

БИОЛОГИЯ 10

ТАШКЕНТ
2022

скачано с сайта www.idum.uz

УДК 57(075.3)
ББК 28.0я72
Б 63

Составители:

К. Сапаров, И. Азимов, М. Умаралиева, У. Рахматов, З. Тиллаева, И. Абдурахманова, Э. Очилов, С. Хайтбаева, Л. Уралова

Международный эксперт:

Бахтиёр Шералиев

Рецензенты:

А. А. Бекмухаммедов – заведующая кафедрой генетики биологического факультета Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека, кандидат биологических наук;

Ж. С. Садинов – младший научный сотрудник Института ботаники Академии наук Республики Узбекистан;

Х. С. Нурметов – старший преподаватель кафедры генетики и эволюционной биологии Чирчикского Государственного педагогического института Ташкентской области;

М. А. Хаджимуратова – преподаватель кафедры зоологии и анатомии факультета естественных наук Ташкентского Государственного педагогического университета имени Низами;

С. И. Зайниев – преподаватель кафедры биологии и методики преподавания факультета естественных наук Ташкентского Государственного педагогического университета имени Низами.

Биология [Текст]: учебник для 10-го класса / К. А. Сапаров [и др.]. – Ташкент: Республиканский центр образования, 2022. – 200 с.

УДК 57(075.3)
ББК 28.0я72

Оригинальный макет и концепция дизайна разработаны Республиканским центром образования.

Издан за счёт средств Республиканского целевого книжного фонда.

ISBN 978-9943-8454-8-0

© Республиканский центр образования, 2022

скачано с сайта www.idum.uz

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА I. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

1.1. Биология как наука. 9
1.2. Практическое занятие. Моделирование уровней организации жизни.. 13
1.3. Химический состав живых организмов. 14
1.4. Практическое занятие. Значение воды для живых организмов. 17
1.5. Углеводы. 19
1.6. Липиды. 23
1.7. Белки. 27
1.8. Практическое занятие. Создание биологической инфографики. 32
1.9. Нуклеиновые кислоты. 33
1.10. Практическое занятие. Решение задач по строению ДНК и РНК. 37

ГЛАВА II. КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ

2.1. Эукариотическая клетка. Клеточная стенка. 41
2.2. Цитоплазма. Немембранные органоиды клетки. 45
2.3. Мембранные органоиды клетки. 49
2.4. Лабораторная работа. Изучение влияния температуры на проницаемость плазматической мембраны. 53
2.5. Ядро. 54
2.6. Прокариотическая клетка. 56
2.7. Практическое занятие. Сравнительное изучение строения прокариотических и эукариотических клеток. 59
2.8. Обмен веществ. Энергетический обмен. 60
2.9. Практическое занятие. Решение задач по энергетическому обмену в клетках. 63
2.10. Реализация генетической информации в клетке. 65
2.11. Практическое занятие. Моделирование биосинтеза белка. 70
2.12. Размножение прокариотических и эукариотических клеток. 73
2.13. Мейоз. 75
2.14. Лабораторная работа. Изучение процесса митоза с помощью микропрепаратов. 79
2.15. Практическое занятие. Моделирование фаз митоза и мейоза. 80

ГЛАВА III. ЖИЗНЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

3.1. Бесполое размножение организмов. 85
3.2. Гаметогенез. 91
3.3. Половое размножение организмов. 95
3.4. Бесполое и половое размножение в жизненном цикле растений и животных. 100
3.5. Практическое занятие. Моделирование бесполых и половых поколений растений (мхи, хвощи, папоротники, семенные растения). 102

скачано с сайта www.idum.uz

ГЛАВА IV. НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ

4.1. Законы наследственности. 107
4.2. Практическое занятие. Решение задач по генетике: полное и неполное доминирования. 112
4.3. Практическое занятие. Решение задач по кодоминантности и плейотропии. 113
4.4. Генетика пола. 115
4.5. Наследование признаков, сцепленных полом. 118
4.6. Практическое занятие. Решение задач, сцепленных полом. 122
4.7. Изменчивость. 124
4.8. Практическое занятие. Изучение модификационной изменчивости. 128
4.9. Генотипическая изменчивость. 130
4.10. Практическое занятие. Сравнительное изучение модификационной и мутационной изменчивости. 133

ГЛАВА V. ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

5.1. Генная инженерия. 137
5.2. Изменение клеточной наследственности. 141
5.3. Биотехнология. 145
5.4. Практическое занятие. Идентификация сайтов рестрикции и изучение использования пектиназы в производстве фруктовых соков. 148

ГЛАВА VI. ЭКОСИСТЕМА

6.1. Структурная организация экосистем. 153
6.2. Практическое занятие. Определение компонентов экосистем. 157
6.3. Факторы среды. 160
6.4. Работа над проектом. Сравнение строения растений, выращенных в разных экологических условиях. 165
6.5. Трофическая структура экосистем. 167
6.6. Практическое занятие. Создание схем и решение задач по пищевой цепи и пищевым сетям. 172

ГЛАВА VII. ЭВОЛЮЦИЯ

7.1. Движущие факторы эволюции. 176
7.2. Практическое занятие. Изучение демографических показателей населения на основе закона Харди – Вайнберга. 179
7.3. Естественный отбор. 181
7.4. Приспособление в органическом мире как результат эволюции. 185
7.5. Практическое занятие. Изучение приспособления организмов к среде обитания 188
7.6. Появление видов. 190

скачано с сайта www.idum.uz

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дорогие учащиеся! В 7 – 9 классах, изучая биологию, вы познакомились со многими понятиями, терминами и законами природы. В текущем учебном году на основе полученных знаний вы продолжите изучение биологии. Биология изучает строение живых организмов, их характеристики, размножение, развитие, происхождение, взаимоотношения с природными сообществами и их места обитания. Биологические знания подготавливают основу для вашего развития как личности, выбора профессии, расширения научного мировоззрения и приобретения экологического мышления с широким пониманием научной картины мира.

С помощью этого учебника на уроках биологии вы научитесь смотреть на природу как на целостную систему – от низшего к высшему структурному уровню жизни – и самостоятельно обобщать биологические понятия, теории и законы, приводить их к единой системе, устанавливая между ними причинно-следственную связь.

Перед каждым параграфом в рубрике **«Проверка базовых знаний»** помещены вопросы и задания. Это позволит вам лучше понять и усвоить новый материал. Внимательно осваивайте тематический текст, самостоятельно открывайте для себя, как исследователя, новые знания. Узнайте, как создавать инфографику, чтобы быстро понять суть темы.

В рубрике **«Применение новых знаний»** параграфа перечислены задачи на уровнях познания и понимания биологических объектов, явлений и процессов, а также биологических теорий и законов, анализа, синтеза и оценки. Выполняя эти задания, вы сможете познавать, понимать, объяснять, интерпретировать биологические явления и процессы, применять методы научных исследований, анализировать, синтезировать, обобщать, проектировать и моделировать биологические объекты, явления, процессы.

Практические и лабораторные занятия, данные в учебнике, помогут вам понять природу биологических законов, применить знания для решения биологических задач. Закрепляйте свои навыки с помощью упражнений, приведённых в конце каждой главы.

	**Наденьте защитную одежду** Во время практики следует надеть защитную одежду, чтобы предотвратить попадание на вас различных веществ.		**Наденьте перчатки** Указывает на опасность травмы рук. Вы должны надеть перчатки, чтобы защитить руки.
	**Острый/режущий предмет** Острые и режущие предметы могут нанести травму. Вы должны быть осторожными при их использовании.		**Хрупкий материал** Лабораторное оборудование может разбиться и нанести вред вам и окружающей среде. Вы должны быть осторожными при использовании этих предметов.
	**Биологическая опасность** Следует остерегаться заболеваний, вызванных бактериями, протоцистами, грибами, растениями и животными.		**Легковоспламеняющееся вещество или высокая температура** Вы должны быть осторожными, потому что химические вещества могут взорваться или загореться по разным причинам.

УЧЁНЫЕ - БИОЛОГИ



Ёлкин Туракулов (1916–2005). Академик Академии наук Республики. Заслуженный деятель науки Узбекистана, доктор биологических наук, профессор. Научные работы Ёлкина Туракулова связаны с биохимией тиреоидных гормонов при патологиях щитовидной железы. Его исследования посвящены современной биологии, медицине, биохимии, биофизике, радиобиологии и эндокринологии. За свои работы по заболеваниям щитовидной железы с использованием радиоактивного йода учёный был удостоен престижной Государственной премии.



Джура Мусаев (1928–2014). Академик Академии наук Республики Узбекистан. Заслуженный деятель науки Узбекистана, доктор биологических наук, профессор. Джура Мусаев создал генетическую коллекцию хлопчатника. Он первым разработал генетическую теорию комбинативного наследования генов аллотетраплоидного хлопчатника. Вместе со своими учениками он создал коллекцию моносомных, транслокационных и цитологически меченых линий хлопчатника. Джура Мусаев является одним из авторов сортов хлопчатника «Гюльбахор», «Навбахор», «Армугон».



Абдусаттор Абдукаримов (1942). Академик Академии наук Республики Узбекистан, доктор биологических наук, профессор.

Абдусаттор Абдукаримов является одним из основателей и первым директором Института генетики Академии наук Республики Узбекистан. А. Абдукаримовым впервые в Узбекистане создана лаборатория молекулярной биологии, где было экспериментально доказано, что тиреоидные гормоны участвуют в регуляции процессов жизнедеятельности в цитоплазме, митохондриях и ядре клетки с помощью специальных белковых молекул-рецепторов. А. Абдукаримов является одним из основоположников биотехнологии хлопчатника в республике, руководил программой научных работ, связанных с клонированием генов и получением растений из одиночных клеток в искусственных условиях. В созданном А. Абдукаримовым центре генной инженерии «ГЕНИНМАР» создана технология селекции хлопчатника на основе ДНК-маркеров и на их основе впервые получены новые сорта хлопчатника.



Ахрор Музаффаров (1909–1987). Деятель науки Узбекистана, доктор биологических наук, профессор. Ахрор Музаффаров изучал водоросли водоёмов гор Средней Азии и впервые вывел закономерности их распространения. Он доказал, что водоросли можно искусственно размножать и использовать в различных отраслях народного хозяйства. Вместе со своими учениками он разработал методы биологической очистки воды, загрязнённой водными растениями, методы использования хлореллы для повышения продуктивности животноводства и очистки водоёмов, загрязненных водорослями, сине-зелёных азотофиксирующих водорослей в выращивании хлопчатника, пшеницы и риса.

Ахрор Туляганов (1908–1990). Член-корреспондент Академии наук Узбекистана, заслуженный деятель науки и техники Узбекистана, доктор биологических наук, профессор. Научная деятельность Ахрора Туляганова была посвящена изучению почвенных и растительноядных нематод (круглых червей). Он открыл около 25 новых видов этих животных. Под его руководством составлен каталог растительных и почвенных нематод, встречающихся на территории Узбекистана, разработаны мероприятия по борьбе с паразитическими нематодами кенафа, хлопчатника и овощных культур.



Джалолиддин Азимов (1938). Академик Академии наук Республики Узбекистан, доктор биологических наук, профессор. Джалолиддин Азимов – директор Института зоологии АН Республики Узбекистан. Научные работы Джалолиддина Азимова посвящены изучению состава, развития и биологического разнообразия фауны паразитарных организмов в биогеоценозах Узбекистана. Он определил факторы эволюции системы «паразит – хозяин», развития различных эндопаразитов позвоночных и закономерности формирования фаунистических комплексов.



Машхура Мавляни (1934). Академик Академии наук Республики Узбекистан, заслуженный деятель науки Узбекистана, доктор биологических наук, профессор.

Машхура Мавляни – основоположник промышленной микробиологии в Узбекистане. Впервые в Средней Азии создала коллекцию промышленных микроорганизмов. Разработала методы борьбы с микроорганизмами-вредителями. Создала новую схему классификации бесспоровых грибов. Под действием гамма- и лазерных лучей ею были обнаружены и внедрены активные мутанты. Изучив ряд дрожжей, создала технологию приготовления дрожжей для хлебопекарной, животноводческой и других отраслей промышленности.



Ибрагим Абдурахманов (1975). Академик Академии наук Республики Узбекистан, доктор биологических наук, профессор.

Член Всемирной академии наук (TWAS), член Исполнительного комитета Международной инициативы по геному хлопка (ICGI) и Ассоциации исследователей хлопка США (ICRA), член редколлегии ряда международных журналов. Лауреат международной премии «TWAS Prize 2010» в области сельского хозяйства Международной академии наук (TWAS).

Лауреат премии Международного консультативного комитета по хлопку (ICAC) «Исследователь года» (2013). За большой вклад в реформы в области науки, техники и инноваций в республике в 2021 году ему присвоено звание «Заслуженный изобретатель и рационализатор Республики Узбекистан».

Под его руководством впервые в мире была разработана технология подавления активности генов фитохрома хлопчатника (ген-нокаут) и за короткий срок были выведены новые сорта без использования чужеродных генов с высокими показателями качества волокна, урожайности, скороспелости и развитой корневой системой; созданы сорта «Порлок-1», «Порлок-2», «Порлок-3» и «Порлок-4». Эта технология в настоящее время широко используется при создании новых биотехнологических сортов пшеницы, картофеля и других сельскохозяйственных культур.

Акбар Гафуров (1927–2022). Заслуженный работник народного образования, доктор биологических наук, профессор.



Акбар Гафуров первым в Узбекистане создал кафедру методики преподавания биологии. Он является основоположником науки «Методики преподавания биологии» в нашей стране и научной школы в этой области. Исследования учёного посвящены генетике, теории эволюции, методике преподавания биологии. Является соавтором учебно-методических сборников «Генетика человека», «Эволюционное обучение», «Методика преподавания биологии».



Ташханим Рахимова (1944). Геоботаник, эколог, доктор биологических наук, профессор.

Научная работа учёного посвящена оценке экологического состояния растительного покрова и пастбищ Узбекистана, адаптации эколого-биологических характеристик кормовых растений, изменениям пастбищных экосистем в процессе опустынивания.

Ташханим Рахимова – специалист в области геоботаники и экологии растений. Является крупным представителем научной школы по изучению эколого-биологических свойств кормовых растений засушливых регионов Узбекистана. Она является автором ряда карт по оценке состояния естественных пастбищ Узбекистана.

Ташханим Рахимова – самоотверженный человек, искусный педагог, скромный учёный, наставник молодёжи. Её ученики трудятся в высших учебных заведениях нашей республики и в различных отраслях народного хозяйства.



ГЛАВА I
МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

1.1. Биология как наука.
1.2. Практическое занятие. Моделирование уровней организации жизни.
1.3. Химический состав живых организмов.
1.4. Практическое занятие. Значение воды для живых организмов.
1.5. Углеводы.
1.6. Липиды.
1.7. Белки.
1.8. Практическое занятие. Создание биологической инфографики.
1.9. Нуклеиновые кислоты.
1.10. Практическое занятие. Решение задач по строению ДНК и РНК.



1.1. БИОЛОГИЯ КАК НАУКА

Проверка базовых знаний. Какие области экономики связаны с биологией? Что вы понимаете под системой? Почему каждый из уровней жизни можно считать биологической системой?

Биосистема
Иерархия
Экосистема
Уровни жизни

Цель и задачи биологии. Биология изучает живые организмы, их строение, размножение, развитие и происхождение, взаимоотношения со средой обитания и с другими объектами живой природы. Термин «биология» был введён в науку французским учёным Ж. Б. Ламарком и немецким учёным Г. Р. Тревинарусом независимо друг от друга и означает *bios* – «жизнь» и *logos* – «наука».







Рис. 1.1. Профессии, связанные с биологией

Значение биологических знаний. Развитие биологической науки способствовало решению таких проблем, как сохранение здоровья человека, лечение различных заболеваний и их предупреждение, увеличение продолжительности жизни человека, охрана редких растений и животных, создание высокопродуктивных сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов, обеспечение человечества качественными продуктами питания. Знание биологии позволяет формировать научное мировоззрение. Биология неразрывно связана с медициной и сельским хозяйством *(рис. 1.1).*

Изучение строения и функций систем органов живых организмов помогает найти конкретные решения в отрасли технологии и строительства *(рис. 1.2).*

Как одно из основных направлений производства биотехнология оказывает значительное влияние на решение таких проблем, как производство продуктов питания, охрана окружающей среды и др. Кроме того, биотехнология позволяет получать безопасные для жизни и здоровья людей виды топлива путём биопереработки отходов промышленного и сельскохозяйственного производств. В настоящее время с помощью биосинтеза получают самые различные антибиотики, ферменты и гормоны.

Проблемы и задачи биологии. Одной из серьёзных проблем человечества, стоящих перед биологией, является сохранение биоразнообразия в природе, обеспечение экологической стабильности, уменьшение негативного влияния глобальных изменений климата. На сегодняшний день необходимо реализовать профилактику аллергических, инфекционных и эпидемиологических заболеваний, угрожающих здоровью человека, модернизировать сельское хозяйство и стремительно его развивать, расширять производство экологически чистых продуктов, улучшить состояние орошаемых земель, внедрить современные агротехнологии, способствующие экономии воды и других ресурсов. Важной задачей биологии является предупреждение сокращения видового разнообразия в природе, внедрение и разработка методов сохранения генофонда животных и растений, транспортировка и переработка бытовых отходов промышленности и сельского хозяйства, предупреждение загрязнения природы.



Рис. 1.2. Строение и архитектура живого организма – решение проблем в области строительства

Уровни организации жизни. Мир живой природы представляет собой совокупность разнообразных биосистем различной сложности. Биологическая система (биосистема) – биологический объект, который представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих компонентов, выполняющих определённые функции и обладающих способностью к развитию, самовоспроизведению и приспособлению к среде. Например, цветковое растение представляет собой биосистему, состоящую из вегетативных и генеративных органов. Различные взаимозависимые и взаимосвязанные уровни живых систем состоят из иерархической структуры *(рис. 1.3).*

Иерархическая структура – структура, при которой один из уровней является основой для создания следующего уровня. Жизнь на Земле существует в виде различных биологических систем, таких как молекула, клетка, ткань, орган, организм, популяция, экосистема, биосфера. Они отличаются друг от друга составляющими их компонентами и протекающими в них процессами *(рис. 1.4)*. Рассмотрим некоторые уровни организации жизни.

Молекулярный уровень организации жизни. Суть изучения жизни на молекулярном уровне заключается в определении биологического значения биомолекул, входящих в состав клеток живого организма. Компоненты жизни на молекулярном уровне включают биомолекулы, т. е. белки, нуклеиновые кислоты, липиды и углеводы. На молекулярном уровне жизни происходят процессы, связанные с хранением, воспроизводством, изменением генетической информации, обменом веществ и энергии.

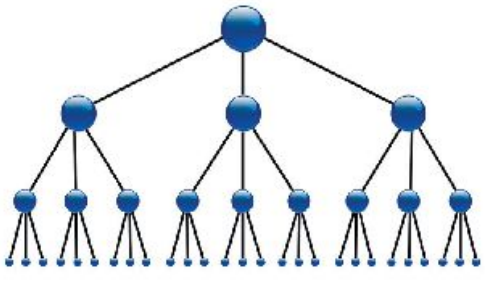


Рис. 1.3. Иерархическая структура биологических систем

Клеточный уровень организации жизни. Клетка – структурная, функциональная единица, присущая всем живым организмам. Свойства клетки как системы во многом отражаются на молекулярном уровне, т. е. в её компонентах и их деятельности. Клетка состоит из таких структурных элементов, как мембрана, цитоплазма и её органоиды. На этом уровне осуществляются функции клеточных органоидов, деление клеток, процессы пластического и энергетического обмена. Как структурная единица жизни, клетка – это система, состоящая из биомолекул. Основные мембранные структуры клетки состоят из липидов и белков. Молекула ДНК хранит информацию о синтезе белков. Если механизмы процесса редупликации ДНК отражаются на молекулярном уровне,то на клеточном уровне этот процесс проявляется в виде деятельности клетки.

Организменный уровень организации жизни. Организм – биологическая система, ведущая самостоятельную жизнь, способная к саморегуляции и самообновлению, состоящая из одной или множества клеток. Организменному уровню жизни присущи такие качества, как движение, дыхание, питание, выделение, обмен веществ и энергии, ответная реакция на внутренние и внешние факторы внешней среды путём раздражения, защита, рост, развитие, размножение и передача наследственной информации из поколения в поколение.

Популяционно-видовой уровень организации жизни. Совокупность особей одного вида, имеющих морфофизиологическое, генетическое, экологическое, этологическое сходство, длительно занимающих определённый ареал и воспроизводящих себе подобных в течение большого числа поколений, называется **популяцией**. Например, в верхних течениях Сырдарьи в Ферганской долине можно встретить самую большую популяцию Туркестанского усача. В водоёмах Бухарской области находится вторая по численности популяция этого вида рыб. Наименьшая популяция Туркестанской молибдаровой рыбы распространена в реках Сурхандарьинской области.

Вид определяют как совокупность популяций особей, способных к свободному скрещиванию с образованием потомства, отличающихся от других популяций того же вида некоторыми признаками и свойствами. Три отдельные популяции вышеупомянутых рыб в Ферганской долине, Бухарской и Сурхандарьинской областях вместе образуют один вид рыб – Туркестанский усач *(Luciobarbus conocephalus)*. На этом уровне наблюдаются простейшие, элементарные эволюционные преобразования.

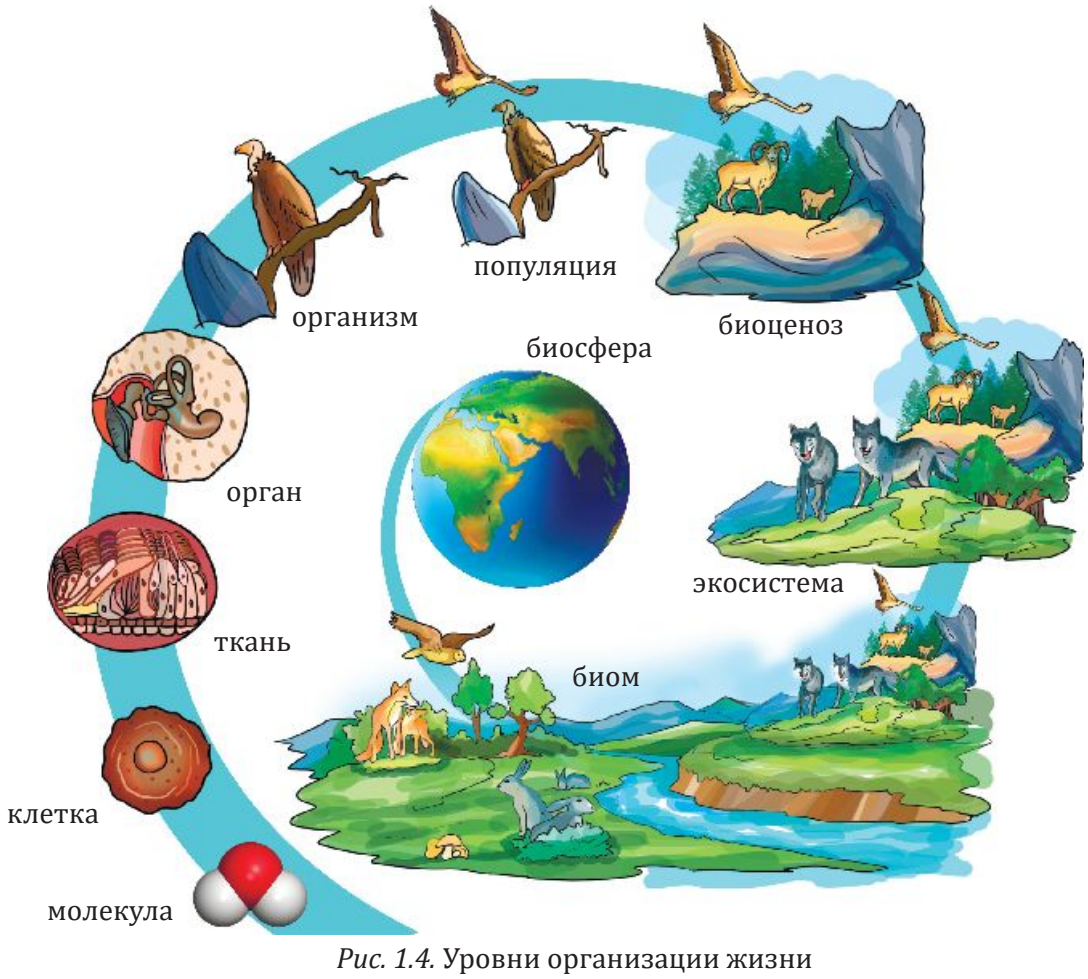


Рис. 1.4. Уровни организации жизни

Экосистемный уровень организации жизни. Совокупность живых организмов и неорганических природных факторов, связанных между собой обменом веществ и энергии, называется **экосистемой**. Экосистема как биологическое явление представляет собой открытую систему, состоящую из компонентов – биотопа (среды обитания) и биоценоза (сообщества живых организмов). Данный уровень характеризуется следующими свойствами: биотические отношения, регулирование постоянством численности видов; синтез биомассы, поддерживающей жизнь видов; поток веществ и энергии, обеспечивающих устойчивость биосистемы; периодический круговорот веществ и энергии; сезонные изменения.

Биосферный уровень организации жизни. С экологической точки зрения **биосфера** представляет собой глобальную экосистему, которая объединяет все экосистемы нашей планеты и в которой постоянно происходит круговорот веществ и передача энергии. Биосфера – это оболочка Земли, в которой живут живые организмы. Организация биосферы проявляется в устойчивости, которая достигается упорядоченностью процессов, обусловленных взаимным влиянием живой и неживой природы, и в многообразии взаимосвязей различных организмов, динамическом равновесии круговорота веществ. Главная роль биосферы заключается в обеспечении многообразия форм жизни на Земле и его сохранении в течение длительного времени. На биосферном уровне протекают важные глобальные процессы, обеспечивающие возможность длительного существования жизни на Земле. В биосфере наблюдаются непрерывное поступление солнечной энергии, образование свободного кислорода за счёт фотосинтеза. Сохранение озонового слоя, поддержание постоянства концентрации углекислого газа в атмосфере, биологического разнообразия видов и экосистем определяют существование биосферы.

Современная биология на биосферном уровне решает глобальные проблемы, например, определение интенсивности образования свободного кислорода растительным покровом Земли или изменения концентрации углекислого газа в атмосфере, связанные с деятельностью человека, решает задачи, направленные на поддержание динамичного и стабильного состояния биосферы и биологического разнообразия на Земле.

Разнообразие форм жизни. Клеточные организмы являются основной и прогрессивной формой жизни на Земле. Клетка как элементарная живая система составляет основу развития и строения животных и растительных организмов на нашей планете. Клетка – это единственная элементарная единица, на уровне которой проявляются все свойства жизни.

Клетки, из которых состоит живой организм, разнообразны, но все они имеют единый принцип строения и общие особенности. В этом проявляется единство происхождения всех живых организмов на Земле, целостность органического мира нашей планеты.

Организмы с клеточным строением, в свою очередь, делятся на **прокариоты** и **эукариоты**. Прокариоты включают бактерии, а эукариоты включают все протоцисты, грибы, растения и животных.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Что вы понимаете под уровнями строения жизни?
2. Объясните компоненты жизни на молекулярном уровне.
3. В чём суть клеточного уровня жизни?
4. Охарактеризуйте процессы, происходящие на уровне организма жизни.
5. Каковы характеристики процессов, происходящих на уровне популяции жизни?

Применение. Запишите процессы, происходящие на структурном уровне жизни.

Уровни жизни	Компоненты	Процессы

Анализ. Определите уровни организации жизни следующих объектов: *цитоплазма, ядро, лёгкие, корень, стебель, печень, кролик, колония дельфинов, гемоглобин, хлоропласт, лист, пустыня, дыхательная система, амёба, сердце, инфузория.*

Синтез. Выразите характеристики живых организмов в кластере.

Оценка. В чём суть деления жизни на различные структурные уровни? Обоснуйте своё мнение.

1.2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА. МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

Цель: с помощью моделирования понять природу уровней жизни, определить взаимосвязь между её составляющими и их специфическими процессами.

Органический мир включает в себя биологические системы разного уровня сложности по строению. Биологическая система представляет собой совокупность взаимосвязанных компонентов, выполняющих определённую функцию, обладающих способностью развиваться, самообновляться и приспосабливаться к окружающей среде. Растительный или животный организм – это биологическая система, состоящая из клеток, тканей, органов и систем органов. Клетки, ткани и органы взаимосвязаны друг с другом и обеспечивают воспроизводство организма, являются целостной системой и позволяют приспособиться к внешней среде. Эта система считается биологической системой на уровне организма.

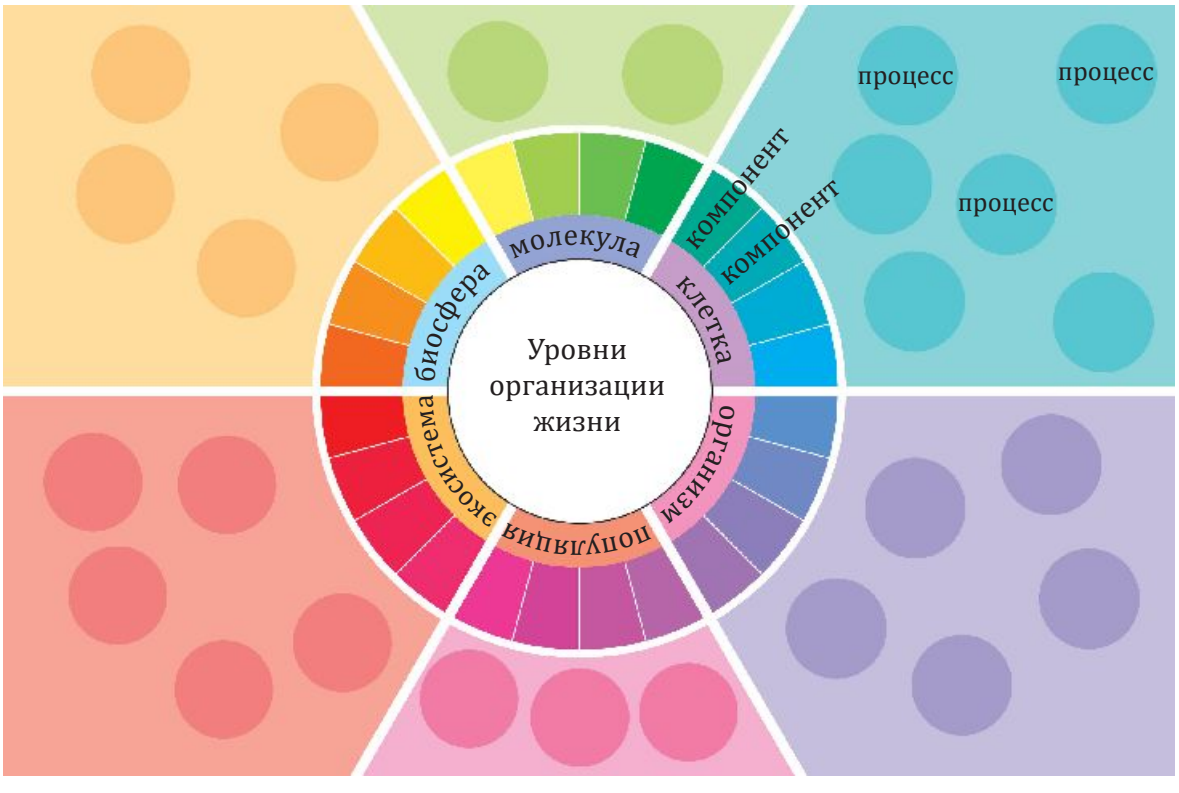
Каждый структурный уровень жизни представляет собой биологическую систему.

Оборудование: цветные карандаши, белый лист бумаги.

Порядок выполнения работы

Задания для малых групп:

1. Обсудите в группе природу структурных уровней жизни.
2. Дайте определение компонентам структурных уровней жизни.
3. Назовите процессы, характерные для структурных уровней жизни.
4. Обсудите в группе взаимосвязь между компонентами структурных уровней жизни и специфическими для них процессами.
5. Сделайте вывод о важности изучения иерархических уровней жизни как биологических систем.
6. Смоделируйте в виде схемы компоненты уровней организации жизни и процессы, про исходящие в них. В качестве примера используйте следующую схему.



1.3. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

Биогенный элемент
Буферность
Дипольная молекула
Гидрофильный
Гидрофобный
Полимер

Проверка базовых знаний. Клетки растений, животных, микроорганизмов являются сходными по химическому составу, что является свидетельством единства органического мира. Какие ещё доказательства вы можете предоставить?

Химический состав живых организмов и его постоянство. Чтобы понять сущность строения и процессы жизнедеятельности живых организмов, важно сначала узнать, из каких веществ они состоят, как эти вещества образуются и какие функции выполняют в организме. Живые организмы, как и объекты неживой природы, состоят из различных химических элементов. Однако как по структуре химических соединений, входящих в их состав, так и по набору и содержанию химических элементов между неживыми и живыми системами имеются существенные различия. В живых системах в значительных количествах встречаются кислород, углерод, водород и азот. Единство химического состава – одна из важных характеристик живых организмов.

Химические элементы, входящие в состав всех живых организмов, называются **биогенными элементами**. Все элементы разделяются на две группы по содержанию их в живых организмах: макроэлементы и микроэлементы. Макроэлементы, в свою очередь, делятся на две группы. К первой группе относятся C, O, H, N, составляющие 98 % химического состава клетки. Эти элементы составляют основу органических соединений, входящих в состав живых организмов,например, белков, нуклеиновых кислот, липидов, углеводов. Во вторую группу входят S, P, Ca, Na, K,Cl, Mg, Fe. Они составляют 1,9 %.

Элементы, количество которых составляет меньше 0,001%, называются **микроэлементами**.

Неорганические вещества клетки. Среди неорганических веществ важную роль в обеспечении функционирования отдельных клеток играют минеральные соли. Соли неорганических кислот присутствуют внутри клетки в виде катионов, анионов или кристаллов *(таблица 1)*.

Концентрация катионов и анионов внутри клетки и вне клетки различна.

Разная концентрация ионов снаружи и внутри клеток приводит к возникновению разницы электрических потенциалов. Многие катионы нерав-

Углерод входит в состав всех органических соединений.

Кислород принимает участие в процессе дыхания аэробных клеток.

Азот входит в состав аминокислот, белков, нуклеиновых кислот, АТФ, хлорофилла, витаминов.

Фосфор входит в состав нуклеиновых кислот, АТФ, ферментов, костной ткани.

Кальций входит в состав костной ткани, участвует в процессе свёртывания крови, обеспечивает сокращение мышц.

Магний входит в состав молекулы хлорофилла, принимает участие в синтезе ДНК в качестве кофермента.

Железо обеспечивает транспортировку кислорода в структуре гемоглобина, миоглобина.

Калий обеспечивает развитие растений, нормальную свёртываемость крови.

Хлор входит в состав желудочного сока.

Йод входит в состав щитовидной железы.

Медь обеспечивает транспортировку кислорода в структуре гемоцианина у беспозвоночных.

Кобальт входит в состав витамина B_{12}.

Фтор входит в состав зубной эмали.

Цинк входит в состав ферментов ДНК- и РНК-полимераз.

номерно распределены внутри и вне клетки. Например, концентрация ионов K^+ в клетке всегда выше, чем в межклеточной жидкости, а концентрация ионов Na^+ и Ca^{2+} в клетке напротив – ниже. Неравномерное распределение ионов внутри и вне клетки необходимо для осуществления многих важных жизненных процессов, в частности, для передачи нервных импульсов и сокращения мышечных волокон.

Таблица 1

Минеральные соли		
Ионы		Нерастворимые соли
Катионы	Анионы	
K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}	Cl^-, HCO_3^-, HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$	Соли в зубной эмали, костях, раковинах моллюсков, хитиновом покрове членистоногих

Буферностью называют способность клетки поддерживать слабощелочную среду своего содержимого на стабильном уровне. Буферный раствор состоит из слабых кислот и её растворимых солей. При повышении кислой среды в клетке анионы, источником которых являются соли, связываются с ионами водорода. При снижении кислотности выделяются ионы водорода. Фосфатные и бикарбонатные буферные системы имеют большое значение в клетках млекопитающих. Внутри клетки буферность обеспечивается главным образом анионами $H_2PO_4^-$ и HPO_4^{2-}. Во внеклеточной жидкости и крови роль буфера играют HCO^{3-} *(схема 1)*.

Схема 1

Схема работы механизма буферных систем

Бикарбонатная буферная система	Фосфатная буферная система
При увеличении концентрации ионов H^+ в среде	При увеличении концентрации ионов H^+ в среде
$H^+ + HCO_3 \rightleftharpoons H_2CO_3$	$H^+ + HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H_2PO_4^-$
При снижении концентрации ионов H^+ в среде	При снижении концентрации ионов H^+ в среде

Вода. Количество воды в клетке зависит от интенсивности обмена веществ в ней. Тот факт, что жизненные процессы в клетке приспособлены к переходу в водную среду, является доказательством того, что жизнь впервые возникла в воде. Биологические функции воды во многом определяются её химическими и физическими свойствами. Молекула воды состоит из атома кислорода, связанного с двумя атомами водорода полярными ковалентными связями.

Однако, поскольку кислород является более электроотрицательным, чем водород, он в большей степени притягивает к себе электроны, приобретая частичный отрицательный заряд. В свою очередь, каждый из атомов водорода приобретает частичный положительный заряд. Молекула воды поляризована и является **диполем** – имеет два полюса *(рис. 1.5)*.

Частично отрицательный заряд атома кислорода одной молекулы воды притягивается частично положительными атомами водорода других молекул, соединяясь водородными связями. Водородные связи намного слабее ковалентных, поэтому легко разрываются. Следовательно, молекулы воды подвижны. Температура кипения, замерзания, плавления и высокая теплоёмкость воды (способность поглощать тепло при незначительном изменении собственной температуры) зависят от водородных связей. Вода обладает высокой теплоёмкостью, и это свойство предохраняет клетку от резких температурных колебаний.

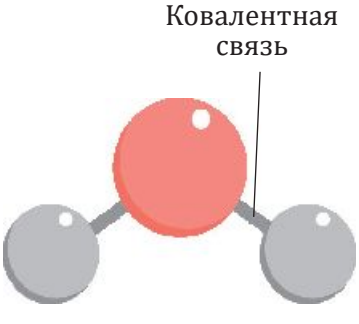


Рис 1.5. Структура молекулы воды

Вода также имеет высокую теплопроводность. Это обеспечивает равномерное распределение теплоты между отдельными частями организма. Растения и животные охлаждают своё тело за счёт испарения воды *(рис. 1.6)*.

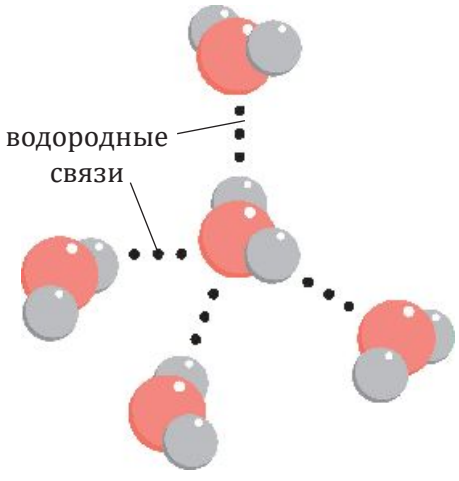


Рис. 1.6. Молекула воды и водородные связи между молекулами

Вода практически несжимаема, благодаря чему клетки поддерживают свою форму и обладают упругостью. Эта особенность воды проявляется в выполнении ею гидроскелетной функции в организме животных. Вода является средой обитания большинства живых организмов. Она транспортирует питательные вещества и продукты метаболизма в организме. Растворённые в воде минеральные вещества доставляются ко всем органам по проводящим тканям растений. Вода является важным растворителем в клетке. Полярный характер молекулы воды определяет её способность как растворителя. В ней хорошо растворяются полярные соединения. Вещества, хорошо растворяющиеся в воде, называются гидрофильными *(рис. 1.7)*.

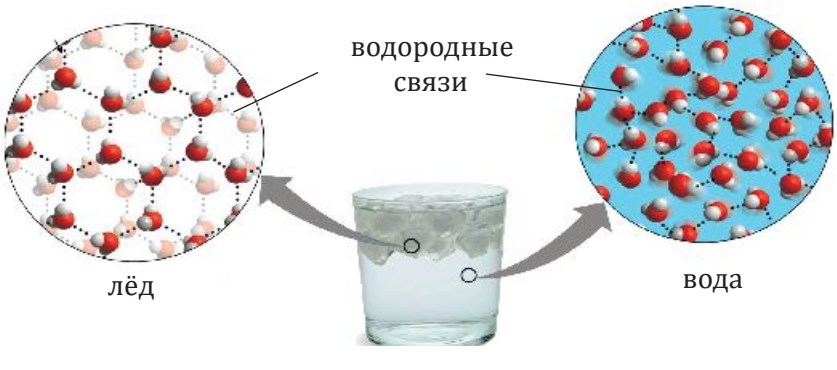
К ним относятся поваренная соль, моносахариды, дисахариды, простые спирты, аминокислоты. Вещества, плохо или вовсе не растворимые в воде, называются гидрофобными. К ним относятся полисахариды (крахмал, гликоген, клетчатка), жиры, АТФ, липиды, некоторые белки и нуклеиновые кислоты. Вода является источником кислорода, выделяемого растениями в атмосферу. Вода служит источником водорода для синтеза органических веществ растениями в процессе фотосинтеза.



Рис. 1.7. Вода как растворитель

Органические соединения клетки.

При замерзании воды её объём увеличивается, а плотность уменьшается. Очень важно, что лёд легче воды, так как вода имеет максимальную плотность при +4 °С, поэтому пресные водоёмы не промерзают до дна.



К молекулярному уровню жизни относятся такие биологические молекулы, как ДНК, РНК, АТФ, белки, углеводы, липиды. Эти вещества имеют общую структуру для клеток всех живых организмов независимо от их вида. Высокомолекулярные вещества – белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды являются биополимерами.

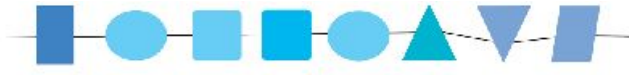
Полимеры – это молекулы, состоящие из большого количества повторяющихся единиц (мономеров), соединённых друг с другом ковалентными связями и образующих длинные неразветвлённые или разветвлённые цепи.

Биополимеры образуются благодаря взаимосвязи мономеров. Полимеры делятся на две группы. Полимеры, состоящие из одинаковых мономеров (гликоген, крахмал, целлюлоза), называются **гомополимерами.** Полимеры, состоящие из разных мономеров (белки, нуклеиновые кислоты), называются **гетерополимерами.**

Гомополимер



Гетерополимер



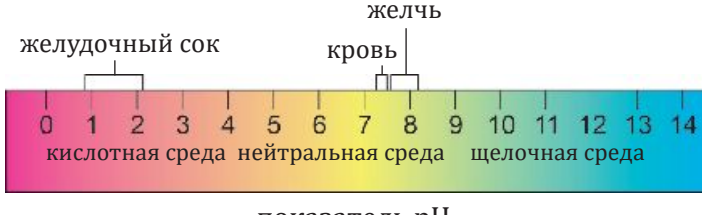
Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Определите значение изучения молекулярного уровня жизни.
2. Поясните значение элементов, входящих в состав клетки.
3. Назовите функции воды в клетке.
4. Поясните значение минеральных солей в деятельности клетки.
5. Назовите системы, обеспечивающие буферность клетки.

Применение. Приведите примеры молекулярного уровня жизни и обсудите в группе.

Анализ. Проанализируйте рисунок. Обсудите в группе внутреннюю среду в различных органах человеческого тела.



показатель pH

Синтез. Почему учёные считают, что жизнь зародилась в океане?

Оценка. Оцените значение воды в поддержании жизни на Земле.

1.4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА. ЗНАЧЕНИЕ ВОДЫ ДЛЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

Цель: изучить значение воды для живых организмов, установить взаимосвязь между свойствами и функциями воды.

