради следующую схему.



- 7 • Объясни в 5–7 предложениях, почему для защиты биосферы необходимо поддержание биологического разнообразия.
- 8 • Подготовь сообщение об акклиматизации пятнистого оленя или зубра в лесах Молдовы, указав преимущества и риски этого процесса.
- 9 • Прочитай следующее утверждение:
Во многих сельскохозяйственных регионах сжигание стерни (остатков стеблей злаков) после сбора урожая является обычной практикой, однако это имеет отрицательные последствия для популяций организмов в экосистеме.
 - Предложи 3 решения для использования растительных отходов после сбора урожая.

Экосистема – это единый экологический комплекс, образованный на основе взаимодействия живых организмов и биотических факторов среды (температура, атмосферные осадки, естественная радиация, ветер и др.). Таким образом, экосистема состоит из совокупности видов (*биоценоз*), населяющих определенную территорию (*биотоп*): экосистема = биотоп + биоценоз.

Понятие **биоценоз** было введено в 1877 году немецким ученым-гидробиологом К. А. Мёбиусом и означает сообщество видов растительных и животных организмов, населяющих определенную территорию (ограниченную среду) и взаимодействующих между собой. Термин **биотоп** был предложен немецким ученым К. Ф. Далем в 1908 году для обозначения места обитания биоценоза.

В 1933 году английский геоботаник А. Д. Тэнсли ввел понятие **экосистемы** для обозначения элементарной единицы биосферы, образованной из среды обитания (биотопа) и совокупности растений и животных (биоценоза). Между биотопом и биоценозом постоянно происходит обмен веществом и энергией.

Каждая экосистема характеризуется определенными составными элементами (фауной, флорой, физико-химическими факторами); структурой (распределением в пространстве); размерами (границами ареала); функциональностью (взаимосвязью между элементами).

Экосистемы классифицируют по следующим критериям:

- **Размер:**
 - микроэкосистема (дерево);
 - мезоэкосистема (лес);
 - макроэкосистема (океан);
 - экосфера (планета Земля).
- **Среда обитания:**
 - наземные (на суше);
 - водные (в водоемах);
 - подземные (в пещерах).
- **Происхождение:**
 - естественные (тропические леса, пустыни, реки и др.);
 - полустественные (природные заповедники, парки и др.);
 - искусственные (злаковые поля, сады, озера и др.).

Распределение составляющих элементов в пространстве и во времени определяет структуру экосистемы. В ее состав входят:

- структура биотопа (отражает разнообразие видов в зависимости от физической среды);
- пространственная структура (отражает распределение элементов экосистемы в пространстве);
- биоценотическая структура (отражает связи между организмами разных видов);
- биохимическая структура (отражает связи между организмами посредством продуктов метаболизма);
- трофодинамическая структура (отражает движение потока вещества и энергии).

Наземные экосистемы отличаются наибольшим разнообразием по составу. Переход к сухопутному образу жизни обусловил появление у растений и животных различных приспособлений. В основе дифференциации наземной экосистемы лежит разнообразие растительности при наличии доминирующих видов.

Элементами горизонтальной структуры наземных экосистем являются **консорции** и **синусии**.

Консорции представляют собой небольшие группы организмов, которые не могут существовать друг без друга.

Синузии – это комплекс консорциев, объединяющий много популяций.

Вертикальная структура наземных экосистем представлена ярусами, которые характеризуются природой растительности (видовым разнообразием), но отражают и особенности почвы и фауны. Каждый ярус является компонентом одной целостной системы и не может существовать независимо. В пределах каждого яруса как растения, так и животные адаптируются к условиям жизни. Деление экосистемы на ярусы часто является условным, т. к. между ярусами постоянно происходит обмен веществом и энергией (опадение листьев и плодов, миграция насекомых и птиц и др.).



Ярусность хорошо видна в лиственных лесах, характерных для нашей местности. В этих лесах можно выделить:

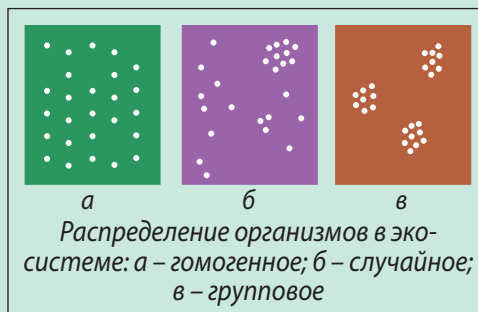
1. *Почвенный ярус*, образованный корнями растений, многочисленными членистоногими, микроорганизмами и др.;
2. *Надпочвенный ярус*, представленный травяным и моховым покровами, включает также грибы, членистоногих, пресмыкающихся и некоторых млекопитающих;
3. *Верхний ярус*, образованный деревьями и кустарниками; в его состав также входят птицы, млекопитающие и др.

В пределах наземных экосистем существует определенное распределение организмов, которое может быть:

- *гомогенным* – организмы находятся на равном расстоянии друг от друга (редко встречается в природных популяциях);
- *случайным* – организмы распределяются случайным образом по отношению друг к другу;
- *групповым* – организмы собраны в сообщества.

Особенности наземных экосистем определяются в значительной степени типом растительности и животных, которые влияют на них различными путями (*рытьем, уничтожением семян, изменением почвы*).

Состояние растительного покрова зависит от некоторых насекомых и грызунов. Различные виды животных питаются семенами и обеспечивают их распространение, но в то же время уничтожают запасы семян, необходимые для восстановления растительности. В этот разрушительный процесс вносят свой вклад и многочисленные плесневые грибы, поражающие семена.



Животные активно участвуют в преобразовании почвы, например, роя подземные тоннели, откладывая запасы корма или разлагая остатки растений и животных.

Каждая экосистема состоит из двух компонентов – *первичной* и *вторичной продукции*. Первичная продукция обеспечивается растениями, благодаря синтезу органических веществ из неорганических. Вторичная продукция представляет собой биомассу, образованную гетеротрофными организмами в процессе потребления органических веществ.

Чистая первичная продукция (количество биомассы, полученной в результате фотосинтеза, за исключением потерь для поддержания метаболизма) варьирует в разных экосистемах (см. таблицу).

Чистая первичная продукция некоторых наземных экосистем

Тип экосистемы	Первичная продукция (граммы сухого вещества/м ² /год)
Жаркая пустыня	3
Заросли кустарников в пустыне	70
Тундра	140
Хвойный полярный лес	520
Пастбище умеренных широт	560
Тропическое пастбище	700
Смешанный лес умеренного климата	1000
Хвойный лес	1500
Тропический лес	2000

Первичная продукция наземных экосистем, в отличие от водных, зависит от количества видов растений и целого ряда факторов, среди которых количество атмосферных осадков, температура окружающей среды, межвидовые и внутривидовые связи, способность к саморегуляции и др.

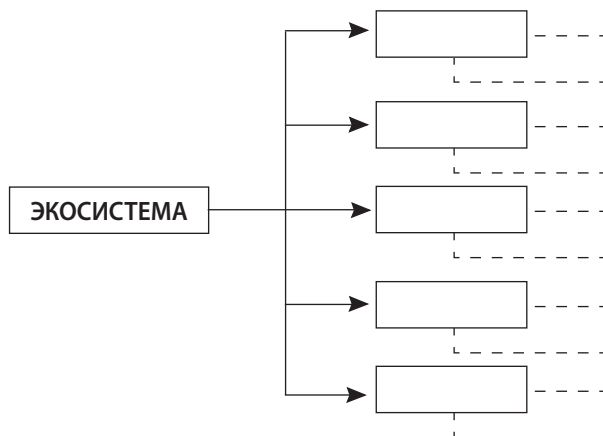
В наземных экосистемах количество биомассы и разнообразие видов увеличивается от полюсов к экватору Земли. Например, в тундре существует около 500 видов растений, в степной зоне – до 2000 видов, а в тропических лесах их уже более 8000 видов (см. схему).



В наземных экосистемах каждый организм занимает определенную *экологическую нишу* – комплекс взаимодействующих биотических и абиотических факторов. Благодаря этому растения и животные в этих экосистемах сосуществуют, рационально используя ресурсы своего биотопа. Так появились различные адаптации к источнику пищи, влажности среды, продолжительности дня, температуре и т. д., которые помогают им выживать в соответствующих условиях обитания.



- 1 • Напиши определения понятий: *экосистема, биотоп, биоценоз*.
- 2 • Представь в виде структурированной логической схемы типы экосистем, используя не менее 3 критериев.
- 3 • Перерисуй в тетрадь схему и заполни ее, вписав:
а) в прямоугольники из сплошных линий – тип структуры экосистемы;
б) в прямоугольники из пунктирных линий – краткую характеристику типа.



- 4 • Представь графически компоненты вертикальных слоев наземно-воздушной экосистемы.
- 5 • Представь в виде кругов Эйлера связи между следующими понятиями: *экосистема, консорции, синузии*. (Приведи примеры экосистем в твоей местности.)
- 6 • Изобрази типы распределения организмов в экосистеме, расположенной вблизи школы или в твоей местности. Укажи причины, определяющие каждый тип распределения организмов.
- 7 • Разработай план действий по улучшению состояния одной из наземных экосистем в твоей местности.
- 8 • Прочитай следующее утверждение:
Вырубка лесов приводит к серьезным отрицательным последствиям на местном, региональном и глобальном уровнях.
 - Предложи меры для решения этой проблемы на местном уровне.

Вода покрывает до 70% поверхности Земли, поэтому водные экосистемы занимают намного большую площадь, чем наземные.

Водные экосистемы характеризуются рядом особенностей:

• **Высокая плотность воды и значительные перепады давления**

Плотность воды определяет перемещение водных организмов и изменение давления, которое возрастает с глубиной (1 атм на каждые 10 м). Водные животные (гидробионты) могут выдерживать давление до 400–500 атм (рыбы, ракообразные, моллюски).

• **Пониженное содержание кислорода (в сравнении с наземными экосистемами)**

В водных бассейнах кислород существует в виде растворенного в воде газа (O_2). Он необходим для жизнедеятельности рыб, зоопланктона. При недостатке кислорода животные задыхаются и погибают. Критической для большинства водных животных является концентрация меньше 3 мг/л.

Поскольку тёплая вода содержит меньше кислорода, чем холодная, жаркий период особенно опасен для рыбы и зоопланктона, поскольку концентрация растворенного кислорода в воде значительно уменьшается. Например, при температуре 4°C концентрация кислорода в воде составляет 13,1 мг/л, а с повышением температуры до 25°C она сокращается до 8,3 мг/л.

• **Неравномерное распределение света в водных слоях**

В водной среде гораздо меньше света, чем в воздухе. Лишь часть солнечных лучей поглощается водой, причем количество света быстро уменьшается с глубиной. Поэтому большинство водных животных сосредоточено на поверхности или на небольшой глубине (*планктон*).

• **Специфический солевой режим**

Водные животные приспособились к определенному солевому режиму. Пресноводные формы не могут жить в морях, а морские – не переносят пресной воды. Лишь редкие формы могут существовать как в соленой, так и в пресной воде. Они встречаются, например, в устьях рек.

• **Колебания температуры**

Температура воды зависит от количества солнечной энергии, поглощенной водой, воздухом и поверхностью Земли. Чем больше солнечной энергии поглощается, тем выше температура воды. Температура воды растет также и в местах сброса сточных вод. В результате испарения с поверхности водного бассейна температура воды в поверхностном слое может уменьшаться.

Температура влияет на разнообразие животных и растений, населяющих водный бассейн. Зимой в водоемах растительности практически нет, в то время как весной и летом, когда температура воды повышается и на поверхность поднимаются богатые питательными веществами бентосные слои, озера «зацветают». Перемещение слоев воды наблюдается и осенью. В результате повышения температуры весной начинают быстро развиваться одноклеточные организмы. Многие рыбы откладывают икру в теплое время, когда температура воды увеличивается и повышается количество питательных веществ. Этого не наблюдается в маленьких озерах, где вода смешивается в течение года. Однако резкое повышение температуры может привести к гибели некоторых видов рыб, предпочитающих холодную воду с высоким содержанием кислорода (например, форели).

• **Кислотность воды (pH)**

Водные бассейны характеризуются определенным уровнем pH. Чистая природная вода имеет уровень pH от 5 до 6. Самой чистой водой на Земле считается дождевая, но и она обладает определенной кислотностью, которая обусловлена растворенным в этой воде углекислым газом. Значение pH для кислотных дождей равно 4, а pH тумана в городской черте может приближаться к 2. В большинстве рек и озер pH варьирует от 6,5 до 8,5. В регионах, богатых минеральными соединениями,

встречаются водные бассейны с более кислым pH. Разработка и функционирование шахт также могут стать причиной увеличения кислотности в близлежащих водных бассейнах в связи с сбросом в них отходов производства.

Жизнедеятельность водных организмов в большой степени зависит от pH воды. Так, саламандры, лягушки и другие земноводные чувствительны к повышению pH, а большинство насекомых, земноводных и рыб не выживают при уровне pH меньше 4.