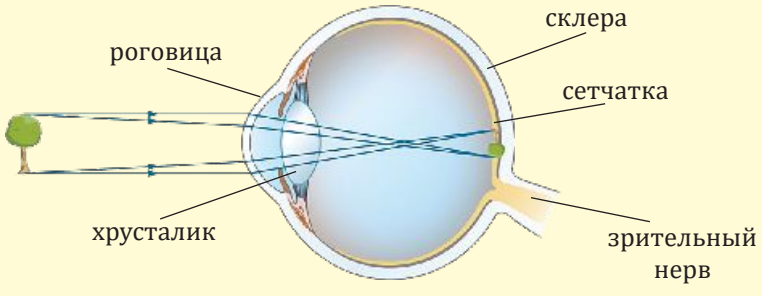
Правила безопасности: 

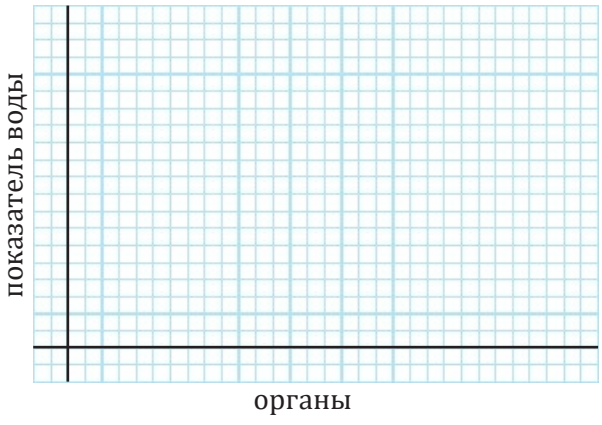
Значение воды в биологических системах

1. Вода является универсальным растворителем в живых системах благодаря своей способности образовывать гидраты.
2. Реакции в клетках протекают в водной среде. Реакции гидролиза происходят в результате взаимодействия ферментов и воды. Белки расщепляются на аминокислоты, полисахариды – на моносахариды, липиды – на жирные кислоты и глицерин, а нуклеиновые кислоты – на нуклеотиды.
3. Благодаря высокой теплоёмкости вода прекрасно поддерживает тепловой баланс в клетке. Из-за повышения температуры окружающей среды вода нагревается медленно, но при понижении температуры долго сохраняет тепло. Благодаря этому свойству воды организмы защищены от резких перепадов температуры окружающей среды.

4. Вода – основное средство транспортировки веществ в организме. Она обеспечивает движение лимфы и крови, поступление веществ ксилемы и флоэмы в растения. Вещества, растворённые в воде, транспортируются в клетки через клеточные мембраны. Транспортные функции воды обеспечиваются её высокой подвижностью.

5. Вода имеет максимальную плотность при температуре +4°С и относительно низкую плотность при 0°С. При замерзании воды её объём увеличивается, а плотность уменьшается, поэтому кусок льда всплывает на поверхность воды. При понижении температуры воздуха ниже +4°С в клетках растений образуются кристаллы льда, и клетки погибают. Поэтому в качестве приспособления для защиты от зимних холодов ткани растений накапливают белок и сахар.

Оборудование	Порядок выполнения работы
Для работы №1: 1. Вода 2. Стакан 3. Ложка 4. Лёд	**Работа №1.** Изучение прозрачности воды и её значение для биологических систем. Положите ложку в прозрачный стакан с водой. Что случилось? Какова связь между этим свойством воды и строением и функцией глаза? 
Для работы №2: 1. 2 пластиковых контейнера с грунтом 2. 10 незамоченных семян фасоли 3. 10 семян фасолей, предварительно замоченных 4. Вода	**Работа №2.** Изучение значения для живых систем тургорного свойства воды. 1. Посадите 10 незамоченных семян фасоли в почву в первый пластиковый контейнер (контрольная группа). 2. Посадите 10 замоченных семян фасоли в почву во второй пластиковый контейнер (группа практикантов). 3. Наблюдайте за прорастанием семян в контрольной и практикантных группах в течение одной недели. 4. Нарисуйте график скорости прорастания и эффективности каждого семени. 5. Обсудите влияние тургорного давления воды на прорастание семян. 6. Какое значение имеет свойство тургорного давления воды для живых систем?
Для работы №3: 1. Белая бумага 2. Линейка 3. Карандаш	**Работа №3.** Изучение количества воды в разных органах человеческого тела. 1. Проанализируйте информацию, изображённую на рисунке. 2. Нарисуйте график изменения количества воды в органах человека. 3. Как количество воды в разных органах проявляется в функционировании органов?





1.5. УГЛЕВОДЫ

Проверка базовых знаний. Какие элементы входят в состав углеводов? Какие продукты богаты углеводами? Какова роль гормона инсулина в углеводном обмене? Какая часть пищи, которую человек съедает за день, должна состоять из углеводов?

Углеводы
Моносахарид
Олигосахарид
Дисахарид
Полисахарид
Гликокаликс
Биологические знания

Углеводы. Углеводы считаются наиболее важными органическими соединениями в клетке, состоящими из атомов углерода, водорода и кислорода. Во многих молекулах углеводов атомы водорода и кислорода находятся в таком же соотношении, как и в молекулах воды (2:1). Общая формула углеводов $\mathbf{C_n(H_2O)_m}$. Некоторые углеводы имеют дополнительные атомы азота, фосфора или серы.

Углеводы содержатся в клетках всех живых организмов. Содержание углеводов в животных клетках не превышает 10 % от сухой массы, а в растительных клетках могут достигать до 90%.

По составу углеводы делятся на три группы: ***моносахариды, олигосахариды и полисахариды.***

Моносахариды. Моносахариды (от греч. *monos* – «один») – бесцветные, не распадающиеся путём гидролиза на меньшие элементы, биомолекулы со сладким вкусом и хорошей растворимостью в воде. Название моносахарида зависит от количества атомов углерода. Триозы имеют 3 атома углерода, тетрозы – 4, пентозы – 5, гексозы – 6 *(таблица 2)*.

Примерами наиболее распространенных моносахаридов являются пятиуглеродные пентозы – рибоза и дезоксирибоза, и шестиуглеродные гексозы – глюкоза, фруктоза *(рис. 1.8)*.



Глюкоза – «виноградный сахар»

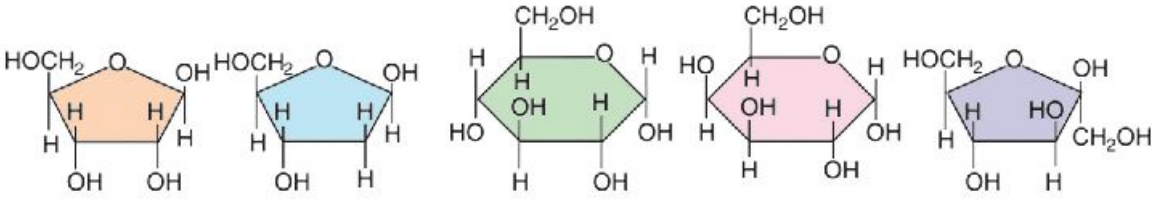


Глюкоза и фруктоза хорошо растворяются в воде и являются основными компонентами цветкового нектара и меда.

Глюкоза встречается в свободном виде в клетках, тканевой жидкости и в плазме. Глюкоза встречается в крови в определённой концентрации и обеспечивает ткани энергией. Норма содержания глюкозы в крови человека 4,5 – 5,5 ммоль (80 – 120 мг/100 мл). Увеличение или уменьшение количества глюкозы в крови свидетельствует о нарушении обмена веществ.

Гексозы входят в состав дисахаридов и полисахаридов. *Таблица 2*

Моносахариды	Формула	Примеры	Функция
Триозы	$C_3H_6O_3$	молочная кислота	В процессе дыхания в темновых фазах фотосинтеза играют роль промежуточных продуктов.
	$C_3H_4O_3$	пировиноградная кислота	
Тетрозы	$C_4H_8O_4$	эритроза	Необходима для синтеза витамина B_6 в растениях, бактериях и грибах.
Пентозы	$C_5H_{10}O_5$	рибоза	Входят в состав РНК и АТФ.
	$C_5H_{10}O_4$	дезоксирибоза	Входят в состав ДНК.
Гексозы	$C_6H_{12}O_6$	глюкоза	Основной источник энергии клетки.
	$C_6H_{12}O_6$	фруктоза	В свободном виде находится в вакуолях растительных клеток.
	$C_6H_{12}O_6$	галактоза	Входит в состав лактозы.



рибоза $C_5H_{10}O_5$ | дезоксирибоза $C_5H_{10}O_4$ | глюкоза $C_6H_{12}O_6$ | галактоза $C_6H_{12}O_6$ | фруктоза $C_6H_{12}O_6$

Рис. 1.8. Моносахариды

Олигосахариды представляют собой соединения, состоящие из 2–10 остатков моносахаридов, последовательно соединённых ковалентными связями. Олигосахариды, содержащие два остатка моносахаридов, называются дисахаридами.

Дисахариды также образуются при соединении двух моносахаридов *(рис. 1.9)*. Два моносахарида связываются друг с другом с помощью гликозидной связи с образованием дисахарида $C_{12}H_{22}O_{11}$.

$$C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 = C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$$



Мальтоза содержится в проросших зёрнах злаковых, таких как ячмень и рожь.

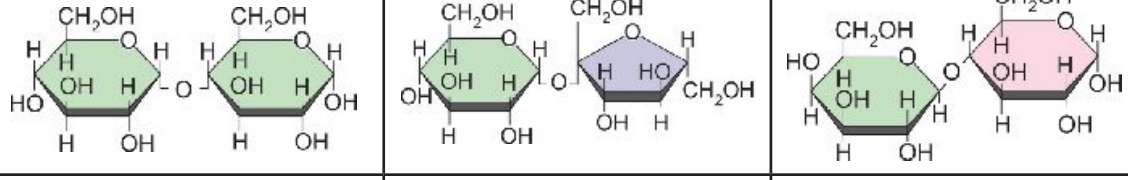




Сахароза – это «сахар», который мы потребляем в повседневной жизни, получаемый промышленным способом из сахарного тростника или сахарной свёклы .

Дисахариды так же, как и моносахариды, сладкие на вкус и хорошо растворяются в воде. Из дисахаридов наиболее широко распространена сахароза – свекольный или тростниковый сахар. Так как он хорошо растворяется в воде, то в растениях в больших количествах транспортируется по флоэме *(рис. 1.9)*.

Лактоза, или молочный сахар, является важным источником энергии для детёнышей млекопитающих.



Мальтоза (глюкоза +глюкоза)	Сахароза (глюкоза+фруктоза)	Лактоза (глюкоза+галактоза)

Рис. 1.9. Дисахариды

Мальтозой называют зерновой сахар, она образуется при распаде крахмала в процессе прорастания зерна. Кроме того, мальтоза также образуется при расщеплении крахмала под воздействием фермента амилазы в органах пищеварения.

Полисахариды – высокомолекулярные соединения. Не имеют вкуса, не растворяются в воде и образуют коллоидный раствор. Мономерами полисахаридов являются моносахариды, которые в полисахаридах соединены гликозидной связью:

$$C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 ..... + C_6H_{12}O_6 = (C_6H_{10}O_5)_n + (H_2O)_n$$

К полисахаридам относятся крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин и пектин. Глюкоза является мономером крахмала, клетчатки и целлюлозы.

По мере увеличения количества мономеров растворимость в воде и сладкий вкус полисахаридов снижаются. Некоторые углеводы способны образовывать комплексы с белками – гликопротеиды и липидами – гликолипиды.

Целлюлоза образует клеточную стенку растений. Из неё делают материал, бумагу и другие продукты. Например, зерна риса и пшеницы содержат до 60–80 % крахмала, а клубни картофеля – до 20 %. Клетки животных не содержат крахмал.

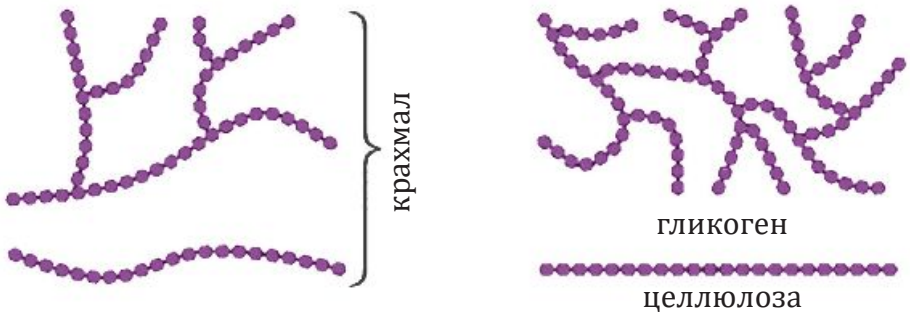


Рис. 1.10. Схемы строения молекул полисахаридов

Гликоген, то есть полисахарид, называемый животным крахмалом, хранится в качестве резервного питательного вещества в организме человека, животных и грибов.

Целлюлоза образует клеточную стенку растений. Из целлюлозы делают ткани, бумагу и другие промышленные продукты *(рис. 1.10)*.

Функции углеводов. Углеводы выполняют различные функции в живых организмах.

Энергетическая функция. Углеводы быстро расщепляются ферментами. В процессе окисления 1 г углеводов высвобождает 4,1 ккал или 17,6 кДж энергии. В энергетическом обмене углеводы имеют свойство разрушаться в анаэробной и аэробной среде. При расщеплении углеводов в аэробной среде образуется больше энергии, чем в анаэробной.

Запасающая функция. Полисахариды являются резервным продуктом для живых организмов. В качестве запасных питательных веществ углеводы у растений откладываются в виде крахмала, а у животных и грибов в виде гликогена.

Структурная функция. Углеводы служат строительным материалом клетки. Упругость и прочность стенки растительной клетки зависит от содержания в ней клетчатки. Клеточная стенка защищает внутреннюю среду клетки и поддерживает форму клетки. Хитин обеспечивает прочность клеточной оболочки грибов и покрытия тела членистоногих. Хитин содержит азот. Муреин входит в состав клеточной стенки бактерий.

Рецепторная функция. Полисахариды, входящие в состав плазматической мембраны животных клеток, образуют наружный мембранный комплекс – гликокаликс. Углеводные компоненты плазматической мембраны также выполняют роль рецепторов, получая сигналы из окружающей среды и передавая их в клетку.

Пластичная функция. Углеводы участвуют в образовании сложных органических соединений. Рибоза входит в состав молекул АТФ и РНК. Дезоксирибоза входит в состав нуклеотидов ДНК.

Метаболическая функция. В клетках живых организмов моносахариды являются основой для синтеза многих органических веществ – полисахаридов, нуклеотидов. Ряд веществ, образующихся в результате распада молекул моносахаридов, используются клетками для синтеза аминокислот, жирных кислот и др.

Защитная функция. Гепарин предотвращает свёртывание крови у человека и животных.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Определите моносахариды (А), дисахариды (Б) и полисахариды (С).

1	Глюкоза	5	Целлюлоза	9	Хитин
2	Гликоген	6	Фруктоза	10	Крахмал
3	Лактоза	7	Сахароза	11	Дезоксирибоза
4	Рибоза	8	Мальтоза	12	Муреин

2. Какие биологические функции выполняют моносахариды?

Применение

1. Почему замороженный картофель после оттаивания имеет сладкий вкус?
2. Сравните крахмал, целлюлозу и гликоген по их свойствам. Определите их сходство и различие.

Анализ.

1. Как меняется вкус углеводов и их растворимость в воде с увеличением молекулярной массы? Каково биологическое значение этого явления?
2. Почему глюкоза в организме животных и человека хранится в форме гликогена, а не в виде собственно глюкозы, хотя синтез гликогена требует дополнительных затрат энергии?

Синтез. Классифицируйте углеводы по разным критериям:
1) по наличию в живых организмах;
2) по молекулярной массе;
3) по числу атомов углерода;
4) по свойству растворимости;
5) по выполняемой функции.

Оценка. Крахмал в клетках растений и гликоген в клетках животных выполняют резервную функцию. Основным компонентом крахмала является разветвлённый полисахарид амилопектин. Гликоген подобен амилопектину, но имеет меньшую молекулярную массу и разветвлённую структуру. Оцените эти свойства гликогена с точки зрения их биологического значения.

1.6. ЛИПИДЫ

Проверка базовых знаний. Какие вещества называют гидрофобными? Каковы функции липидов в организме?

Липид
Воск
Фосфолипиды
Гликолипиды
Стероиды
Холестерин

Липиды. Липиды входят в состав клеток всех живых организмов. Липиды – неполярные гидрофобные молекулы. Липиды растворимы в неполярных органических растворителях, таких как бензол, хлороформ, эфир.

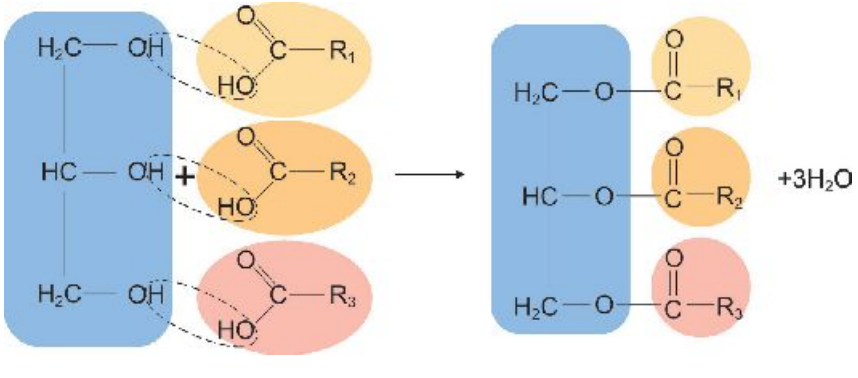
Количество липидов в живых организмах составляет 5–15% от сухой массы тела. Количество липидов в клетках жировой ткани достигает 90%. Липиды в больших количествах содержатся в нервной ткани, гиподерме и молоке млекопитающих.

Семена и плоды некоторых растений (подсолнечника, арахиса, оливок, льна, кунжута, сои) также содержат большое количество липидов.

Состав липидов. Химическая структура липидов очень разнообразна. Липиды представляют собой сложные эфиры, образующиеся в результате реакции конденсации жирных кислот и спирта *(рис. 1.11)*.

В зависимости от их строения липиды делятся на несколько групп.

Нейтральные жиры – наиболее простые и широко распространённые липиды. Их молекулы образуются в результате присоединения трёх остатков высокомолекулярных жирных кислот и одной молекулы трёхатомного спирта-глицерина. Жиры бывают твёрдыми или жидкими при комнатной температуре.



глицерин жирные кислоты молекула жира

Рис 1.11. Синтез молекулы жира из глицерина и 3 молекул жирных кислот

Воск образуется из жирных кислот и многоатомных спиртов. Он покрывает кожу и шерсть животных, перья птиц, смягчая их и предохраняя от действия воды. Восковой защитный слой покрывает также стебли, листья и плоды многих растений и защищает от высыхания.

Фосфолипиды являются основным компонентом всех клеточных мембран.

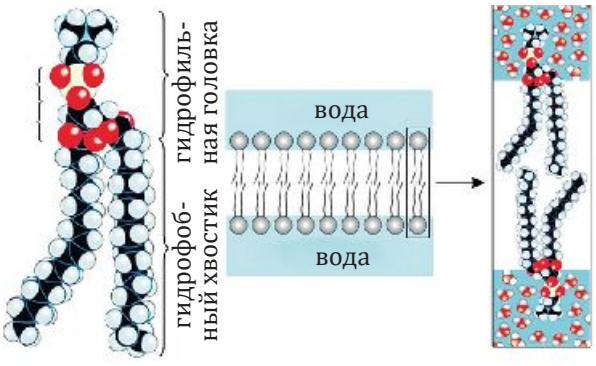


Рис. 1.12. Структура молекулы фосфолипида.

Фосфолипиды по строению схожи с жирами, но в их молекуле один остаток жирной кислоты заменяется радикалом остатка фосфорной кислоты. Фосфолипиды являются основным компонентом всех клеточных мембран.

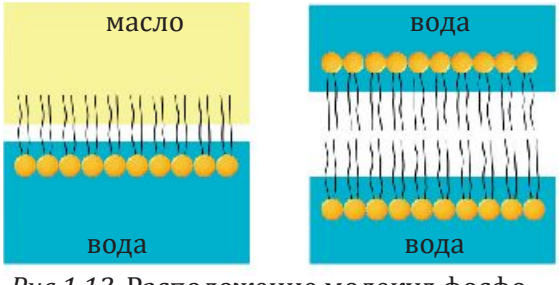


Рис 1.13. Расположение молекул фосфолипидов на границе воды и масла (а), в воде (б)

Молекула фосфолипида состоит из двух частей, различающихся по растворимости в воде: 1) гидрофильной полярной «головной» части; 2) «хвостовой» части, состоящей из гидрофобных углеводородных цепочек *(рис. 1.12).* Гидрофильная «головка» молекул фосфолипидов взаимодействует с полярными растворителями *(рис. 1.13)*. Такая природа фосфолипидов определяет их основную роль в формировании структуры биологических мембран.

Гликолипиды – это сложные вещества, образующиеся путём соединения липидов с углеводами. Гликолипиды, как и фосфолипиды, входят в состав плазматической мембраны. Они в основном расположены на поверхности плазматической мембраны и участвуют в образовании гликокаликса.

Стероиды. Особое место занимают в организме человека и животных стероид холестерин, который является основным компонентом клеточной мембраны. В корковом слое надпочечников и половых железах из холестерина образуются стероидные гормоны. Холестерин также необходим для синтеза витамина D. Избыток холестерина может привести к развитию некоторых заболеваний в организме. Например, избыток холестерина накапливается на стенках сосудов и таким образом сужает их. Это приводит к атеросклерозу *(рис. 1.14)*.

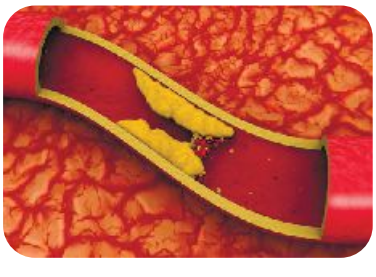


Рис 1.14. Накопление холестерина в кровеносных сосудах

В этом случае нарушается кровоснабжение тканей и органов, особенно сердечной мышцы, и повышается риск развития инфаркта миокарда, инсульта и других заболеваний. Курение, малоподвижность, неправильное питание (употребление избыточной и жирной пищи) и др. повышают количество холестерина в организме.

В группу стероидов входят жирорастворимые витамины, такие как A, D, E, K.

Функция липидов. Липиды выполняют различные функции в клетке.

Структурная функция (строительная функция). Липиды входят в состав клеточной мембраны – фосфолипиды, холестерин, липопротеины, гликолипиды *(рис. 1.15)*.

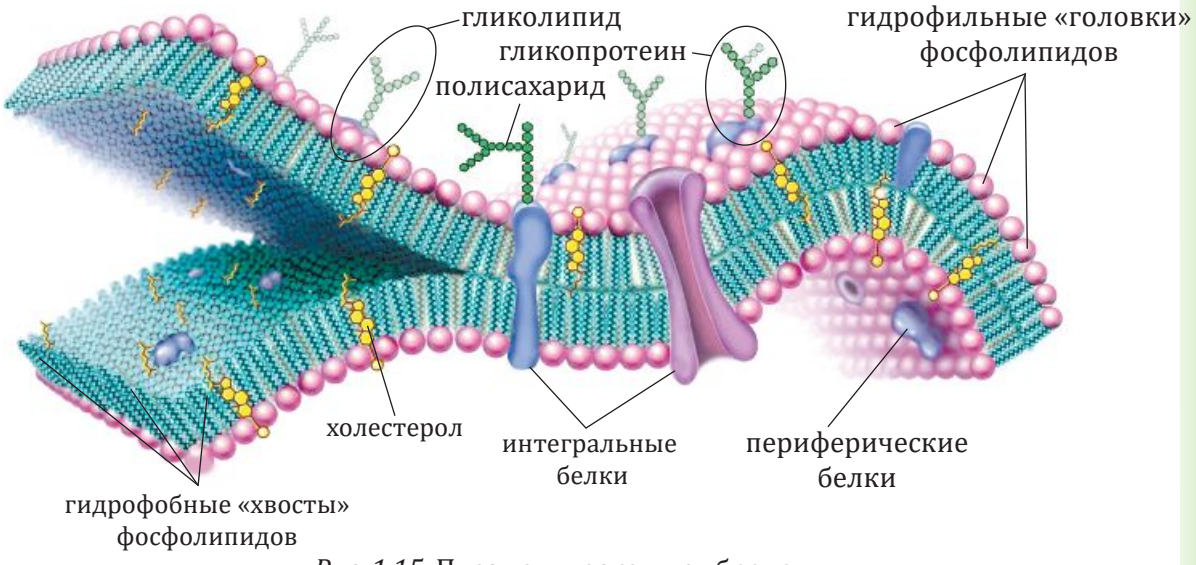


Рис. 1.15. Плазматическая мембрана

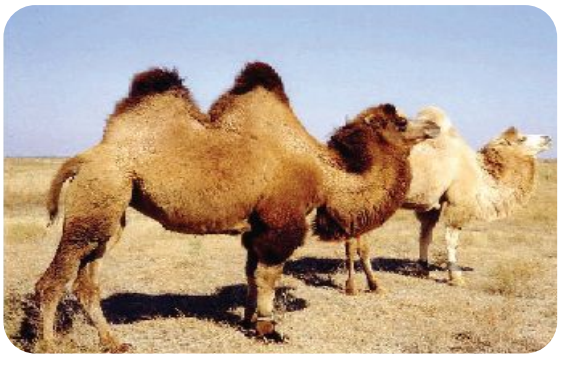
Регуляторная функция (гуморальная) функция. Кортикостероидные гормоны, выделяемые надпочечниками, и эстрогенные и андрогенные гормоны половых желез относятся к группе стероидов и выполняют гормональные функции.

Энергетическая функция. При полном окислении 1 гр липидов высвобождает 9,3 ккал или 38,9 кДж энергии. Это позволяет животным, впадающим в зимнюю спячку, использовать запасы жира, накопленные летом и осенью, для поддержания жизнедеятельности в этот период. Липиды в семенах растений обеспечивают энергию для развития зародыша.

Кроме того, большое количество молекул воды образуется при окислении жирных кислот углеводородными цепями, входящими в состав жиров.



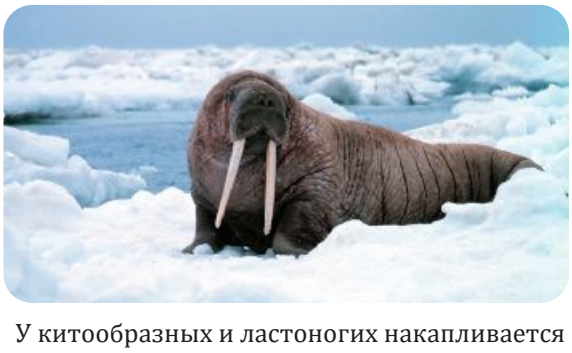
Медведи накапливают большое количество жира перед зимней спячкой.



Верблюды используют энергию и воду, полученные в результате окисления жирных кислот.



Воск, содержащийся в кутикуле, покрывающей поверхность листьев растений, служит защитным средством от чрезмерного испарения воды растением.



У китообразных и ластоногих накапливается толстый подкожный жировой слой. Благодаря низкой теплопроводности жира он защищает их от холода.

Потребность к воде пустынных животных и при развитии зародыша у растений в основном удовлетворяется за счёт окисления жирных кислот. При окислении 1 кг жира образуется 1,05 – 1,1 литра воды.

Защитная функция. Подкожный жировой слой защищает организм от токсинов и механических воздействий. Липиды помогают удерживать тепло в организме за счёт низкой теплопроводимости.

Сберегательная функция. Жир накапливается в растениях и животных. У пустынных и впадающих в спячку животных запасённый в организме жир служит источником энергии и воды.

Жирорастворимые витамины A, D, E, K составляют коферментную часть ферментов.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Дайте химическую характеристику липидам.
2. Назовите компоненты липидов.
3. В каких тканях и органах растений и животных в больших количествах содержатся липиды?
4. Охарактеризуйте группы липидов. Каковы основные биологические функции каждой группы?
5. Почему при комнатной температуре некоторые липиды твёрдые, а другие – жидкие? Приведите примеры твёрдых и жидких жиров.

Применение.

1. Определите сходства и различия в строении, свойствах жира и фосфолипидов.
2. Заполните таблицу. Объясните, как функции липидов связаны с их физическими и химическими свойствами.

Функция липидов	Свойства липидов	Пример
Структурная		
Энергетическая		
Защитная		
Запасающая		



Анализ. 1. Животные, обитающие в холодном климате, имеют толстую подкожно-жировую клетчатку. Некоторые степные и пустынные животные также запасают под кожей большое количество жира. Каковы функции жиров в организме этих животных?

2. Почему при окислении жиров выделяется больше энергии, чем при окислении углеводов?

Синтез. Нарисуйте график увеличения количества жира в пищевых продуктах. Назовите продукты, которые содержат больше всего и меньше всего жира.

Оценка.

1. Количество резервных углеводов в растительных клетках составляет 90 % от сухой массы организма. В организме животных в основном запасаются жиры. Как это оценить?

2. В ходе эксперимента собаке в пищу добавляли только растительные масла. Через 2 месяца было установлено, что состав жиров в организме собаки не отличался от растительных жиров. Какие выводы можно сделать из эксперимента?

1.7. БЕЛКИ

Проверка базовых знаний. Какую роль играют белки в организме человека? Какие продукты питания богаты белками?

Белок
Аминокислота
Пептидная связь
Полипептид
Денатурация
Ренатурация

Белки (протеины) – основной строительный материал клетки, они являются неотъемлемой частью всех живых организмов. Каждый из белков имеет свою структуру и функции. Элементный состав белков представлен углеродом (C), водородом (H), кислородом (O), азотом (N) и серой (S).

Среди органических веществ клетки на долю белков приходится более половины сухого вещества. Белки – это полимеры, состоящие из аминокислот. Белки расщепляются в процессе пищеварения с образованием свободных аминокислот. Эти аминокислоты используются для синтеза белков, необходимых для клеток организма *(таблица 3)*.

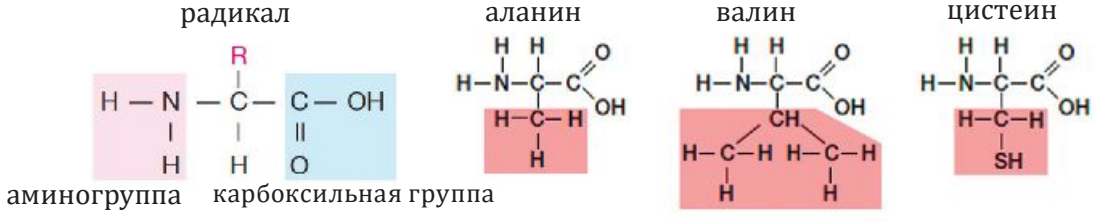


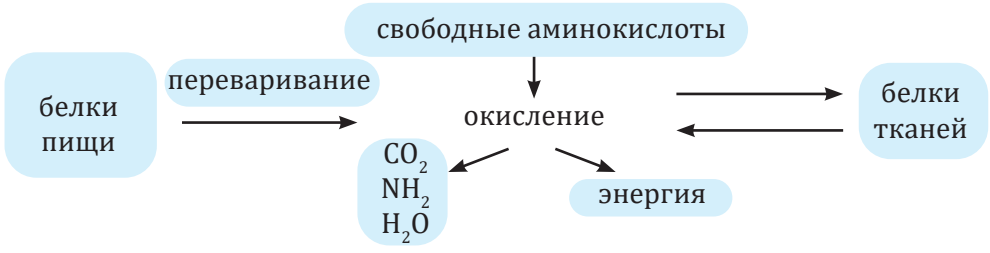
Рис. 1.16. Строение и виды аминокислот

Аминокислоты. Аминокислоты являются мономерами белков. Аминокислоты представляют собой органические соединения с аминогруппой (NH_2) и карбоксильной группой (COOH). Аминокислоты отличаются друг от друга своими радикалами. Специфические свойства радикалов определяют свойства аминокислот и лежат в основе функций белковых молекул *(рис. 1.16)*.

Существует более 150 видов аминокислот, но только 20 из них участвуют в образовании природных белков. Полные и сокращённые названия этих аминокислот приведены в таблице 3.

Таблица 3

Название аминокислот	Сокращённое название	Название аминокислот	Сокращённое название
Аланин	Ала	Лейцин	Лей
Аргинин	Арг	Лизин	Лиз
Аспарагин	Асн	Метионин	Мет
Аспарагиновая кислота	Асп	Пролин	Про
Фенилаланин	Фен	Серин	Сер
Гистидин	Гис	Цистеин	Цис
Глицин	Гли	Тирозин	Тир
Глютамин	Глн	Треонин	Тре
Глютаминовая кислота	Глу	Триптофан	Трп
Изолейцин	Иле	Валин	Вал



Строение белков. В белковых молекулах аминогруппа (NH_2) одной аминокислоты связывается с карбоксильной группой (COOH) другой аминокислоты, при подобном взаимодействии выделяется одна молекула воды. В этом случае ковалентная связь, образующаяся между атомом азота остатка аминогруппы и атомом углерода остатка карбоксильной группы, называется пептидной связью. Соединение, состоящее из двух аминокислот, называется дипептидом, а соединение, состоящее более чем из 10 аминокислотных остатков, называется полипептидом. Как правило, молекулы белков представляют собой полипептиды, содержащие сотни и тысячи аминокислотных остатков.

Белки состоят из последовательности аминокислот, расположенных в определённом порядке, и этот порядок определяется генетической информацией из кодирующего белка ДНК – структуры гена. Расположение аминокислот в белковой молекуле – неизменное свойство вида.



Рис. 1.17. Соединение аминокислот

Белки, встречаемые в организмах, принадлежащих к одному и тому же виду, многочисленны и разнообразны, и каждый белок состоит из уникальной последовательности аминокислот и выполняет разные функции. В то же время существуют белки, выполняющие одну и ту же функцию в организмах, но принадлежащие разным видам. Эти белки различаются по аминокислотной последовательности.

Мы составляем множество слов, используя буквы алфавита. Используя одни и те же 20 различных аминокислот, можно создать множество белков, различающихся количеством и порядком аминокислот в своём составе.

Автотрофные организмы синтезируют все необходимые им аминокислоты из первичных продуктов фотосинтеза и азотсодержащих неорганических соединений. Пища является источником аминокислот для гетеротрофных организмов. У человека и животных некоторые аминокислоты могут синтезироваться из продуктов метаболизма. Такие аминокислоты называются заменимыми аминокислотами. Человек и животные не могут синтезировать некоторые аминокислоты из других органических веществ и получают их с пищей. Эти аминокислоты называются незаменимыми аминокислотами. Белки, состоящие из незаменимых аминокислот, называются качественными белками.

Из цифр 1, 2, 3, 4, 5 можно составить 120 пятизначных чисел при условии, что цифры не повторяются. Есть пять способов выбрать первое число, четыре способа выбрать второе, три способа выбрать третье, два способа выбрать второе и один способ выбрать последнее число. Общее число равно $5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 5! = 120$. Исходя из приведённого выше условия, сколько различных белков можно получить из 20 различных аминокислот?

Уникальные комбинации



$n = 3$

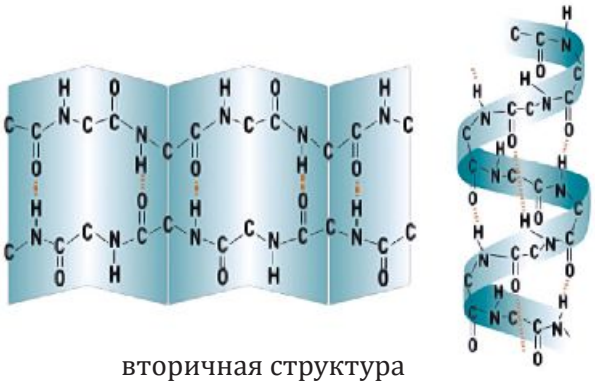
$P_3 = 3! = 1 \cdot 2 \cdot 3 = 6$

Уровни пространственной организации белков.

Последовательность аминокислотных остатков, соединённых пептидными связями в молекуле белка, определяет его первичную структуру. Другие структуры формируются на основе первичной структуры. Первичная структура определяет форму, свойства и биологические функции белка.



первичная структура



вторичная структура

Полипептидная цепь представляет собой очень гибкую эластичную молекулу, которая образует несколько различных пространственных форм (конформаций). Белки клетки находятся в функциональном состоянии в определённой конформации. Вторичная структура в виде альфа-спирали образуется за счёт соединения групп NH и CO, участвующих в образовании пептидной связи в цепи белка, посредством водородных связей. Эта структура устойчива благодаря множеству водородных связей между группами -NH, расположенными в одном кольце спирали, и группами CO, расположенными в следующем кольце спирали.

Помимо водородных связей, устойчивость третичной структуры белков обеспечивают ионные, дисульфидные и гидрофобные связи. Третичная структура белков определяется образованием глобулярной (сферической) структуры в пространстве полипептидной цепи в виде спирали.



третичная структура



четвертичная структура

Четвертичная структура определяется комбинацией двух или более независимо синтезируемых полипептидных субъединиц. Например, гемоглобин состоит из 2 α-субъединиц (141 аминокислотный остаток) и 2 β-субъединиц (146 аминокислотных остатков). Каждая субъединица связана с молекулой гема атомом железа.

Свойства белков. Белки меняют свою естественную структуру и свойства под воздействием различных факторов, например, высокой температуры, тяжёлых металлов. Нарушение структуры белка под воздействием различных факторов при сохранении его первичной структуры называется **денатурацией**. Примером этого процесса является свёртывание белка куриного яйца при его варке и кипячении молока *(рис. 1.18).*

В результате денатурации разрываются водородные, ионные, дисульфидные и гидрофобные связи, обеспечивающие устойчивость пространственной структуры белковых молекул. В результате утрачиваются четвертичная, третичная и вторичная структуры белка, биологическая активность и растворимость белка. Денатурация часто является необратимым процессом. В некоторых случаях после кратковременного воздействия фактора белок может восстановить своё естественное состояние. Это явление называется ренатурацией (лат. *re* – «обновление»).



Денатурация в медицине

Денатурация используется для стерилизации медицинских изделий при высокой температуре. Денатурирующие растворы, такие как этиловый спирт, фенол и хлорамин, используются в качестве антисептиков для дезинфекции. Кроме того, если кожа травмирована, её обрабатывают йодным или спиртовым раствором.

Развернутая полипептидная цепь закручивается и восстанавливает свою третичную структуру. Это означает, что пространственная структура белка определяется его первичной структурой, т. е. последовательностью аминокислотных остатков.

Функции белков

Группа белков	Примеры	Функция
Структурные белки	Коллаген	Обеспечивает прочность соединительной ткани (кости, сухожилия, связки).
	Кератин	Содержится в шерсти и ногтях млекопитающих, перьях птиц и чешуйках рептилий.
	Тубулин	Важный компонент микротрубочек.
Защитные белки	Антитела	Нейтрализует инородное вещество – антиген, например, бактерии, грибы, попавшие в организм.
	Фибриноген	Обеспечивает свёртываемость крови.
	Интерферон	Активирует белки, блокирующие репликацию вируса.
Дыхательные белки	Гемоглобин	Соединяется с O_2 в крови позвоночных.
	Миоглобин	Запасает O_2 в мышцах.
Транспортные белки	Мембранные белки	Обеспечивает активный и пассивный транспорт веществ через мембрану.
Двигательные белки	Актин	Входит в состав миофибрилл, обеспечивает сокращение мышц.
	Миозин	
Ферменты	Амилаза	Расщепляет крахмал до мальтозы.
	Пепсин	Расщепляет белки в желудке.
Гормоны	Инсулин	В печени и мышцах образует гликоген из глюкозы.
	Соматотропин	Гормон роста, секретируемый передней долей гипофиза.
Сберегательные белки	Яичный альбумин	Резервный белок яйца.
Рецепторные белки	Опсин	Пигмент зрения в сетчатке, входит в состав родопсина.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Как называется разрушение вторичной, третичной и четвертичной структур белка? Какие факторы действуют на изменение природных структур белка?

2. Чем фибриллярные белки отличаются от глобулярных? Приведите примеры фибриллярных и глобулярных белков.

3. Назовите основные биологические функции белков, приведите соответствующие примеры.

4. Что такое ферменты? Почему большинство биохимических процессов в клетке не осуществляются без их участия?

5. Охарактеризуйте структурные уровни белков. Какие химические связи определяют структурные уровни белковых молекул?

Применение.

1. Заполните таблицу.

Структура белков	Связи	Свойства
Первичная		
Вторичная		
Третичная		
Четвертичная		

2. Заполните таблицу.

Белки	Функции	Сущность
Фибриноген		
Кератин		
Гемоглобин		
Амилаза		
Миозин		
Интерферон		
Миоглобин		

Анализ.

1. Какова специфичность ферментов? Почему ферменты активны только в определённом диапазоне температуры, pH и других факторов?

2. Почему белки используются в качестве источников энергии только в крайних случаях, т. е. когда в клетке не остаётся запаса углеводов и жиров?

Синтез. Используя дополнительные данные, заполните таблицу продуктами, содержащими незаменимые аминокислоты.

Валин	
Изолейцин	
Лейцин	
Лизин	
Метионин	

Оценка. Немецкий химик Юстус фон Либих, один из основоположников современной агрохимии, первым разработал теорию минерального питания растений, что обусловило развитие производства минералов и их использование в агрономии. Он установил, что продуктивность культурных растений зависит от минеральных веществ, находящихся в почве в небольшом количестве. Благодаря проделанной работе учёный в 1840 году сформулировал важный эколого-экономический закон. Примените суть этого закона к аминокислотам, используя материалы из Интернета.



1.8. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА. СОЗДАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОГРАФИКИ

Цель: создание и представление инфографики биологической информации.

Порядок выполнения работы:

1. Выбор темы для инфографики.
2. Определение целей инфографики.
3. Сбор данных для инфографики.
4. Упорядоченное размещение собранных данных.
5. Работа над дизайном инфографики.

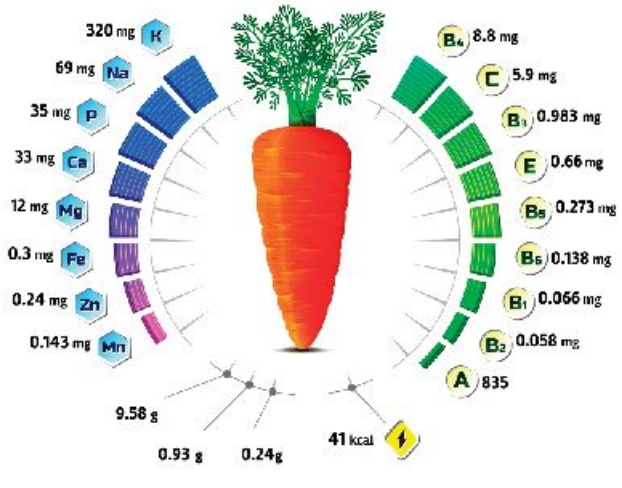


Инфографика – это визуализация информации или идей, направленная на донесение сложной информации до аудитории в быстрой и понятной форме. Помимо изображений, к инструментам инфографики относятся графики, диаграммы, схемы, таблицы, карты, списки.

Инфографика – это набор изображений и диаграмм с минимумом дополнительного текста, позволяющий быстро понять суть темы.

В образовании инфографика используется для того, чтобы сделать учебный материал запоминающимся:

- быстрее усвоить тему;
- объяснить сложные процессы;
- представить результаты исследования и данных опроса;
- подвести итоги длинной статьи или доклада;
- сравнить разные варианты продукта;
- повысить осведомлённость о проблеме или представить идеи.



Рекомендации по созданию информационной инфографики:

- выберите название, которое ясно выражает суть информации, представленной в каждом разделе;
- пронумеруйте разделы, чтобы облегчить чтение информации;
- меняйте цвета, типы визуальных элементов и их направление, чтобы привлечь внимание одноклассников;
- представьте информацию с помощью значков и изображений.

Обсудите и сделайте выводы.

1.9. НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Нуклеиновые кислоты
Нуклеотид
Матрица
ДНК
РНК
Нуклеозид
Закон Чаргаффа

Проверка базовых знаний. Расскажите о своём понимании механизмов, реализующих признаки наследственности и изменчивости, размножения и развития живых организмов.

Основываясь на научных достижениях современной биологии, академик М. В. Волькенштейн дал следующее определение понятию жизни: «Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров-белков и нуклеиновых кислот». Какие свойства белков и нуклеиновых кислот раскрывают суть понятия жизни?

Все живые организмы обладают способностью сохранять наследственную информацию и передавать её от поколения к поколению. Признаки и свойства живых организмов зависят от состава их белков. Нуклеиновые кислоты обеспечивают передачу структуры и состава белков по наследству. Они являются носителями наследственной информации, программным обеспечением структуры и метаболической активности организмов. ДНК и РНК в клетках всех живых организмов выполняют функции хранения наследственной информации и передачи её по наследству.

ДНК встречается в ядре эукариотов, а также в митохондриях и пластидах. РНК находится в основном в цитоплазме, частично в ядре, пластидах и митохондриях. В клетках прокариоты ДНК и РНК расположены в цитоплазме.

Нуклеиновые кислоты представляют собой полимеры, а их мономеры – нуклеотиды. Каждый нуклеотид состоит из трёх компонентов: азотистого основания, моносахарида и остатка фосфатной кислоты *(рис. 1.19)*.

Азотистые основания в зависимости от строения делятся на пуриновые и пиримидиновые. Пуриновые основания образуются путём соединения двух шестиугольных и пятиугольных колец. Пиримидиновые основания состоят только из одного шестиугольного кольца.

Существуют два различных типа пуриновых оснований – аденин (А) и гуанин (Г) и три различных типа пиримидиновых оснований – цитозин (Ц), тимин (Т) и урацил (У).

В составе ДНК находятся нуклеотиды, содержащие адениновые, гуаниновые, цитозиновые и тиминовые азотистые основания; РНК содержит нуклеотиды, содержащие азотистые основания аденина, гуанина, цитозина и урацила.

Название нуклеиновых кислот связано с одним из их основных компонентов – пентозами. Нуклеотиды РНК включают рибозу, нуклеотиды ДНК включают дезоксирибозу.

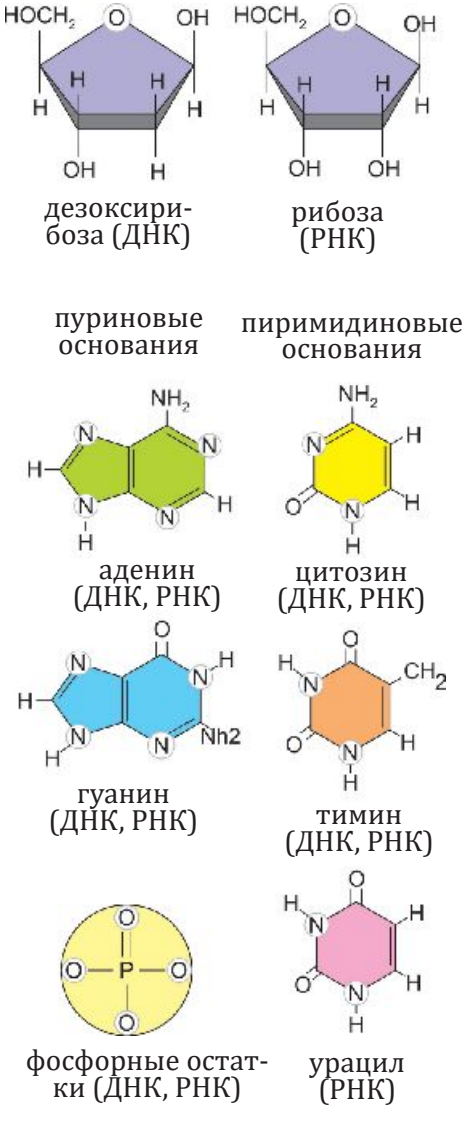


Рис 1.19. Состав нуклеотидов

Нуклеотиды, входящие в состав ДНК, называются дезоксирибонуклеотидами, нуклеотиды, входящие в состав РНК, называются рибонуклеотидами.

Третьим компонентом нуклеотидов является остаток фосфорной кислоты (HPO_4^{2-}). Эта молекула придает ДНК и РНК кислотные свойства.

В процесса синтеза нуклеотидов азотистое основание и пентоза соединяются гликозидными связями и образуют нуклеозид. Нуклеотид образуется при соединении пентозной и фосфатной групп в нуклеозиде через эфирную связь. Образование гликозидных и эфирных связей сопровождается выделением одной молекулы воды. Нуклеотиды служат структурными единицами молекул ДНК и РНК *(рис. 1.20)*.

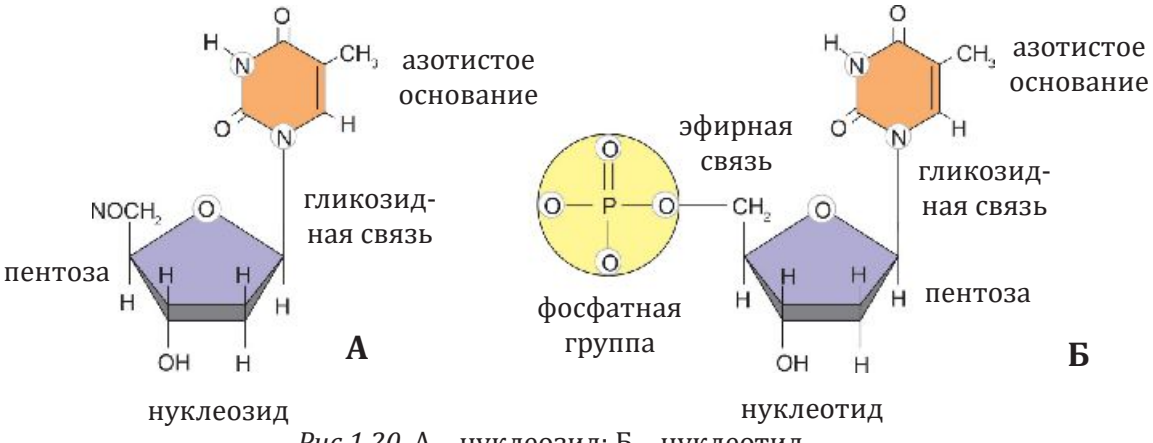


Рис 1.20. А – нуклеозид; Б – нуклеотид

Молекулы ДНК всех живых организмов состоят из нуклеотидов одного типа. Хотя типы нуклеотидов в клетках живых организмов одинаковы, их порядок и количество отличаются друг от друга. Именно эта характеристика является основным фактором разнообразия живых организмов.

И в ДНК, и в РНК фосфатная группа одного нуклеотида соединена с пентозой другого нуклеотида через фосфодиэфирные связи, образуя длинные полинуклеотидные цепи.

Один конец полинуклеотидной цепи называется 5′-концом, а другой конец называется 3′-концом. Последовательное расположение нонуклеотидов в полинуклеотидах составляет его первичную структуру.

Структура и функции ДНК. Молекулы ДНК представляют собой две вправозакрученные вокруг общей оси полинуклеотидных цепи, или двойную спираль. Цепи в этой двойной спирали антипараллельны, одна начинается с 3′-углерода и заканчивается 5′-углеродом, другая начинается с 5′-углерода и заканчивается 3′-углеродом. Пуриновые и пиримидиновые основания расположены внутри спирали *(рис. 1.21)* Пуриновое основание одной цепи и пиримидиновое основание другой цепи соединяются друг с другом с помощью водородных связей, образуя комплементарные пары.

Между аденином и тимином образуются две водородные связи, а между гуанином и цитозином – три водородные связи *(рис. 1.22)*.

Один полный виток спирали содержит 10 пар нуклеотидов, её длина составляет 3,4 нм.

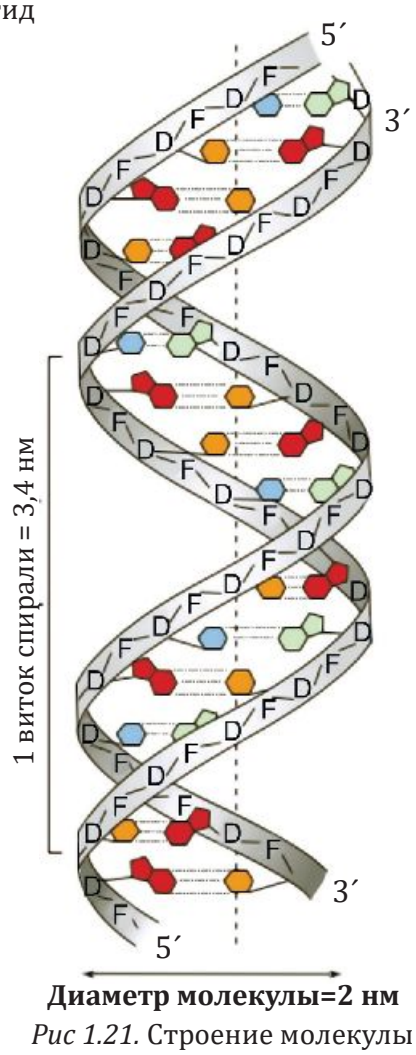


Рис 1.21. Строение молекулы ДНК

Комплементарность азотистых оснований является химической основой функции ДНК по хранению и передаче наследственной информации от поколения к поколению. Наследственная информация передаётся по наследству без ошибок только при сохранении последовательности нуклеотидов. ДНК любой клетки кодирует информацию о структуре всех белков данного организма.

В 1950 г. американский учёный Э. Чаргафф и его коллеги изучили состав молекулы ДНК и установили следующие законы, которые впоследствии были названы правилами Чаргаффа:

1. Количество аденинов в молекуле ДНК равно количеству тиминов (А=Т), а количество гуанинов равно количеству цитозинов (Г=Ц).

2. Количество пуриновых азотистых оснований равно количеству пиримидиновых азотистых оснований (А+Г=Т+С).

3. Сумма нуклеотидов с аденином и гуанином равна сумме нуклеотидов с тимином и цитозином (А+Ц=Т+Г).

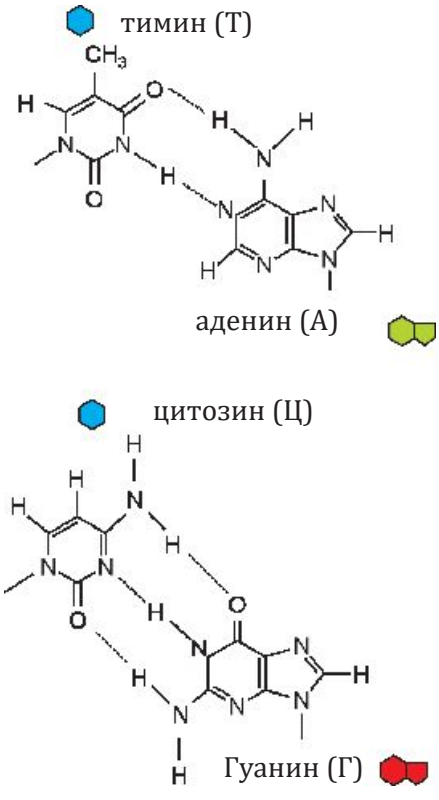


Рис 1.22. схема образования комплементарных пар азотистых оснований

Это открытие помогло определить пространственную структуру ДНК и её роль в обеспечении точной передачи наследственной информации. Опираясь на правила Чаргаффа и сведения, полученные английским биофизиком М. Уилкинсом, о пространственном строении молекулы ДНК, в 1953 г. американский ученый Дж. Уотсон и английский биолог Ф. Крик предложили трёхмерную структурную модель молекулы ДНК.

Строение и функции РНК. Строение РНК схоже со строением молекулы ДНК. Однако есть некоторые отличия.

Известно, что молекулы РНК содержат рибозу вместо дезоксирибозы и урацил (У) вместо тимина (Т). Молекулы РНК одноцепочечные. Комплементарные нуклеотиды в цепи РНК способны образовывать водородные связи друг с другом. Молекулы РНК намного короче по длине, чем ДНК.

В клетке имеется несколько типов РНК, различающихся размерами, структурой и функцией своих молекул. Все типы РНК синтезируются в определённых участках одной из цепей ДНК. Такой синтез называется матричным синтезом, поскольку молекула ДНК является матрицей для синтеза молекул РНК.

Рибосомальная РНК (рРНК) составляет 80 % всей РНК в клетке. Молекулы рРНК соединяются со специальными белками и образуют рибосомы – органеллы, в которых синтезируются белки.

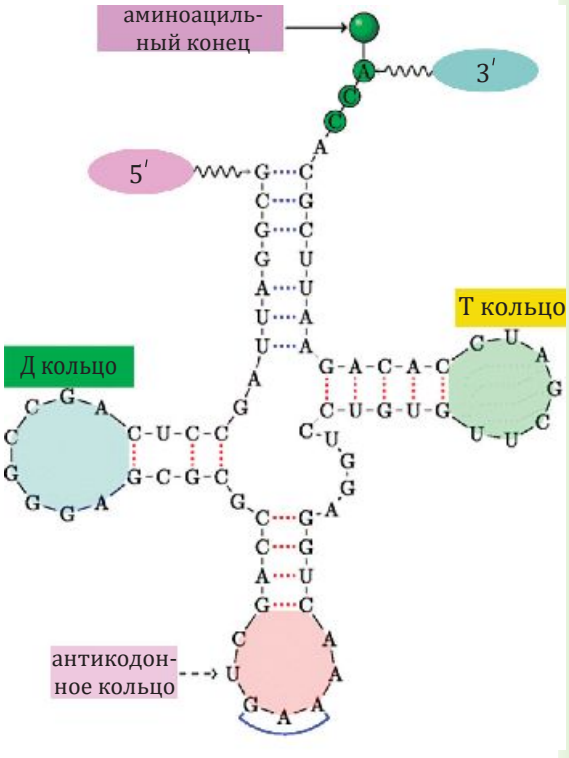


Рис. 1.23. Строение тРНК

Транспортная РНК (тРНК) составляет около 15 % всех клеточных РНК. Молекулы тРНК имеют относительно маленький размер (в среднем 80 нуклеотидов). Благодаря образованию водородных связей внутри молекулы тРНК, она имеет пространственное строение, называемое «клеверным листом» *(рис. 1.23)*. Функция тРНК заключается в переносе аминокислот на рибосомы и участии в процессе синтеза белка.

Информационные или **матричные РНК** (иРНК, мРНК) различаются по размеру и структуре. Молекулы мРНК сохраняют информацию о структуре определённого белка. В процессе синтеза белка в рибосомах мРНК выступает в роли матрицы, поэтому биосинтез белка также является матричным процессом. Функции всех типов РНК связаны с процессами синтеза белка.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Какие группы биологических полимеров вы знаете?
2. Опишите структуру, строение и свойства аминокислот.
3. Дайте определение заменимым и незаменимым аминокислотам.
4. Объясните структурные уровни белковых молекул.
5. Классифицируйте белки по их функциям.

Применение.

1. Синтезируйте вторую цепь на основе первой цепи ДНК.

1 цепь ДНК										
2 цепь ДНК										

2. В состав иРНК входит 34 % гуанина, 18 % урацила, 28 % цитозина и 20 % аденина. Определите процентный состав нуклеотидов ДНК, послуживший матрицей для этой иРНК.

Анализ. Сравните строение ДНК и РНК и заполните таблицу.

Характеристики	ДНК	РНК
Наличие в клетке		
Функция		
Полипептидная цепь		
Углеводы		
Пуриновые основания		
Пиримидиновые основания		
Синтез		

Синтез. Нарисуйте модели ДНК и РНК. В моделях представьте нуклеотиды четырьмя разными цветами. Покажите фосфодиэфир, водородные связи.

Оценка. У исследователя имеются три молекулы ДНК одинаковой длины. Известно, что количество тиминовых нуклеотидов (Т) в первом образце составляет 20 % от общего количества нуклеотидов, во втором – 36 %, в третьем – 8 %. Исследователь начал нагревать образцы ДНК, постепенно повышая температуру. В этом случае комплементарные цепи начали отделяться друг от друга. Этот процесс называется плавлением ДНК. Какой образец растворится первым, а какой последним? Что является причиной этого?

1.10. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ, СВЯЗАННЫХ СО СТРОЕНИЕМ ДНК И РНК

Цель: изучить методы решения задач, связанных со строением ДНК и РНК.

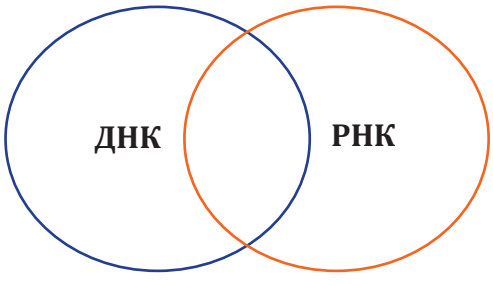
Нуклеиновые кислоты – полимеры, а их мономеры – нуклеотиды. Каждый нуклеотид состоит из 3 компонентов.



Порядок выполнения работы:

1. Сравнение ДНК и РНК.
2. Изучение методов решения задач, связанных со строением ДНК и РНК.
3. Решение задач, связанных со структурой ДНК и РНК.
4. Обсудите и сделайте выводы.

1. Сравнение ДНК и РНК.



2. Изучение методов решения задач, связанных со строением ДНК и РНК.

1. Фрагмент ДНК состоит из 3 500 нуклеотидов. Определите длину и молекулярную массу этого фрагмента молекулы ДНК.

Решение: 1) Известно, что молекула ДНК состоит из двух цепей, а комплементарные нуклеотиды расположены попарно. Следовательно, общее количество нуклеотидов, образующих две цепи, следует разделить на два: 3 500:2=1750 нуклеотидов.

2) Расстояние между двумя нуклеотидами равно 0,34 нм. Поэтому для определения длины фрагмента молекулы ДНК необходимо количество нуклеотидов умножить на длину расстояния между ними: 1 750 · 0,34 = 595 нм.

3) Молекулярная масса фрагмента ДНК равна количеству нуклеотидов, умноженному на массу 1 нуклеотида (масса 1 нуклеотида примерно равна 345 г/моль):

3 500 · 345 = 1 207 500 г/моль

Ответ: Длина фрагмента ДНК, состоящего из 3 500 нуклеотидов, составляет 595 нм, а его масса 1 207 500 г/моль.

2. Если длина фрагмента ДНК составляет 544 нм, определите общее количество нуклеотидов фрагмента ДНК.

Решение: 1) Учитывая, что расстояние между двумя нуклеотидами в молекуле ДНК равно 0,34 нм, для определения числа входящих в неё нуклеотидов необходимо длину фрагмента разделить на 0,34 нм. 544 : 0,34 = 1 600 нуклеотидов.

2) Учитывая, что молекула ДНК состоит из двух цепей, умножаем результат деления на два: 1 600 · 2 = 3200 нуклеотидов.

Ответ: Молекула ДНК длиной 544 нм содержит 1 600 пар или 3 200 нуклеотидов.

3. Фрагмент молекулы ДНК состоит из 5 760 нуклеотидов, из которых количество цитозиновых нуклеотидов равно 1 125. Определите длину данного фрагмента и количество адениновых, тиминовых, гуаниновых нуклеотидов.

Решение: По правилу комплементарности А=Т, Г=Ц в молекуле ДНК. Соответственно, если количество нуклеотидов цитозина равно 1125, количество нуклеотидов гуанина также равно 1125. Для определения общего количества адениновых и тиминовых нуклеотидов:

1) 1 125 · 2 = 2 250 (Ц+Г);
2) 5 760 – 2 250 = 3 510 (А+Т);
3) 3 510 : 2 = 1 255 (А или Т).

Ответ: Молекула ДНК, состоящая из 5760 нуклеотидов, содержит 1 125 цитозиновых нуклеотидов, а количество гуаниновых нуклеотидов также равно 1 125. Сумма количества адениновых и тиминовых нуклеотидов составляет 3 510, а каждый из них равен 1 255.

4. Определите количество водородных связей, если в одной цепи ДНК нуклеотиды расположены в следующем порядке:

ЦЦГАГТАТТТАТАГТГАЦТ

Решение: 1) Молекула ДНК состоит из двух цепей, и нуклеотиды в двух цепях между собой комплементарно соединяются водородными связями. Таким образом, мы конструируем комплементарную цепь ДНК исходной цепи:

ЦЦГАГТАТТТАТАГТГАЦТ
ГГЦТЦАТАААТАТЦАЦТГА.

2) Учитывая, что между Г и Ц имеется 3 водородных связи, а между А и Т – 2, определяем количество водородных связей. Во фрагменте 12 пар А–Т, значит: 12 · 2 = 24; пар Г–Ц 7, следовательно: 7 · 3 = 21; 24 + 21 = 45.

Ответ: В данном фрагменте ДНК 45 водородных связей.

5. Если молекула ДНК состоит из 6 000 нуклеотидов, найдите количество полных оборотов молекулы ДНК.

Решение: 1 полный оборот спирали ДНК состоит из 10 пар нуклеотидов. 6 000 нуклеотидов в данной цепи составляют 3 000 пар оснований. Следовательно, количество полных оборотов: 3 000 : 10 = 300.

Ответ: В цепи ДНК из 6 000 нуклеотидов 300 полных оборотов.

3. Решение задач, связанных со структурой ДНК и РНК.

1. Фрагмент молекулы ДНК состоит из 6 000 нуклеотидов. Определите длину этого фрагмента молекулы ДНК.

2. Фрагмент молекулы ДНК состоит из 700 пар нуклеотидов. Определите длину этого фрагмента молекулы ДНК.

3. Фрагмент молекулы ДНК состоит из 3 000 нуклеотидов, из которых число цитозиновых нуклеотидов равно 650. Определите длину данного фрагмента ДНК и количество адениновых, тиминовых, гуаниновых нуклеотидов.

4. Фрагмент молекулы ДНК состоит из 730 пар нуклеотидов, из которых число гуаниновых нуклеотидов равно 425. Определите длину данного фрагмента ДНК и количество адениновых, тиминовых, цитозиновых нуклеотидов.

5. Определите количество водородных связей, если в одной цепи ДНК нуклеотиды расположены в следующем порядке:

ТЦГАГТАЦЦТАТГАТЦЦЦЦТ.

4. Обсудите и сделайте выводы.

ЗАДАНИЯ К ГЛАВЕ I

1. Запишите характеристики уровней жизни.

Уровни жизни	Сущность

2. Заполните таблицу, сравнив особенности строения ДНК и РНК.

Свойства	ДНК	РНК
Молекулярная структура		
Мономеры		
Нуклеотиды		
Свойства		
Функции		
Расположение в клетке		

3. Определите соответствие органических веществ с их свойствами, приведёнными в таблице.

П/н	Органические вещества	Ответ	Свойства
1	Углеводы	**А**	Гидрофобное вещество, плохо растворяющееся в воде
2	Белки	**Б**	С помощью пептидной связи образуют полипептидные цепи
3	Нуклеиновые кислоты	**В**	Основной источник энергии клетки
4	Липиды	**Г**	Содержит фосфорную кислоту, моносахариды и азотистые основания

4. Определите соответсвие химических элементов с их свойствами.

П/н	Химический элемент	Ответ	Свойства
1	Углерод	**А**	Входит в состав желудочного сока
2	Кислород	**Б**	Входит в состав гемоглобина и миоглобина
3	Фосфор	**В**	Входит в состав молекулы хлорофилла, принимает участие в синтезе ДНК в качестве кофермента
4	Кальций	**Г**	Входит в состав нуклеиновых кислот, АТФ, ферментов и костной ткани
5	Магний	**Д**	Обеспечивает свёртываемость крови, сокращение мышц, входит в состав костной ткани
6	Железо	**Е**	Принимает участие в процессе дыхания аэробных клеток
7	Хлор	**Ё**	Входит во все органические соединения

5. Какие мономеры органических веществ содержатся в этих продуктах? Назовите химические элементы, входящие в состав мономеров.



ГЛАВА II
КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ



2.1. Эукариотическая клетка. Клеточная стенка.
2.2. Цитоплазма. Немембранные органоиды клетки.
2.3. Мембранные органоиды клетки.
2.4. Лабораторная работа. Изучение влияния температуры на клеточную мембрану.
2.5. Ядро.
2.6. Прокариотическая клетка.
2.7. Практическое занятие. Сравнительное изучение строения прокариотических и эукариотических клеток.
2.8. Обмен веществ. Энергетический обмен.
2.9. Практическое занятие. Решение задач, связанных с энергетическим обменом в клетках.
2.10. Реализация генетической информации в клетке.
2.11. Практическое занятие. Моделирование биосинтеза белка.
2.12. Размножение прокариотических и эукариотических клеток.
2.13. Мейоз.
2.14. Лабораторная работа. Изучение процесса митоза с помощью микропрепаратов.
2.15. Практическое занятие. Сравнение фаз митоза и мейоза.



2.1. ЭУКАРИОТИЧЕСКАЯ КЛЕТКА. КЛЕТОЧНАЯ СТЕНКА

Проверка базовых знаний. Что вы знаете о сходствах и различиях эукариотических и прокариотических клеток?

Прокариот
Эукариот
Плазмолемма
Гликокаликс
Эндоцитоз
Фагоцитоз
Пиноцитоз

По строению клеток живые организмы делятся на 2 большие группы: прокариоты и эукариоты. Прокариоты – это организмы, не имеющие оформленного ядра, то есть безядерные, например, бактерии.

Эукариотическая клетка. Эукариоты (от греч. *eu* – «истинный», *karion* – «ядро») – организмы, у которых полностью сформировано ядро. К эукариотам относятся протисты, грибы, растения и животные.

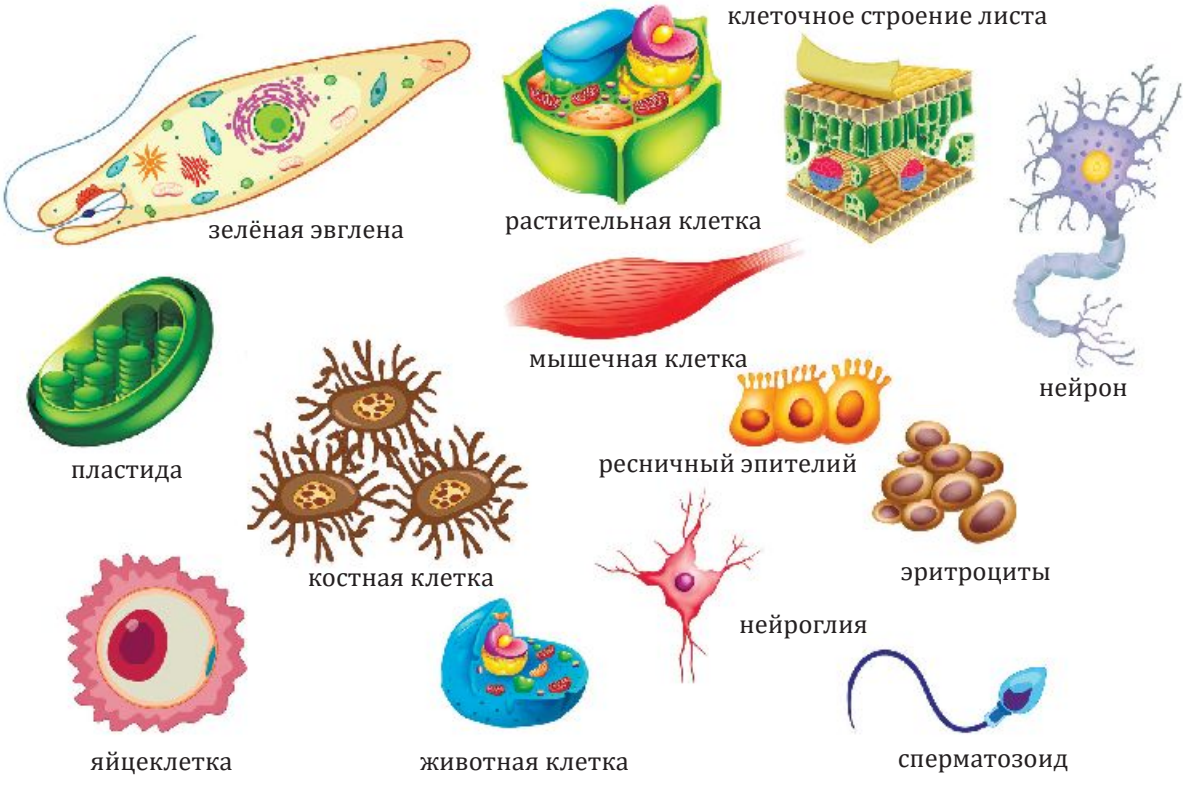


Рис 2.1. Виды эукариотической клетки

Эукариотические клетки самых разных организмов отличаются размерами, формой и специфическим строением *(рис. 2.1)*. Кроме того, клетки в разных тканях одного и того же организма имеют разное строение. Несмотря на разнообразие эукариотических клеток, в их строении есть общие свойства *(рис. 2.2)*.

У многоклеточных организмов соматические и половые клетки различаются. Соматические клетки являются клетками тела, и их хромосомный набор диплоидный. Половые клетки представляют собой яйцеклетки и семенники, а их хромосомный набор гаплоидный.

Каждая эукариотическая клетка состоит из 3 частей: наружной цитоплазматической мембраны, цитоплазмы и органоидов.

Исследования, проведённые с помощью электронного микроскопа, позволили определить наличие толстой наружной стенки у клетки грибов и растений и тонкой наружной оболочки у клетки животных. Клеточная мембрана связывает

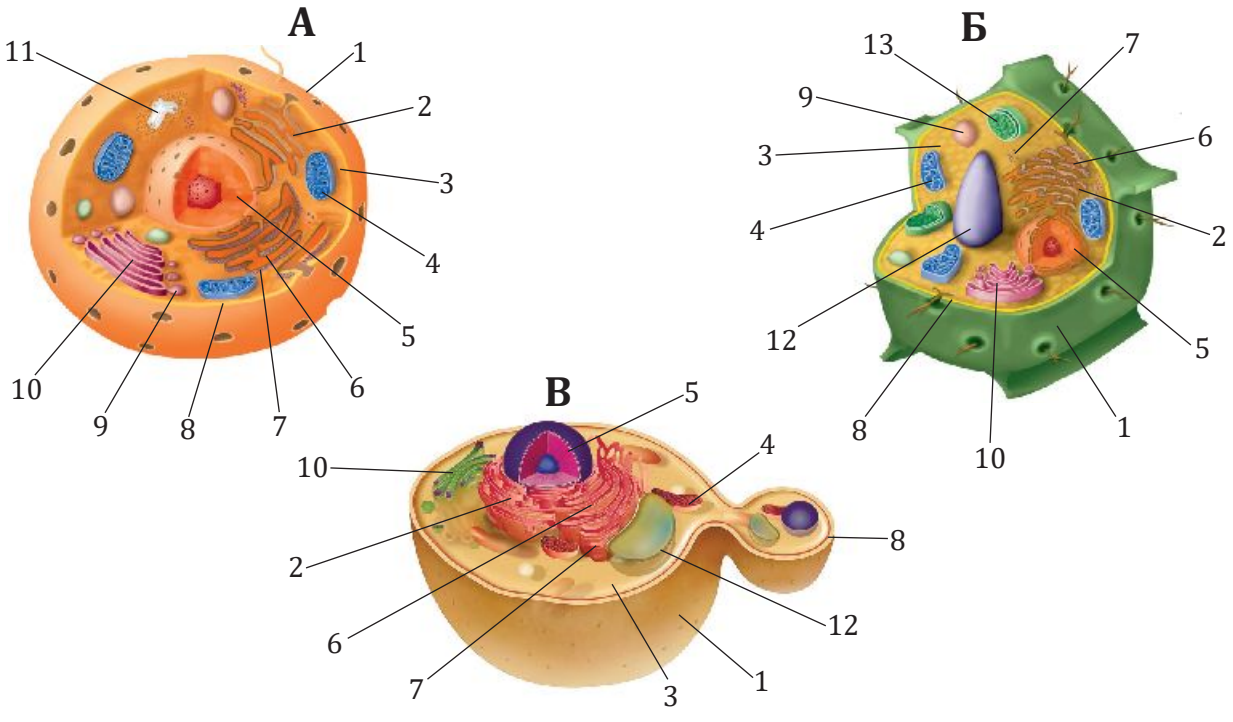


Рис. 2.2. А – животная клетка; Б – растительная клетка; В – грибная клетка.
1 – клеточная стенка; 2 – гладкая эндоплазматическая сеть; 3 – цитоплазма; 4 – митохондрия; 5 – ядро; 6 – шероховатая эндоплазматическая сеть; 7 – рибосома; 8 – плазматическая мембрана; 9 – лизосома; 10 – аппарат Гольджи; 11 – клеточный центр; 12 – вакуоль; 13 – пластида.

клетки с внешней средой и другими клетками. Он также выполняет функции защиты (барьера), избирательного прохождения веществ и рецептора. Оболочка животных клеток очень тонкая и эластичная.

Основной частью клеточной оболочки является плазматическая мембрана. У животных клеток с наружной стороны плазматической мембраны располагается гликопротеиновый комплекс, который называется **гликокаликсом**. Поскольку гликокаликс имеет большое количество рецепторов, он связывает клетки с внешней средой и другими клетками.

Наружная поверхность мембраны растительной клетки покрыта целлюлозой, а внешняя поверхность мембраны клетки грибов покрыта клеточной стенкой, состоящей из хитина. Клеточная стенка также выполняет опорную функцию.

Основную часть клеточной оболочки составляет цитоплазматическая мембрана (плазматическая мембрана), являющаяся универсальной для всех клеток. В настоящее время учёными принята жидкостно-мозаичная модель мембраны. Основными компонентами плазматической мембраны являются липиды и белки. Липиды составляют 40 % мембраны. Наиболее распространёнными из них являются фосфолипиды.

Фосфолипиды в мембране располагаются в два слоя. Молекула фосфолипида состоит из полярной гидрофильной головки и неполярного гидрофобного хвоста. В цитоплазматической мембране гидрофильные головки обращены к внешней и внутренней сторонам мембраны, а гидрофобный хвост обращён к внутренней стороне мембраны *(рис. 2.3).* Мембрана также включает интегральные и периферические белки. Интегральные белки погружены в мембрану или полностью находятся вне её. Периферические белки расположены на внешней и внутренней сторонах мембраны, и большинство из них связывают клетки с внутренней и внешней средой.

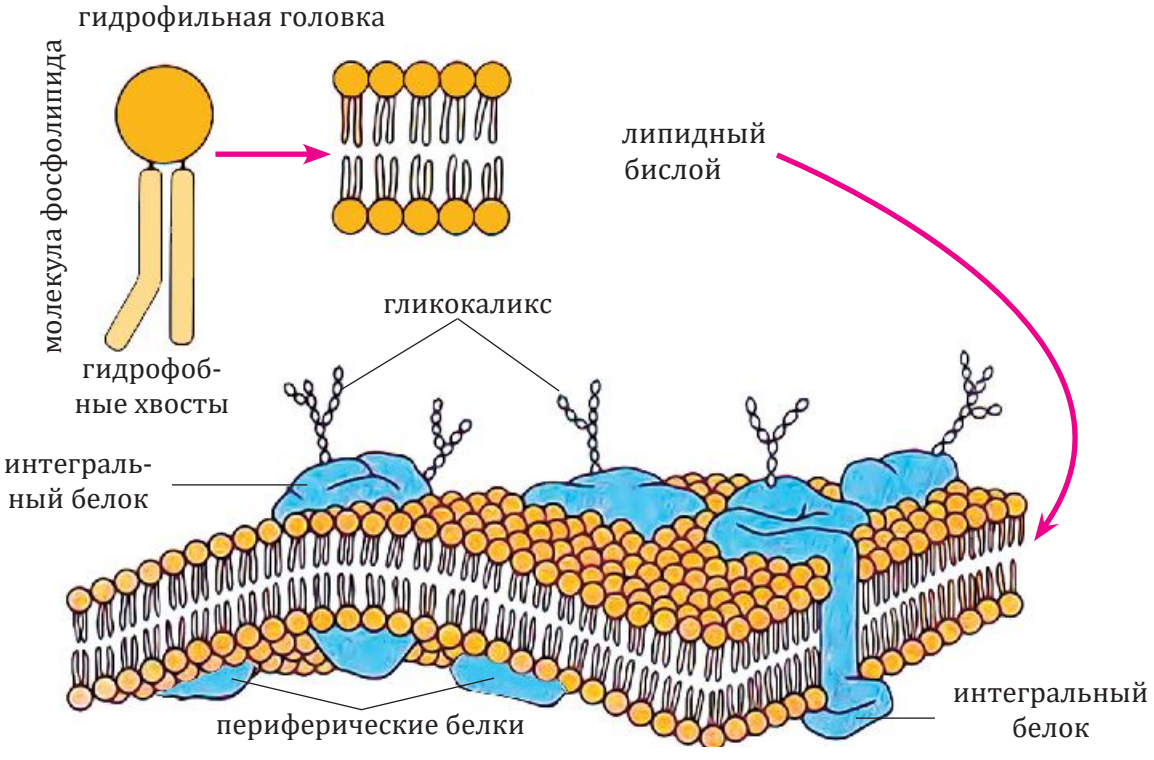


Рис. 2.3. Строение цитоплазматической мембраны (плазмолемма)

Функции цитоплазматической мембраны. Цитоплазматическая мембрана выполняет многие другие функции, важнейшими из которых являются защитная (барьерная), рецепторная и транспортная.

Защитная функция. Цитоплазматическая мембрана покрывает клетку снаружи и защищает внутреннее содержимое клетки от окружающей среды. Эту функцию обеспечивают липиды, препятствуя проникновению в клетку инородных частиц.

Рецепторная функция. Белки в цитоплазматической мембране определяют (ощущают) те или иные воздействия на клетку. В результате внешних воздействий на белки образуются импульсы, и эти импульсы передаются в клетку. В результате клетка реагирует на воздействия и обменивается информацией с внешней средой.

Транспортная функция. Одной из важнейших функций цитоплазматической мембраны является транспорт веществ в клетку и из неё. Различают несколько типов транспортной функции мембран. Важнейшие из них активные (насосы ионов Na^+ и K^+, эндоцитоз и экзоцитоз) и пассивные (диффузия).

Диффузия – это пассивное прохождение веществ через мембрану, при котором вещества транспортируются из среды с высокой концентрацией в среду с низкой концентрацией. Например, оксид азота (II) (N_2O), кислород (O_2), оксид серы (IV) (SO_2), мочевина и различные ионы. Диффузия воды через мембрану называется **осмосом**.

Активный транспорт – это транспорт веществ через мембраны из места низкой концентрации в место высокой концентрации. Этот процесс происходит с участием специальных ферментов и используется энергия АТФ *(рис. 2.4).*

Примером активного транспорта является транспорт ионов K^+ в клетку и ионов Na^+ из клетки. Путем активного транспорта плазматическая мембрана переносит в клетку не только некоторые молекулы или ионы, но и крупные

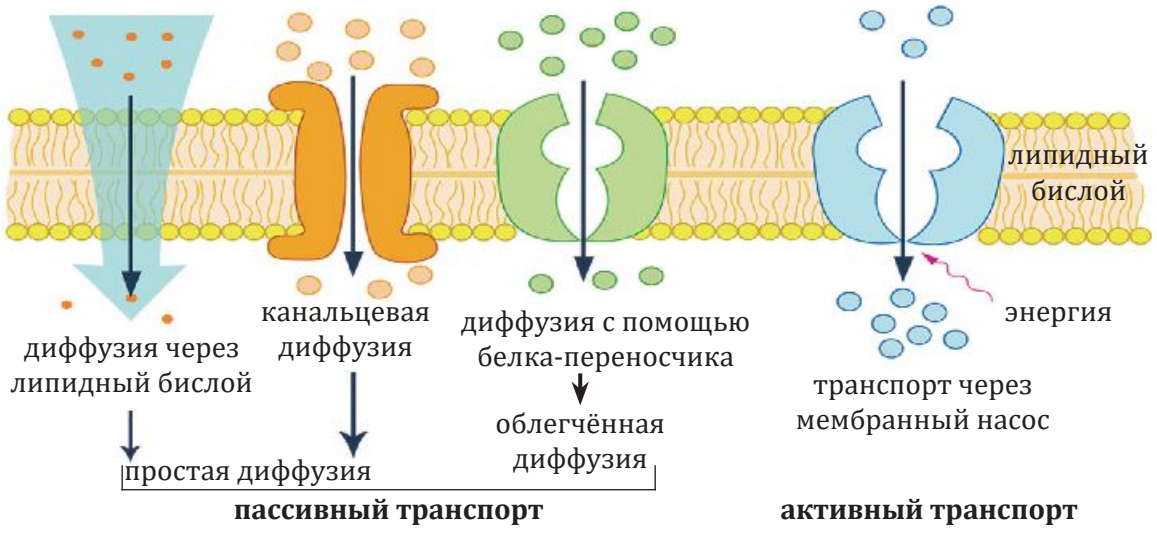


Рис. 2.4. Пути прохождения веществ через мембрану

молекулы или крупные частицы. Эта особенность называется эндоцитозом (*эндо* – «внутри», *цитоз* – «клетка»). Эндоцитоз, в свою очередь, делится на фагоцитоз и пиноцитоз *(рис. 2.5).*

Фагоцитоз. Органические вещества, например, белки, полисахариды и твёрдые частицы, проникают в клетку путём фагоцитоза (от греч. *phageo* – «поедать», «переваривать»). В этом процессе непосредственно участвует плазматическая мембрана. Например, путём фагоцитоза питаются амёбы, относящиеся к протоктистам. Лейкоциты также способны к фагоцитозу. В связи с тем, что стенки растительных и бактериальных клеток плотные и толстые, в них не происходит фагоцитоза.

Пиноцитоз – проникновение различных веществ в клетку в растворённом виде. Приём внутрь жидкости в виде мелких капель.

Поэтому это явление называется пиноцитозом (от греч. *pino* – «пью»). Этот процесс происходит так же, как фагоцитоз. Пиноцитоз широко распространен в природе и осуществляется в клетках бактерий, грибов, растений и животных.

Так, примерами эукариотических организмов являются протоцисты, грибы, растения и животные Клетки эукариотических организмов имеют полностью оформленное ядро. Также, в отличие от прокариот, у них имеются основные органоиды.

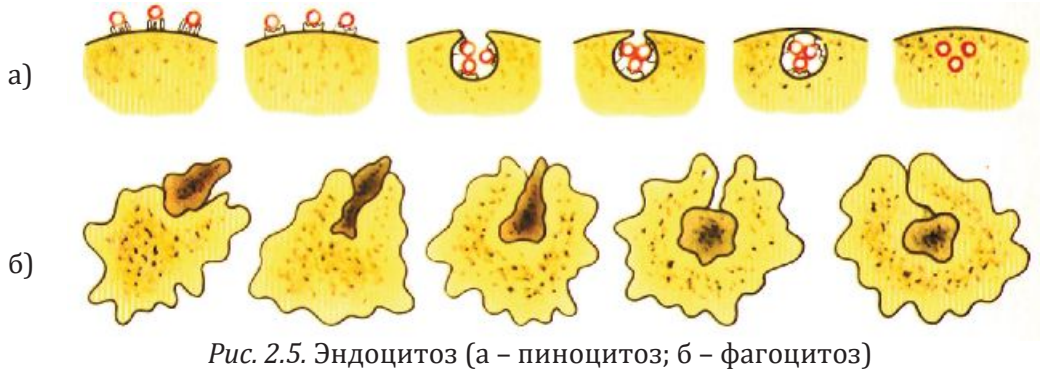


Рис. 2.5. Эндоцитоз (а – пиноцитоз; б – фагоцитоз)

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. На какие группы делятся живые организмы по клеточному строению?
2. Из каких частей состоят эукариотические клетки?
3. Каково строение плазматической мембраны?
4. Каковы функции клеточной стенки?

Применение.

1. Какое значение имеет плазматическая мембрана для клетки?
2. Какое значение имеет процесс диффузии в жизни клеток?

Анализ.

1. Для чего необходимы липидные слои клеточной мембране?
2. В чём разница между фагоцитозом и пиноцитозом? Почему в растительных и бактериальных клетках не происходит фагоцитоза?

Синтез. Моделирование плазматической мембраны.

Оценка. Оцените значение активного и пассивного транспорта в клетке.

2.2. ЦИТОПЛАЗМА. НЕМЕМБРАННЫЕ ОРГАНОИДЫ КЛЕТКИ

Проверка базовых знаний. Что вы знаете о строении немембранных органоидов?



Цитоплазма отделена от внешней среды плазматической мембраной, а от внутренней – мембраной ядра. Жидкая часть цитоплазмы – цитозоль (гиалоплазма). Цитоплазма – полужидкое содержимое клетки. В цитоплазме находятся ряд структур-органоидов, включений, составляющих скелет клетки, мельчайших трубочек и нитей. Основное вещество цитоплазмы содержит много белков. Основные метаболические процессы происходят в цитоплазме. Цитозоль – прозрачная жидкость, образующая внутреннюю среду клетки. В ней располагаются все внутренние структуры клетки и осуществляются обменные процессы. 70–90 % содержимого цитозоля составляет вода, в состав которой входят белки, углеводы, липиды и различные неорганические вещества. Цитозоль содержит аминокислоты, нуклеотиды и другие биополимеры, а также промежуточные продукты, образующиеся в результате метаболизма, в растворённом состоянии. Цитозоль осуществляет химические процессы в клетке и связывает внутренние структуры. Цитоплазма объединяет все органоиды в единое целое и обеспечивает жизнедеятельность клетки. Цитоплазматические органоиды по их расположению в клетке можно разделить на общие и специальные органоиды, а по их строению на мембранные и немембранные органоиды. Общие органоиды имеются во всех клетках организма. Например митохондрия, клеточный центр, комплекс Гольджи, рибосомы, эндоплазматическая сеть, лизосомы, пластиды.

Специальные органоиды встречаются только в некоторых клетках. Например, реснички у инфузорий, жгутики у эвглены и сперматозоидов, тонофибриллы у эпителиальных клеток, нейрофибриллы у нервных клеток и миофибриллы у мышечных клеток.

Мембранные органоиды делятся на одно- и двумембранные органоиды. К одномембранным органоидам относятся эндоплазматическая сеть, комплекс

Гольджи, лизосомы, вакуоли. К двумембранным органоидам относятся митохондрии, пластиды и ядро. К немембранным относятся рибосома и клеточный центр.