• Концентрация частиц и прозрачность воды

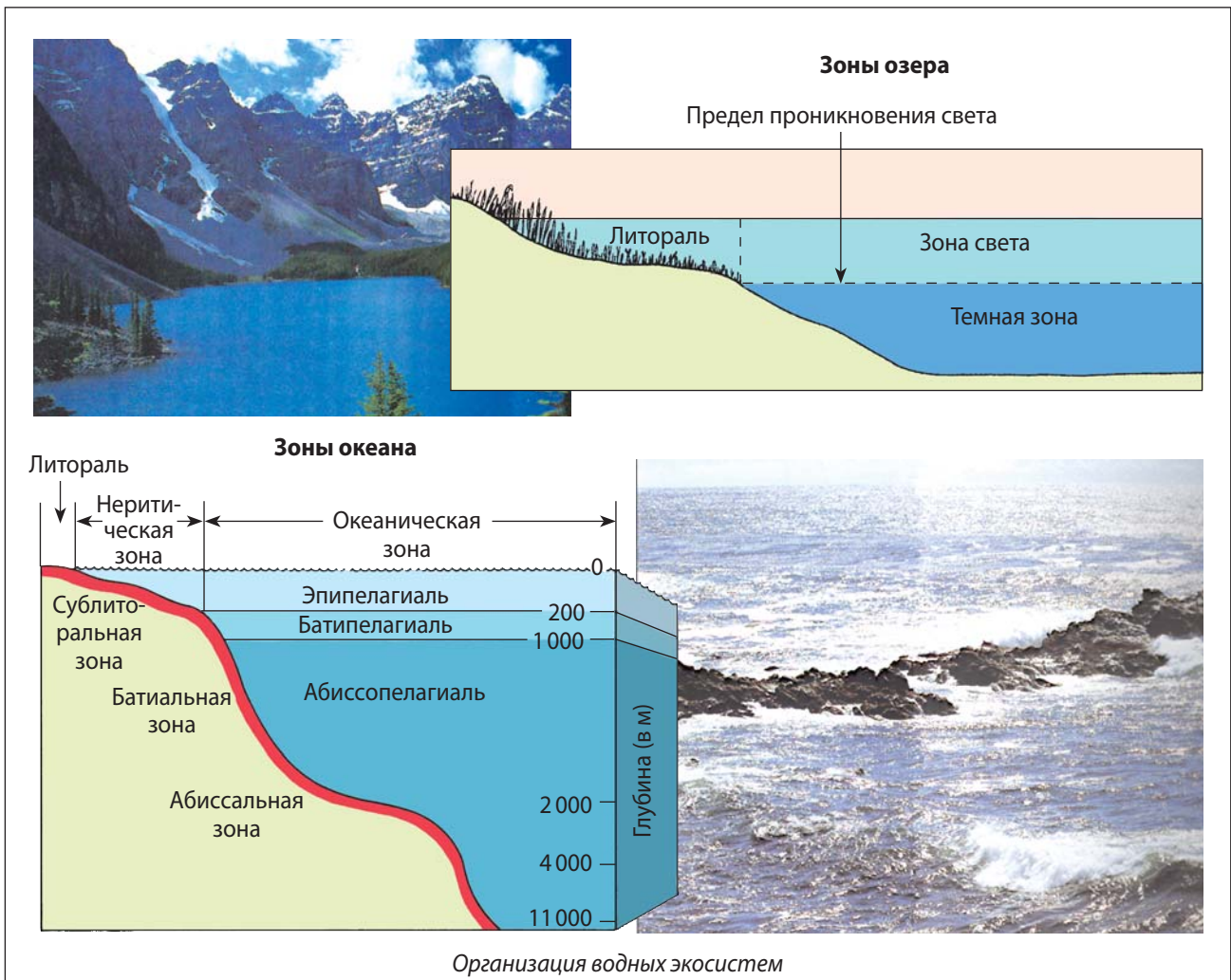
Прозрачность воды уменьшается с возрастанием концентрации частиц и плотности водорослей. Она зависит также от присутствия различных бактерий, фитопланктона и других организмов, химических веществ, растительных остатков и др.

Прозрачность воды в естественных водоемах обычно составляет от одного до нескольких метров. Пониженная прозрачность воды (менее одного метра) может быть обусловлена высокой биологической активностью в водоеме, а также высокой концентрацией взвешенных частиц. В очень чистой воде (например, вблизи коралловых рифов) прозрачность может достигать 30–40 метров.

В пределах водных экосистем различают толщу воды (**пелагиаль**) и дно водоема (**бентос**).

Пелагиаль делится на вертикальные слои:

- эпипелагиаль – слой воды глубиной до 200 м;
- батипелагиаль – полутемный слой воды, лишенный зеленых растений;
- абиссопелагиаль – темный слой воды, лишенный зеленых растений.



Бентос делится на следующие зоны:

- литоральная – край берега, затапливаемый во время приливов
- сублиторальная – омывание края материков глубиной до 200 м (в морских экосистемах);
- батимальная – зона крутых склонов;
- абиссальная – образует ложе океана (моря).

Водные экосистемы можно условно разделить на *морские экосистемы* и *внутренние водные экосистемы* материков и островов (озера, реки, устья рек). Последние характеризуются специфической организацией.

Биомасса водных экосистем определяется поверхностным слоем – фитопланктоном, способным к фотосинтезу. Первичная продукция некоторых водных экосистем представлена в таблице.

Первичная продукция водных экосистем

Морские экосистемы	Сухое вещество, г/м ²	Внутренние водные экосистемы	Сухое вещество, г/м ²
Коралловые рифы, Гавайи	70,4	Реки и озера (в среднем)	3,01
Воды, близкие к коралловым рифам	0,127–0,22	Озеро Чад, Сахара	4,62
Литоральные воды Северного моря	0,33–4,4	Озеро Морион, Канада	0,05
Пелагиаль Средиземного моря	0,132–0,11	Олиготрофное озеро, Беларусь	0,22–0,66

В морских экосистемах разнообразие организмов зависит от следующих факторов: температуры, солености, минерального состава, давления, света (для растений). Разные организмы обладают различной выносливостью к изменениям этих факторов.

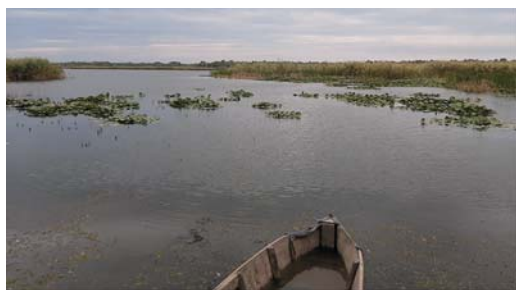
Во внутренних пресных водоемах ограничивающими факторами являются температура, скорость течения воды, концентрация кислорода, углекислого газа, соли и осмотическое давление. Большинство организмов (особенно растения) сконцентрированы в литоральной зоне.

Пресные водоемы с проточной водой характеризуются рядом особенностей:

- течения регулируют и ограничивают распространение некоторых организмов;
- благодаря небольшой глубине происходит постоянный обмен веществ между пелагиальной зоной и бентосом;
- в отсутствие источников загрязнения вода, как правило, богата кислородом.

В зависимости от типа воды водные среды обитания делятся на *стоячие* (А) и *проточные водоемы* (Б).

В пределах каждой водной экосистемы устанавливаются различные пищевые связи между организмами.



А – озеро Белеу



Б – река Днестр

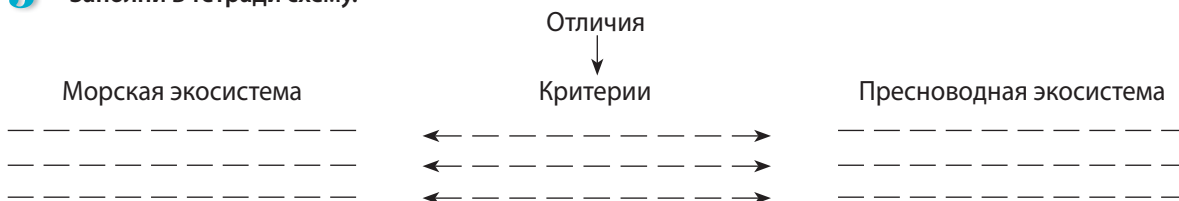


- 1 • Перечисли особенности водной экосистемы.
- 2 • Представь графически вертикальную структуру водоема.
- 3 • Нарисуй в тетради схему одной из водных экосистем твоего края, указав для каждой зоны этой экосистемы примеры продуцентов и консументов.
- 4 • Прочитай приведенные ниже утверждения, которые состоят из двух верных частей.
 - Обведи слово **ДА**, если вторая часть объясняет первую, и слово **НЕТ**, если это не так.
 - Запиши верное утверждение. (Задание выполни в тетради.)

А ДА НЕТ В водных экосистемах разнообразие животных ограничено, т. к. они занимают до 70% поверхности Земли.

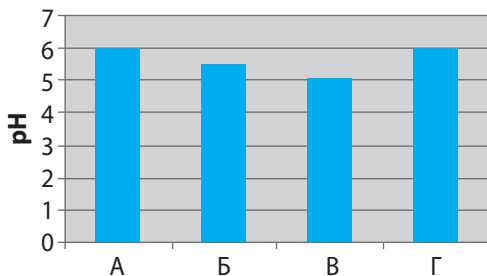
Б ДА НЕТ Подавляющее большинство растений сосредоточено в эпипелагиальной зоне, т. к. на поверхности водоемов вода теплее.

- 5 • Заполни в тетради схему.



- 6 • Проанализируй графики и ответь на вопросы:

Многие виды рыб не могут существовать в условиях pH ниже 3. Представленный здесь график отражает влияние кислотности на жизнедеятельность некоторых видов пресноводных рыб.



Обозначения:

А – радужная форель; В – речная форель;
Б – горная форель; Г – окунь.

- Каков нижний предел pH для горной форели?
- Какой из видов форели (горная или речная) чувствует себя лучше в кислых водоемах? (Ответ аргументируй одним предложением.)
- Какой из видов форели наиболее устойчив к кислому pH воды?
- Икра многих видов рыб более чувствительна к пониженному pH, чем взрослые особи. Как это может влиять на популяции рыб пресных водоемов? (Ответ аргументируй 2–3 предложениями.)

- 7 • Используя информацию под штрихкодом QR 4.4.1, представь 4–5 правил ухода за водоемом.
- 8 • Объясни приспособления попавшей в пресноводный водоем морской рыбы.
- 9 • Составь бизнес-план по разведению одного из видов рыб.
- 10 • Оцени возможные последствия строительства гидроэлектростанции на реке Днестр, используя электронные источники информации.



QR 4.4.1

Переход к оседлому образу жизни человека, одомашнивание животных, необходимость обработки почвы для выращивания растений – все это обусловило замещение природных экосистем, характеризующихся способностью к саморегуляции, искусственными экосистемами (агробиоценозами). В настоящее время культивируемые площади, обеспечивающие человека продуктами питания, занимают до 30% поверхности суши.

Агробиоценозы (пшеничные поля, сады, огороды, теплицы и др.) создаются и поддерживаются человеком в собственных интересах.

Агробиоценозы отличаются следующими особенностями:

1. Высокая гомогенность

На сельскохозяйственных угодьях обычно выращивают один-два сорта растений, обладающих высокой урожайностью. Выращивание этих сортов требует специальных агротехнических приемов. Вследствие этого максимально сокращается разнообразие животных и микроорганизмов, которые не могут приспособиться к этой узкой специализации.

2. Пониженная способность к саморегуляции

Агробиоценозы, из-за ограниченного числа видов, упрощенных трофических связей и постоянного вмешательства человека, не способны самостоятельно поддерживать динамическое равновесие. В таких системах часто наблюдаются вспышки различных заболеваний и массовое размножение вредителей. Патогенные грибы или вредные насекомые (саранча, колорадский жук) могут полностью уничтожить посевы.

3. Активное участие человека

Чтобы получить высокий урожай и сохранить агробиоценоз, человек вынужден контролировать и уменьшать влияние природных факторов, обрабатывая сельскохозяйственные поля пестицидами, используя биологические методы борьбы с вредителями, орошая засушливые земли и удобряя почву. Таким образом, агробиоценозы помимо солнечной энергии получают еще много дополнительной энергии в результате направленной деятельности человека, позволяющей им выжить.

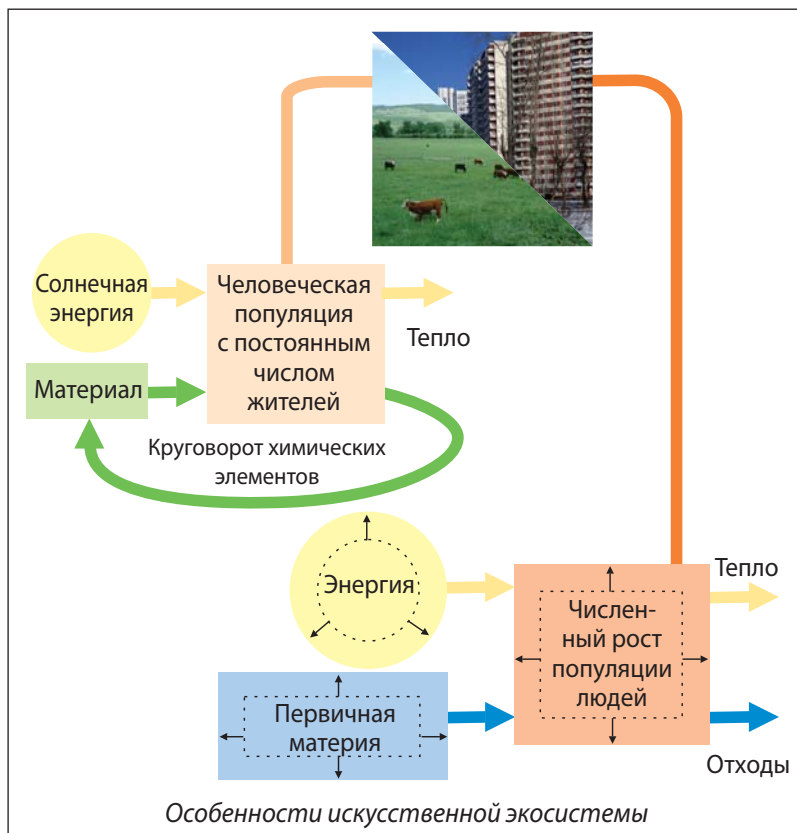
4. Относительная простота трофических связей

Количество видов в агробиоценозах намного меньше, чем в природных экосистемах. Это приводит к упрощению трофических связей. Как правило, в агробиоценозах цепь питания состоит из трех звеньев – культивируемого растения, вредителя и паразитов вредителя.

5. Естественный отбор

Хотя агробиоценозы создаются и контролируются человеком, влияние природных факторов (температуры, влажности) и действие естественного отбора не исключается. Таким образом, экосистема продолжает развиваться по законам природы.

В отличие от природных биоценозов, агробиоценозы являются более открытыми системами. Как следствие, органические и неорганические вещества выводятся из биогеохимического круговорота вместе со сбором урожая сельскохозяйственных культур и продуктов животноводства, что приводит к разрушению почвы.



В результате постоянного сбора урожая и длительного выращивания монокультур плодородие почвы значительно уменьшается.

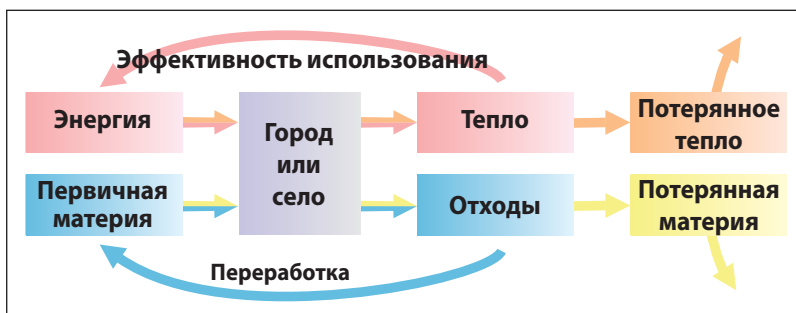
Для обеспечения устойчивого развития сельского хозяйства важно использование экологических технологий, включая научно обоснованный севооборот культур, использование биоорганических удобрений, применение биологических методов защиты от вредителей и др.

Основной стратегией при создании и эксплуатации современных агробиоценозов является высокоэффективное и управляемое сельскохозяйственное производство (см. схему на стр. 143), что предполагает получение высоких урожаев. Однако не следует забывать о защите природных экосистем и сохранении разнообразия живого мира. Использование природных экосистем должно быть рациональным, а агробиоценозы – разнообразными, для того чтобы не допустить образования пустынь, засоленных или кислых почв, эрозии почв и т. д.

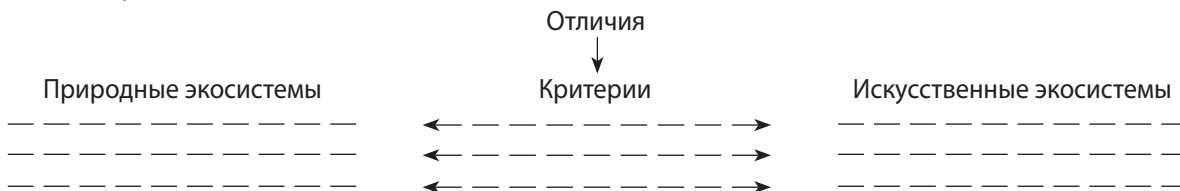


- 1 • Опиши особенности агробиоценозов.
- 2 • Составь утверждение о агробиоценозе, выбрав правильные словосочетания из предложенных ниже:
 - а) *содержат ограниченное количество видов – содержат большое число видов;*
 - б) *низкая способность к саморегуляции – высокая способность к саморегуляции;*
 - в) *простые трофические связи – сложные трофические связи.*

- 3 • На основе представленной схемы разработай свою для иллюстрации конкретного примера.



- 4 • Заполни в тетради схему:



- 5 • Исключи лишнее и объясни свой выбор одной фразой.

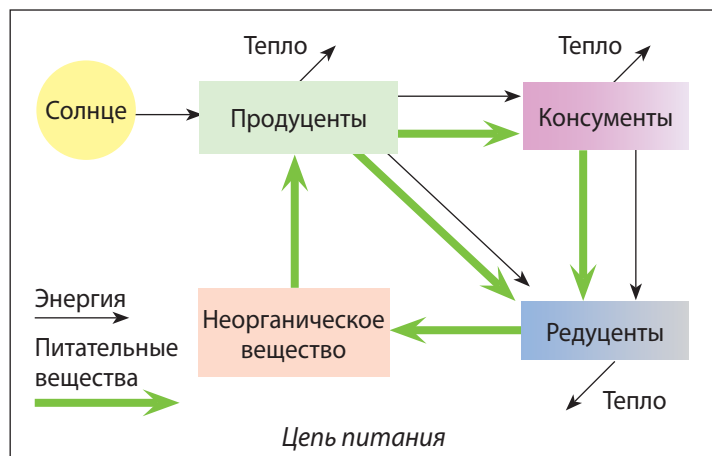
А лиственный лес, река, природный заповедник, пустыня, степь

Б озеро, река, устье реки, море

В сад, виноградник, природный заповедник, озеро, пшеничное поле

- 6 • Представь в виде схемы пищевые цепи одного из агробиоценозов вашей местности.
- 7 • Составь ребус с примерами агробиоценозов.
- 8 • Представь преимущества и недостатки одного из агробиоценозов в твоей местности.
- 9 • Предложи проект развития экологического сельского хозяйства в твоей местности и укажи возможные источники финансирования.
- 10 • Оцени положительные и отрицательные последствия орошения для агробиоценозов юга Молдовы, сделай 2–3 вывода.

Для того чтобы понять, как функционируют природные и искусственные экосистемы, необходимо определить комплекс сложных пищевых, или трофических (от гр. *trophos* – «питание») связей между организмами этих экосистем. Травоядные животные питаются растениями, хищники поедают травоядных животных. Таким образом создаются **трофические связи** (*цепи питания*) между продуцентами и консументами.



Каждая цепь питания состоит из растений и животных, которые являются звеньями этой цепи. Количество звеньев одной цепи питания невелико, что препятствует узкой специализации организмов и не подвергает биоценозы опасности. Удаление одного из звеньев пищевой цепи не нарушает динамического равновесия в рамках экосистемы. Со временем это звено замещается другими видами организмов. Число звеньев пищевой цепи ограничено количеством вещества и энергии, обеспечиваемых продуцентами.

Обычно цепи питания состоят из трех звеньев – продуцента, первичного консумента (фитофаг) и вторичного консумента (зоофаг).

Первое звено пищевой цепи, как правило, образовано фотосинтезирующими растениями, которые обеспечивают консументов экосистемы биомассой и энергией.

Иногда посредством некоторых звеньев различные пищевые цепи пересекаются.

В целом в биосфере различают четыре типа пищевых цепей:

1. Травоядная цепь питания. Пищевые цепи этого типа основаны на использовании живых растительных тканей и состоят из трех основных звеньев – растения, травоядного животного и плотоядного животного. Обычно в травоядных цепях питания растет масса травоядных животных. В некоторых случаях это определяет небольшое число звеньев (например, последним звеном является слон).

Животные, входящие в состав травоядных цепей, питаются:

- 1.1. *Семенами растений* (млекопитающие, птицы);
- 1.2. *Цветочным нектаром* (насекомые, птицы и млекопитающие);
- 1.3. *Мхами и лишайниками* (млекопитающие в бедных растительностью зонах);
- 1.4. *Грибами* (членистоногие, некоторые млекопитающие).

2. Цепи разложения (детритные). Эти цепи состоят из животного, питающегося остатками растительных и животных организмов, и нескольких видов зоофагов. Они встречаются в почве, опавшей листве, в реках.

3. Бактериальные цепи питания. В некоторых случаях цепи, основанные на потреблении бактерий, выделяют из детритных цепей. Звеном такой цепи являются хемосинтезирующие бактерии, которые образуют биомассу и энергию для последующих звеньев. Цепи такого типа встречаются, например, в океанских впадинах (бактерии – погонофоры – моллюски – крабы).

4. Паразитические цепи питания. В этих цепях количество звеньев сокращено, т. к. несколько видов организмов живут за счет одного организма (картофель – фитофтора; кукуруза – пыльная головня; бактерии – бактериофаги).

В некоторых случаях первичное звено пищевой цепи может быть представлено гетеротрофным организмом (животным). Например, растения-хищники, питающиеся нематодами, или насекомоядные растения могут входить в состав этих пищевых цепей, получая вещество и энергию от поедаемых животных.

Британский эколог Чарльз Элтон в 1927 году сравнил трофическую структуру биоценоза с пирамидой, ступени которой соответствуют пищевым уровням, и ввел понятие **пищевой пирамиды (экологической пирамиды)**.

В пределах пищевой пирамиды при переходе с одного уровня на другой количество веществ и энергии уменьшается от основания к вершине.

В зависимости от анализируемого критерия различают несколько типов экологических пирамид:

1. **Пирамида численности** – отражает уменьшение числа организмов от первичных до третичных консументов.

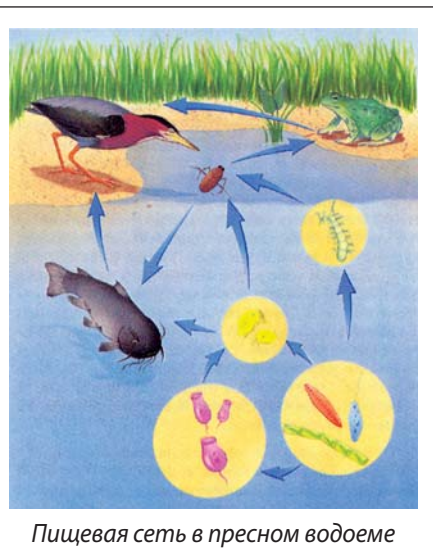
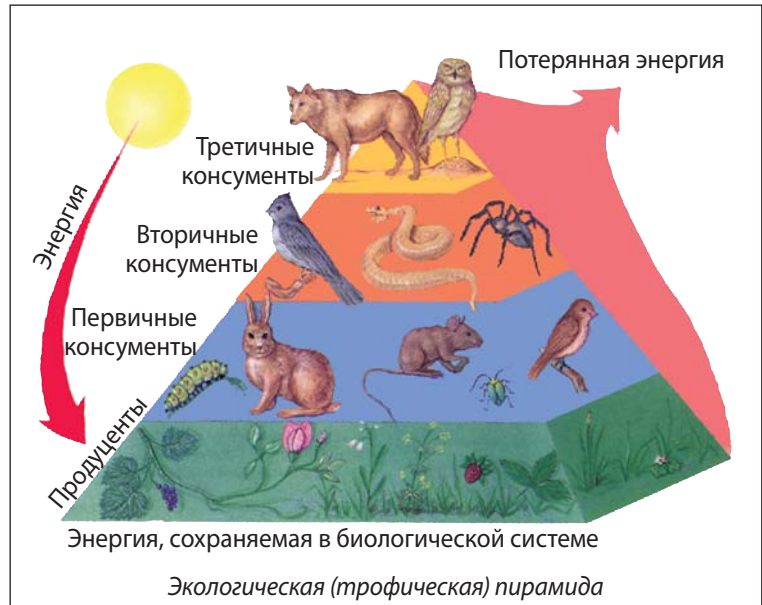
2. **Пирамида биомассы** – отражает сокращение массы организмов от продуцентов к консументам.

Пирамида биомассы может иметь обратный характер в водных экосистемах, в которых количество продуцентов (например, фитопланктон), как правило, меньше, чем консументов (например, ракообразных, рыб). Это объясняется тем, что организмы фитопланктона воспроизводятся очень быстро, но продолжительность их жизни намного короче.

3. **Пирамида энергии** – отражает потери энергии при переходе от одного трофического уровня к другому.

Шведский ученый-эколог Р. Л. Линдемман в 1942 году доказал, что только часть энергии, поступившей на определенный уровень биоценоза, передается организмам следующего звена. С уровня на уровень переходит около 10–20% энергии.

Пищевые цепи всегда существуют в сообществе и могут пересекаться, образуя **пищевую сеть экосистемы**.



В рамках пищевой сети отдельные организмы могут добывать себе пищу на разных трофических уровнях. Например, беззубка может использовать в качестве источника питания как первичных продуцентов одной цепи питания (водоросли), так и первичных консументов другой цепи питания (простейшие).

Как правило, в пищевую сеть не включают редуцентов, хотя они оказывают существенное влияние на круговорот веществ и энергии.

Стабильность пищевой сети зависит от количества цепей питания и их взаимодействия. Природные экосистемы (леса, озера) характеризуются повышенной устойчивостью благодаря оптимальным условиям для развития.

Искусственные экосистемы содержат меньше пищевых цепей и поэтому менее устойчивы. Кроме того, они обладают меньшей способностью к саморегуляции. Существует риск массового поражения и потери урожая. В этих условиях необходимо своевременное вмешательство человека.



- 1 • Напиши определение понятия *пищевые цепи*.
- 2 • Перечисли основные типы пищевых цепей и укажи суть каждого типа, представив информацию в виде логически структурированной схемы.

- 3 • Выбери правильные варианты ответа:

- А** Экологическая пирамида отражает:
- число особей на каждом уровне;
 - увеличение количества энергии в пищевой цепи;
 - уменьшение количества энергии в пищевой цепи;
 - уменьшение числа особей в пищевой цепи;
 - увеличение числа особей в пищевой цепи.

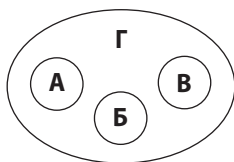
- Б** В чем заключается сущность правила экологической пирамиды?
- масса продуцентов в 10 раз больше массы консументов;
 - каждое звено пищевой цепи имеет массу в 10 раз меньше предыдущей;
 - количество биомассы в экосистеме в 10 раз больше, чем масса травоядных животных.

- 4 • Найди научные ошибки в данном тексте.
В основе существования природных экосистем находятся пищевые цепи, состоящие из определенных пищевых звеньев. Чем больше число звеньев в данной цепи, тем она стабильнее. В травоядных пищевых цепях много звеньев. Количество энергии не изменяется от одной цепи к другой.

- Объясни в тетради одним предложением каждую из выявленных ошибок.

- 5 • Представь в тетради организацию одной из пищевых сетей экосистемы, расположенной вблизи твоего лица или в твоей местности, и укажи 2–3 ее особенности.

- 6 • Объясни в 3–5 предложениях, почему в пищевых цепях наземных природных экосистем биомасса уменьшается от одного уровня к другому.



- 7 • Подготовь постер, в котором опиши пищевые сети одного из парков в твоем населенном пункте.

- 8 • Напиши в тетради не менее трех понятий для типа отношений, продемонстрированного в виде кругов Эйлера на рисунке.

- 9 • Предложи 4–5 рекомендаций для продуктивной работы какого-либо агробиоценоза, указав его тип.

- 10 • Укажи 3–4 возможных последствия отсутствия в природной экосистеме первичных консументов.

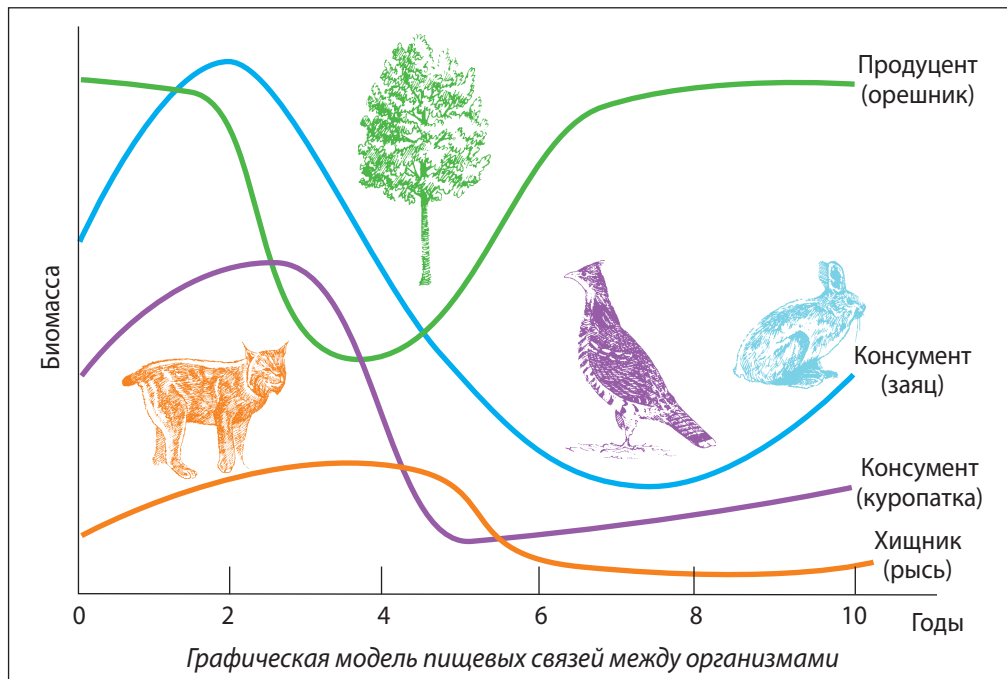
Динамическое равновесие в экосистеме

Окружающая нас среда отличается большим разнообразием растительных и животных сообществ, взаимодействующих между собой. Сообщество живых организмов и абиотическая среда влияют друг на друга и в равной степени необходимы для поддержания жизни.