Цитоскелет является внутренним опорным скелетом клетки и выполняет опорную функцию. Цитоскелет состоит из микрофибрилл и микротрубочек *(рис. 2.6).*

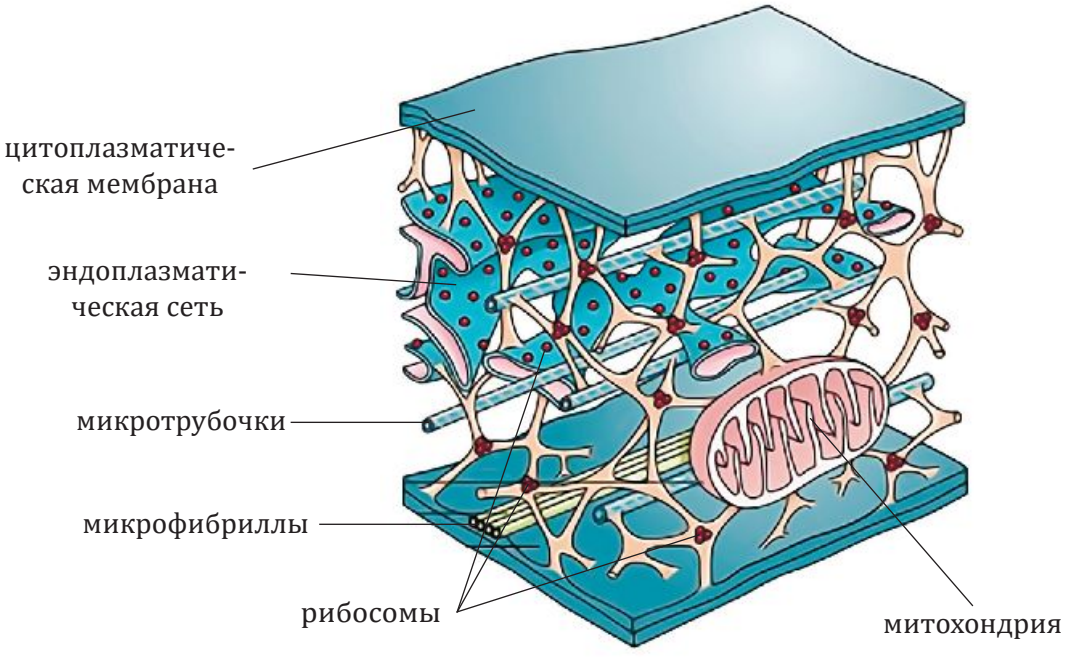


Рис. 2.6. Строение цитоскелета

Микрофибриллы представляют собой филаменты, состоящие из глобулярных белковых молекул актина *(рис. 2.7 а).*

Микротрубочки. Микротрубочки состоят из тубулиновых белков и имеют форму трубочек *(рис. 2.7 б).* Они обеспечивают упорядоченное расположение компонентов клетки. Микротрубочки образуют веретёна деления при делении клетки и обеспечивают распределение хромосом к полюсам.

Микрофибриллы и микротрубочки вместе с плазматической мембраной участвуют в обеспечении движения цитозоля в процессах эндоцитоза и экзоцитоза.

Элементы цитоскелета очень изменчивы и могут распадаться на части и вновь восстанавливаться под влиянием изменений внешней и внутренней среды.

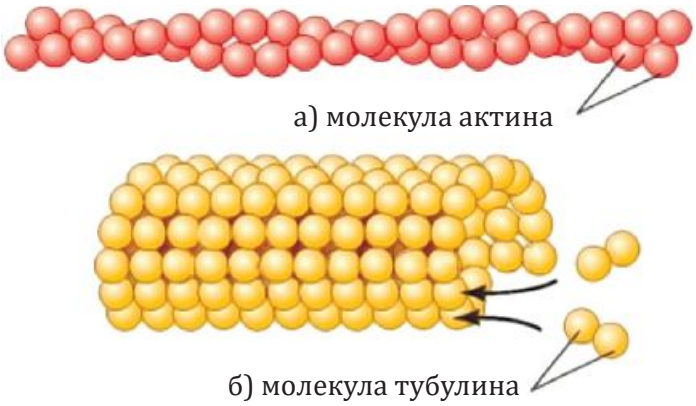


Рис. 2.7. Строение актина и тубулина

Клеточный центр состоит из очень маленьких телец цилиндрической формы, расположенных под прямым углом друг к другу, и называемых *центриолями*. Стенка центриоли состоит из девяти пучков, имеющих по три микротрубочки. Центриоли образуют микротрубочки (рис. 2.8). В периоде интерфазы клеточного цикла центриоли удваиваются в результате самосборки тубулиновых белков. В период профазы они расходятся к полюсам клетки и составляют основу образования веретена деления.

У цветковых и голосеменных растений и у большинства грибов нет клеточного центра, поэтому веретено деления образуется из специальных ферментных центров.

Рибосомы представляют собой сферические частицы диаметром 15,0–35,0 нм, состоящие из двух больших и малых единиц *(рис. 2.9).* Рибосомы содержат примерно равное количество белков и нуклеиновых кислот. Рибосомальная РНК синтезируется в ядре молекулы ДНК.

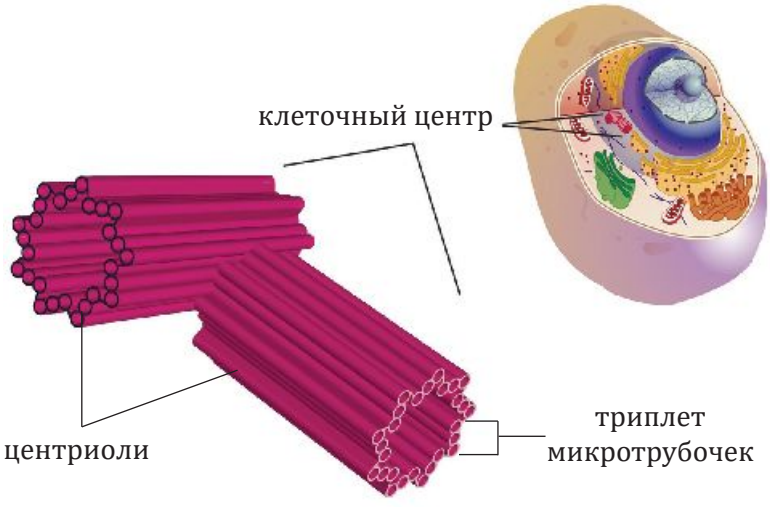


Рис. 2.8. Клеточный центр

У прокариотов рибосома формируется в цитоплазме. У эукариотов её формирование начинается в ядре и заканчивается в цитоплазме. Основная функция рибосом – синтез белка. В этом сложном процессе учавствует не одна, а несколько десятков рибосом, называемых *полирибосомами* или *полисомами*.

В цитоплазме рибосомы могут располагаться свободно или быть прикреплёнными к наружной поверхности мембран эндоплазматической сети. Рибосомы имеются как в прокариотических, так и эукариотических клетках.

Включения – непостоянные структуры цитоплазмы, которые то возникают, то исчезают в процессе жизнедеятельности клетки.

Включения можно разделить на 4 группы *(рис. 2.10).* К *трофическим* питательным включениям относятся жировые капли, гликоген, лецитин, гранулы белка в нервных клетках, гранулы крахмала и алейрона в растениях. К *секреторным* включениям относятся ферменты и гормоны.

Экскреторные включения – это продукты метаболизма, непереваренные остаточные питательные вещества, образовавшиеся в лизосомах.

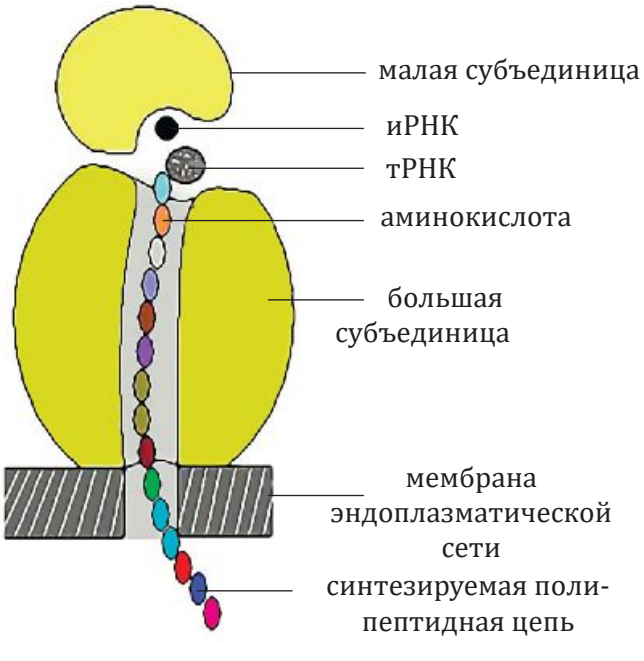


Рис. 2.9. Строение рибосомы

Они выводятся из клетки. К пигментным включениям относится меланин. Клеточные включения не функционируют самостоятельно. Они используются в деятельности клеточных органоидов.



Капли жира в цитоплазме инфузории-туфельки



Крахмальные зёрна картофеля



Белки в семенах пшеницы



Кристаллы оксалата кальция в клетках листьев бегонии

Рис. 2.7. Включения

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Назовите немембранные органоиды клетки.
2. Дайте информацию о включениях и их типах.
3. Объясните строение и функцию клеточного центра.
4. Каков химический состав рибосом?
5. Расскажите об особенностях цитоскелета.

Применение. Опишите строение и функции немембранных органоидов клетки.

Органоиды	Строение	Функции
Рибосома		
Клеточный центр		
Цитоскелет		

Анализ. Если рассматривать клетку как целостную систему, какая связь имеется между её органоидами?

Синтез. Сравните виды транспортировки веществ в клетку. Покажите их сходство и различия на диаграмме Венна.

Оценка. Некоторые вещества, например, эфир, хлороформ, быстро транспортируются через клеточную мембрану. Объясните это явление и оцените его значение.

2.3. МЕМБРАННЫЕ ОРГАНОИДЫ КЛЕТКИ

Проверка базовых знаний. Что вы знаете об мембранных органоидах клетки?

Мембранные органоиды
Эндоплазматическая сеть
Митохондрии
Лейкопласты
Хлоропласт
Хромопласт
Мембрана
Тургор

К мембранным органоидам относятся эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, митохондрий, пластида, вакуоль.

Эндоплазматическая сеть представляет собой сложную систему каналов и полостей в цитоплазме, ограниченной однослойной мембраной, занимающей почти 50 % клетки. Различают два вида эндоплазматической сети – гладкую и гранулярную (шероховатую) *(рис. 2.11).*

На наружной поверхности мембран гранулярной эндоплазматической сети располагаются много рибосом, и здесь синтезируются белки, которые выводятся из клетки. В рибосомах эндоплазматической сети также синтезируются белки, входящие в состав мембраны (их много в слюнных железах, гипофизе, поджелудочной железе). На мембранах гладкой эндоплазматической сети синтезируются полисахариды и липиды (надпочечники, потовые железы).

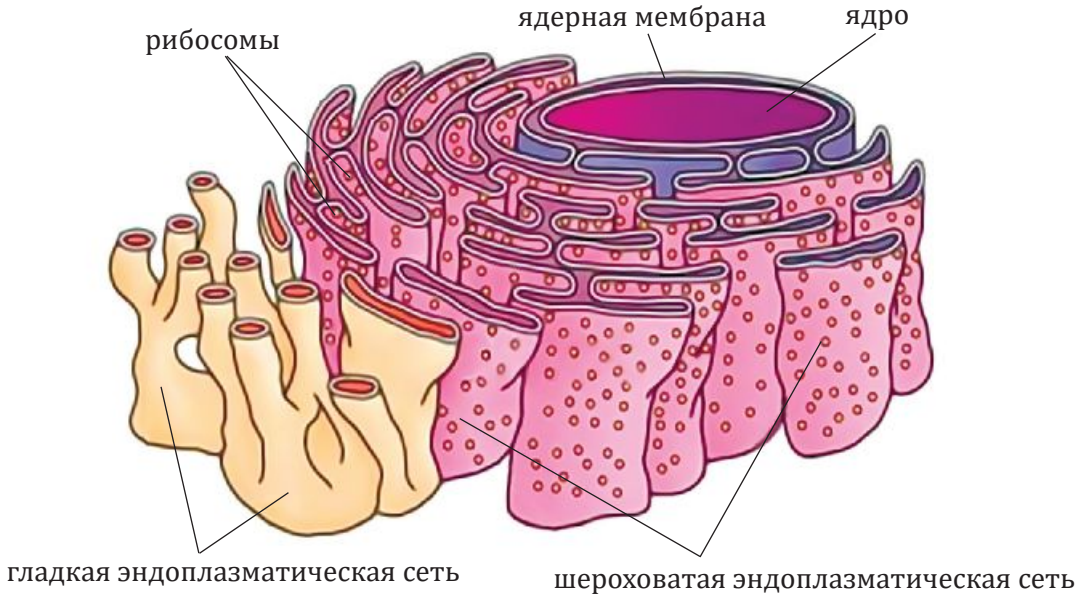


Рис. 2.11. Строение эндоплазматической сети

Синтез углеводов и липидов происходит на мембранах гладкой эндоплазматической сети. Здесь накапливаются ионы кальция, обеспечивающие целостность организма и играющие важную роль в функциях клеток.

Вещества, синтезируемые в эндоплазматической сети, по канальцам транспортируются в комплекс Гольджи.

Гранулярная эндоплазматическая сеть встречается в клетках с интенсивным синтезом белков (например: в слюнных железах, гипофизе, поджелудочной железе). Она также развита в клетках, синтезирующих полисахариды и липиды (надпочечники, потовые железы).

Комплекс Гольджи представляет собой одномембранный органоид, в его канальцах и пузырьках накапливаются вещества, синтезируемые в мембранах эндоплазматической сети *(рис. 2.12).*

Вещества, транспортируемые к комплексу Гольджи, претерпевают биохимические изменения в его канальцах и транспортируются в виде пузырька. Пузырьки сливаются с плазматической мембраной, и их содержимое

высвобождается за пределы клетки путём экзоцитоза. В комплексе Гольджи также синтезируются полисахариды.

Одной из важнейших функций комплекса Гольджи является образование лизосом.

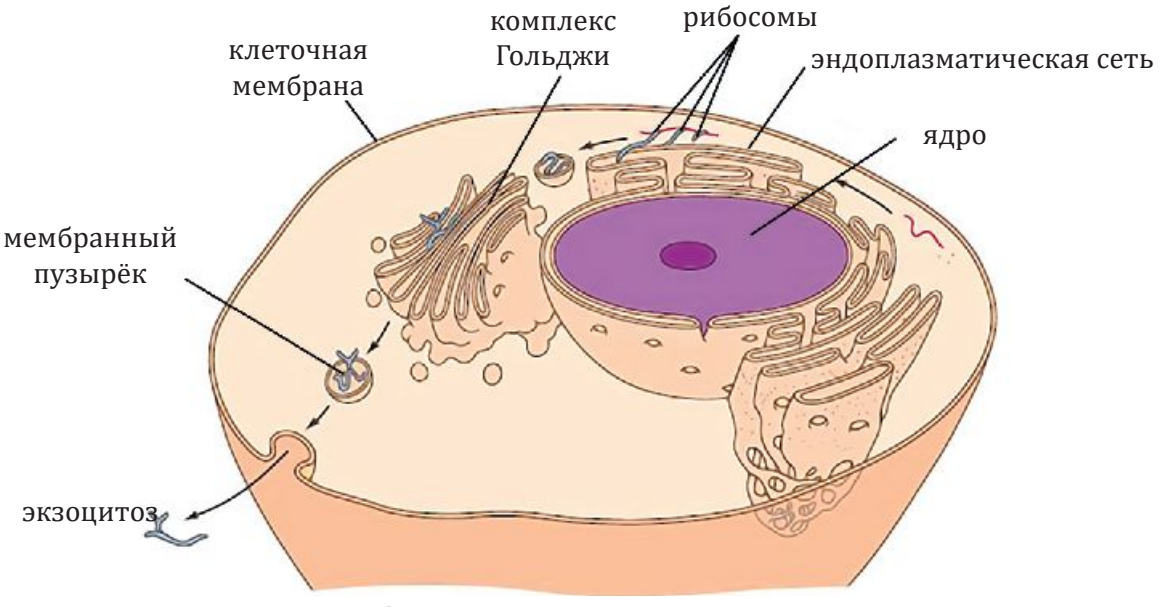


Рис. 2.12. Схема расположения комплекса Гольджи

Митохондрии (от греч. *mitos* – «нить» и *chondro* – «зерно») присутствуют во всех эукариотических клетках. Столь широкое распространение митохондрий в животном и растительном мире свидетельствует об их важности в клетке.

Митохондрии бывают разных форм: круглые, плоские, цилиндрические и даже нитевидные. Их размер варьируется от 0,2 мкм до 15 – 20 мкм. Количество митохондрий в разных тканях зависит от функциональной активности клетки.

Например, в клетках печени их может быть до 2 500, а в лимфоцитах 25 – 50. Наружная мембрана митохондрий гладкая, а внутренняя мембрана складчатая, и эти складки называются кристами. Полость внутренней мембраны называется матриксом. На мембранах крист расположены многочисленные ферменты, учавствующие в энергетическом обмене. Митохондрии являются

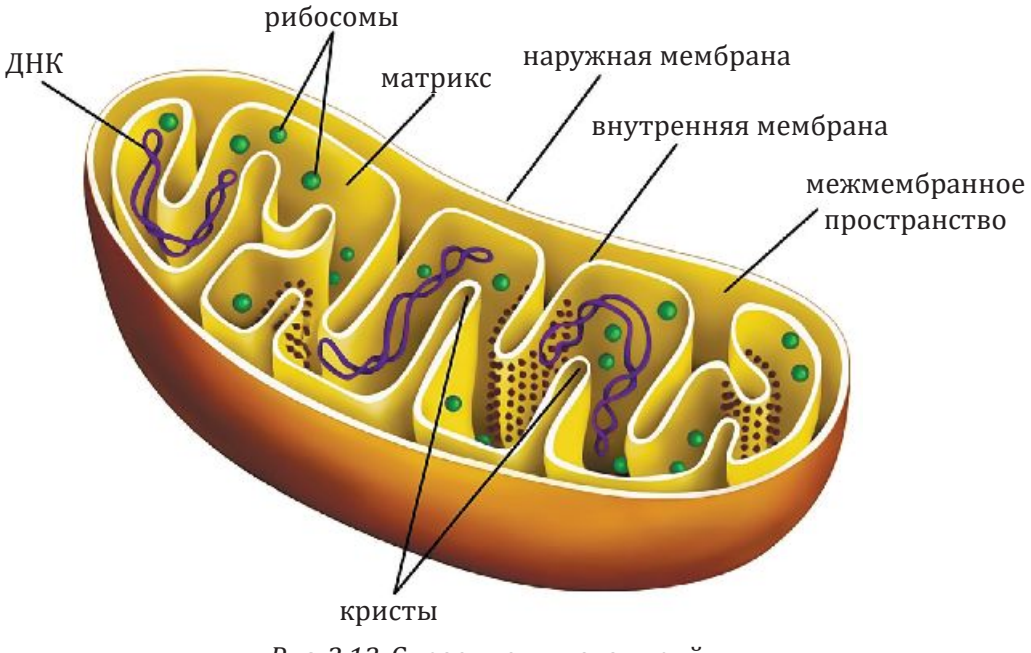


Рис. 2.13. Строение митохондрий

полуавтономными органоидами, в межмембранных полостях которых находятся кольцевые ДНК, РНК и рибосомы, необходимые для синтеза белка *(рис. 2.13).* Митохондрии увеличиваются путем деления за счет увеличения вдвое молекулы ДНК. Основная функция митохондрий – синтез универсального источника энергии АТФ. В митохондриях протекают реакции аэробного этапа энергетического обмена.

Пластиды – органоиды растительной клетки *(рис. 2.14).*

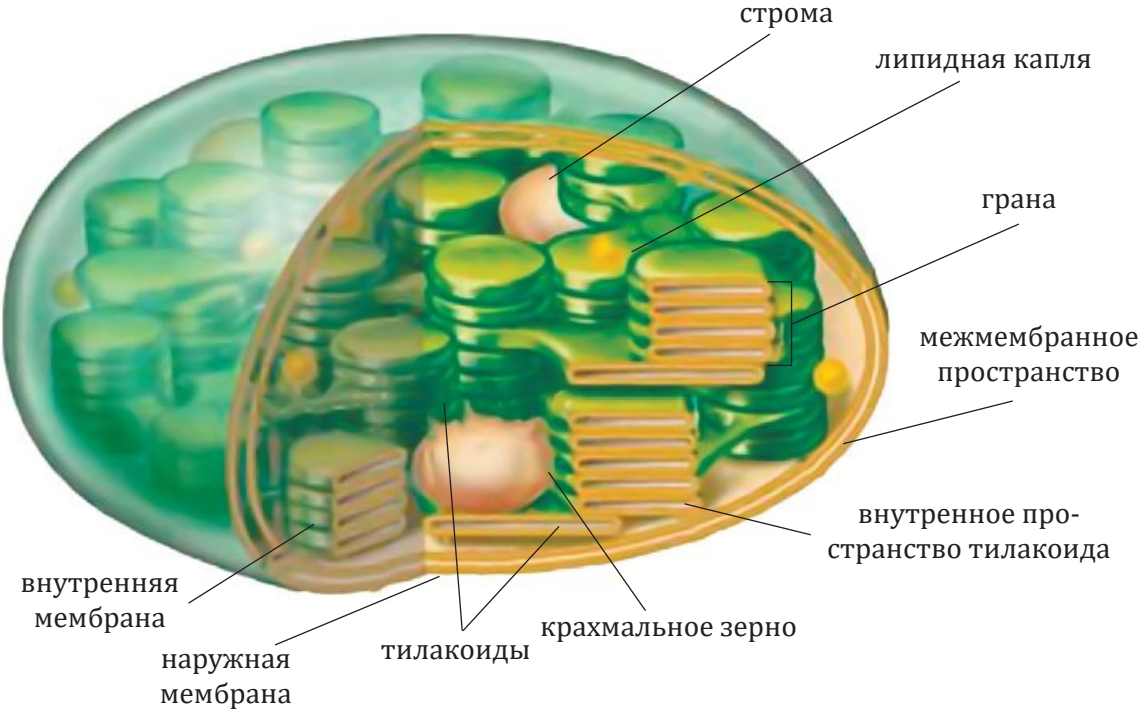


Рис. 2.14. Внутреннее строение пластиды

Существуют три вида пластид *(рис. 2.15).*

1. ***Лейкопласты*** – бесцветные пластиды, находящиеся в стеблях, корнях и клубнях. Они участвуют в синтезе крахмала из моносахаридов и дисахаридов (в отдельных лейкопластах также запасаются белки и жиры).

2. Хлоропласты содержатся в листьях, однолетних стеблях и недозрелых плодах растений. Они осуществляют процесс фотосинтеза. Хлоропласты состоят из двух слоёв мембраны, как и митохондрии. Наружная мембрана гладкая, а внутренняя – выглядит как стопка монет, в ней находятся хлорофиллы. Хлоропласты являются полуавтономными органоидами, их количество увеличивается путём деления. В межмембранных полостях пластид содержатся молекулы ДНК, РНК и рибосомы *(рис. 2.14).*

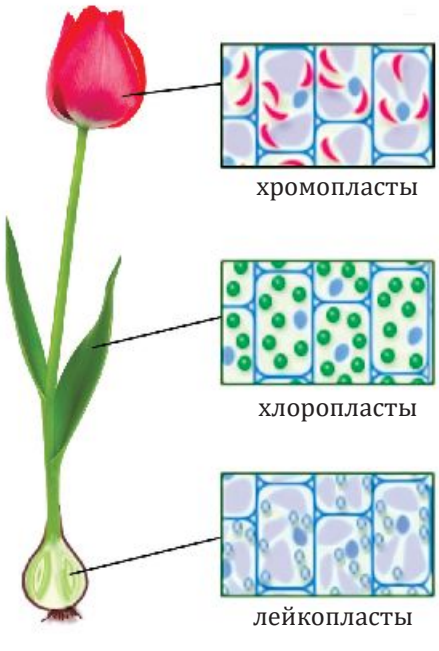


Рис. 2.15. Виды пластид

3. Хромопласты бывают различной окраски. Разная окраска лепестков и плодов – жёлтая, красная, золотистая – зависит от хромопластов *(рис. 2.15).* В ходе онтогенеза пластиды могут превращаться друг в друга. Хлоропласты превращаются в хромопласты, лейкопласты в хлоропласты.

Лизосомы имеют форму пузырьков, окружённых мембраной, их внутренняя часть заполнена пищеварительными ферментами. Эти ферменты расщепляют белки, углеводы, липиды и нуклеиновые кислоты *(рис. 2.16).* Попавшие внутрь клетки питательные фрагменты путём фагоцитоза расщепляются лизосомами, и эти вещества используются для жизнедеятельности клеток.

Фрагменты питательных веществ, попавших в клетку, могут расщепляться только при участии лизосом. Вещества, расщепляющиеся в лизосомах, переходят в гиалоплазму путём диффузии *(рис. 2.17).*

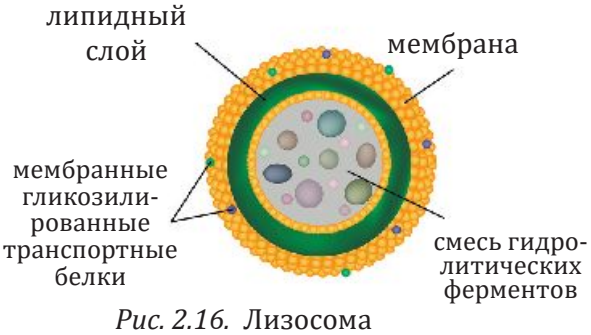


Рис. 2.16. Лизосома

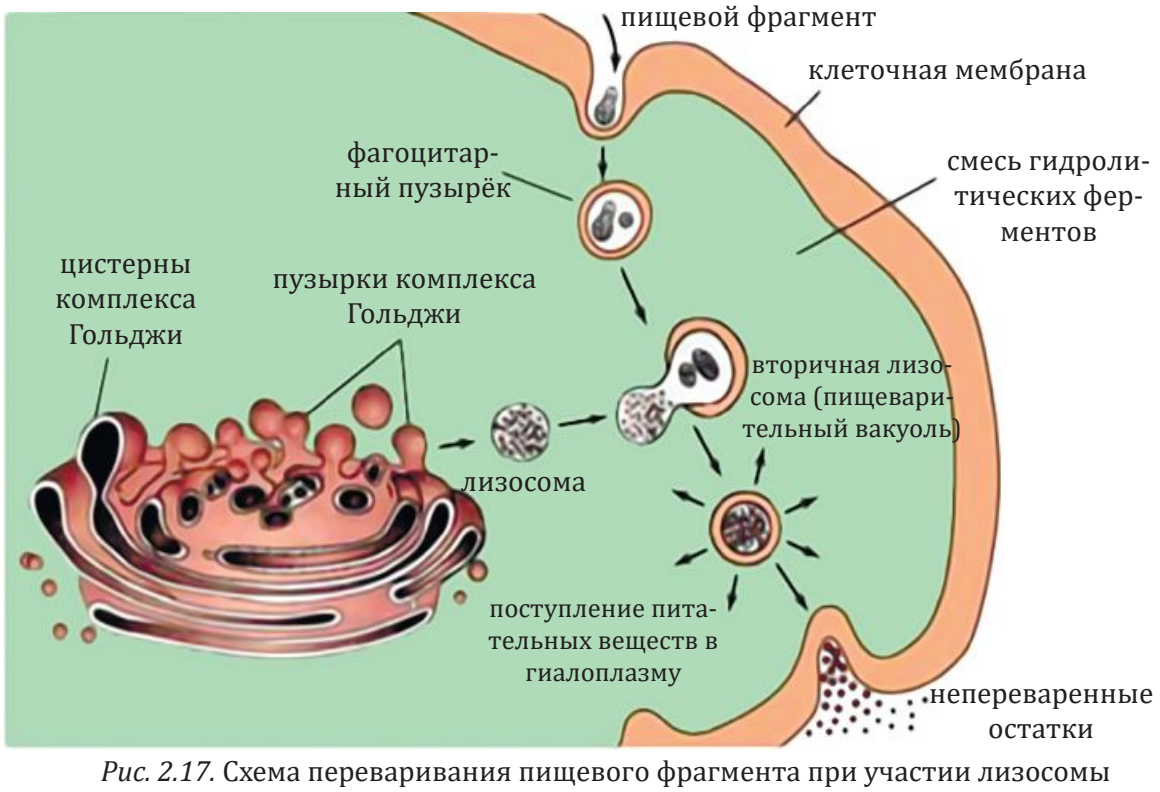


Рис. 2.17. Схема переваривания пищевого фрагмента при участии лизосомы

Вакуоли встречаются в клетках протоктистов, растений и грибов. Они окружены однослойной мембраной, их полость заполнена водой. Вакуоли образуются за счёт пористых мембран эндоплазматической сети и комплекса Гольджи. В молодых растительных клетках образуется много вакуолей. По мере роста клетки они объединяются, образуя центральную вакуоль и занимая почти 90 % площади клетки.

В вакуолярном соке встречаются разнообразные органические соединения и соли. Осмотическое давление, создаваемое этим соком, обеспечивает поступление в клетку воды, которая обусловливает напряжённое состояние клеточной оболочки – тургор. Это обеспечивает прочность растений к механическим воздействиям.

Итак, мембранные органоиды клетки бывают одно- и двумембранными. К одномембранным органоидам относятся эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы, вакуоли и др. Ядра, митохондрии и пластиды являются примерами двумембранных органоидов. Каждый органоид имеет свою структуру и функцию.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Что такое мембранные органоиды клетки?
2. Какую функцию выполняет в клетке лизосома?
3. Дайте информацию об органоидах с одной и двумя мембранами.
4. Объясните строение и функции гранулярной и гладкой эндоплазматической сети. Расскажите о свойствах митохондрий.

Применение. Объясните особенности мембранных органоидов.

Органоиды	Строение	Функции
Эндоплазматическая сеть		
Комплекс Гольджи		
Лизосома		
Вакуоль		

Анализ. Сравните строение и функции хлоропластов и митохондрий.

Синтез. Подготовьте короткое эссе о том, что вы узнали по этой теме, и обсудите его со своими одноклассниками.

Оценка. Существует гипотеза, что хлоропласты и митохондрии произошли от прокариот. Приведите факты, выступающие за или против этой гипотезы.

2.4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА КЛЕТОЧНУЮ МЕМБРАНУ

Цель: изучить влияние температуры воды на проницаемость клеточной мембраны корнеплодов свёклы.

Примечание. В результате некоторых воздействий нарушается целостность клеточной мембраны и исчезает барьер для всасывания крупных молекул. В результате крупные молекулы в цитоплазме выходят за пределы клетки. Клетки корня свёклы имеют красный цвет, потому что клеточные вакуоли содержат пигмент антоциан.

Правила безопасности: 

Оборудование: корнеплод свёклы, нож, колба с ледяной водой, колба с водой комнатной температуры, колба с теплой водой, колба с кипятком и пинцет.

Порядок выполнения работы:

1. Очистить корень свёклы ножом.
2. Разрежьте корень на 4 части.
3. Промойте срезы чистой водой в течение 5 минут, чтобы удалить антоциановые пигменты, выделившиеся из вакуолей поврежденных клеток в результате разрезания.
4. Поместите кусочки корнеплодов в отдельные колбы:

а) в колбу с ледяной водой.

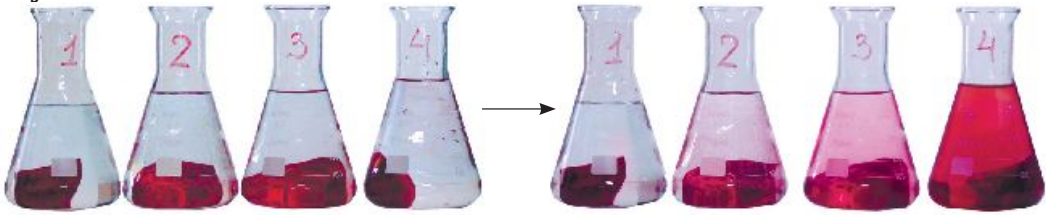
б) в колбу, наполненную водой комнатной температуры.

г) в колбу с тёплой водой.

д) в колбу с кипятком.

5. Через пять минут понаблюдайте за процессом в колбах, запишите результаты в тетради.

Результаты:



Номер колбы	Температура воды	Что случилось?
Колба №1		
Колба №2		
Колба №3		
Колба №4		

Вывод: как влияет температура воды на плазматическую мембрану клетки?

2.5. ЯДРО

Проверка базовых знаний. Какую функцию выполняет ядро?

Ядро
Ядерная оболочка
Ядерный сок
Хромосома
Ядрышко
Диплоид
Гаплоид

Ядро является важнейшей составной частью всех эукариотических клеток. Обычно клетки имеют одно ядро. Лишь отдельные клетки бывают двухъядерными (инфузория-туфелька) или многоядерными (у некоторых протоктистов клетки поперечно-полосатых мышц). Некоторые клетки в процессе созревания лишаются ядер (эритроциты). В клетках животных ядро обычно расположено в центре клетки, тогда как в клетках растений большую часть клетки занимает вакуоль, поэтому ядро располагается на периферии клетки.

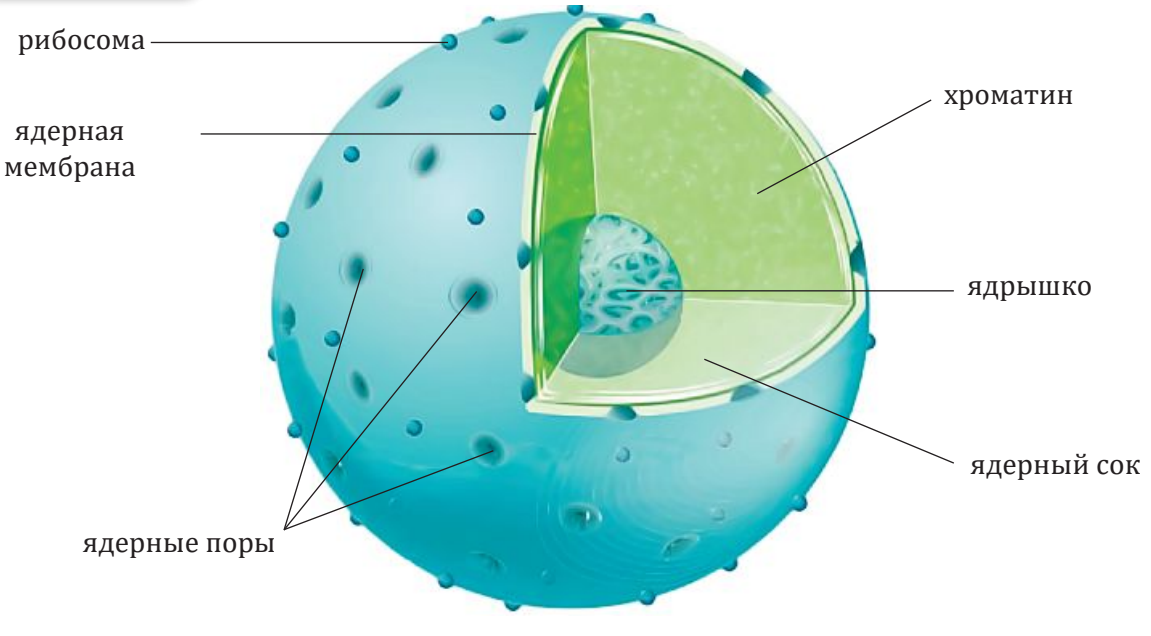


Рис. 2.18. Строение ядра

Строение и функции ядра. Ядра всех эукариотических клеток похожи по строению. Ядро состоит из ядерной оболочки, ядерного сока, хромосомы и ядрышка *(рис. 2.18).*

Ядерный сок отделён от цитоплазмы двухслойной мембраной. Наружная ядерная мембрана ограничена цитоплазмой, её выросты соединяются с каналами эндоплазматической сети, а к их поверхности прикрепляются рибосомы. Внутренняя ядерная мембрана гладкая и соприкасается с ядерным соком. Через ядерную мембрану проходят множество каналов, по которым из ядра в цитоплазму проникают рибосомные субъединицы, молекулы иРНК и тРНК, а из цитоплазмы в ядро – различные белки (а также ферменты), нуклеотиды, АТФ, неорганические ионы и др.

Ядерный сок живой клетки представляет собой гелеобразную массу, заполняющую ядро и содержащую неорганические и органические вещества. Ядро и хроматин расположены в ядерном соке.

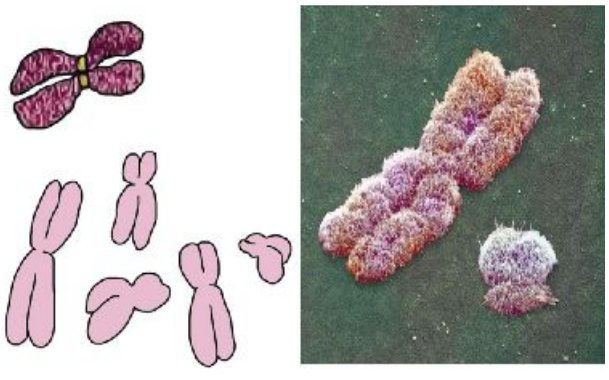


Рис. 2.19. Виды хромосом

Хроматин бывает в форме тонких нитей, мелких зёрен или фрагментов. По химическому составу хроматин состоит из ДНК и гистоновых белков. Перед делением клетки хроматин спирализуется и образует плотные тельца-хромосомы *(рис. 2.19)*.

Ядрышко образуется в той части хроматина, где происходит синтез рРНК. В ядре синтезируется рРНК, которая соединяется с молекулой белка, образуя субъединицы рибосомы. Во время профазы ядрышко исчезает и вновь формируется во время телофазы клеточного деления.

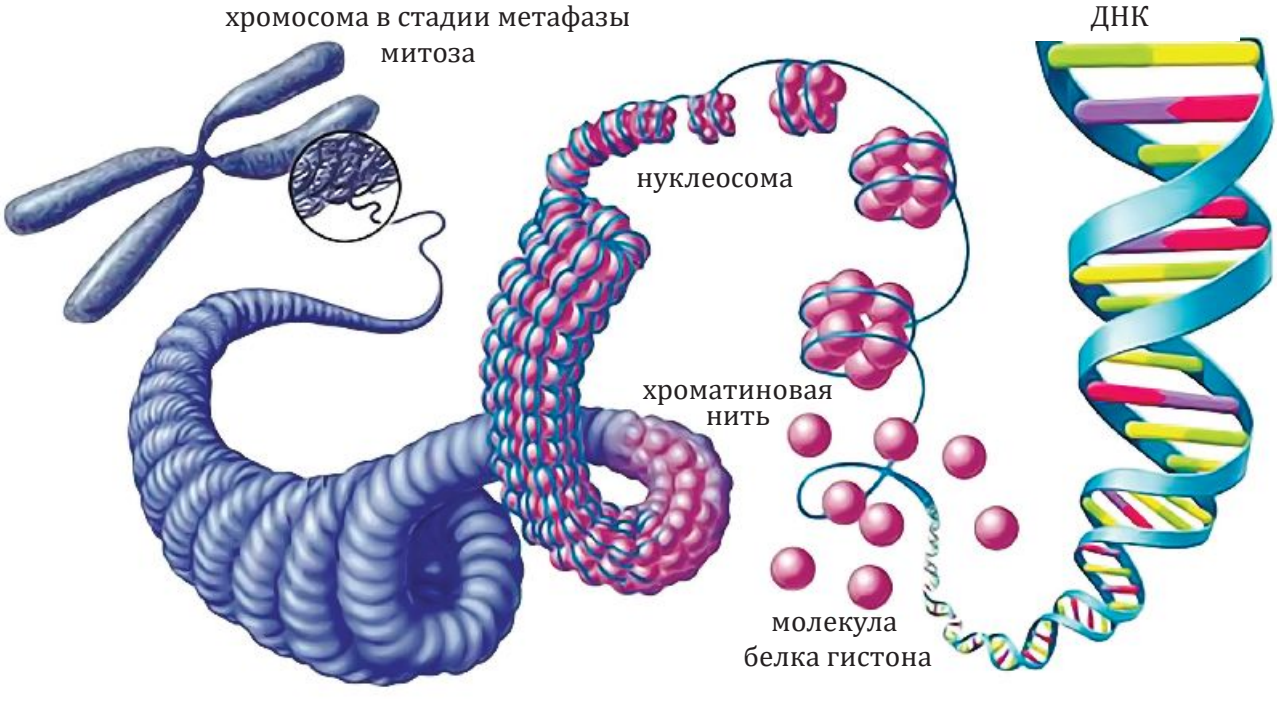


Рис. 2.20. Внутренний состав хромосомы

Ядро выполняет две основные функции:

1) хранение, воспроизведение и передача генетической информации из поколения в поколение;

2) регуляция процессов обмена веществ, протекающих в клетке.

В интерфазе клеточного цикла происходит редупликация ДНК, в результате чего каждый хроматин образует две молекулы ДНК, а в профазе хроматин спирализуется и образует хромосомы *(рис. 2.20)*.

В живых организмах различают два вида клеток: половые и соматические. Половые клетки имеют гаплоидный набор хромосом.

Например, яйцеклетка и сперматозоид человека имеют 23 (n=23) хромосомы, причем хромосомы в гаплоидном наборе неповторимы по форме и размеру.

Соматические, то есть клетки тела, участвуют в образовании тканей и органов. В соматических клетках диплоидный (2n) набор хромосом. В диплоидном наборе все хромосомы парные. Клетки тела человека имеют 46 хромосом, т. е. 23 пары (2n = 46). Парные хромосомы одинаковы по размеру и форме и генетически идентичны.

Итак, ядро – это самый основной компонент эукариотической клетки, который состоит из ядерного сока, ядерной мембраны, хромосомы и ядрышка. Ядро управляет процессами в клетке.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Какие организмы имеют ядро?
2. Из каких компонентов состоит ядро?
3. Каково строение ядра и каковы его функции?
4. Каково строение хроматина?
5. Какие изменения происходят с хроматином в период клеточного деления?

Применение. Связано ли число хромосом со степенью сложности организмов?

Анализ. Все ли живые организмы имеют одинаковые хромосомы?

Синтез. Есть ли связь между хроматином и хромосомой?

Оценка. Напишите эссе на основе полученной информации и обсудите с одноклассниками.

2.6. ПРОКАРИОТИЧЕСКАЯ КЛЕТКА

Прокариоты
Кокки
Бациллы
Вибрионы
Анаэроб
Аэроб
Мезосома

Проверка базовых знаний. Знаете ли вы особенные признаки прокариотических клеток?

Известно, что в зависимости от строения клетки делятся на две группы: прокариотические (без ядра) и эукариотические (с ядром). К первой группе относятся бактерии, ко второй группе – протисты, грибы, растительные и животные клетки. Если сравнить строение прокариотических и эукариотических клеток, в чём их различия и сходства?

Прокариоты – первые живые организмы на Земле. Эукариоты произошли от прокариотов. Прокариотические клетки намного меньше эукариотических. Учёные отметили, что диаметр прокариотических клеток у большинства видов составляет от 0,1 до 50 мкм. Среди прокариотов

многоклеточные формы не встречаются, только некоторые виды образуют колонии. Эукариоты имеют одноклеточное и многоклеточное строение.

По особенностям строения и форме выделяют три группы прокариотов:

1) шаровидные *(кокки)*, 2) вытянутые палочки *(бациллы),* 3) спиралевидные или закрученные *(виброны, спириллы) (рис. 2.21).* Эукариотические клетки имеют разную форму.

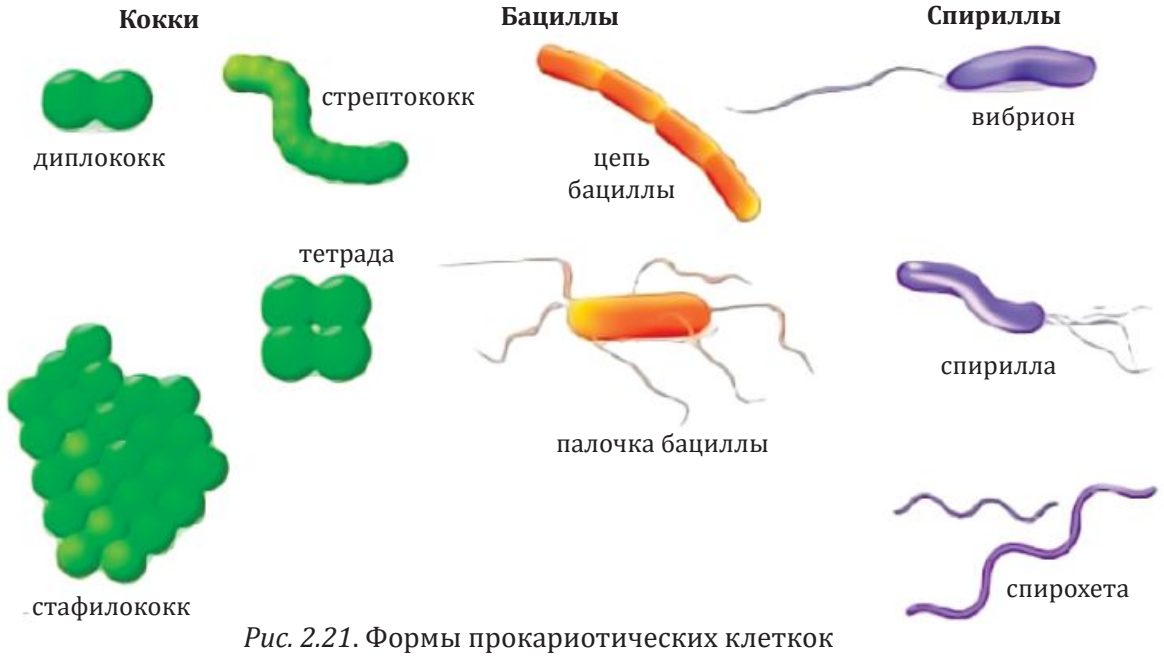


Рис. 2.21. Формы прокариотических клеткок

Прокариотическая клетка имеет более простое строение по сравнению с эукариотами, у них отсутвуют не только ядерная оболочка, но и мембранные органоиды (митохондрии, хлоропласты, эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосома, клеточный центр и др.).