В рамках экосистемы обеспечиваются процессы консервации и использования собственных ресурсов. Эти процессы необходимы для динамического равновесия и устойчивости экосистем.

Экосистемы постоянно осуществляют обмен веществом и энергией с окружающей средой, что является обязательным условием существования любой биологической системы. Благодаря непрерывающемуся потоку энергии и вещества экосистемы обновляются, а основные жизненные показатели поддерживаются в пределах средних значений. Это обеспечивает **динамическое равновесие**.

Устойчивость и динамическое равновесие экосистемы обусловлены способностью к **саморегуляции**, осуществляемой по **принципу обратной связи** (*feedback*).



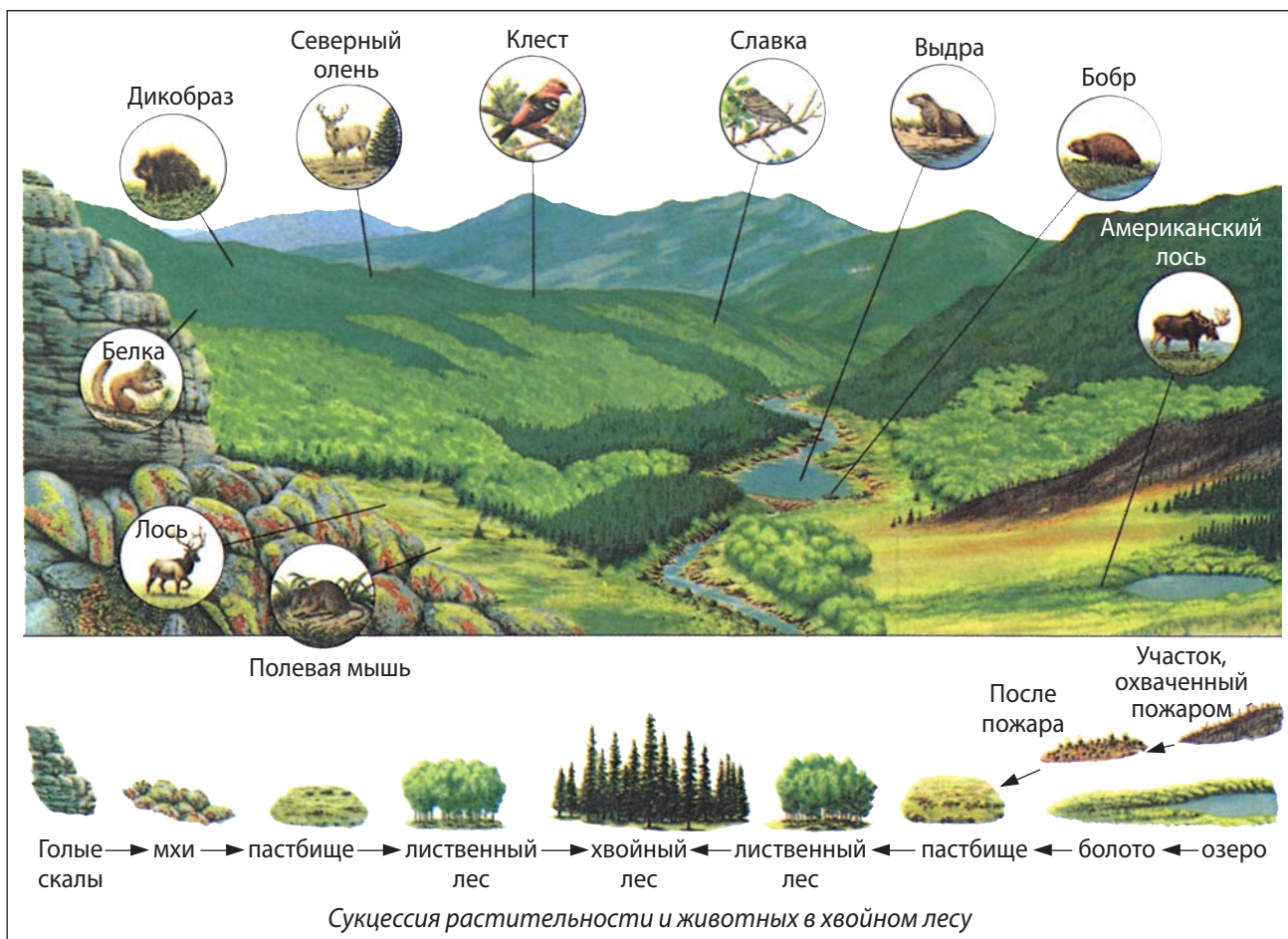
Размеры популяций в экосистеме являются относительно постоянной величиной во времени. Важное значение в этом имеют пищевые связи между видами. В экосистеме наблюдаются периодические колебания численности видов, при этом каждый вид играет роль «буфера», ограничивающего размножение другого вида.

Размножение вида, используемого в качестве пищи, определяет размножение вида-консумента.

Необходимо отметить, что в природных экосистемах соотношения, поддерживающие динамическое равновесие, намного сложнее в сравнении с агробиоценозами.

Это явление объясняется тем, что в сложной экосистеме каждый вид подвержен контролю со стороны относительно большого числа видов. Таким образом, разнообразие видов обеспечивает стабильность биоценоза в случае исчезновения того или иного вида.

В естественных условиях один биоценоз постепенно сменяется другим. Это явление получило название **сукцессии** и заключается в направленном и непрерывном исчезновении одних популяций и появлении других в биотопе. Характер сукцессий зависит от ряда факторов, среди которых: климатические условия, разнообразие организмов, связанные с активностью организмов изменения и др.



Со временем природные экосистемы достигают состояния равновесия между живыми организмами (растениями и животными) и окружающей средой, которое называется **климаксом**.

Особенности экосистем в ходе сукцессии и климакса представлены в приведенной ниже таблице.

Изменения показателей экосистемы в ходе сукцессий и климакса

Характеристика экосистемы	Сукцессия	Климакс
<i>Энергетическая структура</i> 1) первичная продукция 2) продуктивность	повышенная повышенная	уменьшенная сокращенная
<i>Структура сообщества</i> 1) общее органическое вещество 2) разнообразие видов 3) пространственное расслоение и гетерогенность	малое незначительное сокращенное	большое высокое увеличенное
<i>Жизненные циклы</i> 1) специализация экологических ниш 2) жизненные циклы	высокая короткие, простые	низкая длинные, сложные
<i>Биогеохимические циклы</i> 1) обмен веществ между организмами и окружающей средой 2) роль растительности и животных остатков в восстановлении питательных веществ	быстрый незначительная	медленный значительная
<i>Гомеостаз</i> 1) внутренний симбиоз 2) устойчивость к внешним воздействиям 3) энтропия 4) информация	не развит низкая повышенная сокращенная	развит высокая пониженная повышенная

Способность к саморегуляции и поддержание динамического равновесия в экосистемах совершенствовались в ходе длительной эволюции. Виды, которые нарушали равновесие, устранялись и сменялись другими. Поэтому вмешательство человека в природные экосистемы должно быть разумным. В истории известно много случаев, когда вмешательство человека (использование природных ресурсов, интродукция новых видов) вызывало серьезные нарушения и ставило под угрозу существование экосистемы вследствие отклонения от динамического равновесия.

Истребление койота в Калифорнии привело к массовому размножению грызунов. В Норвегии были уничтожены хищные птицы, которые питались перепелками. Как следствие, резко возросла численность перепелок, но затем она стала резко сокращаться из-за вспышек паразитозов. В Китае массовое истребление воробьев привело к быстрому размножению вредителей сельскохозяйственных растений, которые причинили гораздо больший урон, чем воробьи.

Введение в уже сложившиеся биоценозы новых видов имеет, как правило, отрицательный эффект. Примером может служить интродукция в фауну Австралии европейского зайца. Начальная популяция (из 24 особей), завезенная в 1859 году, размножилась очень быстро и стала опасным конкурентом для овец, уничтожая пастбища. Приложенные усилия (введение в биоценозы лис из Европы, поражающих зайцев вирусы и др.) позволило восстановить, в определенной мере, равновесие в этой экосистеме.

Следовательно, вмешательство человека в природные экосистемы требует большой осторожности и тщательного анализа всех возможных последствий.

Узнай больше!

В 1911 г. В. Шелфорд сформулировал **закон толерантности**, согласно которому развитие организмов возможно в определенных условиях действия экологических факторов. Эти пределы попадают в пессимум (минимальные и максимальные пределы действия биологических факторов, вне которых вид не может выжить). Организмы по-разному реагируют на определенные факторы среды, что позволяет им легче приспосабливаться к этим факторам.

Сохранение вида в пределах биоценоза определяется всеми факторами, обеспечивающими его воспроизводство.





1 • Перепиши в тетрадь текст и заполни пропуски.

Благодаря постоянному обмену веществ и энергии экосистемы регулярно _____, поддерживая динамическое равновесие. Состояние _____ обусловлено способностью экосистем к _____. Это обеспечивается путем _____.

2 • Соедини стрелками типы сукцессий из колонки А с примерами из колонки Б.

А

1. Первичная сукцессия
2. Автогенная сукцессия
3. Климатическая сукцессия
4. Зоогенная сукцессия

Б

- а) размножение растений, которое приводит к изменению микроклимата, почвы, исчезновению одних видов и появлению других;
- б) растительность, возникшая на поверхности охлажденной вулканической лавы;
- в) замещение дуба грабом в результате массового уничтожения желудей лесными мышами;
- г) болото, образованное наводнением;
- д) экосистема, возникшая в результате сгорания тропического леса.

3 • Приведи примеры саморегуляции посредством обратной связи для конкретной экосистемы.

4 • Объясни, почему способность к саморегуляции в искусственных экосистемах намного меньше, чем в природных.

5 • Составь таблицу, в которой покажи изменения показателей экосистемы в твоей местности.

6 • Представь 3–4 преимущества развития овцеводства в сельской местности.

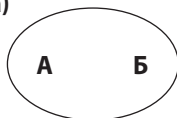
- Укажи 3–4 возможных последствия избыточного выпаса животных на пастбищах.

7 • Представь в виде кругов Эйлера взаимоотношения между следующими понятиями:

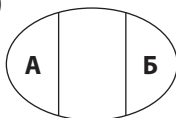
экосистема – равновесие; вещество – энергия; саморегуляция – обратная связь; сад – виноградник; природная экосистема – искусственная экосистема; сукцессия – климакс; продуктивность – биомасса; саморегуляция – динамическое равновесие.

8 • Напиши в тетради по два примера понятий, отражающих следующие типы взаимоотношений.

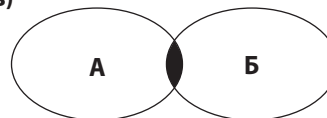
а)



б)



в)



9 • Опиши 3–5 возможных последствий наводнения в природной экосистеме и представь ответ в виде схемы «Картография».



QR 4.7.1

10 • На основе информации под штрихкодом QR 4.7.1 оцени последствия строительства электростанций для водных экосистем рек.

Охрана окружающей среды становится все более актуальной проблемой. Все жизненные ресурсы – воздух, воду, пищу и энергию – человек получает из биосферы, при этом человечество потребляет примерно в 10 раз больше потенциальной энергии, чем накоплено организмами на основе использования солнечной энергии. Ежегодно из недр Земли добывают до 7 млрд тонн металлов, угля, нефти, и еще около 70 млрд тонн различных пород исчезает из литосферы Земли естественным путем.

В результате деятельности человека образуются различные вещества, которые с трудом перерабатываются живыми организмами. Это нарушает естественные процессы и циклы, что приводит к загрязнению воздуха, почвы и водоемов, а также вызывает гибель множества растений и животных.

Важным компонентом наземных экосистем является атмосферный воздух. Среди факторов, загрязняющих атмосферный воздух, можно выделить:

1. **природные загрязнители** (вулканическая пыль, вулканические газы, ультрафиолетовые и тепловые лучи; соли при испарении морских вод, споры грибов, бактерии и др.);

2. **антропогенные загрязнители** (углекислый газ, сернистый газ, оксиды азота, гарь, образуемая при сжигании горючего; пыль, дым, токсические вещества, выделяемые промышленными предприятиями; радиоактивные вещества в результате взрывов атомных бомб и аварий на атомных станциях).

Ежегодно в атмосферу выделяется до 200 млн тонн оксида и диоксида углерода, 150 млн тонн сернистого газа, 50 млн тонн оксида азота. Все эти соединения, взаимодействуя с парами воды, порождают кислотные дожди, которые подавляют развитие животных и растений.

Повышение концентрации угарного газа (выше 2 мг/м^3) нарушает процессы жизнедеятельности организмов, т. к. СО легко связывается с гемоглобином. Человек в таких условиях чувствует сильную усталость, головокружение и т. д.

Сернистый газ в больших концентрациях (выше $0,05 \text{ мг/м}^3$) вызывает кашель, бронхит, астму, пневмонию. У растений избыток загрязнителя приводит к обесцвечиванию листьев и снижению урожайности.

Диоксид азота в концентрации выше $0,085 \text{ мг/м}^3$ вызывает у человека раздражение глаз, слизистой носа и др. Повышение содержания NO_2 в воздухе более 40 мг/м^3 может быть причиной опадения листьев, замедления роста и развития растений.

Углеводороды (метан, бензопирен), выделяемые в угольных шахтах при анаэробной ферментации или при переработке нефти, обладают канцерогенными свойствами.

Воздух над промышленными городами содержит в 150 раз больше пыли, чем над океаном. Самыми загрязненными городами в Молдове являются Кишинев, Тирасполь, Бельцы, Рыбница, Резина и Тигина.