Клеточная стенка и цитоплазматическая мембрана составляют наружную оболочку прокариотических клеток. Некоторые бактерии также имеют дополнительные наружные мембраны. Клеточная стенка большинства бактерий окружена слизистой капсулой.

Клеточная стенка бактерий отличается от клеточной стенки растений и грибов. Её основной состав – полисахарид муреин.

На поверхности прокариотических клеток имеются жгутики (один или несколько) и различные ворсинки. Прокариоты с помощью жгутиков передвигаются в жидкой среде. Ворсинки выполняют различные функции (защита от влаги, соединения, транспортировка веществ, участие в образовании мостиков в процессе конъюгации).

Функции мембранных структур выполняют выросты, образующиеся путём выпячивания в цитоплазму. Эти разрастания бывают трубчатой, пластинчатой и других форм и называются мезосомами *(рис. 2.22).* Мезосомы участвуют в образовании поперечных перегородок при делении клеток. Мембранные выросты содержат фотосинтезирующие пигменты, ферменты, обеспечивающие дыхание и другие процессы.

В центральной части прокариотической клетки находится один кольцевидный нуклеоид («хромосома»), в состав которого входит ДНК. В отличие от эукариотов прокариоты не имеют гистоновых белков в своих

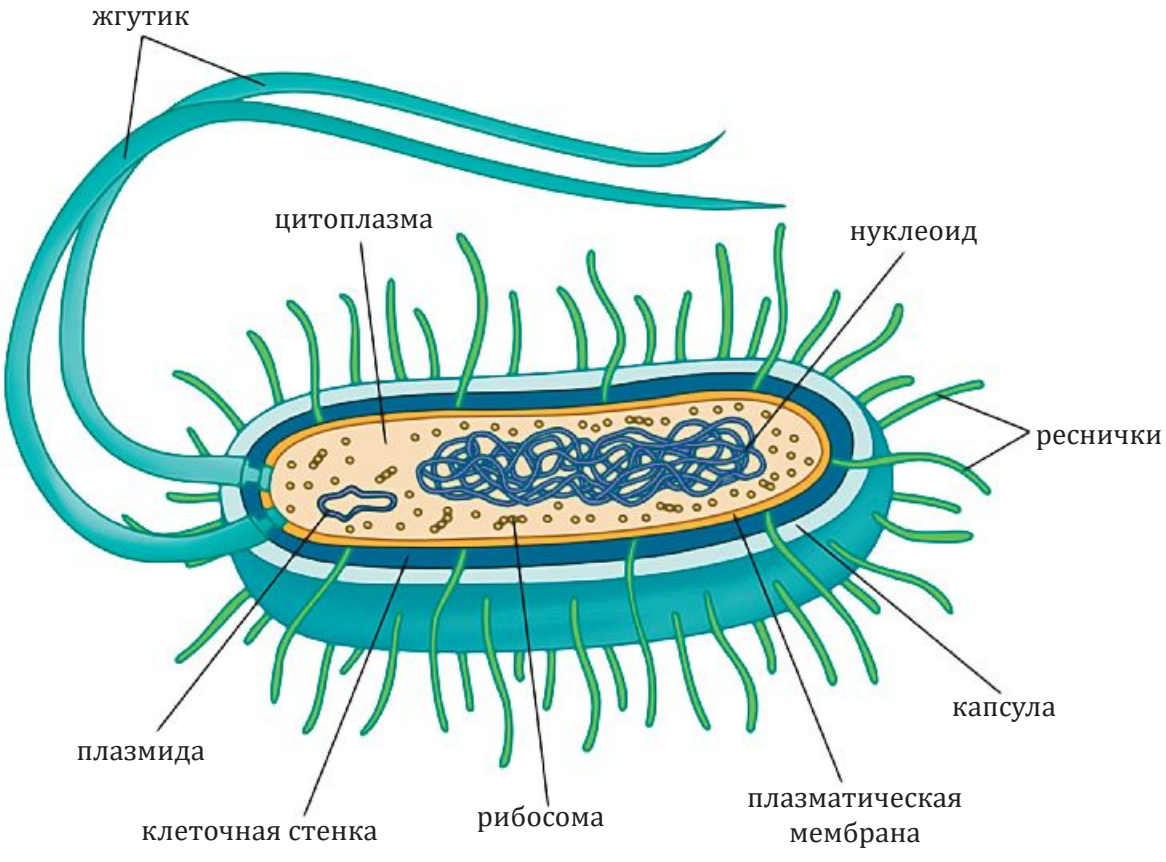


Рис. 2.22. Внутреннее строение прокариотической клетки

хромосомах. Нуклеоиды не отделены от цитоплазмы мембраной. Помимо нуклеоидов, прокариоты также содержат **плазмиды** с кольцевой структурой.

Прокариотические клетки имеют рибосому, но она отличается тем, что она меньше размером по сравнению с рибосомой эукариотических клеток.

Прокариотическая клетка размножается бинарным делением. Перед делением нуклеоид увеличивается в два раза. Фазы митоза и мейоза не наблюдаются. В неблагоприятных условиях прокариотические клетки образуют споры. Споры позволяют клеткам сохранять жизнеспособность при высоких и низких температурах. Во время образования спор прокариотическая клетка покрывается толстой прочной оболочкой. Её внутренняя структура почти не изменяется.

В прокариотических клетках ядро не сформировано, основные органоиды – митохондрии, эндоплазматическая сеть и другие отсутствуют. Функцию этих органоидов выполняют выросты во внутренней части мембраны прокариотов.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Какие типы клеток различают по клеточному строению?
2. Каковы формы прокариотических клеток? Какие организмы относятся к прокариотам?
3. Из каких частей состоит прокариотическая клетка?
4. Где располагается генетическая информация в прокариотической клетке?
5. Каковы функции мезосомы?

Применение. Объясните на примерах, какие преимущества имеют эукариотические клетки перед прокариотическими.

Анализ. Все ли прокариоты имеют одинаковое строение?

Синтез. Укажите сходство (общее) аспектов прокариотических и эукариотических клеток в кластере.

Оценка. Составьте сравнительную таблицу, основываясь на своих знаниях о прокариотах и эукариотах. Обсудите информацию в таблице в группе.

2.7. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОКАРИОТИЧЕСКИХ И ЭУКАРИОТИЧЕСКИХ КЛЕТОК

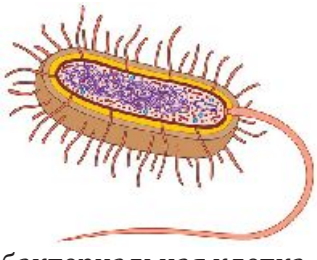
Цель: изучить особенности строения и различия между эукариотическими и прокариотическими клетками.

Правила безопасности:

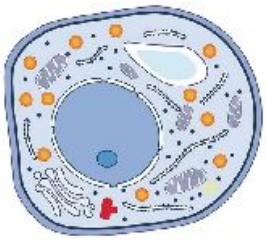


Порядок выполнения работы:

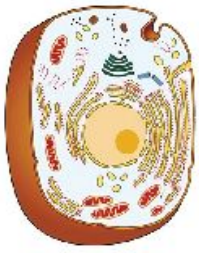
1. Изучите клетки бактерий, грибов, растений и животных под микроскопом.
2. Сравните клетки, которые вы наблюдали под микроскопом, с рисунками, приведёнными ниже.
3. Изучите строение клетки и заполните таблицу.



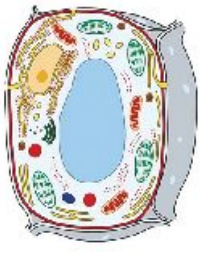
бактериальная клетка



клетка гриба



животная клетка



растительная клетка

Уникальное строение	Бактериальная клетка	Клетка гриба	Животная клетка	Растительная клетка
Ядро				
Нуклеотид				
Цитоплазма				
Гликокаликс				
Митохондрия				
Пластида				
Эндоплазматическая сеть				
Комплекс Гольджи				
Лизосома				
Вакуоль				
Пероксисома				
Клеточный центр				
Цитоскелет				
Рибосома				

Обсудите и сделайте выводы.

1. Объясните практическую важность изучения особенностей прокариотических клеток.
2. В чём сходство и различие между эукариотическими и прокариотическими клетками?

2.8. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ В КЛЕТКЕ. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН

Ассимиляция
Диссимиляция
Аэроб
Анаэроб
Гликолиз
Кислородное расщепление

Проверка базовых знаний. Почему при физической работе наблюдается одышка? Что это означает?

Для поддержания постоянной температуры тела и жизнедеятельности организму требуется энергия. Для обеспечения клетки энергией используется энергия, выделяющаяся в результате расщепления органических веществ и химических реакций. Углеводы являются источником энергии для большинства животных и человека.

Совокупность реакций, обеспечивающих клетку энергией, называется энергетическим обменом (диссимиляция, катаболизм). Совокупность реакций пластического и энергетического обмена, обеспечивающих непрерывность жизнедеятельности клетки, называется **метаболизмом**, а продукты метаболизма – **метаболитами** *(рис. 2.23)*. Пластический и энергетический обмен взаимосвязаны. АТФ является универсальным источником энергии, он необходим для реакций пластического обмена. Это вещество синтезируется в реакциях энергетического обмена. Ферменты, необходимые для диссимиляции, синтезируются в реакциях пластического обмена. Клетки постоянно связываются с окружающей средой за счёт пластического и энергетического обмена. Эти процессы являются главным условием долголетия клетки, источником её роста, развития и функций.

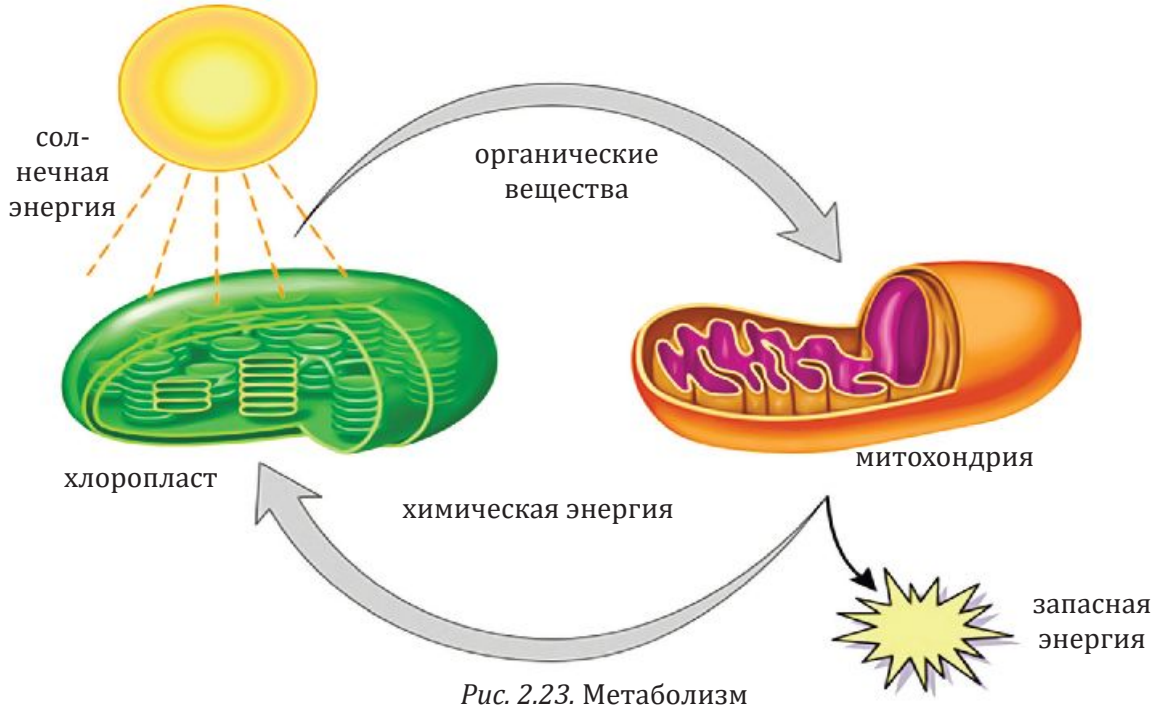


Рис. 2.23. Метаболизм

Все живые организмы, имеющие клеточное строение, представляют собой открытые системы, которые постоянно обмениваются веществом и энергией с окружающей средой.

Энергетический обмен – диссимиляция. Универсальным источником энергии во всех клетках служит АТФ (аденозинтрифосфат). Это вещество синтезируется в результате реакции фосфорилирования:

$$ADF + H_2PO_4 + 40\ кДж = ATF + H_2O.$$

Необходимая энергия для синтеза АТФ образуется за счёт разложения органических веществ в клетке. Эта энергия запасается в химических связях АТФ.

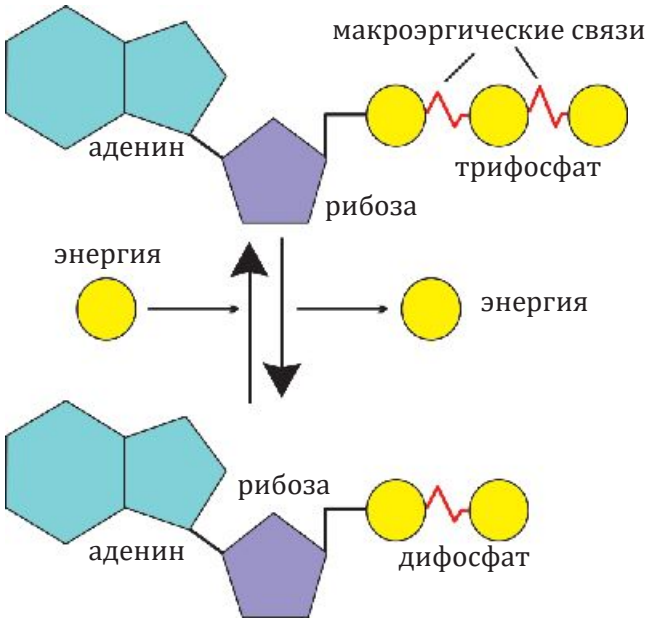


Рис. 2.23. Энергетический обмен

Этапы энергетического обмена. Процесс обмена энергией в клетке также называют клеточным дыханием. Организмы, которые используют кислород при дыхании, называются аэробами, а организмы, которые дышат в бескислородной среде, называются анаэробами. У аэробах диссимиляция происходит в 3 этапа.

1. Подготовительный этап. Подготовительный этап в организме человека осуществляется путём расщепления сахарозы, лактозы, гликогена и крахмала на мономеры (глюкозу, фруктозу, галактозу) с помощью пищеварительных ферментов. В ходе этих реакций выделяется энергия, но вся энергия рассеивается в виде тепла. Часть образовавшихся на этом этапе веществ используется для синтеза органических веществ, необходимых для процессов жизнедеятельности клетки, а часть расщепляется.

2. Бескислородный этап. Бескислородный этап (гликолиз) заключается в ферментативном бескислородном расщеплении низкомолекулярных органических веществ, которые были получены в ходе подготовительного этапа. Например, расщепление глюкозы.

Гликолиз – это анаэробный путь расщепления глюкозы до молочной кислоты, сопровождающийся выделением энергии, запасаемой в виде АТФ.

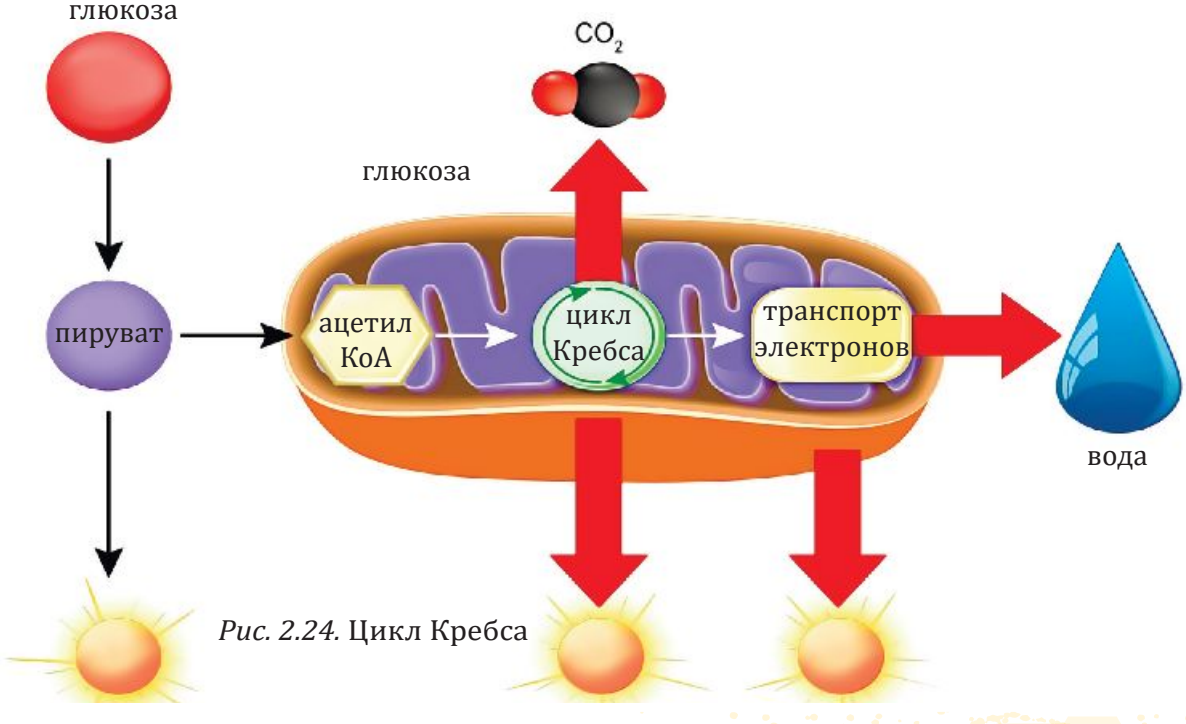


Рис. 2.24. Цикл Кребса

При расщеплении одной молекулы глюкозы в процессе гликолиза образуются 2 молекулы молочной кислоты, 2 молекулы АТФ и выделяется 2 молекулы воды. Всего выделяется 200 кДж энергии. 40 % этой энергии накапливается в фосфатных связях АТФ, а остальные 60 % рассеиваются в виде тепла:

$$C_6H_{12}O_6 + 2H_3PO_4 + 2АДФ = 2C_3H_6O_3 + 2АТФ + 2H_2O$$

Процесс гликолиза осуществляется в клетках растений, животных, грибов, бактерий. В мышцах человека после напряжённой физической работы в клетках не хватает кислорода, и из глюкозы образуется большое количество молочной кислоты. В результате мышцы устают.

3. Этап кислородного расщепления. В аэробных организмах после гликолиза происходит последняя стадия энергетического обмена – аэробное расщепление. При этом вещества, образующиеся в процессе гликолиза, расщепляются до конечных продуктов (CO_2 и H_2O). При этом из 2 молекул молочной кислоты образуется 36 молекул АТФ, 42 молекулы H_2O и 6 молекул CO_2:

$$2C_3H_6O_3 + 6O_2 + 36АДФ + 36H_3PO_4 = 6CO_2 + 42H_2O + 36АТФ$$

В результате полного окисления двух молекул молочной кислоты выделяется 2600 кДж энергии, 1 440 кДж которой связываются с АТФ. Остальные 1 160 кДж энергии рассеиваются в виде тепла. Таким образом, суммарно энергетический обмен клетки в случае распада глюкозы можно представить следующим образом:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38АДФ + 38H_3PO_4 = 6CO_2 + 44H_2O + 38АТФ$$

Во время этих преобразований выделяется приблизительно 2 800 кДж энергии, из которых в виде химических связей молекул АТФ запасается около 1 520 кДж.

Таким образом, анаэробная стадия энергообмена протекает в цитоплазме, а аэробная – в митохондриях.

Применение новых знаний.

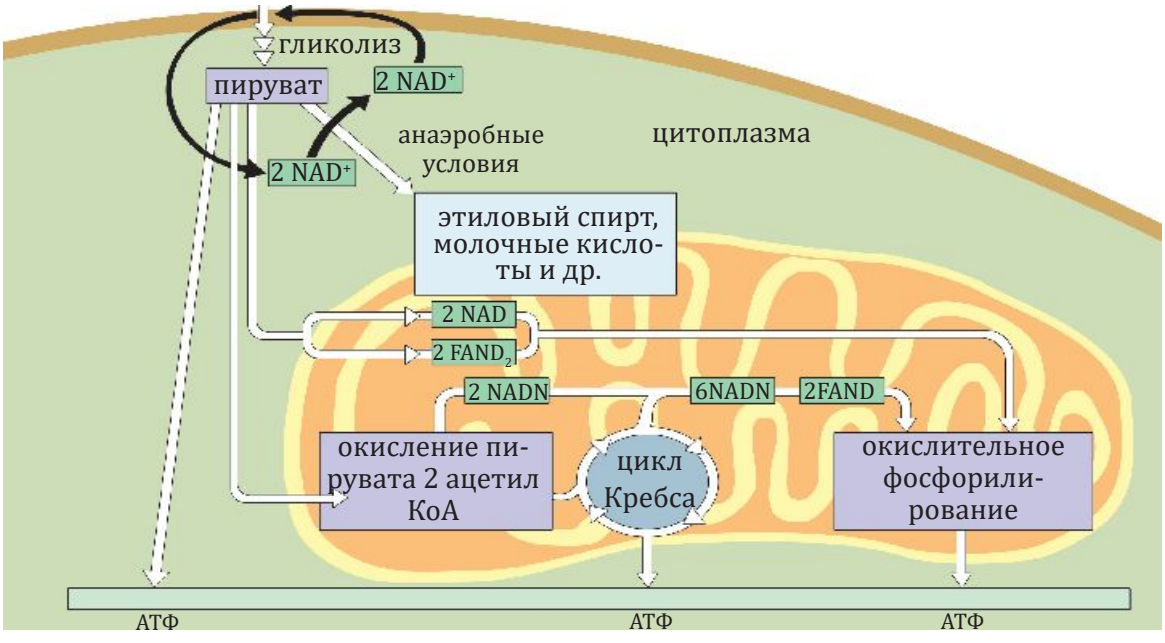
Знание и понимание.

1. В чём заключается процесс энергетического обмена?
2. Откуда берётся энергия для синтеза АТФ из АДФ ?
3. Из каких этапов состоит энергетический обмен?
4. Объясните реакции аэробного расщепления.
5. Объясните связь между пластическим обменом и энергетическим обменом.

Применение. Установите соответствие между энергетическим обменом и его этапами.

Процессы обмена веществ	Этапы энергетического обмена
А) расщепление пировиноградной кислоты на углекислый газ и воду	
Б) расщепление глюкозы до пировиноградной кислоты	
В) Синтез 2-х молекул АТФ	
Г) Синтез 36 молекул АТФ	
Д) происходит с участием рибосомы	
Е) происходит в митохондриях	

Анализ. Проанализируйте процессы, происходящие при дыхании клетки, изображенные на рисунке.



Синтез. Какие продукты получают в результате спиртового брожения?
Оценка. Объясните значение аэробного дыхания в эволюции.

2.9. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ, СВЯЗАННЫХ С ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ОБМЕНОМ В КЛЕТКАХ

Цель: научиться решать задачи, связанные с энергетическим обменом, этапами энергетического обмена, подготовительным этапом, образованием энергии при гликолизе и аэробным распадом.

Энергия, необходимая для процессов в клетке, накапливается в виде различных аккумулирующих веществ. Одним из таких веществ является **АТФ** (аденозинтрифосфат) *(рис. 2.25)*.

Молекула АТФ считается универсальным источником энергии в клетках живых организмов. В то же время, когда в клетках протекают энергозатратные процессы, клетка может синтезировать АТФ из молекулы АДФ. Потребность клетки в энергии всегда возникает при гидролизе молекулы АТФ, то есть при отделении АДФ и фосфорной кислоты (или АМФ и пирофосфата) от АТФ. Энергия, выделяющаяся при этом, расходуется на все процессы жизнедеятельности клетки, например, на активную транспортировку ионов натрия, калия и кальция через мембраны и на все процессы синтеза.

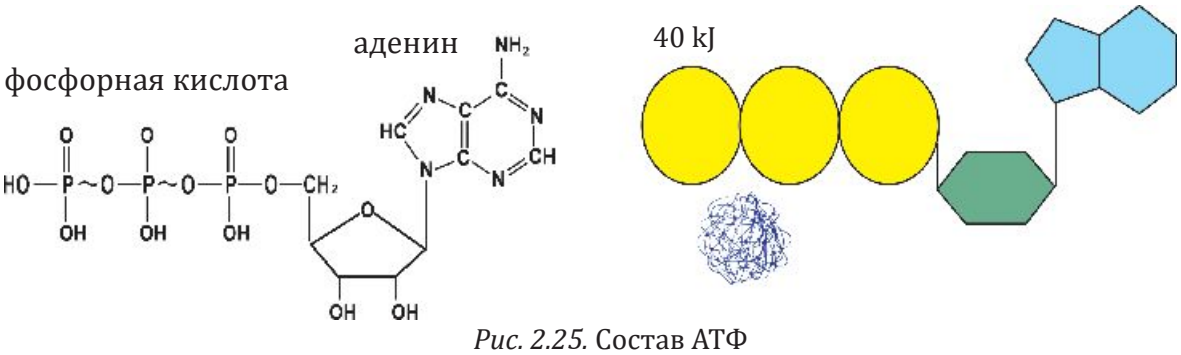


Рис. 2.25. Состав АТФ

2.9. Практическое занятие. Решение задач, связанных с энергетическим обменом в клетках

Подготовительный этап	Бескислородный этап	Кислородный этап
	200 кДж	2600 кДж
Выделяемая энергия полностью рассеивается в виде тепла.	80 кДж - 2АТФ (40 %) 120 кДж (60)%) рассеиваются в виде тепла.	1 440 кДж - 36АТФ (55,4 %) 1 160 кДж (44,6 %) рассеиваются в виде тепла.

Задача 1. Определите количество расщеплённой молочной кислоты и накопленной энергии (кДЖ) в АТФ на аэробном этапе, если в процессе гликолиза 720 кДж энергии рассеялось в виде тепла.

На стадии брожения, т. е. гликолиза, от распада 1 молекулы глюкозы выделяется 2 молекулы молочной кислоты и 120 кДж энергии в виде тепла.

1 молекула $C_6H_{12}O_6$ – 2 молекулы $C_3H_6O_3$ – 120 кДж тепловая энергия

1 – 120 КДж

х – 720 КДж

х=6 молекул глюкозы.

Итак, из 1 молекулы $C_6H_{12}O_6$ образуются 2 молекулы $C_3H_6O_3$, а из 6 молекул $C_6H_{12}O_6$ образуются **12 молекул** $C_3H_6O_3$.

При расщеплении 2 молекулы молочной кислоты в аэробном этапе 1 440 кдж энергии накапливаются в АТФ.

2 молекулы $C_3H_6O_3$ – 1 440 кДж

12 молекул – х

х = 1 440 · 12/ 2 = 8 640 кДж

Ответ: расщеплено 12 молекул молочной кислоты и накоплено 8 640 кДж энергии в АТФ.

Задача 2. При полном расщеплении глюкозы выделяется 7 680 кДж тепловой энергии. Какое количество энергии накапливается в АТФ, если такое количество глюкозы подвергается не полному расщеплению? **Ответ: 480.**

Задача 3. Неизвестное количество глюкозы подверглось полному и неполному расщеплению. В итоге образовались 252 молекулы АТФ. Количество полностью расщеплённых молекул глюкозы в 0,5 раза больше количества глюкозы, подвергшейся неполному расщеплению. Определите количество АТФ, образовавшееся из глюкозы, подвергшейся полному окислению. **Ответ: 228.**

Задача 4. При полном расщеплении глюкозы выделяется 6 400 кДж тепловой энергии. Какое количество энергии (кДж) накапливается в АТФ при гликолизе? **Ответ: 400 кДж.**

Задача 5. В процессе энергетического обмена было синтезировано 152 молекулы АТФ. Сколько процентов из них синтезируется в митохондриях? **Ответ: 94,7.**

Задача 6. Неизвестное количество глюкозы подверглось полному и неполному расщеплению. В итоге образовались 252 молекулы АТФ. Количество полностью расщеплённых молекул глюкозы в 0,5 раза больше количества глюкозы, подвергшейся неполному расщеплению. Определите количество полностью расщеплённой глюкозы. **Ответ: 228.**

Обсудите и сделайте выводы. Обмен энергией во всех организмах происходит в три этапа? Соотнесите функции углеводов, белков и жиров в энергетическом обмене. Как внешняя среда влияет на метаболизм и энергетический обмен?

2.10. РЕАЛИЗАЦИЯ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ В КЛЕТКЕ

Проверка базовых знаний. Каким образом клетка регулирует свою деятельность как самоуправляемая система? Каково значение репликации ДНК для клетки?

Генетический код
Нуклеотид
Редупликация
Транскрипция
Трансляция
Матрица

Живые организмы обладают способностью воспроизводиться, то есть создавать себе подобных, и эта характеристика связана с передачей генетической информации из поколения в поколение. Этот процесс на молекулярном уровне основан на биосинтезе ДНК путём репликации, обеспечивающей точное копирование генетической информации. На клеточном уровне это свойство реализуется путём деления митохондрий и хлоропластов в процессах митоза и мейоза.

Клетка, являясь генетической единицей, передающей наследственную информацию последующим поколениям, обеспечивает непрерывность появления новых поколений.

Основным веществом, передающим генную информацию, является ДНК, но этот процесс происходит только в живых клетках.

Основным условием жизни организмов является способность клеток синтезировать белковые молекулы. Белки выполняют в организме множество разнообразных функций, поэтому в клетке синтезируются тысячи различных белков.

Каждый вид имеет уникальный набор белков, отличающийся от других видов. Белки, выполняющие одну и ту же функцию в разных организмах, также различаются по количеству и последовательности аминокислот. Белки, выполняющие важные жизненные функции, сходны во всех организмах.

Нуклеотиды									
1	2								3
	У		Ц		А		Г		
У	УУУ	фенилаланин	УЦУ	серин	УАУ	тирозин	УГУ	цистеин	У
	УУЦ		УЦЦ		УАЦ		УГЦ		Ц
	УУА	лейцин	УЦА		УАА	стоп-кодоны	УГА	стоп-кодон	А
	УУГ		УЦГ		УАГ		УГГ	триптофан	Г
Ц	ЦУУ	лейцин	ЦЦУ	пролин	ЦАУ	гистидин	ЦГУ	аргинин	У
	ЦУЦ		ЦЦЦ		ЦАЦ		ЦГЦ		Ц
	ЦУА		ЦЦА		ЦАА	глютамин	ЦГА		А
	ЦУГ		ЦЦГ		ЦАГ		ЦГГ		Г
А	АУУ	изолейцин	АЦУ	треонин	ААУ	аспарагин	АГУ	серин	У
	АУЦ		АЦЦ		ААЦ		АГЦ		Ц
	АУА		АЦА		ААА	лизин	АГА	аргинин	А
	АУГ	метионин	АЦГ		ААГ		АГГ		Г
Г	ГУУ	валин	ГЦУ	аланин	ГАУ	аспарагиновая кислота	ГГУ	глицин	У
	ГУЦ		ГЦЦ		ГАЦ		ГГЦ		Ц
	ГУА		ГЦА		ГАА	глютаминовая кислота	ГГА		А
	ГУГ		ГЦГ		ГАГ		ГГГ		Г

Рис. 2.26. Генетический код

Белки пищи перевариваются (расщепляются до аминокислот) в органах пищеварительной системы. Аминокислоты поступают через стенки кишечника в кровь и транспортируются в клетки, где из них синтезируются белки, характерные для данного организма. Каждая клетка синтезирует белок в соответствии с генетической информацией. Срок жизнедеятельности белков ограничен, и через некоторое время они распадаются. Вместо них беспрерывно появляются новые.

Свойства белков в первую очередь определяются их первичной структурой, т. е. последовательностью аминокислот. Первичная структура белков определяется последовательностью нуклеотидов в ДНК. Информация о строении и процессах жизнедеятельности каждой отдельной клетки, даже многоклеточного организма, заключена в последовательности нуклеотидов ДНК. Эта информация называется *наследственной* или *генетической информацией*.

Генетический код. Генетическая информация о первичной структуре белков располагается одна за другой в виде последовательностей нуклеотидов в цепи ДНК. Часть молекулы ДНК, последовательность нуклеотидов в которой определяет последовательность аминокислот в данном белке, называют **геном**. Набор сочетаний каждой аминокислоты, входящей в состав белков, с помощью трёх нуклеотидов (триплетов, кодонов), расположенных последовательно в нуклеиновых кислотах, называется **генетическим кодом**. Четыре разных нуклеотида РНК могут образовывать 64 комбинации, 4^3=64 кода. Установлено, что большинство основных аминокислот кодируются 1, 2, 3, 4, 6 триплетами. Расшифровка генетического кода осуществлена американскими биохимиками – М. Нидербергом и С. Очоа в 1962 году *(рис. 2.26)*.

Особенности генетического кода:

1. Каждую аминокислоту кодирует триплет нуклеотидов.
2. Каждый триплет кодирует лишь одну аминокислоту.
3. Одна аминокислота может кодироваться несколькими триплетами.
4. Генетический код универсален, то есть един для всех организмов.
5. Из 64 комбинаций триплетов генетического кода 61 кодируют аминокислоты. Эти триплеты называются значимыми. УГА, УАА, УАГ не кодируют аминокислоты. Это кодоны-терминаторы, сигнализирующие об окончании полипептидной цепи.

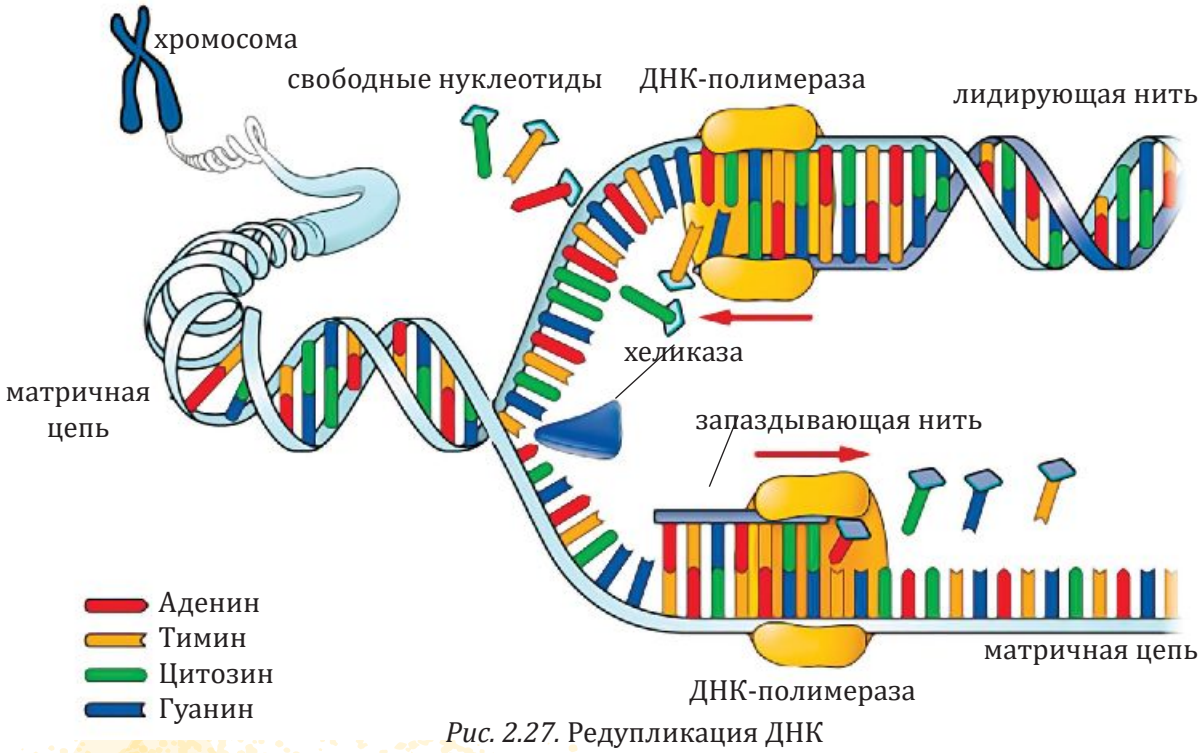


Рис. 2.27. Редупликация ДНК

Реакции матричного синтеза. Генетическая информация ДНК определяется последовательностью соединения молекул нуклеотидов. Синтез биополимеров на основе генной информации называется реакцией матричного синтеза. Сюда входят синтез ДНК – редупликация, синтез РНК – транскрипция, синтез белков – трансляция. В основе реакции матричного синтеза лежит принцип комплементарности.

Редупликация ДНК. Биосинтез ДНК основан на способности молекул ДНК к самоудвоению, вследствие чего дочерние молекулы становятся точной копией материнской. Этот процесс называется редупликацией. Две цепочки ДНК разделяются с помощью специальных ферментов. Каждая цепь становится матрицей, на которой собираются нуклеотиды по принципу комплементарности. Этот синтез происходит с участием фермента ДНК полимеразы за счёт энергии АТФ. Процесс происходит в интерфазе жизнедеятельности клетки *(рис. 2.27)*.

Реализация генетического кода в клетках. Реализация генетической информации в клетке происходит в два этапа: сначала информация о структуре белка переносится с ДНК на мРНК (транскрипция), затем в рибосомах осуществляется конечный продукт – синтез белка (трансляция).

Транскрипция (синтез РНК). В этом процессе ДНК является матрицей. Информация о структуре белка хранится в ДНК. Синтез белка происходит в цитоплазме, на рибосомах. Информация о структуре белка переносится из ядра в цитоплазму с помощью мРНК. Записывается часть двойной цепи ДНК и синтезируется мРНК с помощью фермента РНК-полимеразы на основе комплементарности (А-У, Г-Ц) в одной из цепей. Только одна нить ДНК имеет смысл, вторая цепь ДНК действует как матрица. мРНК синтезируется из этой матричной цепи. Синтезированная мРНК комплементарна транскрибируемой цепи ДНК, то есть последовательность нуклеотидов в мРНК строго определяется последовательностью нуклеотидов в ДНК. Например, если часть транскрибируемой цепи ДНК имеет последовательность нуклеотидов А-Ц-Г-Т-Г-А, то соответствующая часть молекулы мРНК имеет вид У-Г-Ц-А-Ц-У. Таким образом, в результате транскрипции происходит перенос генетической информации с ДНК на мРНК.

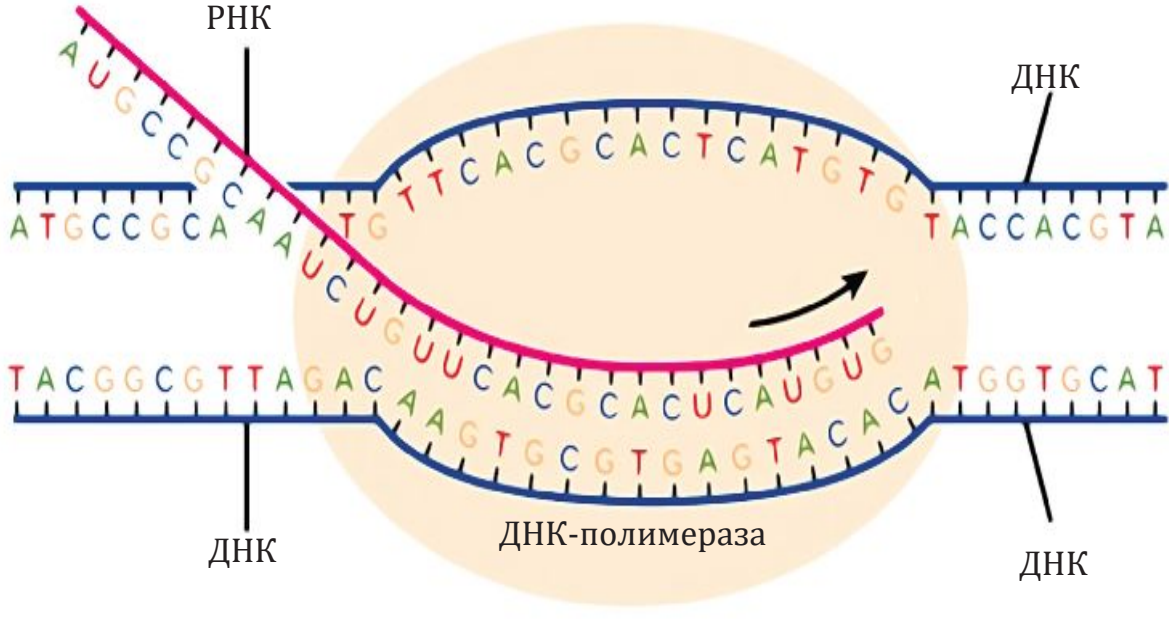


Рис. 2.28. Транскрипция

Транскрипция может происходить одновременно в нескольких генах на одной хромосоме и в генах, расположенных на разных хромосомах. Перенос информации о последовательности аминокислот с ДНК на мРНК называется **транскрипцией** *(рис. 2.29).*

Молекулы РНК, синтезированные у прокариотов, могут непосредственно взаимодействовать с рибосомами и участвовать в синтезе белка. У эукариотов мРНК синтезируется в ядре и с помощью специальных белков проходит через поры ядра в цитоплазму. Ещё два вида РНК – тРНК и рРНК – также синтезируются в специальных генах.

Трансляция (синтез белков). Трансляция – это процесс перевода генетической информации с «языка» мРНК на «язык» аминокислот. В этом процессе матрицей является мРНК. В процессе трансляции в рибосомах формируется первичная структура белка на основе информации, содержащейся в РНК. Рибосомы прикрепляются к участку мРНК, где начинается синтез белка. На этом конце мРНК находится триплет АУГ, начинающий трансляцию, который называется «стартовым кодоном». Антикодоны тРНК комплементарны кодонам мРНК в рибосомах.