В природе установилось определенное динамическое равновесие в процессе формирования и деградации почвы. Разрушение почвенного покрова происходит по разным причинам:

- 1) **эрозия** вследствие оползней;
- 2) **засоление** как результат неправильного режима орошения;
- 3) **заблачивание**, вызванное поднятием грунтовых вод и орошением;
- 4) **потеря пахотных земель** вследствие роста городов, строительства дорог, водохранилищ и др.
- 5) **загрязнение почв** отходами промышленного производства и сточными водами.

Для поддержания динамического равновесия необходимо ограничить или исключить факторы, разрушающие почву. Нерациональное использование удобрений, пестицидов и инсектицидов, бытовые отходы являются причиной загрязнения почвы и снижают ее плодородие. При этом для восстановления 1 см плодородной почвы необходимо около 100 лет.

В степной и лесостепной зонах Молдовы большинство территорий являются сельскохозяйственными, занимая до 76,6% площади. Природные экосистемы составляют до 20%, а охраняемые заповедники – только 1,95% от территории страны. В среднем охраняемые территории в Европе занимают около 12%.

В начале 2023 г. Правительство Республики Молдова утвердило Национальную программу расширения и восстановления лесов на 2023–2032 годы. В ближайшие 10 лет покрытые лесом площади будут расширены примерно на 150 тыс. га как на новых участках, так и на сильно деградированных лесных землях государственной собственности, а также впервые на землях частной собственности. В долгосрочной перспективе программа направлена на смягчение последствий изменения климата и выбросов углерода, снижение деградации почв и сохранение ценных почв.

Для обеспечения устойчивого развития окружающей среды и сокращения выбросов углерода необходимо использование возобновляемой, или «зеленой», энергии. В Республике Молдова использование «зеленой» электроэнергии все еще на очень низком уровне. Вместе с тем в последние годы на национальном уровне отмечается положительная тенденция в этом направлении. В представленной схеме показана структура мощностей возобновляемых источников энергии (ВИЭ), установленных до 2023 года.

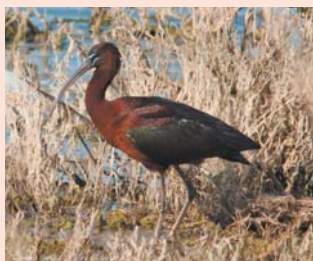


Для сохранения разнообразия растительного и животного мира создаются природные заповедники – научные и ландшафтные.

Редкие и исчезающие виды занесены в Красную книгу, первое издание которой вышло в свет в 1976 году и включало 50 видов редких и исчезающих видов растений и животных. Второе издание было опубликовано в 2001 году, и в нем было представлено уже больше исчезающих видов на территории нашей страны: 126 видов растений и 116 видов животных. Последнее (третье) издание вышло в 2015 году. В него включены 208 видов растений и 219 видов животных, а также появились разделы о редких видах водорослей и грибов.



Белый гриб (Boletus aereus Fr.), вид в уязвимом положении



Каравайка (Plegadis falcinellus L.), вид на грани исчезновения



Павлиноглазка рыжая (Aglia tau L.), вид на грани исчезновения

В настоящее время для защиты атмосферы необходимы следующие меры: постоянный контроль воздушной среды с помощью специальных приборов; установление максимально допустимых концентраций загрязняющих факторов; оснащение предприятий специальным оборудованием, препятствующим загрязнению атмосферы; сокращение потребления угля и нефти, использования природных газов и электричества; создание автомобилей нового поколения, минимально загрязняющих окружающую среду; правильное планирование промышленных зон; создание и благоустройство зеленых насаждений и т. д.



- 1** • Перечисли:
- факторы загрязнения атмосферы;
 - факторы разрушения.

- 2 • Найди соответствие между химическими соединениями из колонки А с последствиями их действия на живые организмы из колонки Б.

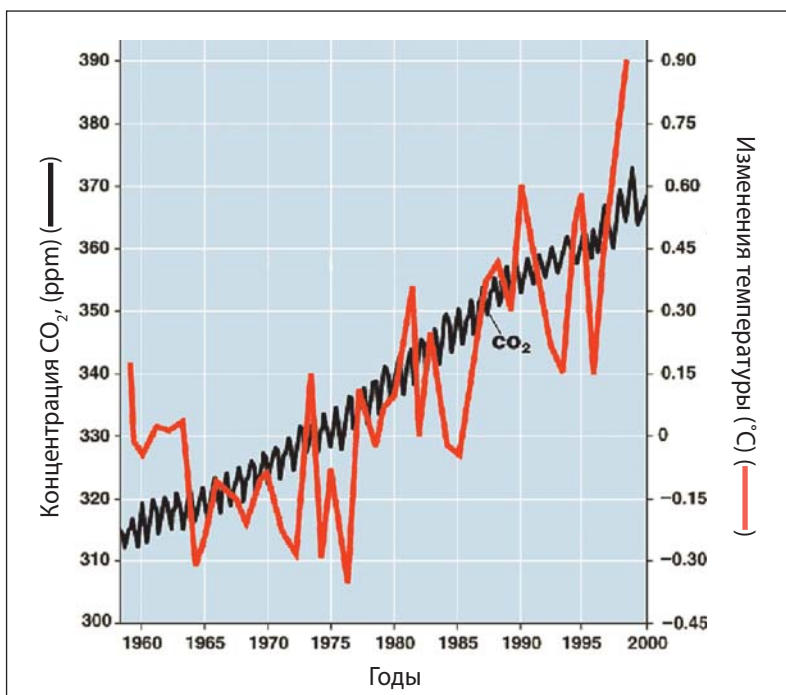
А

1 – CO
2 – SO₂
3 – NO₂
4 – бензопирен

Б

а – респираторные заболевания
б – раздражение слизистых органов чувств
в – усталость, головокружение
г – онкологические заболевания
д – недостаточное развитие растений
е – опадение листьев

- 3 • Представь в виде схемы «паук» типы факторов загрязнения атмосферы в твоей местности и приведи примеры для каждого типа.
- 4 • Создай морфологическую карту факторов, загрязняющих наземную среду в твоей местности.
- 5 • На основе Красной книги Республики Молдова подготовь морфологическую карту редких и исчезающих видов экосистем родного края.
- 6 • Подготовь постер об улучшении почв в твоей местности, в котором представь результаты исследований:
а) источников загрязнения почв;
б) способов защиты почв.
- 7 • Проанализируй график, отражающий зависимость температуры от концентрации CO₂, и сделай 2–3 вывода.



- 8 • Аргументируй в 3–4 предложениях необходимость принятия решения по поводу сжигания опавших листьев.
- 9 • Сформулируй 4–5 выводов по теме «Климатические изменения», используя электронные источники информации.
- 10 • Проанализируй ситуацию в твоей местности в отношении одной из главных проблем загрязнения наземно-воздушной среды и предложи способы ее решения.

Вода является самым распространенным и важным веществом на Земле. Она обеспечивает существование живых организмов, определяет климат и формирует рельеф.

В природе существует постоянное перемещение воды между поверхностью Земли и атмосферой, которое называется **гидрологическим циклом**, или **круговоротом воды**. Гидрологический цикл является одним из главных процессов в природе. Вода из океанов, рек, озер, почвы и растений нагревается под действием солнечных лучей и других источников тепла и испаряется в воздух в виде водных паров. Пары воды поднимаются в верхние слои атмосферы, охлаждаются и превращаются в кристаллы льда, образуя облака. Достигая критической массы, вода возвращается на Землю в виде дождя или снега. Когда вода доходит до поверхности Земли, она распространяется тремя путями: падает в почву, где поглощается растениями или накапливается в подземных источниках; стекает в реки, а затем в океаны; испаряется в воздух.

Общее количество воды, которое испаряется с поверхности Земли за год, эквивалентно годовому количеству осадков. Нарушение одной из частей гидрологического цикла (например, обилие растительности в каком-то регионе, искусственное орошение) вызывает изменения в других частях этого цикла.

Вода на Земле имеется в огромном количестве, но большая ее часть не может быть использована. Около 97% водных запасов приходится на моря с соленой водой. Оставшиеся 3% пресной воды представлены в основном льдами. Человек может использовать лишь тысячную часть этих запасов, потребляя воду из подземных источников, рек и озер.

Вода участвует в различных химических реакциях, т. к. большинство веществ растворяется в воде. Являясь хорошим растворителем, вода редко находится в природе в свободном состоянии. Вода загрязнена как многочисленными природными отходами, так и продуктами деятельности человека. От их присутствия зависит химический состав или *качество* воды. Дождь и снег поглощают мелкие частицы пыли из воздуха, а выделяемые при сгорании бензина и других веществ газы взаимодействуют с парами воды и образуют серную и азотную кислоты. Последние возвращаются на поверхность Земли в виде *кислотных дождей и снега*. Кислотные осадки способствуют разрушению горных пород, а образованные при этом *твердые частицы* попадают в реки, моря и океаны. Твердые частицы и почва, поступая в воду, вызывают ее помутнение. При проникновении в почву вода растворяет определенные минералы. Растворенные или находящиеся во взвешенном состоянии отходы и частицы определяют качество воды.

Уровень загрязнения водных бассейнов в большой степени зависит от аварий на химических предприятиях, избытка минеральных удобрений и пестицидов, крушения нефтяных танкеров, токсичных отходов и сточных вод.

Нерациональное использование водных ресурсов (применение питьевой воды для орошения) приводит к иссушению рек и озер. Например, уровень воды в Днестре уменьшился на 25%.

Основными источниками загрязнения водных бассейнов являются:

1. **Природные загрязнители** – результат естественных процессов, протекающих в окружающей среде.

- 1.1. *Неорганические загрязнители* (продукты эрозии);
- 1.2. *Органические загрязнители* (растения, животные, микроорганизмы);

2. **Антропогенные загрязнители** – продукты деятельности человека;

- 2.1. *Химические продукты* (минеральные удобрения, пестициды);
- 2.2. *Нефтепродукты* (отходы морского или наземного транспорта, которые сливаются в воду);
- 2.3. *Радиоактивные продукты* (радиоактивные вещества);
- 2.4. *Сточные воды* (отходы животноводческих комплексов, жилых домов и др.);
- 2.5. *Термическая вода* (отходы деятельности электростанций, предприятий).

В случае природного загрязнения водоемы теряют способность к саморегуляции и начинают «цвететь». В результате этого в избытке развиваются водоросли, изменяется цвет водоема, повышается температура и уменьшается концентрация кислорода, что приводит к массовой гибели рыб.

Антропогенное загрязнение нарушает физические и химические свойства воды, которые являются важными показателями качества воды.

Для мониторинга водных бассейнов используют следующие показатели качества воды:

- содержание растворенного кислорода (6 мг/дм³);
- содержание аммиака (0,1 мг/дм³);
- содержание хлоридов (200 мг/дм³);
- содержание сульфатов (200 мг/дм³);
- содержание меди (0,1 мг/дм³);
- содержание углекислого газа (50 мг/дм³) и др.

Для охраны водных экосистем требуется выполнение следующих мер:

- очистка (механическая и биологическая) сточных вод;
- устранение источников антропогенного загрязнения;
- поддержание динамического равновесия в водных бассейнах;
- создание охраняемых зон.

В Республике Молдова водные бассейны включают 3085 рек (7 из них длиной более 100 км и 247 – более 10 км), около 60 озер, свыше 50 водохранилищ, 3000 прудов и многочисленные артезианские колодцы и источники.

Загрязнение водных бассейнов происходит путем сброса сточных вод, увеличения содержания органических веществ, бактерий и др. Ежегодно в воды нашей страны попадают до 15 тыс. тонн органических загрязнителей, более 13 тыс. тонн твердых частиц и около 35 тыс. тонн различных ядохимикатов.



В контексте охраны водных и наземных экосистем все более актуальными становятся следующие проблемы: сохранение и размножение различных видов растений и животных; возвращение диких животных на исходные территории; защита почв от эрозии; предупреждение загрязнения природных экосистем; создание природных заповедников и др.

Сохранение и увеличение биологического разнообразия являются первостепенными задачами в программах защиты окружающей среды. Важно помнить, что охрана окружающей среды – это залог счастливого будущего. Охраняемая сегодня природа оплатит нам завтра сполна, обеспечив здоровую и гармоничную жизнь нам и всем грядущим поколениям.



- 1 • Представь гидрологический цикл в виде схемы-памятки.
- 2 • Найди соответствие между химическими веществами из колонки А и их допустимыми значениями в колонке Б.

А

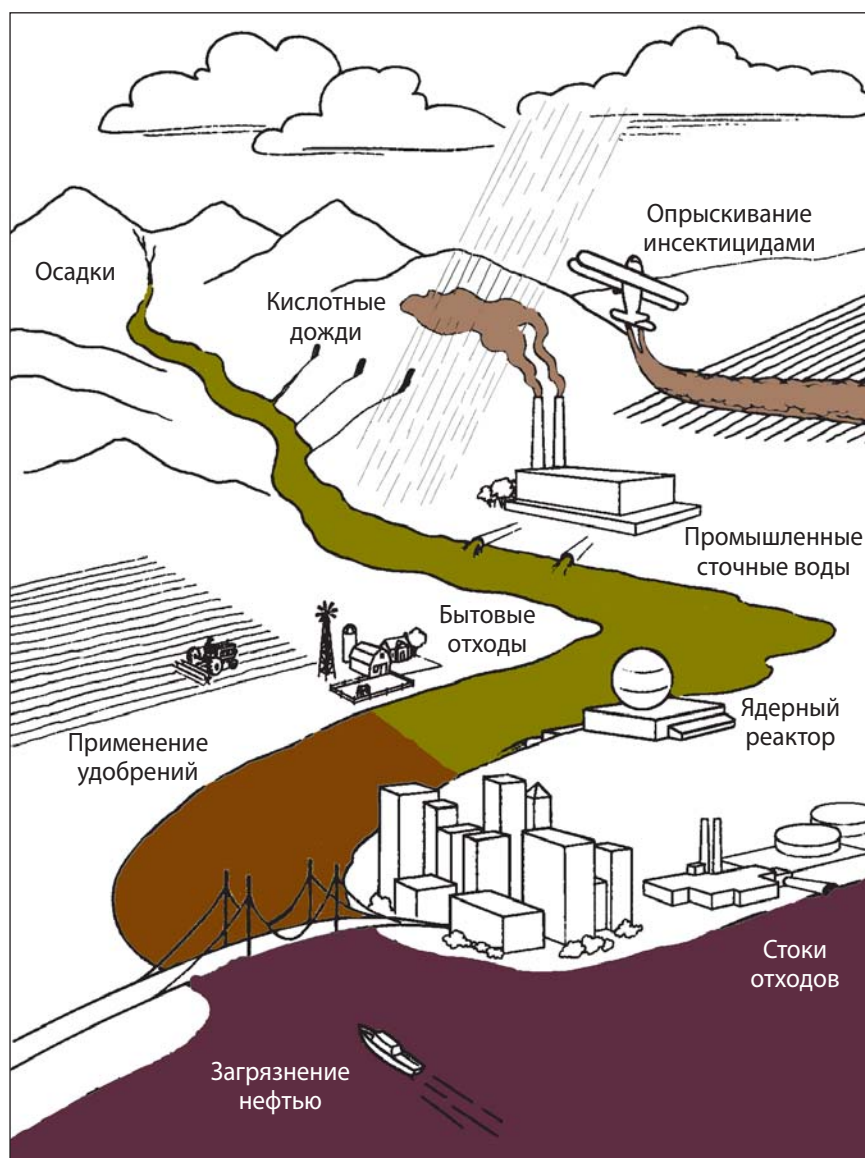
- 1 – хлориды
- 2 – медь
- 3 – углекислый газ

Б

- а – 0,1 мг/дм³
- б – 6,0 мг/дм³
- в – 50,0 мг/дм³
- г – 200,0 мг/дм³

- 3 • Представь в виде схемы «паук» типы загрязнителей водной экосистемы в твоей местности и приведи примеры для каждого из них.
- 4 • Создай морфологическую карту факторов загрязнения водных бассейнов в твоей местности.

- 5 • Проанализируй рисунок и представь в виде таблицы: *основные источники загрязнения; меры защиты окружающей среды; действия по улучшению экологической ситуации.*



- 6 • Проведи эксперимент:
 - а) *набери в сосуды 5 проб воды из разных мест;*
 - б) *определи значение pH каждой пробы, используя лакмусовую бумагу;*
 - в) *представь результаты в виде таблицы;*
 - г) *сформулируй выводы на основе анализа полученных результатов.*
- 7 • Выяви 4–5 преимуществ для населения и окружающей среды создания природного заповедника „Prutul de Jos”, используя электронные источники информации.
- 8 • Разработай рекламный листок «Вода – источник жизни», отразив в нем необходимость защиты водных экосистем.
- 9 • Используя метод SWOT, подготовь коммерческий проект развития зоны отдыха вблизи водоема, указав источники финансирования, экономических партнеров, выгоду от реализации проекта.



- 10 • Проанализируй фото и представь возможные краткосрочные и долговременные последствия для данной экосистемы.

ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

по теме «Экология и охрана окружающей среды» (реальный профиль/гуманитарный профиль) (выполняется в рабочей тетради)

1 Напиши определения следующих понятий: *популяция, биотоп, биоценоз, экосистема, биосфера.*

2 Найди соответствия между:

а) названиями основных показателей биоценоза (А) и их определениями (Б):

А

Б

- | | |
|--------------------|--|
| 1 – численность | а – общее количество органического вещества организмов, образующих биоценоз. |
| 2 – биомасса | б – общее число видов, населяющих биотоп. |
| 3 – продуктивность | в – количество органического вещества, образованного в единицу времени. |

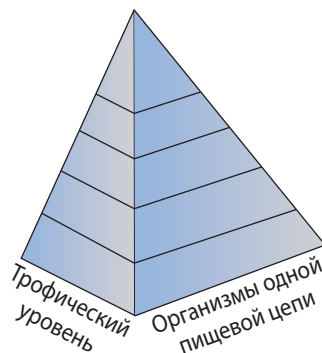
б) названиями основных элементов биоценоза (А) и их определениями (Б):

А

Б

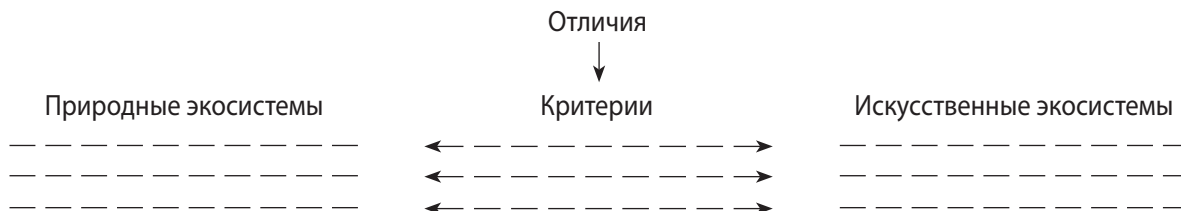
- | | |
|--------------------------------|--|
| 1 – продуценты | а – поедают других животных. |
| 2 – консументы первого порядка | б – разлагают органические остатки растений и животных. |
| 3 – консументы второго порядка | в – потребляют растительную пищу. |
| 4 – редуценты | г – обеспечивают синтез органических веществ, необходимых для существования биоценоза. |

3 Заполни экологическую пирамиду лиственного леса, вписав названия организмов для каждого уровня. Объясни в 2–3 предложениях, почему 5-й уровень находится на вершине пирамиды.



4 Приведи примеры: *микрэкосистемы, наземной экосистемы, искусственной экосистемы, травоядной цепи питания, мезоэкосистемы, водной экосистемы, природной экосистемы, бактериальной цепи питания.*

5 Заполни схему, указав не менее трех критериев отличия.



6 Представь не менее трех причин нарушения динамического равновесия в природных экосистемах.

7 Предложи не менее четырех возможных путей улучшения экологической ситуации в Республике Молдова. Приведи аргументы.

РЕАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ / ГУМАНИТАРНЫЙ ПРОФИЛЬ

Матрица оценивания	
Баллы	S_1 – 5 баллов (по 1 баллу за каждый правильный ответ) S_2 – 7 баллов (по 1 баллу за каждый правильный ответ) S_3 – 7 баллов (по 1 баллу за каждый правильный ответ; 2 балла за правильное объяснение и 1 балл за неполное правильное объяснение) S_4 – 8 баллов (по 1 баллу за каждый правильный ответ) S_5 – 9 баллов (по 1 баллу за каждый правильный ответ, по 1 баллу за каждую особенность) S_6 – 6 баллов (по 1 баллу за каждую указанную причину, по 1 баллу за каждое объяснение) S_7 – 8 баллов (по 1 баллу за каждый указанный путь, по 1 баллу за каждый аргумент)

Шкала оценивания

Баллы	15,1 – 19,99	20 – 24,99	25 – 29,99	30 – 34,99	35 – 39,99	40 – 44,99	45 – 50
Оценка	4	5	6	7	8	9	10



1. Решение задач по теме «Законы Г. Менделя»
2. Решение задач по темам «Сцепленное наследование признаков», «Наследование признаков, сцепленных с полом»
3. Решение задач по теме «Наследование групп крови»



4. Практические работы по темам главы «Основы генетики»
5. Практическая работа по темам главы «Экология и защита окружающей среды»

ПРИЛОЖЕНИЯ

Решение задач по теме «Законы Г. Менделя»

Рассмотрим три типа задач, при решении которых применяются законы Г. Менделя. Эти задачи относятся к особенностям формирования гамет, моногибридному скрещиванию, дигибридному и полигибридному скрещиванию.

Особенности формирования гамет

Задача. Какие типы гамет формируют указанные генотипы?

- 1) $AaBB$; 2) $AaBb$; 3) $AABb$.

Решение

1. Исходя из того, что число различных типов гамет определяется по формуле 2^n (где n – число гетерозиготных признаков), генотип $AaBB$ образует $2^1 = 2$ типа гамет: AB и aB .

2. Генотип $AaBb$ является гетерозиготным по обоим парам генов, поэтому он образует $2^2 = 4$ типа гамет: AB ; Ab ; aB ; ab .

3. Генотип $AABb$ является гетерозиготным только по одной паре генов (Bb), поэтому он образует $2^1 = 2$ типа гамет: AB и Ab .

Примечание. Помните, что в каждую гамету попадает по одному аллелю из каждой пары.

Моногибридное скрещивание

Задача. Способность писать правой рукой у человека доминирует над способностью писать левой рукой. Определите возможные генотипы и фенотипы детей в семье, где отец правша (гетерозиготный), а мать – левша.

Решение

Дано:

A – ген способности писать правой рукой;

a – ген способность писать левой рукой.

G_1 – ?; F_1 – ?

По условию задачи отец-правша является гетерозиготным (Aa), а мать-левша может иметь только генотип aa . Используя решетку Пеннета, можно определить возможные генотипы детей.

Ответ:

1. Дети в данной семье будут иметь генотипы: Aa (50%) и aa (50%).
2. Дети правши и левши возможны с равной вероятностью (50% : 50%).

$P \quad \text{♀ } aa \times \text{♂ } Aa$

	A	a
F_1	Aa правша	aa левша

Задача. Черная окраска шерсти у собак доминирует над коричневой. Какого цвета будет шерсть у щенков, если оба родителя являются гетерозиготными?

Решение

Дано:

B – ген черной окраски шерсти;

b – ген коричневой окраски шерсти.

F_1 – ?

Так как оба родителя гетерозиготны, они имеют генотип Bb .

Схема скрещивания: $Bb \times Bb$.

Ответ: Расщепление по фенотипу – 3:1 (75% – с черной окраской и 25% – с коричневой окраской шерсти).

$P \quad \text{♀ } Bb \times \text{♂ } Bb$

	B	b
F_1	BB черная окраска	Bb черная окраска
	Bb черная окраска	bb коричневая окраска

Задача. При скрещивании особей дрозофилы с нормальными крыльями в потомстве получены 1 242 особи с нормальными крыльями и 415 с редуцированными. Определите генотипы родительских форм.

Решение

P ♀ Aa × ♂ Aa

	A	a
A	AA нормальные крылья	Aa нормальные крылья
a	Aa нормальные крылья	aa редуцированные крылья

Определяем соотношение полученных фенотипических классов:
1 242 : 415 ≈ 3:1.

В соответствии с законом расщепления Г. Менделя соотношение 3:1 наблюдается в случае, когда исходные формы являются гетерозиготными. Следовательно, обе родительские формы имели генотип Aa, а нормальная форма крыльев у дрозофилы доминирует над редуцированными крыльями.

Проверим правильность рассуждений, используя решетку Пеннета. По фенотипу получено соотношение 3A- : 1aa.

Ответ: обе родительские формы имели генотип Aa.

Дигибридное и полигибридное скрещивание

Задача. У томатов красная окраска плодов доминирует над желтой, а округлая форма плодов – над удлиненной. Гены, контролирующие эти признаки, расположены в разных хромосомах. Какое потомство можно ожидать от скрещивания гомозиготной формы томата с округлыми красными плодами с формой, имеющей желтые и удлиненные плоды?

Решение

Дано: A – ген красной окраски плодов; B – ген округлых плодов;
a – ген желтой окраски плодов; b – ген удлиненных плодов.

P ♀ AABB × ♂ aabb

	ab
AB	AaBb

F₁ – ?

При скрещивании указанных растений будет получено следующее потомство: 100% растений с красными и округлыми плодами.

Ответ: Потомство будет иметь оба доминантных признака – красный цвет и округлую форму плодов.

Задача. В хозяйстве скрестили томаты с желтыми плодами, гетерозиготные по форме плодов, с томатами, имеющими удлиненные плоды и гетерозиготными по их окраске. Какое потомство будет получено в результате этого скрещивания?

Решение

По условию задачи исходные растения имели генотипы: aaBb и Aabb. В этом случае будет получено следующее потомство:

P ♀ aaBb × ♂ Aabb

	Ab	ab
aB	AaBb	aaBb
ab	Aabb	aabb

AaBb – томаты с красными и округлыми плодами;
aaBb – томаты с желтыми и округлыми плодами;
Aabb – томаты с красными и удлиненными плодами;
aabb – томаты с желтыми и удлиненными плодами.

Ответ: В потомстве будут получены 4 фенотипических класса в соотношении 1:1:1:1.

Задача. При скрещивании дигетерозиготных по окраске и форме плодов томатов был получен урожай, из которого 18 т – округлые красные плоды, а 6 т – удлиненные красные. Какую часть урожая (в тоннах) составили томаты с удлиненными желтыми плодами?

Решение

При скрещивании двух дигетерозигот ($AaBb$), согласно закону независимого наследования, будут получены 4 фенотипических класса в следующем соотношении:

$$9A-B- : 3A-вв : 3aaB- : 1aавв$$

Определяем количество томатов с удлиненными желтыми плодами:

$$6 \text{ т } (Aавв) - 3 \text{ части}$$

$$x \text{ т } (aавв) - 1 \text{ часть}$$

$$x = 6:3 = 2 \text{ (т)}$$

Ответ: Из полученного урожая – 2 т с удлиненными и желтыми плодами.

Задача. У человека миопия доминирует над нормальным зрением, а карие глаза – над голубыми. Гены, контролирующие эти признаки, расположены в разных хромосомах. Какие дети будут в семье, где отец является дигетерозиготным, а у матери – карие глаза (гетерозигота) и нормальное зрение?

Решение

Дано:

A – ген миопии; a – ген нормального зрения;

B – ген карих глаз; b – ген голубых глаз.

F_1 – ?

Согласно условию задачи в этой семье могут быть 4 фенотипических класса в потомстве в соотношении 3:3:1:1.

Ответ: Возможные фенотипы детей в этой семье:

37,5% – кареглазые с миопией;

37,5% – кареглазые с нормальным зрением;

12,5% – голубоглазые с миопией;

12,5% – голубоглазые с нормальным зрением.

$P \text{ ♀ } aaBb \times \text{ ♂ } AaBb$

	AB	Ab	aB	ab
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb



- 1** • Какие типы гамет формируют данные генотипы?
а) $aaBB$; б) $AaBвCC$; в) $AABBcc$; г) $CcDdHh$; д) $rrTTHff$.
- 2** • Карие глаза у человека доминируют над голубыми. Определите генотипы и фенотипы детей в семье, где мать – кареглазая гетерозигота, а у отца голубые глаза.
- 3** • Серый цвет тела у дрозофилы доминирует над черным. Каких мушек надо скрестить, чтобы получить в потомстве только особей с серым телом?
- 4** • Карие глаза у человека доминируют над голубыми, а наличие резус-фактора (Rh) – над его отсутствием. Голубоглазая Rh-отрицательная женщина вышла замуж за Rh-положительного мужчину с карими глазами, гетерозиготного по обоим признакам. Какова вероятность рождения в этой семье кареглазого Rh-отрицательного ребенка?