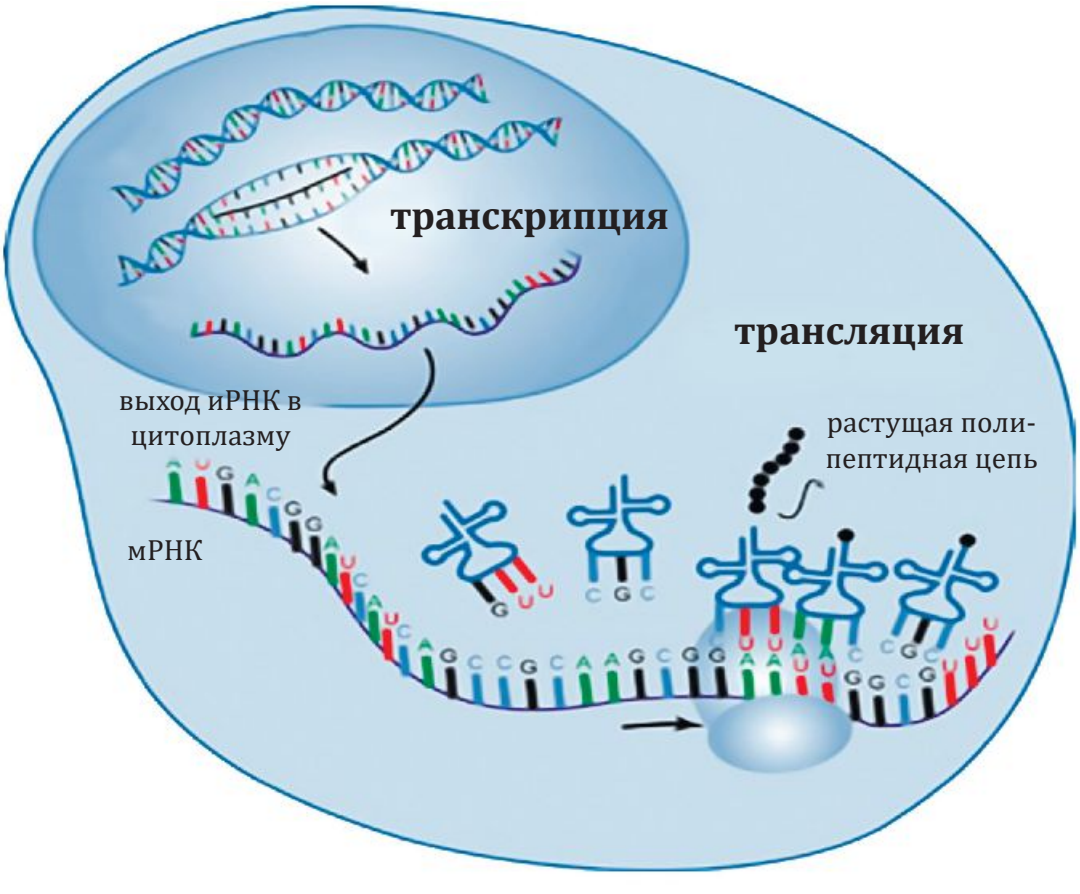
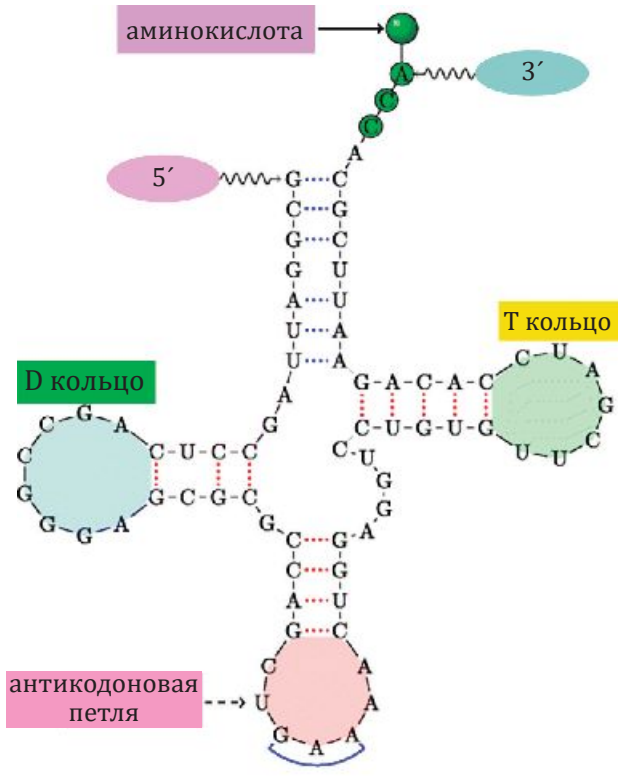


Рис. 2.29. Трансляция

Благодаря уникальному расположению комплементарных нуклеотидов молекула тРНК имеет форму, подобную листу клевера *(рис. 2.30).* Каждая тРНК имеет акцепторный участок, к которому присоединяется аминокислота, активируемая энергией АТФ. В противоположной части молекулы тРНК находится специфический триплет – антикодон, отвечающий за её присоединение к соответствующему триплету мРНК (кодону) по принципу комплементарности.

Антикодон молекулы тРНК, связывающий аминокислоту, комплементарен кодону мРНК.

Таким же образом вторая тРНК соединяет активированную аминокислоту со следующим кодоном мРНК. Между двумя аминокислотами образуется пептидная связь, после чего первая тРНК отделяется от аминокислоты и покидает рибосому. После этого мРНК переходит к одному триплету, а следующая молекула тРНК, связанная с аминокислотой, входит в рибосому. В результате к дипептиду добавляется третья аминокислота, и мРНК перемещается ещё на один триплет. Таким образом, полипептидная цепь удлиняется.



A-U-G-C-C-A-C-A-G-C-U-U-A-G-U-G-A-A-U-U-U

Рис. 2.30. Комплементарность антикодона тРНК кодону мРНК

Процесс трансляции продолжается до тех пор, пока один из трёх стоп-кодонов не соединится с рибосомой, после чего синтез белка прекращается и рибосома расщепляется на две субъединицы.

Все вышеперечисленные процессы происходят очень быстро. На каждом этапе биосинтеза белка соответствующие ферменты катализируют и обеспечивают энергию за счет расщепления АТФ.

Поэтому такие процессы, как размножение организмов, регенерация и деление клеток, передача генетической информации, обеспечиваются посредством реакций матричного синтеза.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Что означает слово репликация и транскрипция?
2. Объясните механизм синтеза РНК из ДНК.
3. Какие свойства имеет генетический код?
4. Что такое матричный синтез?
5. Какие функции имеют рибосомы в синтезе белка?

Применение. Почему аминокислоты включаются в состав белка при трансляции не случайным образом, а только кодируются триплетами мРНК и со строгим соблюдением последовательности этих триплетов? Какие типы тРНК участвуют в синтезе белка?

Анализ. Определите последовательность нуклеотидов в мРНК и количество аминокислот в белке, синтезированном на основе молекулы ДНК, состоящей из нуклеотидной последовательности ГТЦАТГГАТАГТЦЦТААТ.

Синтез. Используя таблицу генетического кода, составьте схему использования генетической информации в процессе биосинтеза белка и отразите её в таблице ниже.

Первая цепь ДНК	АТГ	ТАТ	ГАА	ГАТ	ЦЦТ	ЦГТ	ГТТ	ЦЦА	ГГА
Вторая цепь ДНК									
иРНК (кодон)									
тРНК (антикодон)									
Аминокислоты									

Оценка

1. Если молекулярная масса белка составляет 36 000 г/моль, определите количество нуклеотидов в соответствующих мРНК и ДНК этого белка.

2. Определите количество нуклеотидов в синтезированной мРНК и количество аминокислот в белке, а также массу белка, исходя из фрагмента ДНК, состоящего из 450 пар нуклеотидов.

2.11. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА БИОСИНТЕЗА БЕЛКА

Цель: понять и отработать на практике процесс биосинтеза белка на основе моделирования.

Биосинтез белка состоит из процессов транскрипции и трансляции. В ядре РНК синтезируется из ДНК с помощью фермента РНК-полимеразы. Этот процесс называется **транскрипцией**. Синтезированная мРНК выходит в цитоплазму через поры ядра и соединяется с рибосомой. тРНК транспортирует аминокислоты, соответствующие последовательности нуклеотидов в мРНК. Этот процесс называется **трансляцией.**

Оборудование: картон, цветная бумага, ножницы, клей.

Правила безопасности:

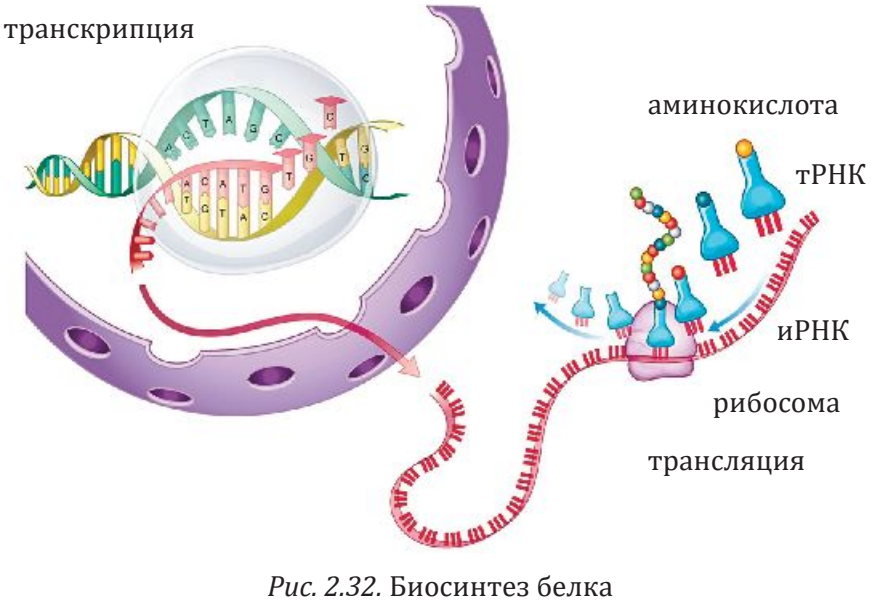
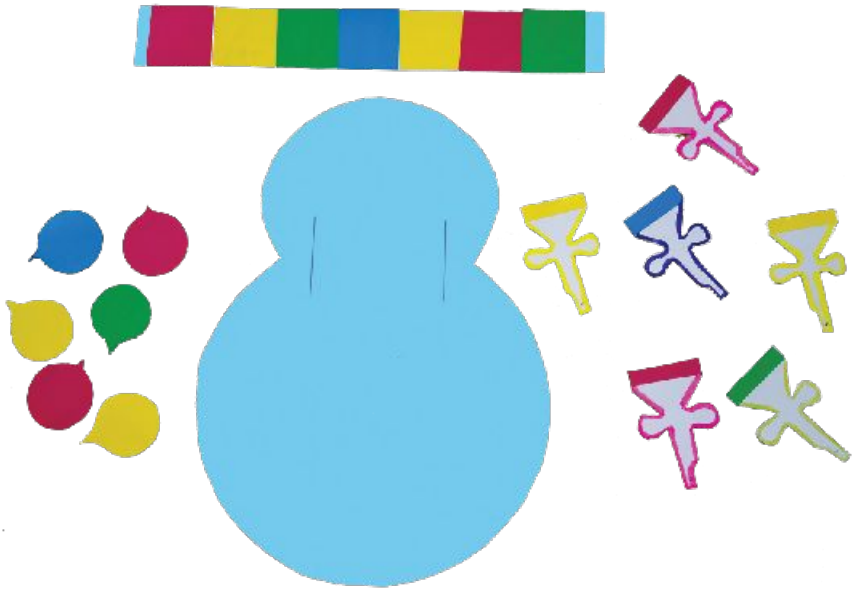


Рис. 2.32. Биосинтез белка





2.11. Практическое занятие. Моделирование процесса биосинтеза белка

Порядок выполнения работы:

1. Нарисуйте модель рибосомы из плотного картона и вырежьте её. Сделайте надрезы с обеих сторон.

2. Сделайте из плотной бумаги ленточку шириной немного уже надреза. Эта ленточка служит моделью мРНК. Вырежьте из цветной бумаги квадрат и приклейте его к модели иРНК. Каждый квадрат представляет один триплет (кодон). Рибосома покрывает два триплета мРНК.

3. Вырежьте модель тРНК из картона. Отрежьте тонкую полоску цветной бумаги и приклейте её к верхней части тРНК. Эти цвета представляют антикодон.

4. Вырежьте модель аминокислоты из цветной плотной бумаги.

5. Прикрепите тРНК и аминокислоту, проткнув нижнюю часть тРНК и аминокислоты ножницами.

6. Когда рибосома, тРНК и иРНК будут готовы, проведите биосинтез белка. Соедините цвета кодона, антикодона и аминокислоты соответственно.

7. Синяя бумага соответствует стартовому кодону АУГ в мРНК. В тРНК антикодон УАЦ несет аминокислоту метионин.

8. Процесс повторяется в этой последовательности. Последний кодон в мРНК – терминаторный кодон белого цвета, который указывает на конец синтеза в форме УАА, УАГ или УГА.

Обсудите и сделайте выводы.

1. Какой процесс биосинтеза белка происходит в ядре?

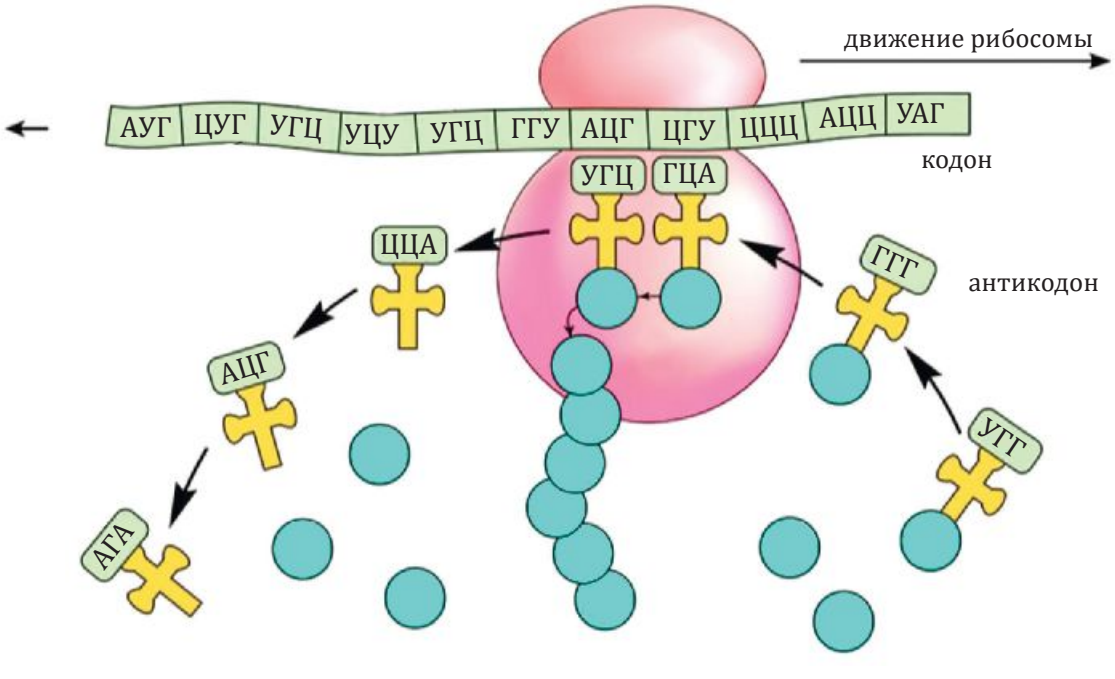
2. Каково строение рибосомы?

3. Где находятся кодон и антикодон и какова их функция?

4. Какой процесс изображён на рисунке?



5. Расскажите о последовательности трансляции.



2.12. РАЗМНОЖЕНИЕ ПРОКАРИОТИЧЕСКИХ И ЭУКАРИОТИЧЕСКИХ КЛЕТОК

Проверка базовых знаний. Как размножаются клетки?

Митоз
Интерфаза
Профаза
Метафаза
Анафаза
Телофаза
Цитокинез
Кариокинез

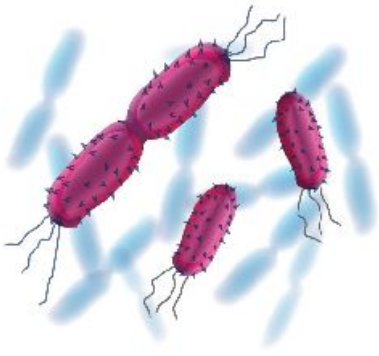


Рис. 2.33. Деление бактерий

Прокариотические и эукариотические клетки способны к делению. Бактерии размножаются делением клетки на две части. Их увеличение основано на геометрической прогрессии (2,4,8,16,32...). У бактерий сначала редуплицируется ДНК, а после завершения редупликации ДНК отделяются друг от друга. Клеточная мембрана втягивается, а цитоплазма делится на две части. В итоге образуются новые бактерии *(рис. 2.33).* При благоприятных условиях некоторые бактерии делятся каждые двадцать минут.

Эукариотические клетки делятся митозом и мейозом. Период деления клетки до следующего деления или гибели называется клеточным циклом. Клеточный цикл состоит из интерфазы и митоза. Интерфаза делится на три периода.

Пресинтетический период (G_1) – клетка усиленно растёт, синтезируются вещества (РНК, ферменты), учавствующие в периоде синтеза. В этот период число хромосом и ДНК находится в состоянии 2n2c соответственно (n – число хромосом, c – число ДНК. Число ДНК равно числу хроматид).



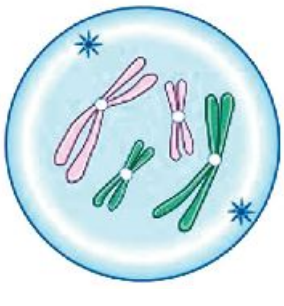
Рис. 2.24. Клеточный цикл

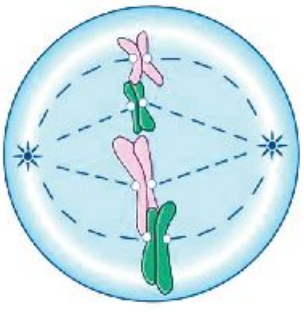
В период синтеза (S) наблюдается редупликация ДНК. Синтезируются гистоновые белки, входящие в состав хромосомы. Каждая хромосома имеет две хроматиды (2n4c). Центриоль удваивается.

Постсинтетический период (G_2) – митохондрии делятся надвое. Синтезируется тубулин, входящий в состав веретена деления (2n4c).

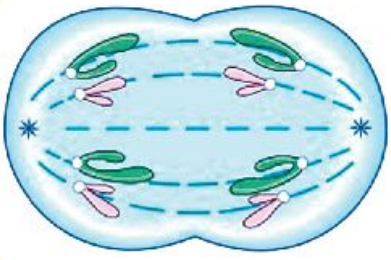
Митоз состоит из четырёх фаз:

1. Профаза. Хромосомы спирализуются, укорачиваются и утолщаются. В этот период хромосомы можно окрасить и рассмотреть под микроскопом. Хромосома состоит из двух хроматид, соединённых центромерой. В животных клетках центриоли расходятся к противоположным полюсам. Из центриоли образуется веретено деления. Ядрышки исчезают. Растворяется ядерная оболочка (2n4c).

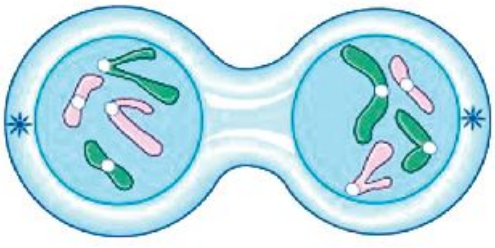




2. Метафаза. Хромосомы располагаются в экваториальной плоскости. Веретёна деления (ахроматиновые нити) прикрепляются к центромере хромосомы с двух сторон (2n4c).



Анафаза. Продолжается недолго. Центромеры разрываются. Из-за укорочения ахроматиновых нитей хроматиды перетягиваются к полюсам клетки, доходят до полюсов в виде хромосом (4n4c).



4. Телофаза. Хромосомы деспирализуются и превращаются в хроматин. Веретено деления распадается. Появляются ядро и ядерная оболочка (2n2c).

Деление ядра называется **кариокинезом**, а деление цитоплазмы – **цитокинезом.**

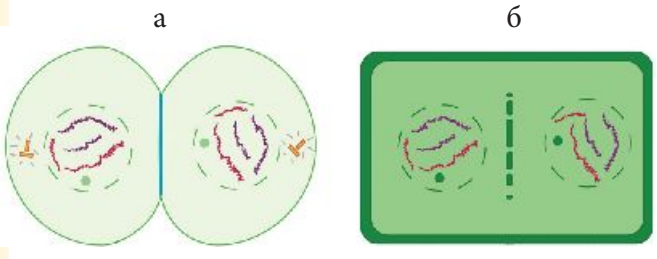


Рис. 2.25. Деление животной (а) и растительной (б) клетки

Цитокинез различается в растительных и животных клетках. В клетках животных образуются в экваториальной плоскости перетяжки, углубляются в сторону цитоплазмы и разделяют материнскую клетку на две дочерние клетки. В растительных клетках образуется внутриклеточная перегородка. Перегородка расширяется латерально и делит клетку на две части.

Значение митоза:

* при делении материнской клетки образуются две дочерние клетки;
* обеспечивает рост живых организмов;
* растения размножаются вегетативным путём;
* происходит регенерация.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Что такое клеточный цикл?
2. Из каких фаз состоит митоз?
3. На какой фазе митоза спирализуются хромосомы?
4. Как происходит регенерация у ящериц?
5. Каково значение митоза в росте растений?

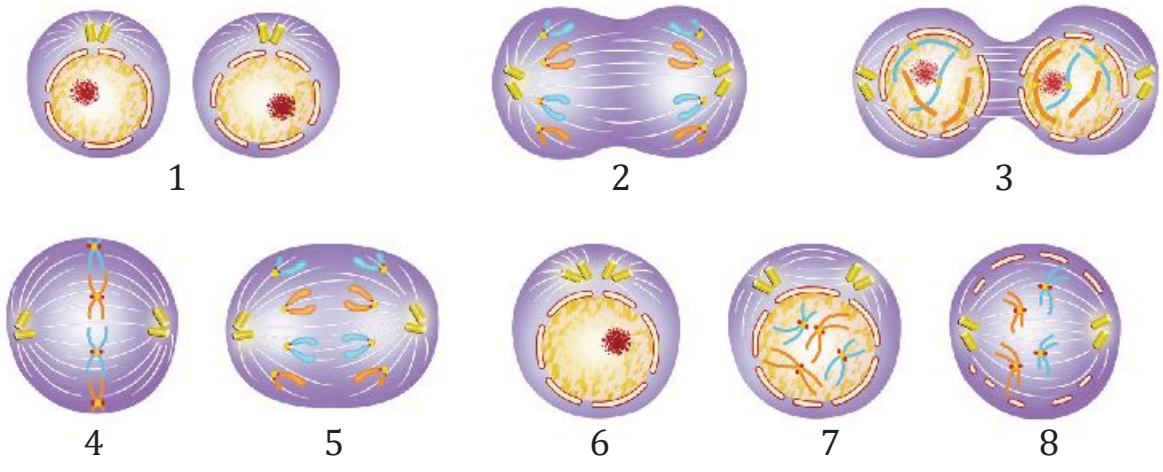
Применение. Сопоставьте количество ДНК и хромосом на стадиях клеточного цикла.

1. Метафаза	5. G_1 период	a) 2n2c
2. Телофаза	6. Анафаза	b) 2n4c
3. Период синтеза	7. G_2 период	c) 4n4c
4. Профаза	8. Интерфаза	

Синтез. Напишите ДНК и число хромосом живого организма с 38 диплоидными хромосомами.

а) профаза;
б) метафаза;
в) анафаза;
г) телофаза.

Оценка. Отметьте последовательность процесса митоза на рисунке.



2.13. МЕЙОЗ

Проверка базовых знаний. Каково биологическое значение мейоза?

Мейоз
Эквацион
Редукция
Интеркинез
Конъюгация
Кроссинговер

Мейоз – уменьшение в два раза числа хромосом в клетке. Как и митоз, мейоз начинается с интерфазы.

В интерфазе метаболические процессы, такие как синтез АТФ и белка, ускоряются. Количество ДНК увеличивается вдвое. В клетках животных увеличиваются центриоли. Мейоз протекает в две стадии: ***редукционное деление (мейоз I); эквационное деление (мейоз II).***

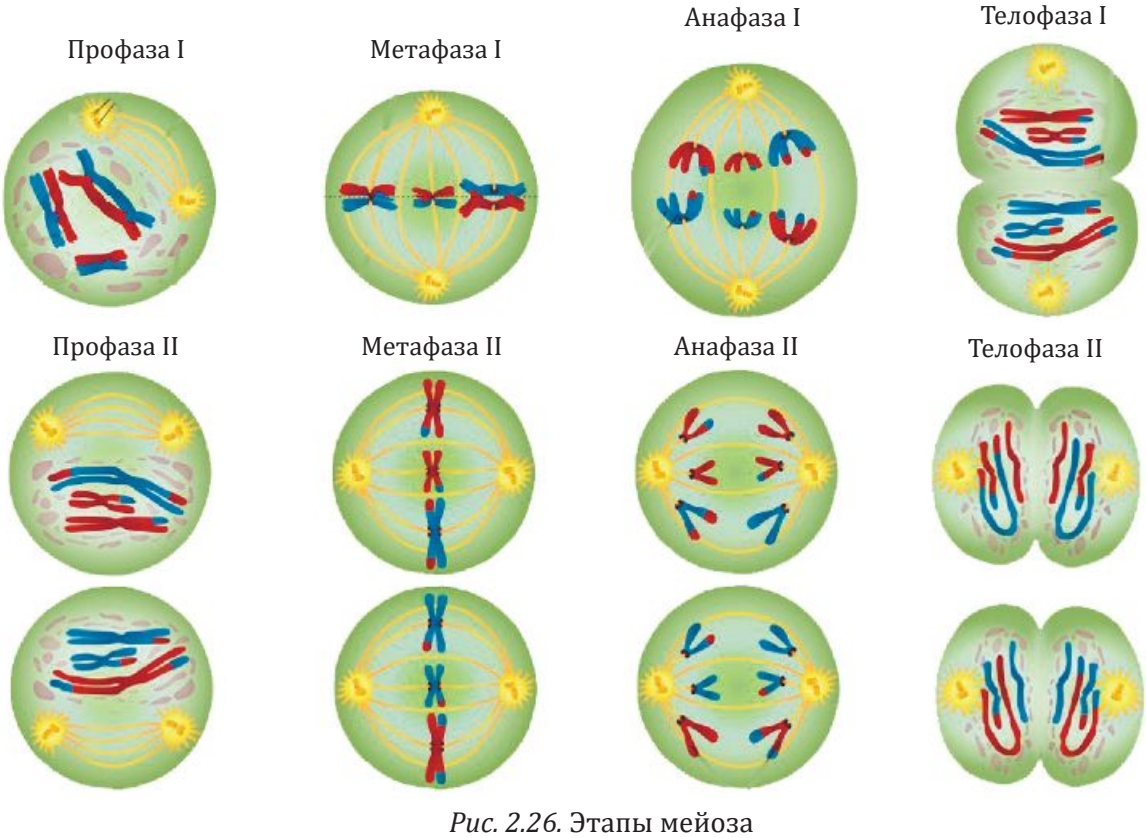


Рис. 2.26. Этапы мейоза

Профаза I. Самый длительный период. Хроматиды утолщаются и укорачиваются, образуя хромосомы, которые облегчают движение хромосом при делении. Каждая хромосома состоит из двух хроматид. Гомологичные хромосомы сходны по длине и расположению центромер. Гомологичные хромосомы попарно объединяются друг с другом, образуя тетраду, состоящие из четырёх хроматид. Сближение гомологичных хромосом называется **конъюгацией**, обмен участками называется **кроссинговером** *(рис. 2.37)*.

Тетрада гомологичных хромосом

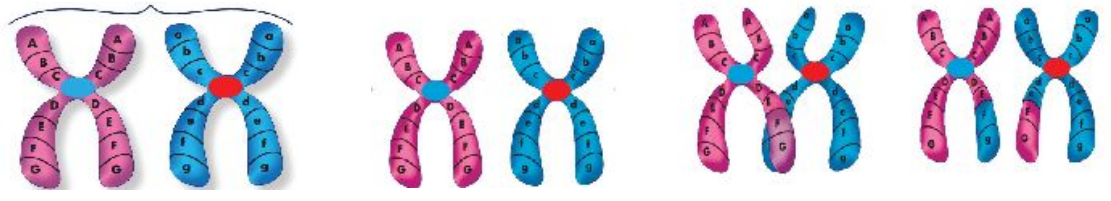
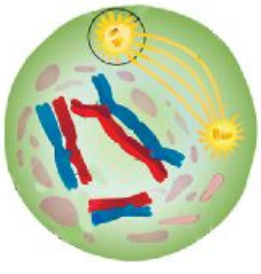


Рис. 2.27. Процесс конъюгации и кроссинговера

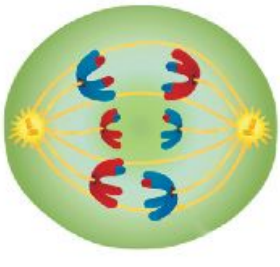
Благодаря кроссинговеру происходит обмен генами и обеспечивается комбинативная изменчивость.



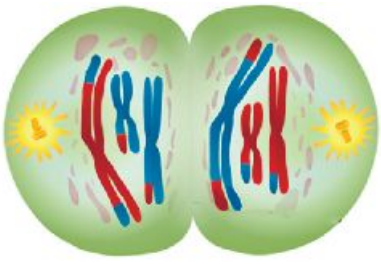
В профазе I распадается ядрышко и ядерная оболочка. В животной клетке центриоли раходятся к полюсам. Гомологичные хромосомы располагаются попарно и движутся к экваториальной плоскости (2n4c).



Метафаза I. Хромосомы в виде тетрады располагаются вдоль экватора вместе со своими центромерами. Ахроматиновые нити прикрепляются к центромере (2n4c).



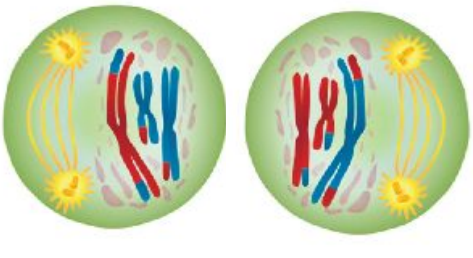
Анафаза I. Гомологичные хромосомы, не разделяясь на хроматиды, расходятся к противоположным полюсам клетки. Отцовские и материнские хромосомы в каждой паре распределены по полюсам в случайных сочетаниях (2n4c).

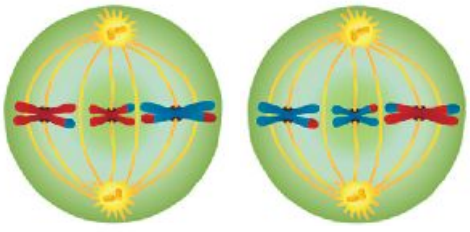


Телофаза I. На этом этапе хроматин деспирализуется, образуется ядерная оболочка. Образуются две дочерние клетки с гаплоидным набором хромосом (1n2c).

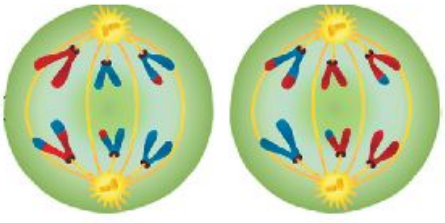
Стадия между первым и вторым делениями мейоза называется ***интеркинез***. В отличие от интерфазы, молекулы ДНК в этот период не удваиваются.

Профаза II не отличается от профазы митоза. Спирализуются хромосомы. Исчезает ядерная оболочка и ядрышко. Центриоли расходятся к полюсам и образуют веретено деления (1n2c).

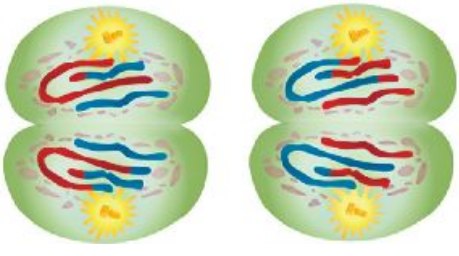




Метафаза II. Хромосомы с двумя хроматидами располагаются по экватору. Ахроматиновые нити прикрепляются к центромере (1n2c).



Анафаза II. Укорачиваются ахроматиновые нити и тянут хромосомы от центромеры к разным полюсам. Разрываются центромеры, и каждая хроматида становится самостоятельной хромосомой (2n2c).



Телофаза II. Хромосомы, достигшие полюсов, деспирилизуются, образуются ядерная оболочка и ядрышко, происходит цитокинез. В результате образуются четыре новые клетки, отличающиеся от родительской клетки (1n1c).

Биологическое значение мейоза:

- из одной диплоидной клетки образуются четыре гаплоидные клетки;
- увеличивается разнообразие организмов;
- формируются организмы, приспособленные к внешней среде.

Митоз	Мейоз
Основное явление бесполого размножения.	Основное явление полового размножения.
Обеспечивает рост и размножение эукариотических организмов.	Большое значение имеет при образовании половых клеток многоклеточных организмов и спор некоторых живых организмов.
Полученные клетки генетически идентичны родительской клетке (за исключением мутаций).	Клетки, образующиеся в результате деления, отличаются друг от друга и от материнской клетки.
Клетки, образующиеся в многоклеточных организмах, отвечают за рост, развитие и обеспечивают регенерацию тканей организма.	Полученные клетки обеспечивают половое размножение.
Ядро и цитоплазма делятся один раз.	Ядро и цитоплазма делятся дважды (мейоз I и мейоз II).
Образовавшиеся клетки могут снова делиться.	Образовавшиеся клетки не подвергаются дальнейшему мейозу.

В результате мейоза число хромосом в два раза уменьшается. Мейоз состоит из редукционного и эквационного деления. В результате мейоза расширяется генетическая изменчивость.

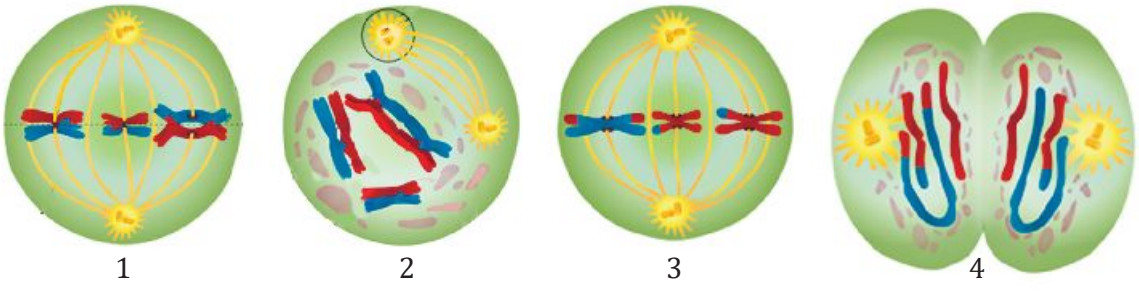
Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Из какого количества стадий состоит интерфаза?
2. Почему профаза I длится так долго?
3. Что такое тетрада?
4. Что такое центриоли и центромеры?

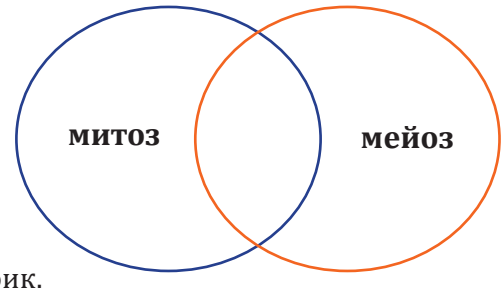
Применение. Проанализируйте рисунок. Какой процесс на нём изображён?

Анализ. В таблице отметьте ответы, соответствующие редукционному (а) и экваториальному (б) делению.

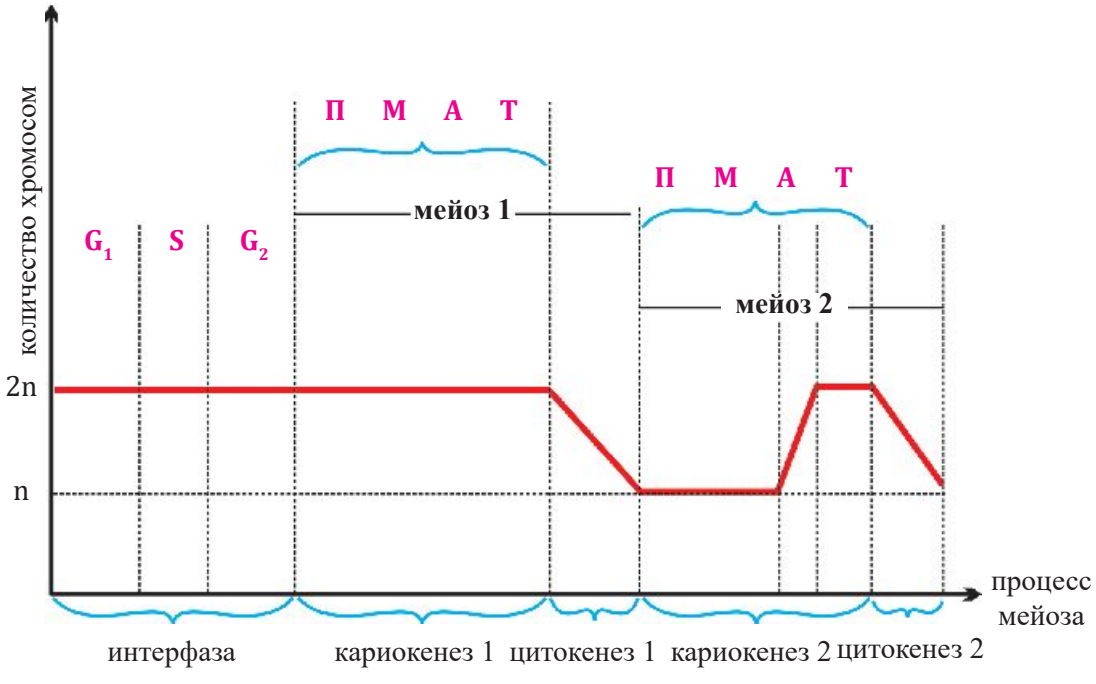


1.	Образуются тетрады.	5.	Гомологичные хромосомы располагаются по экватору.
2.	Образуется диплоидная клетка.	6.	Растворяется ядерная оболочка.
3.	Происходит кроссинговер.	7.	Образуются четыре гаплоидные клетки.
4.	Хроматида превращается в хромосому.	8.	Хромосомы расходятся к полюсам.

Синтез. Сравните процесс митоза и мейоза.



Оценка. Проанализируйте приведённый график.



2.14. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА МИТОЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОПРЕПАРАТОВ

Цель: изучить процесс митоза в корнях лука путём приготовления временного препарата.

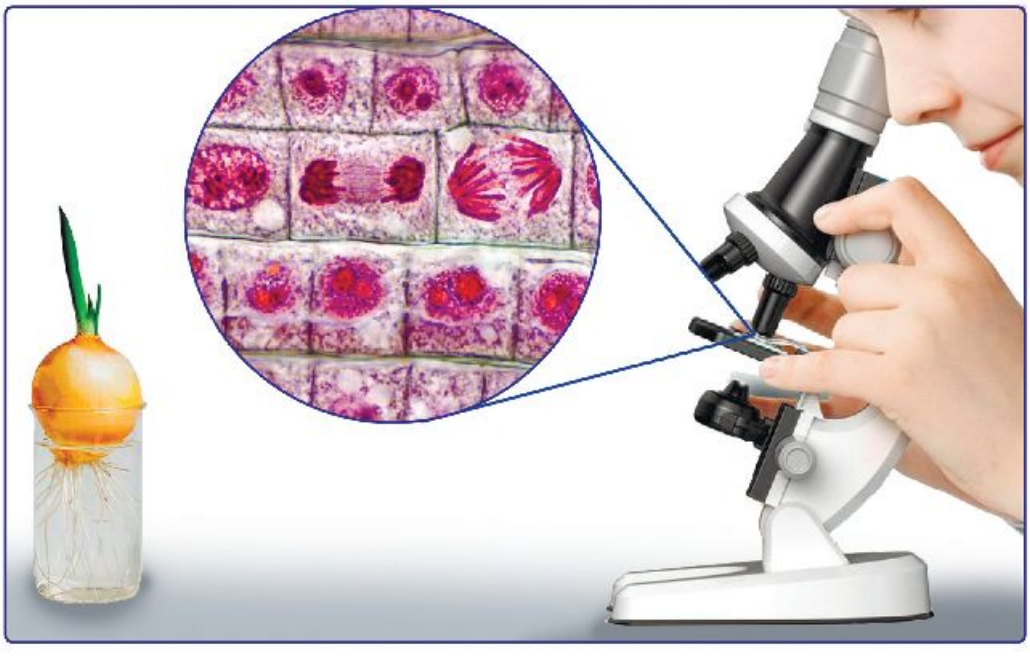
Рост растений обеспечивается митозом. Митоз можно наблюдать в корне лука.

Правила безопасности:

Оборудование: приготовленный краситель ацетокармин, луковица, пинцет, ланцет, покровное и предметное стёкла, спиртовка, смесь ацетона и спирта, химический стакан, чашка Петри, лупа, фильтровальная бумага, зажим, лупа, микроскоп.

Порядок выполнения работы:

1. Удалите лишнюю шелуху и корень лука.
2. Поместите луковицу в воду в стакане.
3. Дайте луковице укорениться в течение нескольких дней.
4. Приготовьте ацетоно-спиртовой раствор в соотношении 1:3.



5. Отрежьте от новообразованных кончиков корней кусочки по 1 cm.
6. Поместите срезанные кончики корней в ацетоно-спиртовой раствор в чашке Петри на 10 минут.
7. Поместите кончики корней на часовое стекло и добавьте достаточное количество ацетокармина, чтобы покрыть их.
8. Удерживая стекло часов зажимами, нагрейте его в спиртовке, не касаясь пламени.
9. Отрежьте от обработанных концов корней кусочки толщиной 1-2 mm и положите их на предметное стекло с помощью пинцета.
10. Разрежьте несколько раз в одном направлении. Используйте лупу, чтобы чётко видеть кончики корней.
11. Капните каплю ацетокармина и воды на срезы корней на предметном стекле и закройте покровным стеклом. Уберите лишнюю жидкость с помощью бумажных салфеток.



12. Поместите приготовленный препарат в микроскоп и найдите изображение в маленьком объективе.

13. Рассмотрите изображение под большим объективом.

Обсудите и сделайте выводы.

1. Объясните последовательность этапов приготовления препарата из корня.

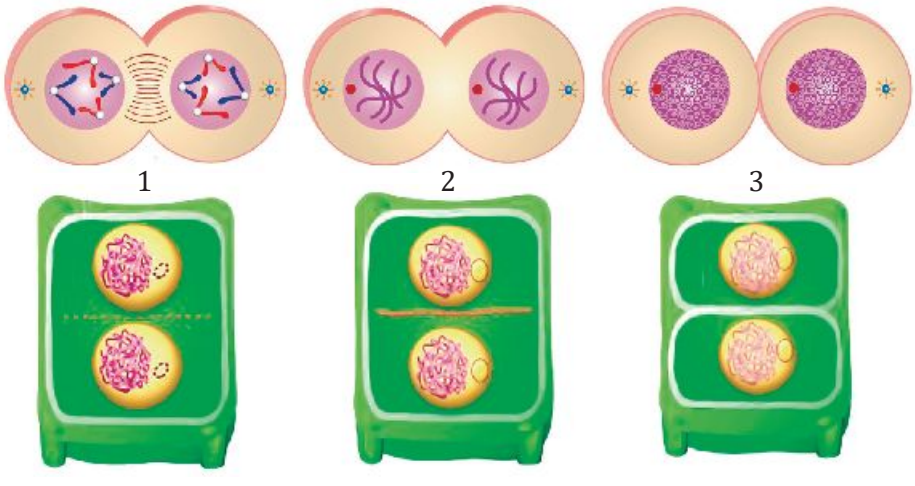
2. На какой стадии митоза хромосомы наиболее отчётливо видны под микроскопом?

3. Какое вещество обеспечивает чёткое изображение хромосом?

2.15. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗ МИТОЗА И МЕЙОЗА

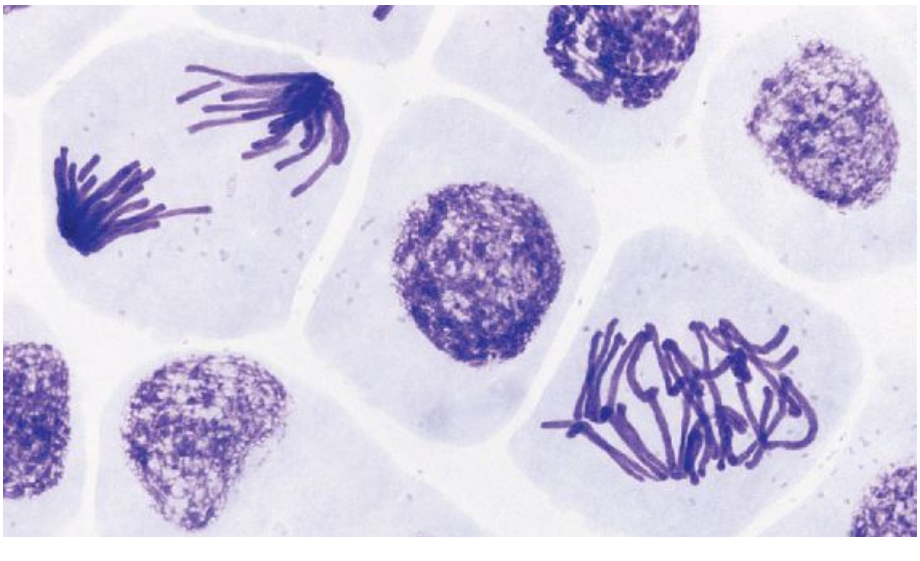
Цель: изучить и различать процесс митоза и мейоза.

1. Внимательно рассмотрите картинки и ответьте на вопросы:



- В какой клетке происходит деление?
- В какой клетке из центриолей образуются ахроматиновые нити?
- Отличается ли процесс цитокинеза у растений и животных?

2. К какому периоду митоза относятся процессы, представленные на рисунке?



3. Сопоставьте процессы в таблице с митотической стадией (поскольку вопрос может иметь несколько ответов, один ответ может быть использован для разных вопросов).

1. Синтез 3. Постсинтетический период. 5. Профаза 7. Профаза I
2. Метафаза 4. Анафаза 6. Телофаза

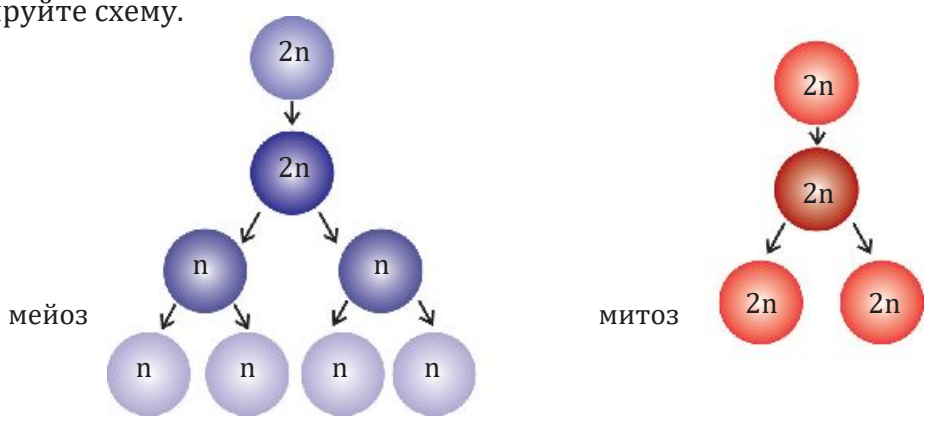
8. Какое из перечисленных в таблице событий не происходит в клетках растений?

9. Какое из перечисленных в таблице событий не происходит в клетках животных?

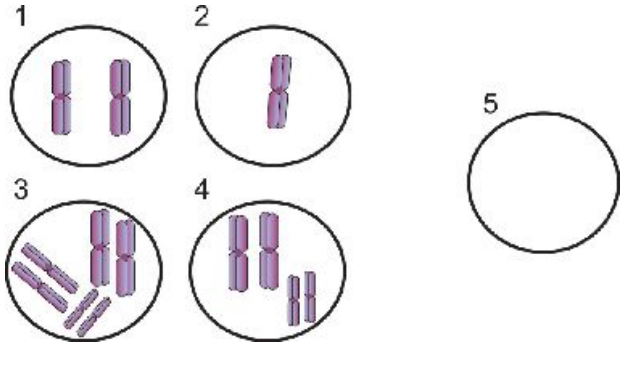
10. Расположите процессы, указанные в таблице, в соответствии с последовательностью возникновения в клетках растений и животных.

а) репликация ДНК	б) спирилизация хромосом	в) расположение хромосом по экватору
г) образование хроматиновых нитей	д) образование ядерной оболочки и ядрышка	е) 4n4c
ж) впячивание цитоплазмы	з) процесс кариокинеза	и) расхождение центриолей к полюсам
к) образование цитоплазматических перегородок	л) синтез белка тубулина	м) конъюгация гомологичных хромосом

4. Проанализируйте схему.



5. Сопоставьте ДНК и число хромосом в клетках с рисунком. Нарисуйте фигуру, соответствующую ДНК и номеру хромосомы, наложенную на пустой кружок.



а) 2n = 4
б) 2n = 6
в) n = 1
г) 2n = 2
д) n = 4

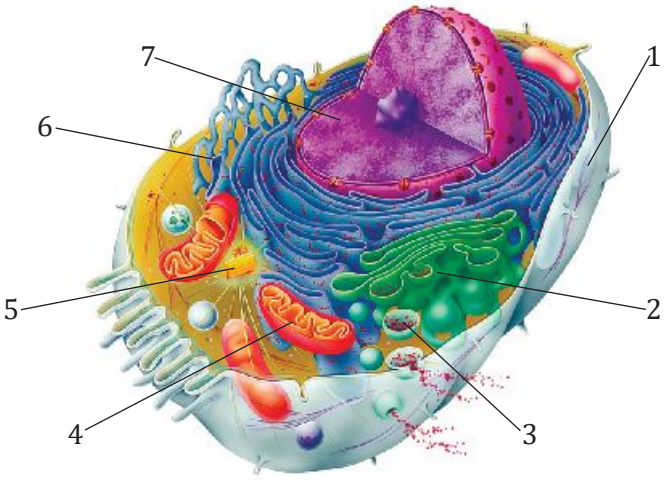
Обсудите и сделайте выводы:

1. Является ли митоз одним и тем же процессом в клетках растений и животных?
2. Как изменяется число ДНК и хромосом в ходе мейоза?
3. Каково значение митоза и мейоза?

ЗАДАНИЯ К ГЛАВЕ II

1. Соотнесите клеточные органоиды, представленные на рисунке, с их функциями.

а) хранит генетическую информацию;
б) синтезирует белок;
в) синтезирует липиды;
г) расщепляет липиды;
д) синтезирует АТФ;
е) образует веретёна деления;
ж) защищает от внешних факторов.



2. Заполните таблицу.

Организм	Соматическая клетка	Яйцеклетка	Сперматозоид
Человек			23
Муха дрозофила	8		
Сазан		52	
Таракан	48		

3. Сравните прокариотические и эукариотические клетки.



4. Найдите лишнее и обоснуйте ответ:
а) центриола, центромера, рибосома, лизосома;
б) хроматида, хромосома, хроматин, хлорофилл;
в) ядрышко, ядерная мембрана, кариоплазма, цитоплазма;
ш) хлоропласт, целлюлоза, вакуоль, центриоль;
д) митохондрия, лизосома, комплекс Гольджи, эндоплазматическая сеть;
е) профаза I, конъюгация, кроссинговер, метафаза;
ж) аэробный, анаэробный, фотолиз, митохондрия.

5. Создайте инфографику на тему «Энергетический обмен в клетке».

Подготовительный этап	– Под воздействием амилазы крахмал расщепляется до глюкозы; – энергия рассеивается в виде тепла;
Анаэробный этап	– при распаде глюкозы образуются 2 молекулы молочной кислоты (уксусной или спирта) и 2 молекулы H_2O; – синтезируются 2 молекулы АТФ; – 80 кДж из 200 кДж энергии запасается в АТФ, 120 кДж выделяется в виде тепла;
Аэробный этап	– При расщеплении 2 молекул молочной кислоты образуются 42 молекулы H_2O и 6 молекул CO_2 ; – синтезируются 36 молекул АТФ; – 1 440 кДж из 2 600 кДж энергии запасается в АТФ, 1 160 кДж выделяется в виде тепла.

6. Проанализируйте данные.

П\р	Данные	правильно/ неправильно
1.	Небольшие молекулы ДНК в цитоплазме бактерий называются плазмидами.	
2.	Хромопласты имеют зелёный пигмент.	
3.	Туберкулёз, холера и чума вызываются вирусами.	
4.	Первичная структура белков определяется последовательностью нуклеотидов в ДНК.	
5.	Синтез ДНК и РНК называется редупликацией.	
6.	В растительных и животных клетках цитокинез различается.	
7.	В телофазе и в профазе происходят противоположные процессы.	
8.	Мейоз II – это эквационное деление.	
9.	Период между первым и вторым делением мейоза называется интерфазой.	

7. Ответьте на вопросы.

1) Почему зелёный помидор краснеет даже после разрезания?
2) Какое значение имеет полупроницаемость мембраны?
3) Каким образом бактерии вызывают болезни?

8. Запишите в тетрадь термины с их описаниями.

Эукариот, прокариот, кокки, цитоскелет, мезосома, хромосома, плазмид, цитозоль, микрофибрилла, тубулин, полисома, криста, матрикс, хроматин, спирилла, бацилла.

ГЛАВА III
ЖИЗНЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ



3.1. Бесполое размножение организмов.
3.2. Гаметогенез.
3.3. Половое размножение организмов.
3.4. Бесполое и половое размножение в жизненном цикле растений и животных.
3.5. Практическое занятие. Моделирование бесполых и половых поколений растений (мхи, хвощи, папоротники, семенные растения).







3.1. БЕСПОЛОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ

Проверка базовых знаний. Внимательно рассмотрите картинку. Скажите, каким образом можно на одном растении вырастить два вида плодов?



Клон
Бинарное деление
Шизогония
Спора
Почкование
Микроклонирование
Фрагментация
Полиэмбриония

Размножение – это способность живых организмов воспроизводить себе подобных с помощью генетической информации. Благодаря самовоспроизведению обеспечивается длительное существование вида. Благодаря разнообразию комбинаций генетического материала появляются новые генетические признаки. Это способствует разнообразию внутри одного вида.

Существуют две формы воспроизведения живых организмов: бесполое и половое размножение.

При бесполом размножении новое поколение образуется из одной или нескольких соматических клеток материнского организма. В основе размножения лежит митоз. Во время интерфазы митоза генетический материал удваивается и распределяется поровну между дочерними клетками. Полученные клетки идентичны и являются точными генетическими копиями материнской клетки, то есть **клоны**. Следовательно, при всех формах бесполого размножения генотип потомства совпадает с генотипом родителей.

Под влиянием мутагенных факторов внешней среды может изменяться генетический материал клетки, могут развиваться раковые клетки. В таких клетках нарушается программа, регулирующая размножение. Из-за изменения структуры и функции ядра оно становится больше по сравнению с ядром здоровой клетки. Изменённое ядро отличается от ядра предраковой клетки размерами, формой, структурой и функциями. Эти изменения в раковых клетках нарушают строгие правила размножения, заставляя клетку расти быстро и неравномерно *(рис. 3.1)*

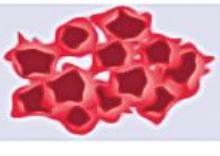
Нормальные клетки		Раковые клетки
	Раковые клетки крупнее нормальных и имеют разные формы клеточного ядра.	
	Раковые клетки делятся быстро и неравномерно.	
	Размер раковых клеток, форма их органоидов отличаются от размера и формы нормальных клеток	
	Клетки, изменившие форму и размеры, размножаются быстрее.	

Рис. 3.1. Нормальные и раковые клетки

Таблица 3. Сравнительная характеристика бесполого и полового размножения

Бесполое размножение	Половое размножение
Биологической основой бесполого размножения является деление клеток с неизменным набором хромосом.	Биологической основой полового размножения является образование гамет в результате деления клеток.
Материнский организм принимает участие в размножении.	Родительский организм принимает участие в размножении.
Гаметы не образуются.	Образуется гамета.
Новый организм развивается из соматической клетки или споры.	Новый организм развивается из зиготы, образовавшейся в результате слияния гамет.
Полученное потомство идентично родительскому организму (за исключением размножения спорами у растений).	Полученное потомство отличается от родительского организма.
Оно обеспечивает быстрое и крупное размножение особей.	Внутри вида осуществляется механизм, обеспечивающий разнообразие – комбинационная изменчивость.
Не происходит изменения генетической информации и увеличения разнообразия, что обеспечивает приспособление организма к новым условиям среды.	По сравнению со своими родителями новое поколение более жизнестойко и адаптируется к изменяющимся условиям окружающей среды.

Бесполое размножение одноклеточных организмов.

Простое бинарное деление наблюдается у прокариотов. Кольцевая ДНК прокариотической клетки редуплицируется, между клетками образуется перегородка, и клетка делится на две молодые клетки.



Рис. 3.2. Бинарное деление бактерий

Бинарное деление характерно для протоктистов, таких как амёба, эвглена и инфузория. В основе деления лежит митоз.

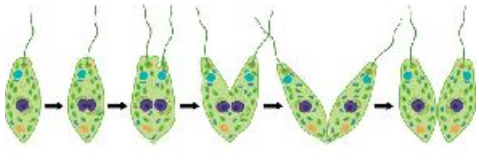


Рис. 3.3. Бинарное деление протоктистов

Шизогония – множественное деление, характерно для малярийного паразита. Ядро многократно делится митозом и образует молодые клетки.

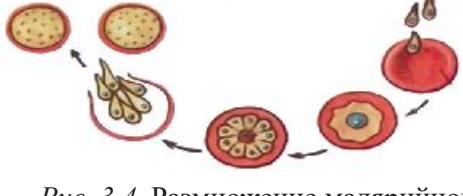


Рис. 3.4. Размножение малярийного паразита методом шизогонии

Хлорелла и хламидомонада размножаются **спорами.**

Споры – гаплоидные клетки, образующиеся в результате митоза и служащие для размножения.

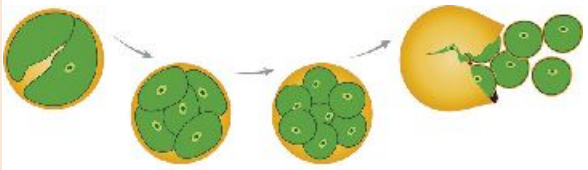


Рис. 3.5. Размножение хлореллы с образованием спор

Почкование наблюдается у дрожжей. В основе деления лежит митоз.

В материнской клетке появляется бугорок, содержащий ядро, он увеличивается в размерах и становится самостоятельным организмом.



Рис. 3.6. Почкование дрожжей

Это интересно. *В неблагоприятных условиях бактерии образуют спору, но эти споры не участвуют в размножении. Споры – неактивные клетки, устойчивые к неблагоприятным условиям и обладающие пониженным метаболизмом. Споры позволяют бактериям выживать в неблагоприятных условиях и распространяться на большие расстояния с помощью ветра или воды. В благоприятной среде споры распадаются, и бактериальная клетка начинает самостоятельно размножаться (рис. 3.1).*

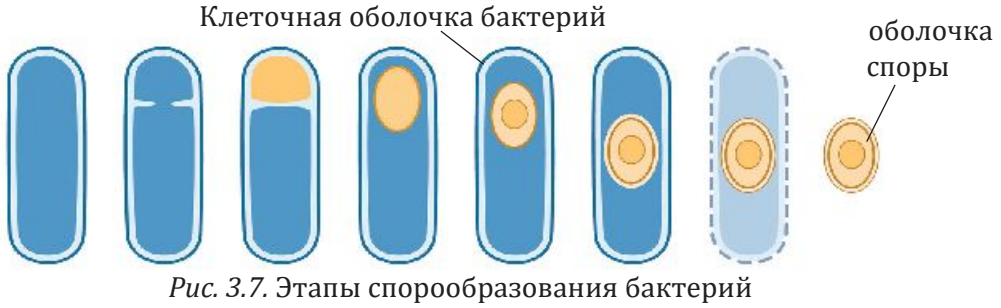


Рис. 3.7. Этапы спорообразования бактерий

У многоклеточных организмов наблюдаются следующие формы бесполого размножения:

- Вегетативное размножение
- спорообразование
- почкование
- фрагментация
- полиэмбриония

Растения **размножаются вегетативным** способом, с помощью вегетативных органов – корней, стеблей (об этом вы узнали в младших классах).

Микроклонирование – современный метод вегетативного размножения, при котором отбираются генетически идентичные, здоровые саженцы растения с полезными для человека признаками. Очищенную от микроорганизмов ткань проростков выращивают в лаборатории в специальной питательной среде в условиях *In vitro* (лат. «в пробирке», вне организма, технология проведения опытов в искусственных условиях).

Этот процесс состоит из нескольких этапов:



Рис. 3.8. Этапы метода микроклонирования

- выбирается безвирусное, здоровое растение-донор;
- стерилизованная ткань меристемы помещается в контейнер в специальную питательную среду;
- в питательной среде развивается растение, которое готовят в к размещению в теплице для адаптации к полевым условиям.

Для выращивания растений *In vitro* используют различные питательные среды в зависимости от вида растения. На сегодняшний день существует несколько видов искусственных питательных сред, которые используются в различных областях. *(рис. 3.8)*

Компоненты искусственной питательной среды, используемой для выращивания растительных клеток и тканей *In vitro*, можно разделить на несколько групп.

Макроэлементные консерванты: NH_4NO_3, KNO_3, $CaCl_2$, $MgSO_4$,

Микроэлементные консерванты: H_3BO_3, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $MnSO_4 \cdot 4H_2O$, KI, $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $FeNaEDTA$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.

FeNaEDTA представляет собой жёлто-коричневый кристаллический порошок, растворимый в воде. Этот вещество считается минеральным питательным веществом для растений, а в его состав входят такие компоненты, как Na, III-валентное Fe и ЭДТА – «этилендиаминтетрауксусная кислота».

Витамины и органические соединения: никотиновая кислота, пиридоксина HCl, тиамина HCl, мио-инозитол, глицин, агар-агар, сахароза и глюкоза.

Фитогормоны: ауксин, цитокинин, гиббериллин.

Все компоненты искусственной питательной среды важны, они играют определённую роль в росте и развитии эксплантов растений (клеток, выделенных из материнского организма).

Методом микроклонального размножения можно увеличить размер различных растений (крупных деревьев, особенно хвойных), можно размножать лекарственные растения. С помощью этого метода также можно спасти исчезающие виды растений.



Рис. 3.9. Микроклонирование в лабораторных условиях

В нашей стране в лабораториях Центра геномики и биоинформатики начато выращивание устойчивых к холоду, соли и засухе сортов хлопчатника, картофеля, хризантем, винограда *(рис. 3.9)*

Преимущества метода микроклонирования. Метод микроклонирования позволяет выделить почки из растения и вырастить за короткий промежуток времени тысячи и даже миллионы саженцев. Все полученные саженцы имеют полезные признаки, представляющие интерес для человека, то есть одинаковы с генетической точки зрения. Поскольку ткани выращиваются в особых стерильных условиях, выращенные саженцы полностью здоровы, свободны от вирусов, паразитирующих бактерий и грибов.

Другая форма бесполого размножения – **размножение спорами** – наблюдается у водорослей, грибов и споровых растений. Лёгкие споры позволяют растениям широко распространяться в природе.

В зависимости от вида грибов споры развиваются в разных частях. Например, у плесневого гриба при благоприятных условиях из его вегетативного тела вырастает неразветвлённое **плодовитое тело** (спорообразующее тело). На конце плодовитого тела образуется шаровидный **спорангий**. Созревший спорангий чёрного цвета раскрывается, а из спор, попадающих в благоприятную среду, развиваются новые **гифы** *(рис. 3.10)*.

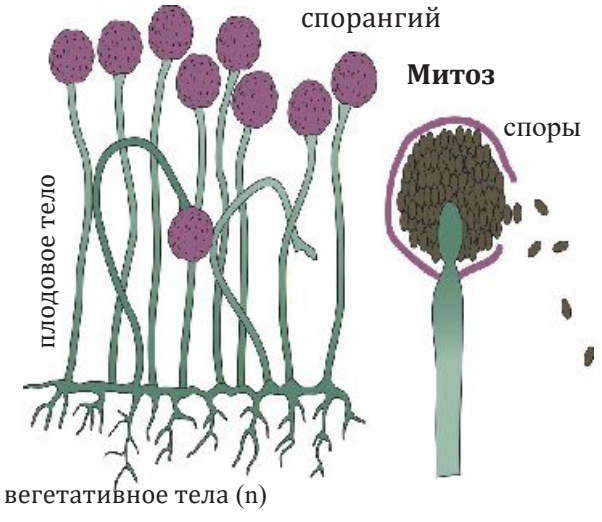


Рис. 3.10. Спорообразование мукора

У грибов бесполое размножение происходит также с делением вегетативного тела. Из каждого образовавшегося фрагмента развивается новый организм.

В жизненном цикле мхов, хвощей и папоротников наблюдается чередование бесполых и половых поколений. В бесполом поколении спорофит образует споры. Созревшие споры осыпаются и разносятся ветром или водой. Из них развивается гаметофит *(рис. 3.11)*.



Рис. 3.11. Спорообразование мха

Бесполое размножение животных осуществляется следующими способами.

Размножение почкованием наблюдается у губок и у кишечнополостных.

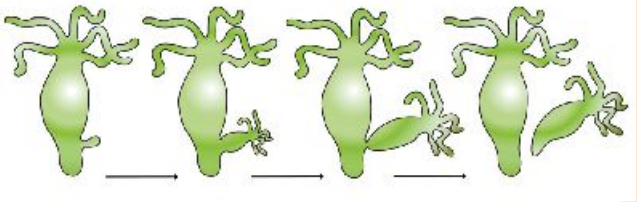


Рис. 3.12. Почкование гидры

Фрагментация – это способ размножения, основанный на процессе регенерации, при котором особь делится на несколько частей. Встречается у губок, кишечнополостных, плоских червей и иглокожих.

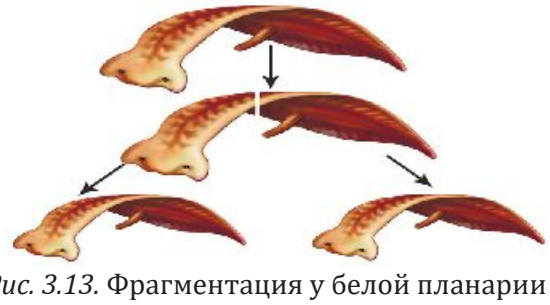


Рис. 3.13. Фрагментация у белой планарии

У броненосцев зародыш, развивающийся из зиготы, на первой стадии раз-

вития делится на несколько фрагментов, и из каждого фрагмента развивается новый организм. Это явление называется **полиэмбриония** *(рис. 3.14)* У человека близнецы, развившиеся из одной яйцеклетки, являются ярким примером этого.



Рис. 3.14. Полиэбриония у панцирных

Значение бесполого размножения заключается в обеспечении быстрого и многочисленного размножения особей при благоприятных условиях. Но при бесполом размножении изменения генетического материала, разнообразия организма не наблюдается. Именно поэтому большинство организмов размножаются не только бесполым, но и половым путем.

Поэтому в зависимости от вида клетки, лежащей в основе размножения, различают бесполое и половое размножение. Все способы бесполого размножения организмов основаны на митозе. Поколение, созданное в результате бесполого размножения, считается клоном родительского организма.

Под влиянием мутагенных факторов изменяется наследственность клеток и быстро развиваются раковые клетки; микроклонирование – современный метод вегетативного размножения, который важен для получения быстрых результатов за короткий промежуток времени; бесполое размножение обеспечивает быстрое и большое количество потомства в эволюции организмов.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. На каком способе деления клеток основано бесполое размножение?
2. Какие типы бесполого размножения встречаются у одноклеточных?
3. Каковы особенности бесполого размножения?
4. В чём суть метода микроклонирования?

Применение. Соотнесите информацию об организмах и способах их бесполого размножения.

1	Гидра	А	Деление вегетативного тела на части и спорами
2	Белая планария	Б	Размножение спорами
3	Белая плесень	В	Бинарное деление
4	Папоротник	Г	Фрагментация
5	Амёба	Д	Почкование

Анализ. В младших классах вы познакомились с прививочным способом вегетативного размножения растений. Проанализируйте сходства и различия между микроклонированием и прививкой.

Синтез. Потомство, образующееся при бесполом размножении, является точной копией родительского организма (за исключением размножения спорами у растений). Внимательно прочитайте тему. Скажите, почему при размножении спорами потомство не является точной копией материнского организма?

Оценка. В процессе выращивания и сбора грибов необходимо не повредить находящуюся в почве часть. Как вы это объясните?

3.2. ГАМЕТОГЕНЕЗ



Проверка базовых знаний. Вы знаете, что в природе живые организмы погибают по разным причинам, а в результате размножения на место умерших организмов приходят новые поколения. Знаете ли вы о клетках, несущих в себе признаки предков?

Изогамия
Гетерогамия
Оогамия
Сперматогенез
Овогенез

Половое размножение происходит при сливании особых гамет (половых клеток), образующихся в половых железах *(рис. 3.15)* Процесс развития гамет в половых железах называется **гаметогенезом**. В процессе гаметогенеза первичные половые клетки делятся путем митоза и мейоза, образуя зрелые гаметы. Строение и особенности гамет у всех организмов, размножающихся половым путем, в природе различны. Женские и мужские гаметы организмов, принадлежащих к одному виду, имеют уникальное строение, форму и размеры.

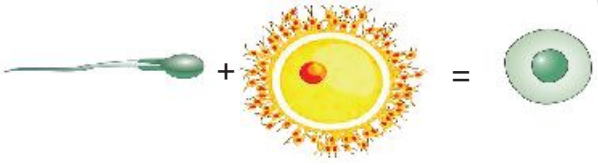


Рис. 3.15. Слияние гамет

Рассмотрим **строение половых клеток** на примере гамет млекопитающих.

Сперматозоид млекопитающих имеет форму длинной нити, которая состоит из трёх частей: головки, шейки и хвостика. В головке расположено ядро, а в её передней части находится уплотнённая часть цитоплазмы – акросома. С помощью ферментов в акросоме сперматозоиды проникают в яйцеклетку. Центр клетки расположен в области короткой шейки, которая переходит в хвостик. По строению хвостик напоминает жгутик и является органеллой движения сперматозоидов. Яйцеклетка чаще округлая, амёбовидной формы, неподвижна. Главное отличие её от других клеток – крупные размеры. Размер яйцеклетки обусловлен наличием в цитоплазме богатого белком питательного вещества – желтка. У позвоночных, размножающихся откладыванием яиц (рептилий и птиц), яйцеклетка значительно крупнее *(рис. 3.16).*

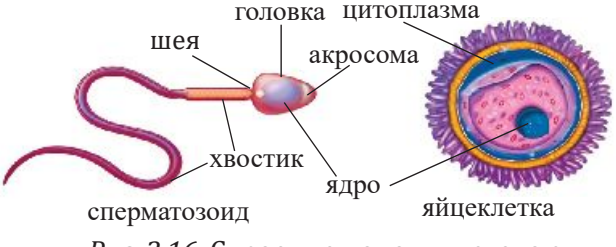


Рис. 3.16. Строение половых клеток

Организмы производят гаметы разного размера и подвижности. В соответствии с этим различают следующие формы полового размножения.

Изогамия – тип полового процесса, при котором сливаются одинаковые внешне, но различающиеся биохимическими и физиологическими свойствами половые клетки (улотрикс).

Гетерогамия характеризуется тем, что мужские и женские гаметы подвижны, но женские гаметы крупнее мужских (хламидомонады).

Оогамия – тип полового процесса, при котором в оплодотворении участвуют женская гамета – крупная неподвижная яйцеклетка и мелкие подвижные мужские сперматозоиды.

Подвижные сперматазоиды наблюдаются у животных, мхов, папоротников. Неподвижные мужские гаметы-спермии встречаются у цветковых растений *(рис. 3.17).*

Процесс развития и формирования сперматозоидов называется **сперматогенезом**, а развитие яйце-



Рис. 3.17. Типы соединения гамет

клеток – **овогенезом**. У многоклеточных организмов гаметогенез происходит в особых половых органах. За исключением кишечнополостных, у всех многоклеточных животных половые органы состоят из половых желёз. Мужская половая железа называется **семенником**, в ней развиваются сперматозоиды. Женские половые железы называются **яичниками**. Яйцеклетка созревает в яичнике *(рис. 3.18).* Животные, у которых женские и мужские гаметы образуются в одном организме, называются **гермафродитами**.

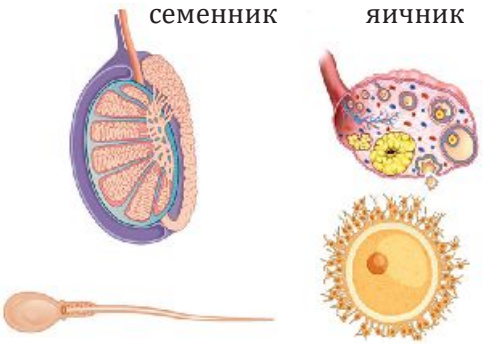


Рис. 3.18. Половые органы животных

У водорослей и грибов половые клетки образуются в **гаметангиях**. У споровых растений спермии развиваются в **антеридиях**, а яйцеклетки – в **архегониях**. Слияние гамет, то есть оплодотворение, происходит в воде (дождь, роса). В результате оплодотворения образуется зигота и из неё развивается спорофит *(рис. 3.19)*

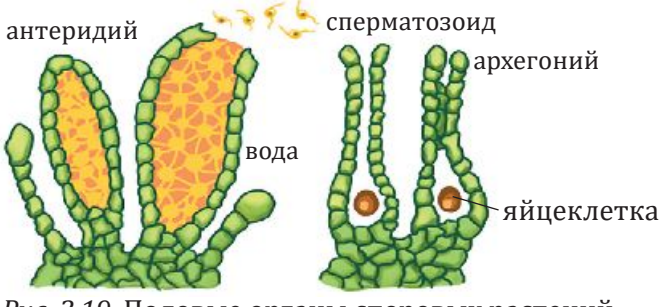


Рис. 3.19. Половые органы споровых растений

Гаметогенез у цветковых растений. У цветковых растений образование половых клеток происходит в пыльнике и в семязачатке цветка *(рис. 3.20).* Первичная мужская половая клетка в пыльнике называется микроспороцитом, потому что она меньше, чем женская половая клетка. Микроспороцит имеет диплоидный набор хромосом, в результате мейотического деления образует четыре гаплоидные клетки-микроспоры. Затем каждая микроспора делится митозом на две: крупную – вегетативную и малую – генеративную. Из каждой микроспоры после митотического деления образуются пыльцевые зёрна. Из генеративной клетки в результате митотического деления образуются два спермия *(рис. 3.21).*

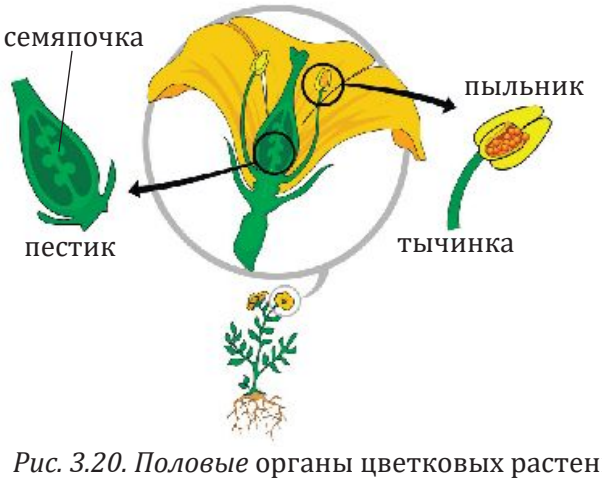


Рис. 3.20. Половые органы цветковых растений

Из диплоидной материнской клетки – мегаспороцита (клетка так называется потому, что она крупнее микроспороцита) в результате мейотического деления образуются 3 мелкие и 1 крупная клетка – мегаспора. Мелкие клетки быстро отмирают. Мегаспора три раза делится митозом и образует восьмиядерный зародышевой мешок. Эти клетки располагаются следующим образом: три на одном полюсе зародышево-

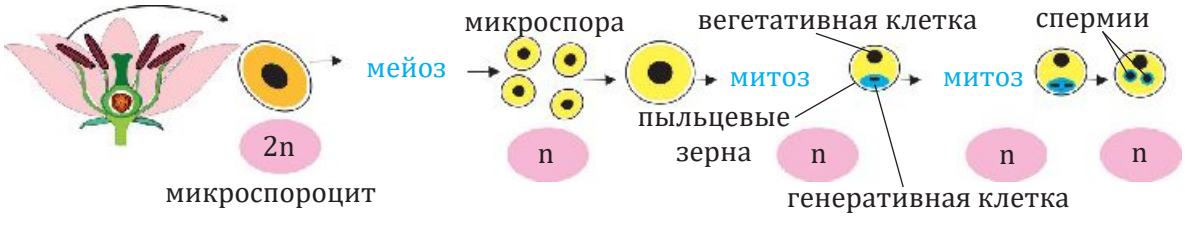


Рис. 3.21. Развитие пыльцевых зёрен у цветковых растений

го мешка, три на другом, две в центре. Оставшиеся в центре две клетки сливаются, образуя диплоидную центральную клетку. Одна из трёх клеток, расположенных на *микропилярном* полюсе, отличается большим размером и называется яйцеклеткой *(рис. 3.22)*

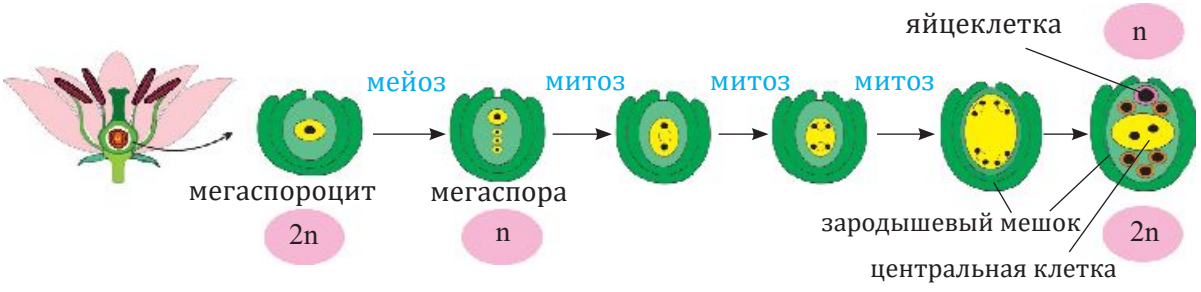


Рис. 3.22. Развитие цветочной сумки у цветковых растений

Гаметогенез животных включает ряд этапов развития, при которых первичная половая клетка претерпевает сложные изменения. Семенники и яичники делятся на зоны, в каждой из которых происходит определённый процесс.

П/н	Зоны	n – хромосома; c – ДНК	Процессы
1	Зона размножения	2n 2c	МИТОЗ. Сперматогонии и оогонии делятся путём митоза, и их количество увеличивается. Сохраняется диплоидный набор хромосом.
2	Зона роста	2n 4c	ИНТЕРФАЗА. Клетки, образующиеся в этой зоне, называются сперматоцитами и ооцитами первого порядка. Некоторые клетки увеличиваются, накапливают пищевые запасы, а количество ДНК удваивается.
3	Зона созревания	n 2c	МЕЙОЗ. Сперматоциты и ооциты первого порядка претерпевают редукционное деление, образуются сперматоциты и ооциты второго порядка.
		n c	Сперматоциты и ооциты второго порядка делятся поровну, образуя сперматиды и яйцеклетки.
4	Зона формирования	n c	У сперматозоидов образуются головка, шейка и хвостовая часть. Ядро расположено в головке, митохондрии в хвостике.

Сравнительная характеристика оогенеза и сперматогенеза. По сравнению со сперматогенезом, оогенез занимает гораздо больше времени. Это связано с тем, что яйцеклетка содержит гораздо больше веществ, чем сперматозоид. На стадии мейоза при сперматогенезе цитоплазма делится поровну между четырьмя клетками. В оогенезе только одной клетке достается больше всего цитоплазмы. В конце сперматогенеза образуются четыре одинаковые клетки. В конце оогенеза образуются одна крупная и три мелкие клетки. Мелкие клетки погибают, крупная клетка становится яйцеклеткой.

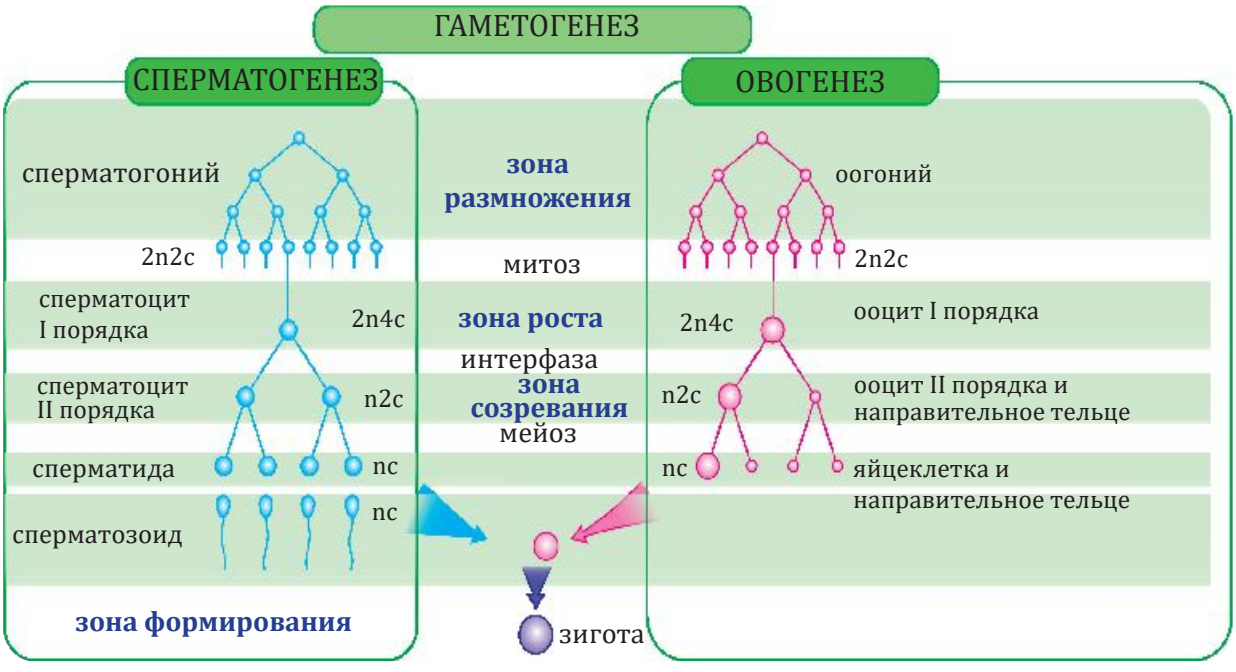


Рис. 3.23. Гаметогенез

Итак, гаметы – это половые клетки с гаплоидным набором, хранящие генетическую информацию. Гаметогенез происходит в половых железах. В сперматогенезе цветковых растений наблюдается сначала мейоз, затем два последовательных митотических деления. При созревании женских гамет наблюдается сначала мейоз, затем три последовательных митотических деления.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Какое строение имеют гаметы млекопитающих?
2. Какими бывают типы соединения половых клеток в зависимости от строения и особенностей мужских и женских гамет?
3. Как называется развитие половых клеток? Где это происходит?
4. Как называется орган, в котором происходит гаметогенез споровых растений?

Применение. Какое значение имеют процессы митоза и мейоза в гаметогенезе?

Анализ. Проанализируйте сходства и различия процессов оогенеза и сперматогенеза на основе диаграммы Венна.

Синтез. Представления о гаметогенезе цветковых растений приведены ниже. Расположите понятия, объясняющие процесс образования женских и мужских гамет, в правильном порядке согласно таблице.

1) Зародышевый мешок
2) Яйцеклетка
3) Центральная ячейка
4) Мейоз
5) Митоз
6) Генеративная клетка
7) Мегаспора
8) Микроспора
9) Сперма
10) Пыльцевое зерно
11) Микроспороцит
12) Мегаспороцит
13) Вегетативная клетка

Мужские гаметы									
Женские гаметы									

Оценка. В природе мелкие животные плодовитые и очень быстро размножаются. При этом в большинстве случаев численность их видов не меняется, и они держатся в среднем количестве. Как вы объясните эту ситуацию?

3.3. ПОЛОВОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ

Проверка опорных знаний. У нас есть черты, похожие и отличительные от родителей, братьев и сестер. Как вы думаете, в чём причина этого?

Конъюгация
Трансформация
Трансдукция
Копуляция
Партеногенез
Оплодотворение



Половое размножение происходит в результате слияния гамет родителей. Таким образом появляется зигота. Из зиготы развивается новый организм. Генотип нового организма отличается от генотипа отца и от генотипа матери. В новых поколениях создаётся новая комбинация генов, обеспечивающая приспособление к изменяющимся условиям среды. То есть половое размножение основано на комбинаторной изменчивости.

У бактерий не наблюдается полового размножения, но в их клетках происходят следующие процессы, приводящие к генетическим изменениям: конъюгация, трансформация и трансдукция.

Половые процессы у бактерий

Коньюгация у бактерий – это способ передачи генетического материала клетки от одной бактерии к другой, при этом две бактерии связываются узким мостиком, и через этот мостик происходит передача генетического материала от донорской клетки клетке-реципиенту. При непосредственном контакте иногда передаётся только плазмида, а иногда с плазмидой может переноситься одна нить ДНК основной хромосомы. Генетические свойства реципиента изменяются в зависимости от количества переданной генетической информации *(рис. 3.24).*

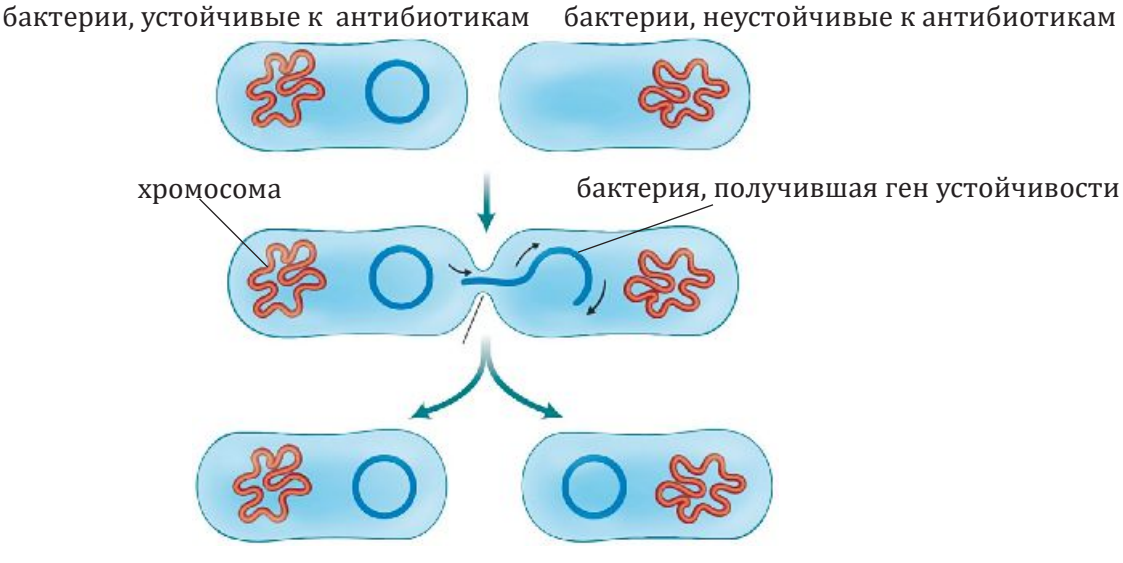


Рис. 3.24. Процесс конъюгации в бактериях

Процесс воссоединения любой части наследственной молекулы одного организма с наследственной молекулой в составе другого организма называется **трансформацией**. То есть ДНК мёртвых бактерий попадает в другую живую бактерию из внешней среды и присоединяется к её генетической хромосоме, что приводит к изменению генетического материала бактерии-реципиента *(рис. 3.25)*

Перенос генов из одной бактериальной клетки в другую с помощью фагов называется **трансдукцией**. Гены, переносимые фагами во вторую бактериальную клетку, изменяют наследственность этой бактерии *(рис. 3.26)*

Во всех трёх случаях количество особей не увеличивается, т. е. бактерии не размножаются. Количество организмов не меняется, но наблюдается рекомбинация генетического материала. Конъюгация, трансформация и трансдукция в совокупности называются ***горизонтальным переносом генов***.

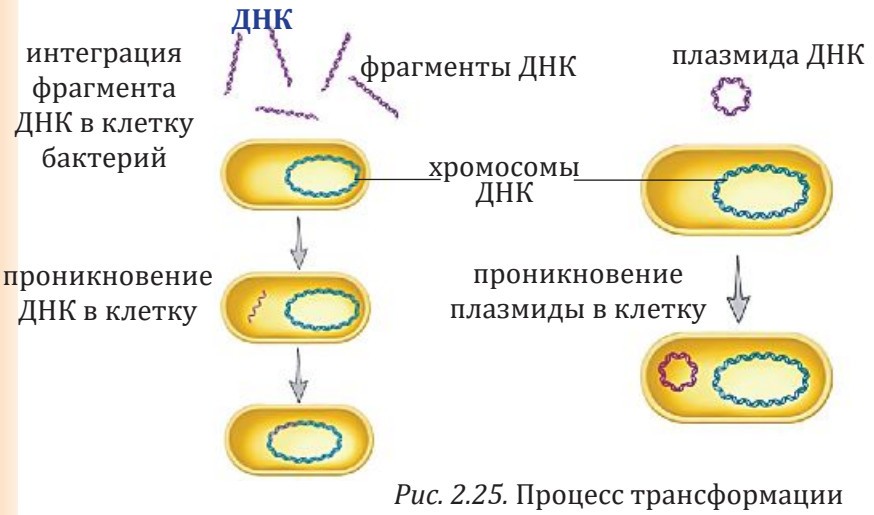


Рис. 2.25. Процесс трансформации

Плазмиды состоят из кольца двунитевой ДНК размером в сотни раз меньшим, чем основная бактериальная хромосома. Они состоят из 3–10 генов, которые синтезируют ферменты, расщепляющие антибиотики или токсины. Плазмиды реплицируются независимо от основной хромосомы.