- 5** • Определите расщепление по фенотипу при скрещивании растений гороха, которые отличаются по трем парам признаков: цвету бобов (желтый или зеленый), форме бобов (гладкая или морщинистая), длине растения (высокое или низкое). Контролирующие эти признаки гены локализованы в разных аутосомах.
- 6** • Полидактилия (шестипалость) наследуется у человека как аутосомный доминантный признак. Какова вероятность рождения здоровых детей в семье, где один из родителей страдает этой болезнью и является гетерозиготным по этому гену, а другой – здоров?
- 7** • При скрещивании мух дрозофилы с серым и черным телом в потомстве было получено 277 мух серого цвета и 269 – черного. Определите генотипы родительских форм.
- 8** • У кроликов черная окраска шерсти доминирует над серой, а гладкая шерсть – над волнистой. При скрещивании гладкошерстной черной самки с самцом, имеющим волнистую серую шерсть, было получено: 2 крольчонка с гладкой черной шерстью, 3 – с гладкой серой шерстью, 2 – с волнистой черной шерстью и 4 – с волнистой серой. Определите генотип крольчихи.
- 9** • Серая окраска шерсти у мышей доминирует над белой. При скрещивании 2 серых мышей в потомстве было получено 198 серых мышат и 72 белых мышонка. Определите генотипы родительских форм.
- 10** • У кур оперение шеи доминирует над его отсутствием. При скрещивании двух гетерозиготных форм с нормальным оперением было получено 76 цыплят. Какое число из них имеет нормальное оперение и сколько – без оперения на шее?
- 11** • Нормальные крылья у дрозофилы доминируют над редуцированными. При скрещивании мух с нормальными крыльями в потомстве было получено 3500 особей, из которых 2660 имели нормальные крылья, а остальные – редуцированные. Определите генотипы родительских форм.
- 12** • Миопия у человека наследуется как аутосомный доминантный признак. Гетерозиготная по гену миопии женщина вышла замуж за мужчину с нормальным зрением. Определите расщепление по генотипу и фенотипу у детей в этой семье.
- 13** • У крупного рогатого скота отсутствие рогов доминирует над их наличием, а черная окраска тела – над красной. Гены, контролирующие эти признаки, локализованы в разных аутосомах. В одном из хозяйств в течение нескольких лет при скрещивании дигетерозиготных особей черного цвета без рогов было получено 416 телят. Сколько телят имели рога и были красными?
- 14** • У человека карие глаза доминируют над голубыми, а наличие резус-фактора (Rh) – над его отсутствием. Какова вероятность рождения кареглазого Rh-отрицательного ребенка, если оба родителя являются гетерозиготными по обоим признакам?
- 15** • Фенилкетонурия и альбинизм относятся к аутосомно-рецессивным болезням. Женщина, страдающая обеими болезнями, вышла замуж за дигетерозиготного мужчину. Какова вероятность рождения в этой семье детей, имеющих обе болезни?

Решение задач по темам: «Сцепленное наследование признаков» и «Наследование признаков, сцепленных с полом»

Задача. У томата длинный стебель доминирует над коротким, а округлая форма плодов – над удлиненной. Гены, контролирующие эти признаки, сцеплены и находятся на расстоянии 20 морганид. Какое потомство можно ожидать при скрещивании дигетерозиготного растения и карликового растения с удлиненными плодами?

Решение

Дано:

A – ген нормальной высоты растения; B – ген округлых плодов

a – ген карликовости; b – ген удлиненных плодов

F₁ – ?

По условию задачи гены сцеплены, т. е. расположены в одной хромосоме и наследуются вместе. Но сцепление не является полным, т. к. между ними происходит кроссинговер с частотой 20%, что соответствует расстоянию 20 морганид (1 морганида = 1% кроссинговера).

Следовательно, некроссоверные гаметы составят 80%, а кроссоверные – 20%. Дигетерозиготное растение имеет генотип AaBb, а карликовое растение с удлиненными плодами – aabb. Т. к. в условии задачи не уточняется, от кого из родителей получены соответствующие гены, то возможны 2 варианта:

а) $\frac{AB}{ab}$ – доминантные гены получены от одного родителя;

б) $\frac{Ab}{aB}$ – доминантные гены получены от разных родителей.

Рассмотрим оба варианта:

а) P ♀ $\frac{AB}{ab}$ × ♂ $\frac{ab}{ab}$ (карликовое растение с удлиненными плодами является гомозиготным по двум рецессивным генам).

Гаметы AB и ab являются некроссинговерными и составляют 80% (по 40% каждого типа), а гаметы Ab и aB являются результатом кроссинговера и составляют 20% (по 10% каждого типа).

Ответ: В потомстве от данного скрещивания будут получены растения в следующем соотношении: 40% – высокие с округлыми плодами; 40% – карликовые с удлиненными плодами; 10% – высокие с удлиненными плодами; 10% – карликовые с округлыми плодами.

F ₁	ab 100%	– высокие растения с округлыми плодами
	AB, 40%	– карликовые растения с удлиненными плодами
	ab, 40%	– высокие растения с удлиненными плодами
	Ab, 10%	– карликовые растения с округлыми плодами
	aB, 10%	– карликовые растения с округлыми плодами

б) P ♀ $\frac{Ab}{aB}$ × ♂ $\frac{ab}{ab}$

В данном случае гаметы Ab и aB являются некроссинговерными, а AB и ab – кроссинговерными.

Ответ: В потомстве будут получены растения в следующем соотношении: 40% – высокие с удлиненными плодами; 40% – карликовые с округлыми плодами; 10% – высокие с округлыми плодами; 10% – карликовые с удлиненными плодами

F ₁	ab 100%	– высокие растения с удлиненными плодами
	Ab, 40%	– карликовые растения с округлыми плодами
	aB, 40%	– высокие растения с округлыми плодами
	AB, 10%	– карликовые растения с удлиненными плодами
	ab, 10%	– карликовые растения с удлиненными плодами

Задача. У дрозофилы окраска тела и форма крыльев контролируются сцепленными генами; серый цвет и нормальные крылья – доминантными генами, а черное тело и редуцированные крылья – рецессивными. При скрещивании дигетерозиготных самок с самцами черного цвета и редуцированными крыльями было получено потомство, в котором у 1418 мух черное тело и редуцированные крылья, у 1394 – серое тело и нормальные крылья, у 287 – черное тело и нормальные крылья, у 288 – серое тело и редуцированные крылья. Определите расстояние между генами.

Решение

Дано:

A – ген серого тела; B – ген нормальных крыльев
 a – ген черного тела; b – ген редуцированных крыльев
 Расстояние между генами A и B – ?

По условию задачи схема скрещивания следующая:

$$P \quad \text{♀} \frac{AB}{ab} \times \text{♂} \frac{ab}{ab}$$

Всего было получено 3387 мух (1394 + 1418 + 288 + 287), из которых 575 (288 + 287) являются результатом кроссинговера. По проценту кроссинговера определяем расстояние между ними (x).

$$\begin{aligned} 3387 \text{ мух составляют } 100\% \\ 575 \text{ мух } \dots\dots\dots x\% \\ x = \frac{575}{3387} \times 100\% = 16,98\% \end{aligned}$$

F_1		ab	
	AB	$\frac{AB}{ab}$	– серое тело и нормальные крылья (1394)
	ab	$\frac{ab}{ab}$	– черное тело и редуцированные крылья (1418)
	Ab	$\frac{Ab}{ab}$	– серое тело и редуцированные крылья (288)
	aB	$\frac{aB}{ab}$	– черное тело и нормальные крылья (287)

Ответ: Расстояние между генами A и B составляет 16,98 морганид.

Задача. Гемофилия у человека наследуется как рецессивный признак, сцепленный с полом. Мужчина, страдающий гемофилией, вступает в брак с нормальной женщиной, чей отец страдал гемофилией. Определите вероятность рождения в этой семье здоровых детей.

Решение

Дано:

X^H – нормальный ген; X^h – ген гемофилии.

F_1 – ?

$$P \quad \text{♀} X^H X^h \times \text{♂} X^h Y$$

F_1		X^h	Y
	X^H	$X^H X^h$	$X^H Y$
	X^h	$X^h X^h$	$X^h Y$

По условию задачи мужчина страдает гемофилией и имеет генотип $X^h Y$. Учитывая, что отец женщины страдал гемофилией и она получила от него рецессивный ген гемофилии, она является гетерозиготной носительницей и имеет генотип $X^H X^h$. Используя решетку Пеннета, определим вероятность рождения здоровых детей в этой семье.

Ответ: Вероятность рождения здоровых детей составляет 50% девочек ($X^H X^h$) и 50% мальчиков ($X^H Y$).

Задача. У дрозофилы цвет глаз наследуется сцепленно с полом. Известно, что красные глаза доминируют над белыми. При скрещивании мух с красными глазами и мух с белыми глазами получено потомство, в котором 33 самки с красными глазами, 37 самцов с красными глазами, 34 самки с белыми глазами и 35 самцов с белыми глазами. Определите генотипы родительских форм.

Решение

Дано:

X^w – ген белых глаз; X^+ – ген красных глаз;

P – ?

В результате скрещивания получено 4 класса мушек примерно в равном соотношении:

$$33 : 37 : 34 : 35 \approx 1 : 1 : 1 : 1$$

Таким образом, родительские формы были гетерозиготными.

Проверяем это с помощью решетки Пеннета.

Ответ: Генотип самок дрозофилы – $X^+ X^w$, а самцов – $X^w Y$.

$$P \quad \text{♀} X^+ X^w \times \text{♂} X^w Y$$

F_1		X^w	Y
	X^+	$X^+ X^w$	$X^+ Y$
	X^w	$X^w X^w$	$X^w Y$

Задача. Сколько типов гамет образуют мухи дрозофилы с генотипом $\frac{AB}{ab}$?
(Расстояние между генами составляет 30 морганид).

Решение

По условию задачи между генами *A* и *B* наблюдается неполное сцепление. Исходя из этого, родительские формы могут образовывать следующие типы гамет:

самки – 35% *AB*; 35% *ab*; 15% *Ab*; 15% *aB*.

самцы – 50% *AB*; 50% *ab* (у самцов дрозофилы кроссинговер отсутствует).



- 1** • У человека катаракта (болезнь глаз) и полидактилия (наличие дополнительных пальцев) контролируются доминантными генами, расположенными в одной хромосоме. Женщина, унаследовавшая катаракту от отца и полидактилию от матери, выходит замуж за нормального по этим признакам мужчину. Какова вероятность того, что их ребенок будет страдать обеими болезнями?
- 2** • У морских свинок короткая шерсть доминирует над длинной, а волнистая – над гладкой. Какие скрещивания следует провести, чтобы доказать, что гены, контролирующие эти признаки, сцеплены?
- 3** • Дальтонизм у человека наследуется как рецессивный, сцепленный с полом признак. В семье, где оба родителя здоровы, родился мальчик-дальтоник. Определите генотипы родителей и детей.
- 4** • Дальтонизм – болезнь, сцепленная с полом. Женщина, отец которой был здоров, а мать являлась носительницей гена болезни, выходит замуж за мужчину-дальтоника. Могут ли в этой семье родиться здоровые дети? Если да, то какого пола?
- 5** • Голубоглазый мужчина с нормальным свертыванием крови женится на кареглазой здоровой женщине, у отца которой голубые глаза и который страдал гемофилией. Какие дети могут быть в этой семье, если известно, что карие глаза доминируют над голубыми, а гемофилия наследуется как рецессивный, сцепленный с хромосомой X признак?
- 6** • У дрозофилы красные глаза доминируют над белыми, а аномальное брюшко над нормальным. Гены, контролирующие эти признаки, расположены в хромосоме X на расстоянии 3 морганид. Определите возможные генотипы и фенотипы в потомстве от скрещивания дигетерозиготной самки (доминантные гены унаследованы от одного родителя) и самца с нормальным брюшком и красными глазами.
- 7** • Какова вероятность рождения девочек-носительниц дальтонизма в семье, где оба родителя здоровы?
- 8** • Гемофилия – наследственная болезнь, которая передается сцепленно с полом. Женщина, отец которой страдал гемофилией, выходит замуж за здорового мужчину. Какова вероятность рождения в этой семье больных детей?
- 9** • Женщина-носительница гена гемофилии выходит замуж за здорового мужчину. Какова вероятность рождения в этой семье здоровых мальчиков?
- 10** • Мужчина-правша, страдающий дальтонизмом, женится на женщине-правше с нормальным зрением, отец которой был левшой и дальтоником. Определите вероятность рождения в этой семье мальчика-правши с нормальным зрением.
- 11** • У человека классическая форма гемофилии наследуется как рецессивный, сцепленный с полом признак, а фенилкетонурия – по аутосомно-рецессивному типу. В семье, где родители нормальны по двум данным признакам, родился сын с обеими болезнями. Какова вероятность рождения в этой семье здоровых детей?
- 12** • Определите расположение генов *A*, *B*, *C* и *D*, если известно, что частота кроссинговера между генами *C* и *D* составляет 3%, *B* и *D* – 10%, *B* и *C* – 13%, *A* и *D* – 8%, *A* и *B* – 18%?

Задача. Группы крови родителей – II и III. Какие могут быть группы крови у детей в этой семье?

Решение

Дано: II (группа A) – AA или AO

III (группа B) – BB или BO

F₁ – ?

Учитывая тот факт, что у родителей могут быть разные генотипы, возможны различные варианты.

а) Оба родителя гетерозиготны.

P ♀ AO × ♂ BO

		B	O
F ₁	A	AB	AO
	O	BO	OO

Ответ: В этом случае у детей возможны все группы крови – I(O), II(A), III(B), IV(AB) с равной вероятностью 25% : 25% : 25% : 25%.

б) оба родителя гомозиготны: AA и BB

P ♀ AA × ♂ BB

		B
F ₁	A	AB

Ответ: В этом случае все дети могут иметь только одну группу крови – IV(AB).

в) мать гомозиготна, а отец гетерозиготен.

P ♀ AA × ♂ BO

		B	O
F ₁	A	AB	AO

Ответ: В этом случае у детей могут быть группы крови II(A) и IV(AB) в отношении 50% : 50%.

г) мать гетерозиготна, а отец гомозиготен.

P ♀ AO × ♂ BB

		B
F ₁	A	AB
	O	BO

Ответ: В этом случае у детей возможны группы крови III(B) и IV(AB) в отношении 50% : 50%.

Задача. В системе Rh группы крови классифицируются в зависимости от наличия или отсутствия специфических белков на поверхности эритроцитов, самым распространенным из которых является фактор (антиген) D. Люди с фенотипом Rh⁺ могут иметь генотип DD или Dd, а люди с фенотипом Rh⁻ могут иметь генотип dd. Женщина с Rh⁻ вышла замуж за мужчину с Rh⁺ (гетерозиготный). Какова вероятность рождения в этой семье ребенка с Rh⁻?

Решение

Дано:

D – ген, определяющий наличие резус-фактора

d – ген, определяющий отсутствие резус-фактора

Rh⁻ – ?

Учитывая, что генотип матери dd, а отца – Dd, в этой семье могут быть следующие дети:

P ♀ dd × ♂ Dd

		D	d
F ₁	d	Dd	dd

Ответ: В данной семье вероятность рождения резус-отрицательного ребенка составляет 50%.



- 1** • У родителей I и III группы крови. Определите возможные группы крови у детей в этой семье.
- 2** • Какие группы крови и резус-фактор будут у детей, если один из родителей Rh-отрицательный с группой крови IV, а другой – Rh-положительный с группой крови I?
- 3** • У троих детей в семье группы крови III, II и I. Какие группы крови могут быть у родителей?
- 4** • У матери группа крови II, а у сына – I. Определите возможные группы крови отца.
- 5** • В родильном доме у двух новорожденных мальчиков перепутали браслеты с именами. У родителей одного из них группы крови I и II, у родителей другого – II и IV. Определите, какой паре супругов принадлежит каждый из младенцев, если известно, что у мальчиков группы крови II и III.

4.1. Деление клетки (митоз)

Необходимые материалы:

- кончики корешков лука (*Alium sera*) или бобов (*Vicia faba*)
- предметные и покровные стекла
- смесь этилового спирта и уксусной кислоты (3:1) или смесь Карнуа
- соляная кислота (1Н)
- реактив Шиффа (фуксинсернистая кислота)
- смесь глицерина и яичного белка
- ацетокармин или ацетоорсеин
- пробирки, чашки Петри, лабораторные стаканы
- ножницы, пинцет, препаровальная игла, скальпель
- спиртовая горелка (по необходимости)

Ход работы:

1. Получение корешков

- Помести луковицы лука в лабораторные стаканы, наполненные водой так, чтобы основание луковицы было погружено в воду.
- Оставь стаканы с луковицами на 2–3 дня при температуре 20–24 °С, меняя ежедневно воду в стаканах.
Примечание. В случае использования семян конских бобов для их проращивания используй чашки Петри, на дно которых помести диски влажной фильтровальной бумаги.
- Используя ножницы, пинцет или препаровальную иглу, отдели кончики корешков, достигших 5–10 мм.

2. Фиксация

(Проводится для предотвращения изменения внутренней структуры клеток и сохранения формы хромосом.)

- Помести биологический материал (собранные корешки) в пробирки со смесью этилового спирта и уксусной кислоты в отношении 3:1 (3 части 96° этилового спирта и 1 части ледяной уксусной кислоты) или фиксатора Карнуа (6 частей 96° этилового спирта, 1 часть ледяной уксусной кислоты и 3 части хлороформа).
- Помести пробирки в холодильник (при температуре 0–4 °С) на 10–15 часов.

3. Гидролиз

(Проводится для улучшения процесса окрашивания хромосом.)

- Удали фиксатор.
- Помести корешки в уксусную кислоту (1Н), нагретую до 60 °С.
- Перенеси пробирки с биологическим материалом в термостат на 5–10 минут при температуре 60 °С.

4. Окрашивание

(Проводится для выявления хромосом.)

- Удали раствор уксусной кислоты с помощью фильтровальной бумаги или дистиллированной воды.
- Добавь в пробирку с корешками 2–3 мл реактива Шиффа и оставь на 10–15 минут при комнатной температуре.

5. Приготовление препаратов

(Проводится для изучения хромосом под микроскопом.)

- С помощью пипетки помести в центр предметного стекла 1 каплю красителя (ацетокармина или ацетоорсеина) для лучшего окрашивания.
- Помести на предметное стекло корешок с хорошо окрашенным кончиком.
- Отдели кончик корешка (1–2 мм) при помощи препаровальной иглы или скальпеля.
- Перенеси кончик корешка в каплю красителя.
- Накрой препарат покровным стеклом.

Примечание. Для длительного хранения препарата следует нанести на покровное стекло тонкий слой смеси из глицерина и яичного белка, осторожно нагреть его над огнем спиртовки и покрыть им биологический материал (*стороной со смесью!*).

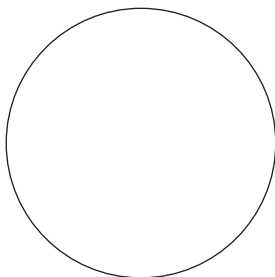
- Удали остатки красителя фильтровальной бумагой, поместив ее на покровное стекло и слегка прижав пальцем.
- Легкими движениями деревянной или пластмассовой палочкой распредели равномерно биологический материал для получения тонкого слоя клеток.
- Рассмотрй препарат под микроскопом (сначала на малом увеличении, а затем – на большом с использованием иммерсионного объектива).

6. Представление результатов

Нарисуй в тетради увиденные клетки в различных фазах митоза (А).

Представь изображения клеток в различных фазах в таблице (Б).

А.



Б.

Интерфаза	Профаза	Метафаза	Анафаза	Телофаза

4.2. Определение митотической активности и фазовых индексов митоза

Клетки многоклеточных организмов отличаются по способности делиться и длительности процесса деления. Митотический цикл большинства клеток длится около 12–24 часов. Критериями активности клеточного деления являются митотический индекс (МИ) и фазовые индексы митоза (ФИМ). Они определяются по следующим формулам:

$$\text{МИ} = \frac{\text{Количество клеток в митозе}}{\text{Общее количество проанализированных клеток}} \times 100\%$$

$$\text{ФИМ} = \frac{\text{Количество клеток в данной фазе}}{\text{Общее количество клеток в митозе}} \times 100\%$$

Примечание: для выполнения этой работы можно использовать микроскопические препараты корешков лука из предыдущей работы.

Ход работы

1. Подготовка таблицы

- Перенеси в тетрадь следующую таблицу.

Митотический индекс (МИ) и фазовые индексы митоза (ФИМ) в меристематической зоне корешков лука (в %)

№ поля зрения	Количество клеток:					Общее количество клеток
	Интерфаза	Профаза	Метафаза	Анафаза	Телофаза	
Ученик/Ученица 1						
Ученик/Ученица 2						
Ученик/Ученица 3						
...						
Ученик/Ученица n						
Всего (пример)	850	55	45	30	20	1000
Из которых	в митозе					150

2. Заполнение таблицы

- Посчитай количество клеток в интерфазе, профазе, метафазе, анафазе и телофазе в 5–10 полях зрения микроскопа (для удобства используй объективы $\times 20$ или $\times 40$).
- Внеси полученные значения в соответствующую твоему имени рубрику таблицы.
- Перепиши в таблицу данные, полученные одноклассниками/одноклассницами в результате анализа препаратов корешков лука.
- Заполни таблицу.

3. Выполнение расчетов

- Определи митотический индекс (МИ) клеток корешков лука, используя представленную выше формулу.
- Определи фазовые индексы митоза ($\text{ФИ}_{\text{П}}$, $\text{ФИ}_{\text{М}}$, $\text{ФИ}_{\text{А}}$, $\text{ФИ}_{\text{Т}}$) для клеток корешков лука, используя представленную выше формулу.
- Сформулируй 1–2 вывода по полученным результатам.

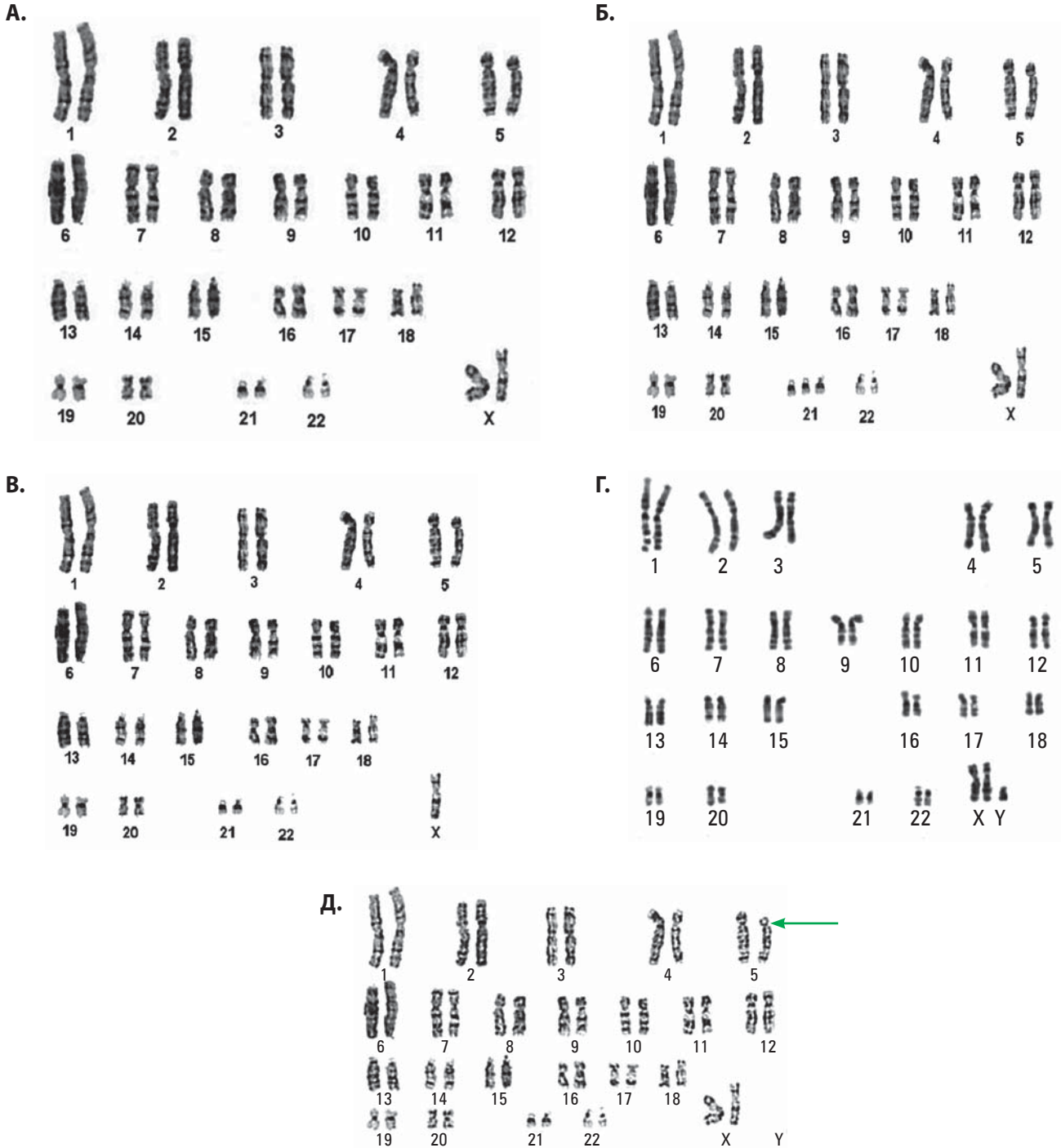
4.3. Нормальный и патологический кариотип человека

Нормальный кариотип человека составляет 46 хромосом, из которых 44 аутосомы и 2 гетеросомы (половые хромосомы). Число хромосом в соматических клетках человека (как и у других организмов) постоянно. Это число может изменяться под действием мутагенных факторов среды. Наряду с нарушениями нормального числа хромосом (численные хромосомные мутации) могут происходить и нарушения структуры хромосом (структурные хромосомные мутации).

Ход работы

1. Анализ кариотипов человека

- Проанализируй кариотипы человека, представленные на рисунках А–Д.



2. Работа с таблицей

- Перенеси в тетрадь следующую таблицу.
- Ответь на вопросы и заполни соответствующие рубрики, поставив галочки.

Характеристика кариотипов человека

Вопросы	Изображения кариотипов				
	А	Б	В	Г	Д
1. На каком рисунке представлен нормальный женский кариотип?					
2. На каком рисунке представлен нормальный мужской кариотип?					
3. На каком рисунке представлен патологический женский кариотип?					
4. На каком рисунке представлен патологический мужской кариотип?					
5. На каком рисунке представлена численная хромосомная мутация?					
6. На каком рисунке представлена структурная хромосомная мутация?					
7. На каком рисунке представлена аутосомная мутация?					
8. На каком рисунке представлена гетеросомная мутация?					
9. На каком рисунке представлена моносомия?					
10. На каком рисунке представлена трисомия?					
11. На каком рисунке представлена хромосомная делеция?					
12. На каком рисунке представлена мутация с участием хромосом группы А?					
13. На каком рисунке представлена мутация с участием хромосом группы В?					
14. На каком рисунке представлена мутация с участием хромосом группы С?					
15. На каком рисунке представлена мутация с участием хромосом группы D?					
16. На каком рисунке представлена мутация с участием хромосом группы E?					
17. На каком рисунке представлена мутация с участием хромосом группы F?					
18. На каком рисунке представлена мутация с участием хромосом группы G?					

Пищевые связи в наземной экосистеме

Пищевая структура биоценоза, как правило, состоит из трех элементов: продуцента, консумента и редуцента. Функциональная активность любого биоценоза определяется пищевыми связями между его организмами. В пределах биоценозов устанавливаются определенные пищевые цепи (последовательности звеньев от продуцента до конечного консумента) и трофические сети (совокупность пищевых цепей экосистемы).

Необходимые материалы:

- Рабочая тетрадь, карандаш, ручка.
- Оборудование: лупа, энтомологический сачок, конверты, пластиковые пакеты, фотоаппарат или мобильный телефон и др.
- Подходящая и удобная одежда.

Примечание. В ходе выполнения практической работы необходимо строго соблюдать правила поведения на природе и защиты окружающей среды.

Ход работы:

1. Определение пищевой структуры биоценоза

- Проанализируй биоценоз одной из экосистем вблизи твоего лица или экосистемы на прилегающей к населенному пункту территории (с выездом на местность).
- Выяви организмы, представленные в изученном биотопе.
- Запиши в тетради названия выявленных видов организмов.
- Сфотографируй различные участки биоценоза.
- Заполни в тетради представленную ниже таблицу, указав в ней представителей различных пищевых категорий проанализированного биоценоза.

Продуценты	Консументы	Редуценты
<p><i>Аутотрофные организмы</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • _____ • _____ • _____ • _____ • _____ 	<p><i>По порядку:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • первичные _____ _____ • вторичные _____ _____ • третичные _____ _____ <p><i>По типу пищи:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • растительоядные _____ _____ • плотоядные _____ _____ • всеядные _____ _____ • детритофаги _____ _____ <p><i>Примечание.</i> В исследуемом биоценозе могут отсутствовать некоторые типы консументов.</p>	<p><i>Сапрофитные организмы</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • _____ • _____ • _____ • _____ • _____

2. Определение пищевых сетей биоценоза

- Обобщи информацию, собранную в исследуемом биоценозе.
- Представь в виде схемы пищевую сеть исследованного биоценоза.