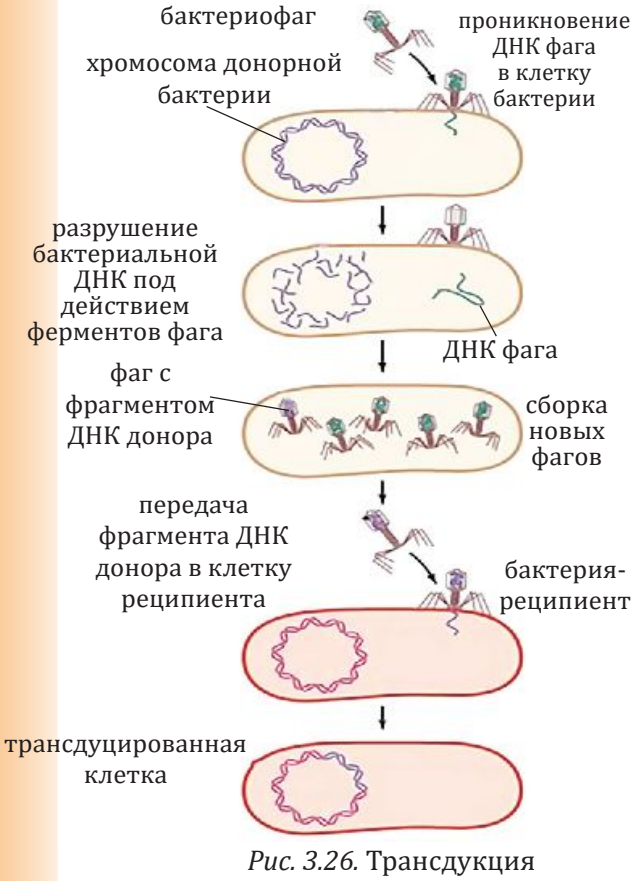


Рис. 3.26. Трансдукция

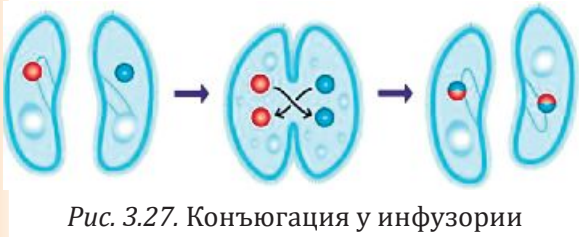


Рис. 3.27. Конъюгация у инфузории

Половые процессы у протоктистов. Конъюгация наблюдается и у инфузорий. Перед конъюгацией большое ядро инфузории растворяется.

Малое ядро делится, образуя два гаплоидных ядра. Две туфельки сближаются, соединяя свои цитоплазмы, появляется мостик. Обе инфузории являются фагами, получившими ядерную донорскую ДНК. Трансдуцированная клетка является реципиентной клеткой *(рис. 3.27)*

Одно из ядер каждого организма перемещается к другому с помощью цитоплазматической жидкости. Два гаплоидных ядра каждой туфельки сливаются, образуя диплоидное ядро. Конъюгированные туфельки расходятся и ведут самостоятельную жизнь. Благодаря обмену генетической информацией (рекомбинации) в результате конъюгации генотип новообразованных особей отличается от генотипа исходных особей *(рис. 3.27)*

Другой половой процесс, который наблюдается у протоктистов – копуляция (от лат. *copulatio* – «соединение»). При этом соединяются специальные половые клетки – гаметы, образующие зиготу с новым набором генетического материала. У этих организмов гаметы образуются в результате многократных делений материнской клетки. После периода покоя из зиготы образуются новые молодые организмы *(рис. 3.28)*.

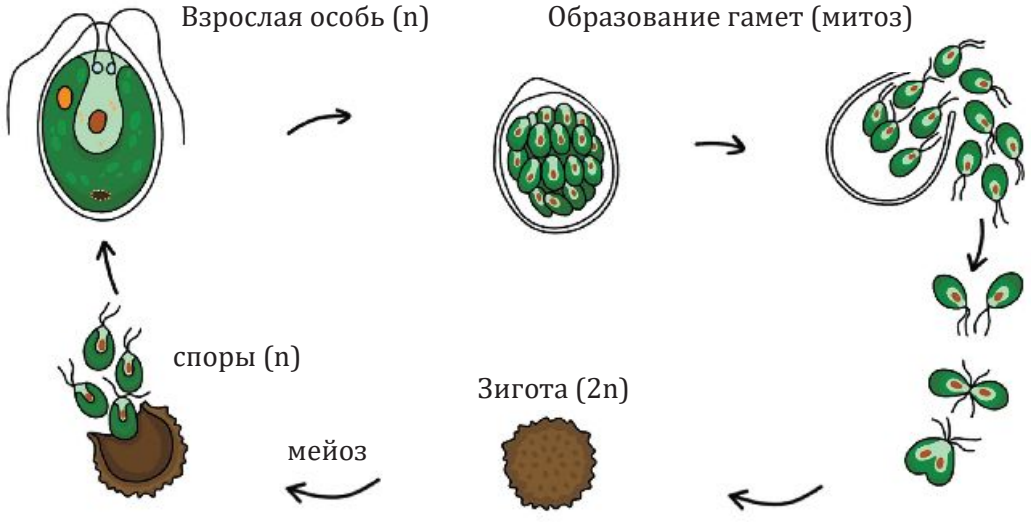


Рис. 3.28. Копуляция у протокистов

Половое размножение грибов. В неблагоприятных условиях белая плесень размножается половым путём. У них, как у высокоразвитых организмов, гаметы не образуются. Гаплоидные гифы разных мицелиев гриба сближаются, соединяясь своими кончиками, но они отделены перегородкой. Через некоторое время перегородка исчезает, и их ядра сливаются, образуя диплоидную **зиготу**. Зигота покрывается толстой оболочкой и переходит в состояние покоя. После периода покоя зигота делится мейозом и образует 4 гаплоидные клетки. При благоприятных условиях из гаплоидных клеток развивается новый мицелий, а из него – плодовитое тело *(рис. 3.29).*

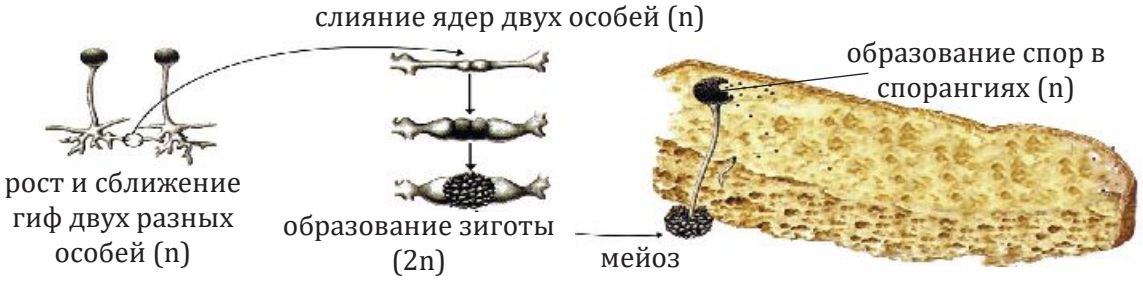


Рис. 3.29. Половое размножение плесневых грибов

Половое размножение цветковых растений. У цветковых растений половое размножение происходит путём слияния гамет, т. е. оплодотворения. Женские гаметы – яйцеклетки созревают в семязачатке, а мужские гаметы – сперматозоиды в пыльнике. После опыления вегетативная клетка пыльцы, попавшая на рыльце пестика, начинает прорастать, образуя длинную, тонкую пыльцевую трубку. Она растёт, удлиняется и внедряется в семяпочку завязи. Два спермия, образовавшихся из генеративной клетки пыльцы, попадают в зародышевый мешок через пыльцевую трубку. Один из спермиев сливается с яйцеклеткой, второй спермий сливается с центральной клеткой зародышевого мешка. Этот процесс называется двойным оплодотворением. Оплодотворённая яйцеклетка – зигота развивается в зародыше, а из оплодотворённой центральной клетки развивается эндосперм. Зародыш и эндосперм вместе образуют семя. Таким образом, после двойного оплодотворения из семяпочки развивается семя. Из его оболочки, кожуры, окружающей семя, а также из завязи и других частей цветка образуется плод *(рис. 3.30)*

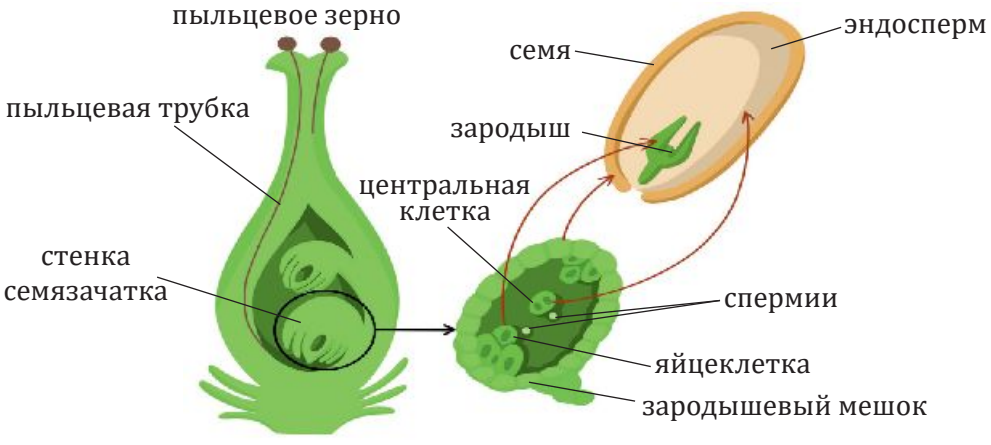


Рис. 3.30. Оплодотворение цветковых растений

Половое размножение животных происходит при слиянии мужских и женских гамет. Ферменты в акросоме сперматозоида воздействуют на оболочку яйцеклетки и разрушают её.

Генетический материал сперматозоида внедряется в яйцеклетку. После этого яйцеклетка быстро восстанавливает свою оболочку и не пропускает внутрь другие сперматозоиды. В результате слияния двух гаплоидных гамет образуется диплоидная зигота.

У животных наблюдается **внешнее** и **внутреннее оплодотворение**. *Внешнее оплодотворение* в основном наблюдается у водных организмов (рыб и амфибий). Самки откладывают яйца среди водорослей, а самцы разбрасывают сперматазоиды. Таким образом, оплодотворение происходит в воде.

В эволюции организмов внутреннее оплодотворение имело значение при выходе животных из воды на сушу. Внутреннее оплодотворение происходит у членистоногих, рептилий, птиц и у млекопитающих. Слияние гамет у этих групп животных происходит в яйцеводе женского организма *(рис. 3.31)*



Рис. 3.31. Внешнее и внутреннее оплодотворение у животных

Значение полового размножения. Слияние гамет позволяет объединить генетические признаки обоих родителей. Новый организм может оказаться более приспособленным для выживания в изменяющейся среде. Это важно для выживания организмов в эволюционном процессе.

Партеногенез (от греч. *parthenos* – «девственность») – особенная форма полового размножения, при которой из неоплодотворенной яйцеклетки развивается новый организм. Партеногенез встречается у раздельнополых организмов и вызывает ускорение размножения. Различают естественный и искусственный партеногенез. Естественный партеногенез можно наблюдать у пчёл. Из оплодотворённой яйцеклетки развиваются самки, из неоплодотворённой – **самцы (трутни)** *(рис. 3.32).* В настоящее время партеногенез возможно проводить и искусственным путём. Для этого применяются физические (механическое воздействие, электроток, тепло и др.) и химические факторы. Например, если воздействовать на яйцеклетку лягушки

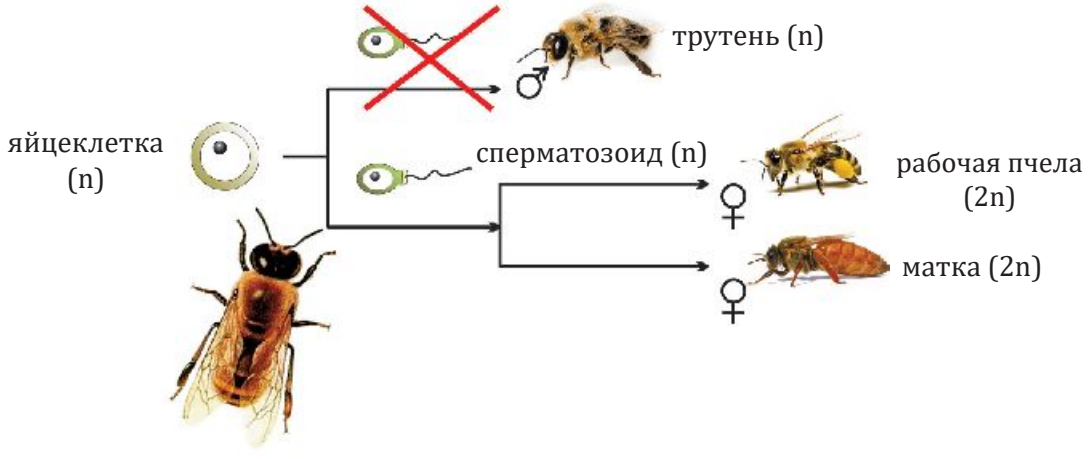


Рис. 3.32. Партеногенез у пчёл

иглой, из неё можно получить взрослые особи, все они будут самками. Б. Л. Астауров (1904–1974) разработал методику получения самцов тутового шелкопряда путём **искусственного партеногенеза**.

Таким образом, у бактерий наблюдаются такие половые процессы, как конъюгация, трансформация и трансдукция. В результате конъюгации изменяется только генетический материал, а количество особей не увеличивается. Двойное оплодотворение происходит у цветковых растений. Внутреннее и внешнее оплодотворение наблюдается у животных.

Применение новых знаний.

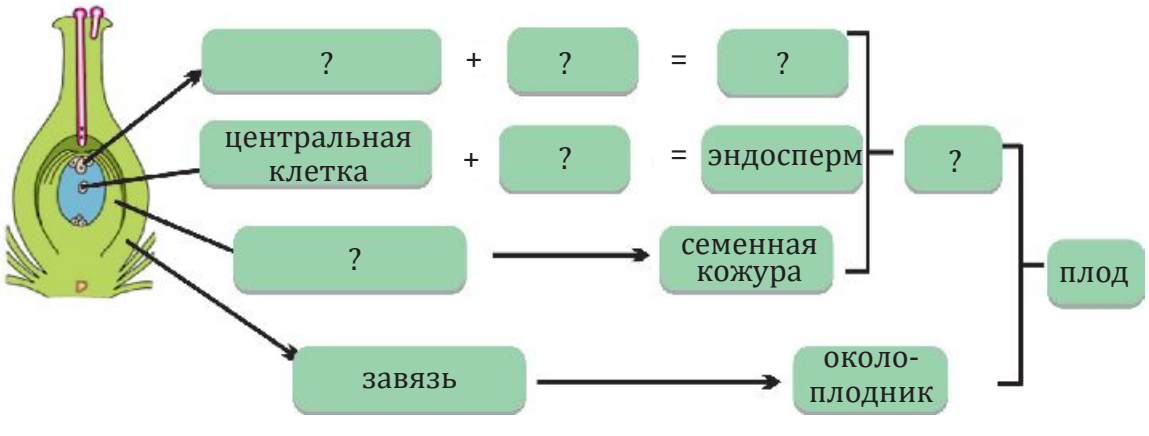
Знание и понимание.

1. Какие половые процессы наблюдаются у бактерий?
2. Как протекают половые процессы у протоктистов?
3. Как происходит половое размножение у грибов?
4. Какие виды оплодотворения бывают у животных?

Применение. Какое значение имеет двойное оплодотворение в жизненном цикле цветковых растений?

Анализ. Проанализируйте сходства и различия между двойным оплодотворением цветковых растений и оплодотворением животных.

Синтез. Заполните пустые ячейки в приведённой ниже модели, изображающей процесс двойного оплодотворения.



Оценка. В отличие от большинства амфибий, ящерицы живут далеко от водоёмов. С каким аспектом воспроизводства это связано?

3.4. БЕСПОЛОЕ И ПОЛОВОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

Чередование
Спорофит
Гаметофит
Диплоид
Гаплоид
Жизненный цикл

Проверка базовых знаний. Обсудите с одноклассниками понятия «бесполое и половое размножение». Как вы понимаете термин «чередование поколений»?

В природе большинство организмов размножаются двумя способами: бесполым и половым. Эта особенность свидетельствует о наличии в их жизни бесполого и полового периодов. Чередование бесполых и половых периодов на основе строгого закона называется **чередованием поколений.**

Механизм чередования выражается следующим образом. У растения, представляющего бесполое поколение, в результате мейоза образуются гаплоидные споры, из которых развивается однополый или двуполый организм.

У цветковых растений во время полового размножения образуются пыльцевое зерно (мужская гамета) и зародышевый мешок (женская гамета). Их клетки имеют гаплоидный набор хромосом (кроме центральной клетки). Итак, при половом размножении гаметофит образует гаплоидные гаметы. В процессе оплодотворения соединяются гаплоидные гаметы и образуют диплоидную зиготу. Из зиготы развивается бесполое поколение (спорофит) *(рис. 3.34)*.

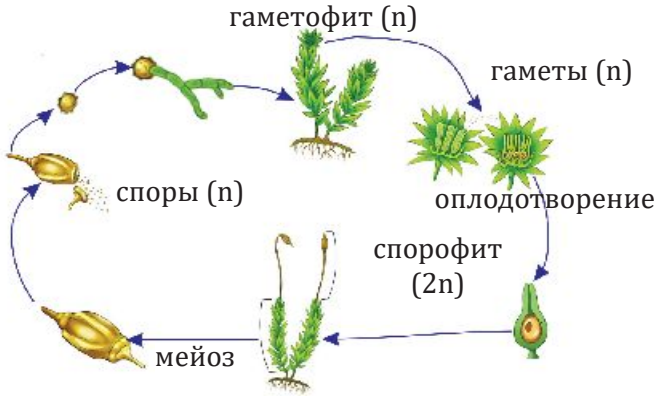


Рис. 3.33. Чередование поколений у мхов

Образование споры гаплоидного набора в результате мейоза и восстановление диплоидного набора в результате оплодотворения является границей между бесполым и половым периодами размножения.

У растений разного уровня строения соотношение бесполых и половых поколений различно. Это свидетельствует об усложнении бесполого периода и постепенном упрощении полового периода размножения в эволюции растений.

Например, у мхов преобладает половое поколение *(рис. 3.33)*. То есть гаметофит имеет более сложное строение и жизненные свойства, чем спорофит. У папоротников преобладает спорофит (бесполое поколение) с развитыми корнями, стеблями и листьями. Гаметофит имеет сердцевидную форму, маленький размер, и прикрепляется к земле ризоидами.

У семенных растений половое поколение упростилось. То есть редуцированный гаметофит состоит всего из нескольких клеток. Спорофитный период состоит из растений со сложным строением в виде деревьев, кустарников, полукустарников, однолетних и многолетних трав *(рис. 3.34)*.

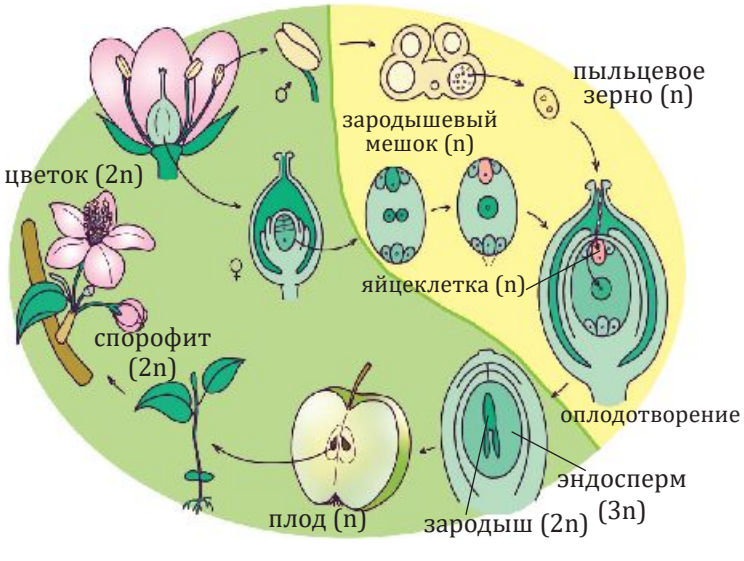


Рис. 3.34. Чередование поколений у цветковых растений

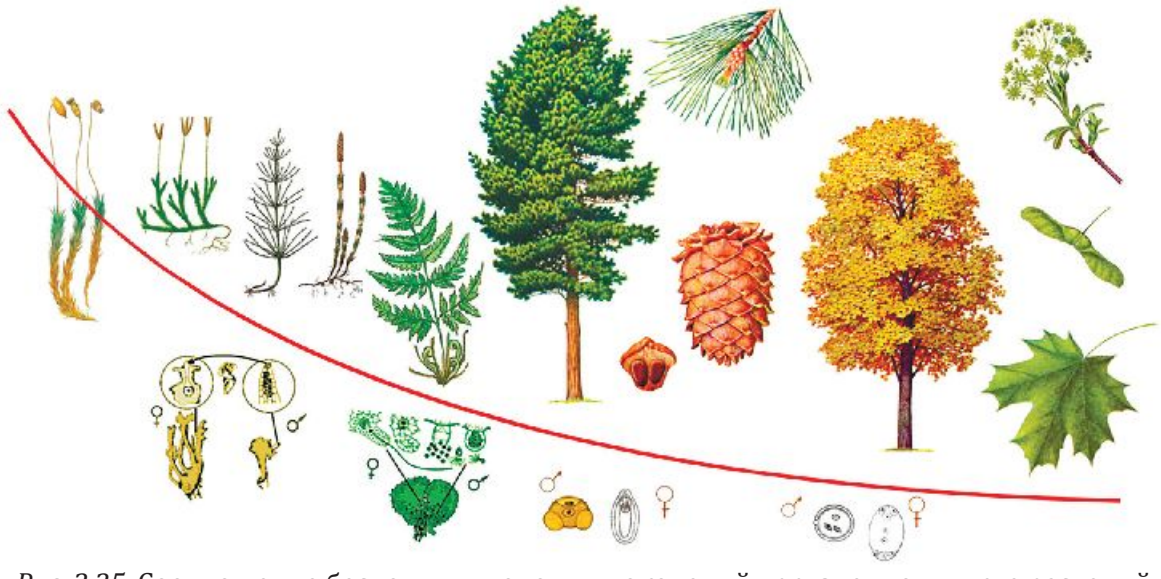


Рис. 3.35. Соотношение бесполых и половых поколений в жизненном цикле растений, относящихся к разным систематическим группам

Благодаря наличию диплоидного набора хромосом спорофит хранит вдвое больше генетической информации, чем гаметофит. Это обеспечивает высокий уровень адаптации растений к изменяющимся условиям среды. Эта особенность привела к преобладанию бесполого поколения над половым в эволюции растений *(рис. 3.35).*

В жизненном цикле животных смена поколений наблюдается у кишечнополостных, некоторых ракообразных, плоских и круглых червей, некоторых насекомых.

В жизненном цикле некоторых животных чередуется бесполое и половое размножение.

Размножение в жизненном цикле печёночного сосальщика происходит со сменой организма-хозяина.

Основной хозяин (люди или копытные животные) заражаются цистами печёночного сосальщика через воду или растения. Заражённые цистами растения обычно встречаются на берегах водоёмов. В пищеварительной системе хозяина из цисты развивается взрослая особь и попадает в желчные протоки печени. И там паразит питается желчью и кровью. Печёночный сосальщик является гермафродитным организмом и после созревания образует гаметы. Образовавшаяся при слиянии гамет зигота с желчью выделяется в кишечник, а оттуда попадает во внешнюю среду. Если яйца попадают в воду, из них развиваются микроскопические личинки с ресничками. Личинки с ресничками развиваются внутри тела моллюска прудовика и сбрасывают свои реснички, образуя новые личинки. Внутри прудовика личинка сосальщика несколько раз размножается бесполым путем. Позже у личинок образуется



Рис. 3.36. Жизненный цикл развития печёночного сосальщика

хвост. Личинка выбрасывает хвост и превращается в цисту, покрытую толстой оболочкой. Таким образом, цикл повторяется *(рис. 3.36)*

Итак, в эволюционном процессе размножение растений и животных является результатом приспособления к неблагоприятным условиям среды. Организмы с простым строением размножаются только бесполым путём. У организмов с более сложным строением наблюдается бесполое и половое чередование поколений (растения, некоторые животные). В эволюционном процессе, исходя из строгих закономерностей цикла развития организмов, значение гаплоидного поколения уменьшилось, а значение диплоидного увеличилось.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Что у организмов называется размножением?
2. Какие процессы включает в себя гаметофитный период растений?
3. Что такое спорофитный период растений?
4. У каких животных можно наблюдать в жизненном цикле размножения чередование поколений?

Применение. Какое значение имеет чередование бесполых и половых поколений в жизненном цикле организма?

Анализ. Найдите соотношение гаметофита и спорофита в жизненном цикле цветковых растений. Какое значение имеет это соотношение для растений?

Синтез. Расположите процессы, отражающие жизненный цикл печёночного сосальщика, в правильной последовательности.

1	Взрослый червь-гермафродит 2n
2	Образование зиготы 2n
3	Образование гамет n
4	Развитие микроскопических ресничных личинок 2n
5	Развитие внутри прудовика 2 n
6	Развитие хвостатой личинки 2n
7	Цисты попадают в кишечник человека или копытных 2n
8	Выход оплодотворённых яиц из желчных протоков в кишечник и далее во внешнюю среду 2n
9	Выбрасывая хвост, округляется и покрывается толстой оболочкой, превращаясь в цисту 2n

Оценка. Почему в эволюции растений изменилось соотношение поколений гаметофита и спорофита, т. е. преобладает спорофит? Аргументируйте своё мнение доказательствами.

3.5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСПОЛЫХ И ПОЛОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ РАСТЕНИЙ (МХИ, ХВОЩИ, ПАПОРОТНИКИ И СЕМЕННЫЕ РАСТЕНИЯ)

Цель: изучить эволюцию бесполых и половых поколений в жизненном цикле мхов, папоротников, хвощей и семенных растений.

Запомните!

Механизм чередования потомства выражается следующим образом.

В результате мейоза у растения, представляющего спорофитное поколение, образуются гаплоидные споры, часть из которых развивается в однополые или двуполые организмы. Во время оплодотворения гаметофит образует гаплоидные гаметы. При оплодотворении гаплоидные гаметы сливаются, образуя диплоидную зиготу. Из зиготы развивается бесполое поколение (спорофит).

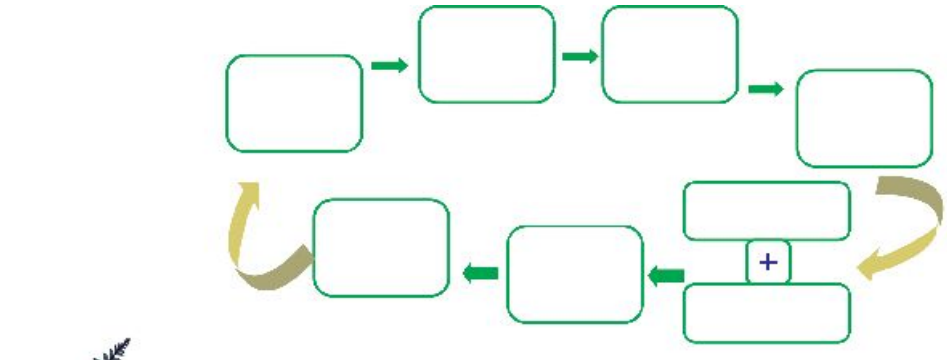
3.5. Практическое занятие. Моделирование бесполых и половых поколений в жизненном цикле растений (мхи, папоротники, хвощи и семенные растения)

Оборудование: учебник, рабочая тетрадь, цветные карандаши, маркер, пластилин, скальпель, видеофрагмент о жизненном цикле растений, проектор, компьютер.

Правила безопасности:

Порядок выполнения работы:

1. Определите и впишите стадии, соответствующие жизненному циклу папоротника, в соответствующие клетки.

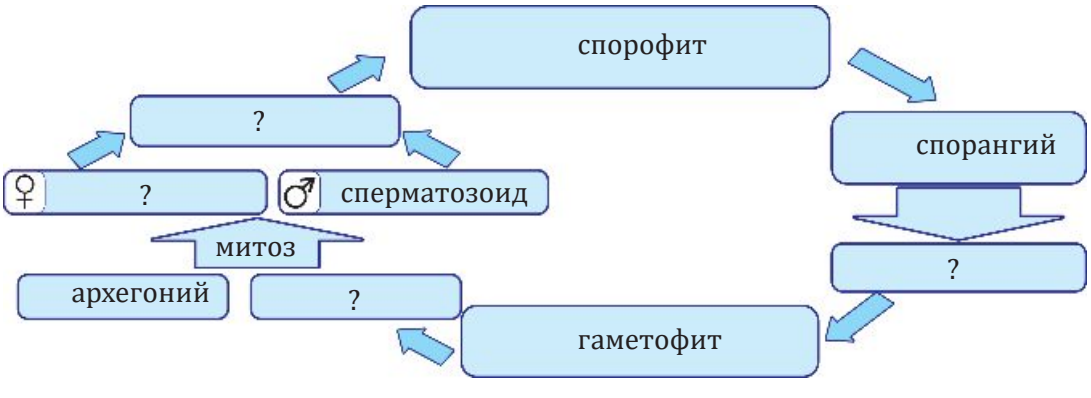




2. Проанализируйте жизненный цикл мхов и папоротников на основе диаграммы Венна.



3. Заполните пропуски, вписав стадии, соответствующие жизненному циклу мхов. Покажите набор хромосом.



4) Составьте модель жизненного цикла цветковых растений:

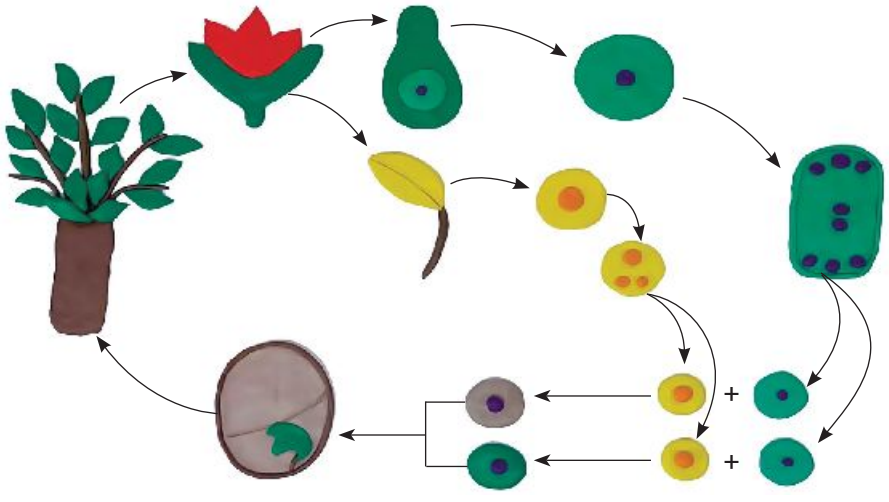
а) нарисуйте схему жизненного цикла цветковых растений на листе бумаги формата А3;

б) сделайте из пластилина детали, относящиеся к бесполому и половому способу размножения;

в) детали расположите в правильном порядке на чертеже схемы;

г) отметьте маркером границы бесполых и половых сочленений вашей модели.

3.5. Практическое занятие. Моделирование бесполых и половых поколений в жизненном цикле растений (мхи, папоротники, хвощи и семенные растения)



Обсудите и сделайте выводы.

1. Какое поколение преобладает в жизненном цикле споровых растений?
2. Какая стадия преобладает в жизненном цикле цветковых растений?
3. Каково значение этого преимущества для цветковых растений?

ЗАДАНИЯ К ГЛАВЕ III

1. Вы можете принять любую информацию как истинную или отвергнуть её как ложную. Пожалуйста, ответьте «да» на каждое правильное утверждение и «нет» на каждое неверное утверждение.

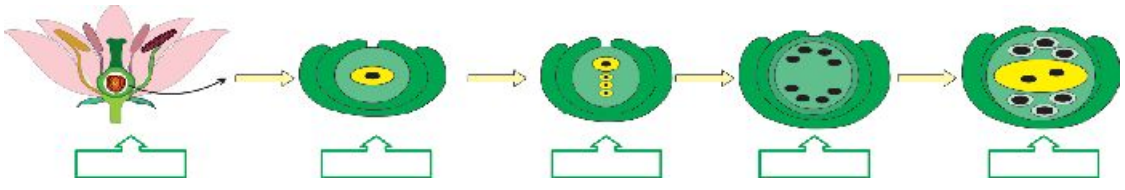
1	Организмы, образовавшиеся в результате бесполого размножения, не считаются точными копиями родительских форм.	да	нет
2	Малярийный плазмодий размножается путём шизогонии (бесполым).		
3	Споры грибов имеют диплоидный набор хромосом и делятся митозом.		
4	Кишечнополостные размножаются почкованием.		
5	У броненосцов наблюдается фрагментация.		
6	Микроклонирование – классический метод вегетативного размножения.		
7	Из спор грибов развивается плодовитое тело с диплоидным набором.		
8	Бесполое размножение происходит на основе митоза.		

2. Заполните пустые ячейки, исходя из закономерностей половых процессов у бактерий.

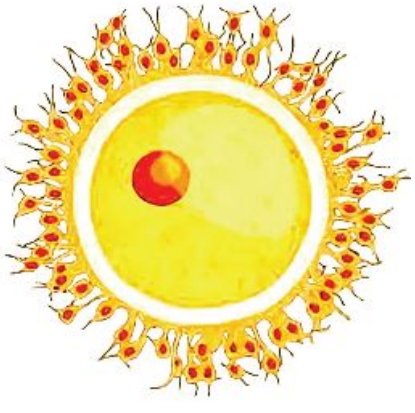
П/н	Процессы	Как это происходит	Результат
1	?	Генетический материал одной бактериальной клетки передаётся другой бактерии через тонкий мостик.	?
2	Транс-формация	?	Генетический материал бактерий-реципиентов изменяется, но их количество не меняется.
3	?	Гены переносятся из одной бактериальной клетки в другую с помощью фагов.	?

3. Сформируйте правильную последовательность, впишите в ячейки под рисунками соответствующие номера строк из таблицы, учитывая законы развития женских гамет у цветковых растений.

1	Мегаспороцит в семяпочке после мейотического деления образует 3 маленькие клетки и 1 большую яйцеклетку.	3	Женские гаметы развиваются в завязи пестика цветка.	5	После 3-кратного митотического деления образуется зародышевый мешок с 8 ядрами.
2	В зародышевом мешке 3 клетки располагаются на верхнем полюсе, 3 – на нижнем полюсе, две клетки, соединяясь в центре, образуют центральную клетку.	4	Мегаспороцит созревается в завязи пестика.		



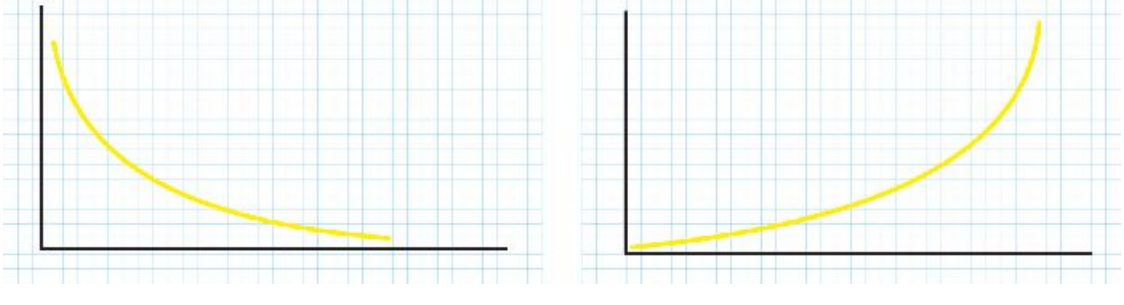
4. Запишите в тетрадь четыре признака, общих для двух из четырёх процессов сперматогенеза и оогенеза.

Сперматоцит	Оооцит
	

Сперматогенез	Общие свойства	Оогенез

5. Используя информацию из параграфа 4, определите упрощение (а) и усложнение (б) процесса в эволюции растений, представленные следующими графиками:.

а) б)





ГЛАВА IV
НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ

4.1. Законы наследственности.
4.2. Практическое занятие. Решение задач на полное и неполное доминирование (ди-, полигибридное скрещивание)
4.3. Практическое занятие. Решение задач на кодоминирование и плейотропию.
4.4. Генетика пола.
4.5. Наследование признаков, сцепленное с полом.
4.6. Практическое занятие. Решение задач, связанных с полом.
4.7. Изменчивость.
4.8. Практическое занятие. Изучение модификационной изменчивости.
4.9. Виды генотипической изменчивости.
4.10. Практическое занятие. Сравнительное изучение модификационной и мутационной изменчивости.



4.1. ЗАКОНЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Проверка базовых знаний. По каким признакам можно определить, что вы похожи на своих родителей, а по каким – что отличаетесь от них?

Генетика
Наследие
Доминантный
Рецессивный
Гибридологический метод
Аллельные гены
Кодоминантность
Многоаллельность
Плейотропия

Генетика – это наука, изучающая законы наследственности и изменчивости, свойственные живым организмам. **Наследственность** – это свойство родителей передавать свои признаки и особенности развития следующим поколениям, обеспечивающие сходство особей внутри вида *(рис. 4.1).* **Изменчивость** – способность организмов проявлять новые признаки и свойства, и это обеспечивает разнообразие живых организмов *(рис. 4.2).* Эти два свойства жизни составляют основу эволюции органического мира.



Рис. 4.1. Наследственность

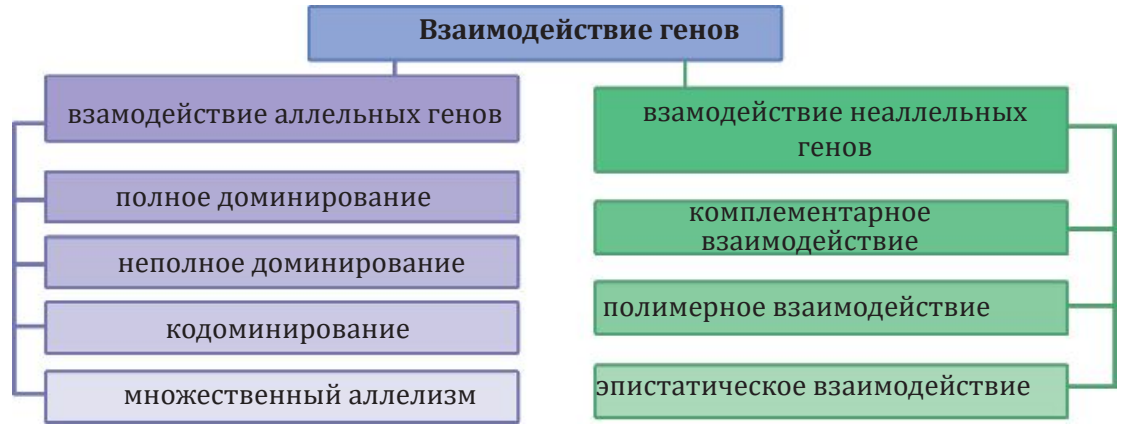


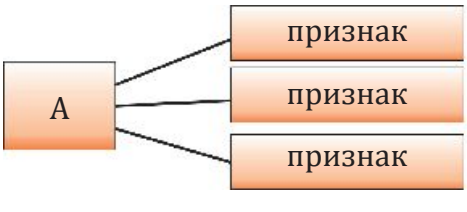
Рис. 4.2. Изменчивость

Механизмы наследственности изучал чешский учёный Г. Мендель с помощью гибридологического метода.

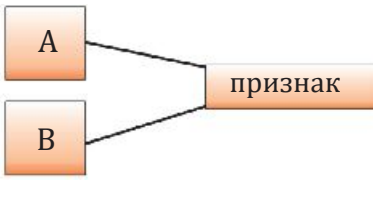
Гибридологический метод основан на скрещивании организмов с сильно различающимися (альтернативными) признаками и анализировании появления этих признаков в последующих поколениях.

Парные гены, определяющие взаимоисключающие признаки, называются аллельными генами. Они расположены в одних и тех же локусах (местах) гомологичных хромосом. Организм, состоящий из одинаковых доминантных (АА) или рецессивных (аа) аллелей, называется гомозиготным организмом и образуют одинаковые гаметы. Организм, состоящий из разных аллелей (одного доминантного и одного рецессивного – Аа), называется гетерозиготным организмом и образует две разные гаметы.





Один ген может влиять на развитие нескольких признаков.



Один и тот же признак может проявиться под влиянием нескольких генов.

Взаимодействие аллельных генов.

1. При **полном доминировании** доминантный (А) ген полностью доминирует над рецессивным (а) геном. В случае гетерозиготы (Аа) влияние доминантного гена сильно выражается.



Например: чёрная шерсть (В) мышей доминирует над коричневой (b). Организмы полученные в F_1 (первом поколении) имеют чёрную шерсть (Bb).

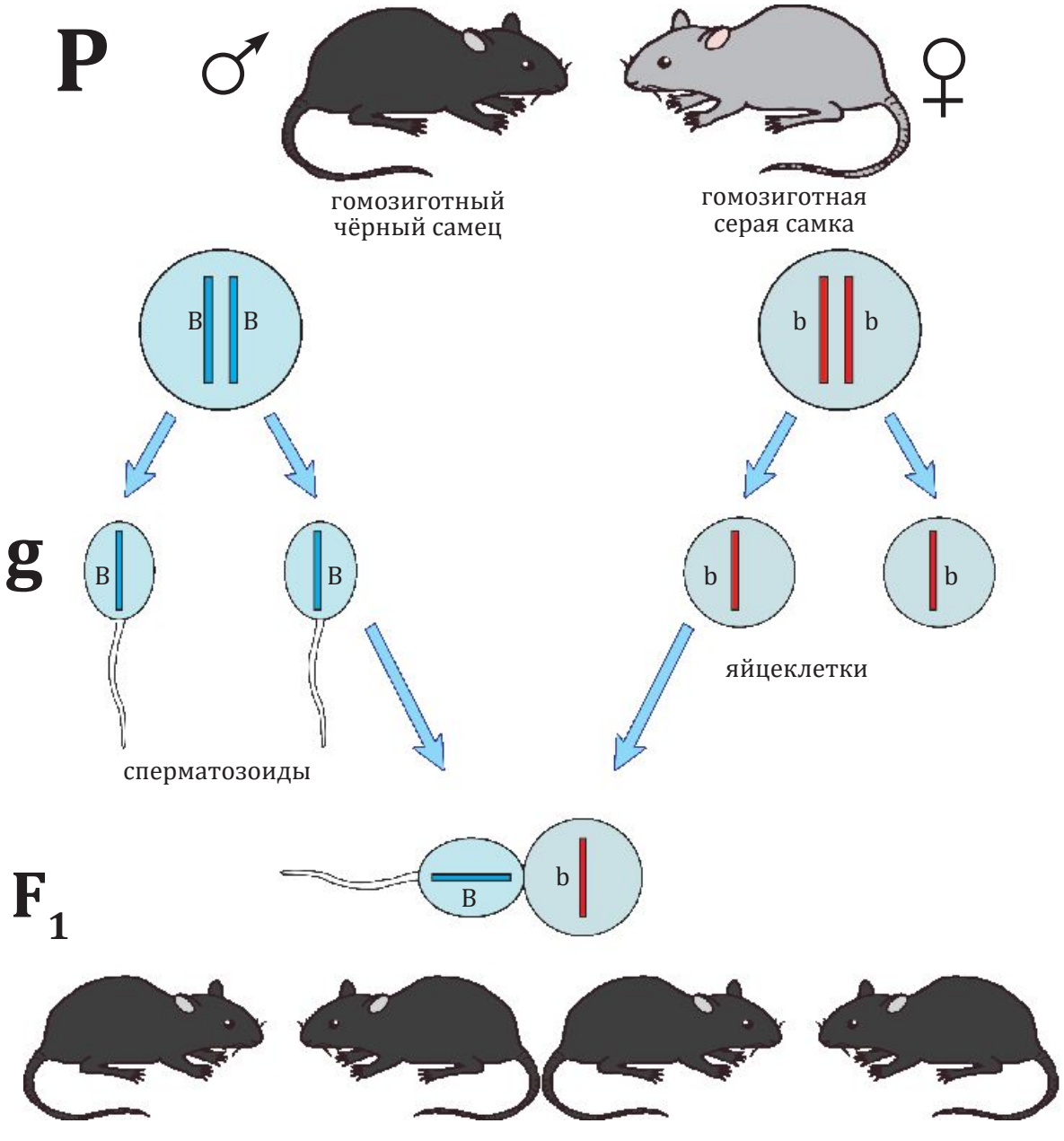


Рис. 4.3. Наследование признаков у мышей с полным доминированием

При скрещивании двух мышей первого поколения F_1 между собой (при полном доминировании) во втором поколении F_2 наблюдается расщепление по генотипу: 1/4 чёрный гомозиготный (BB), 2/4 чёрный гетерозиготный (Bb) и 1/4 коричневый *(рис. 4.3, 4.4).*

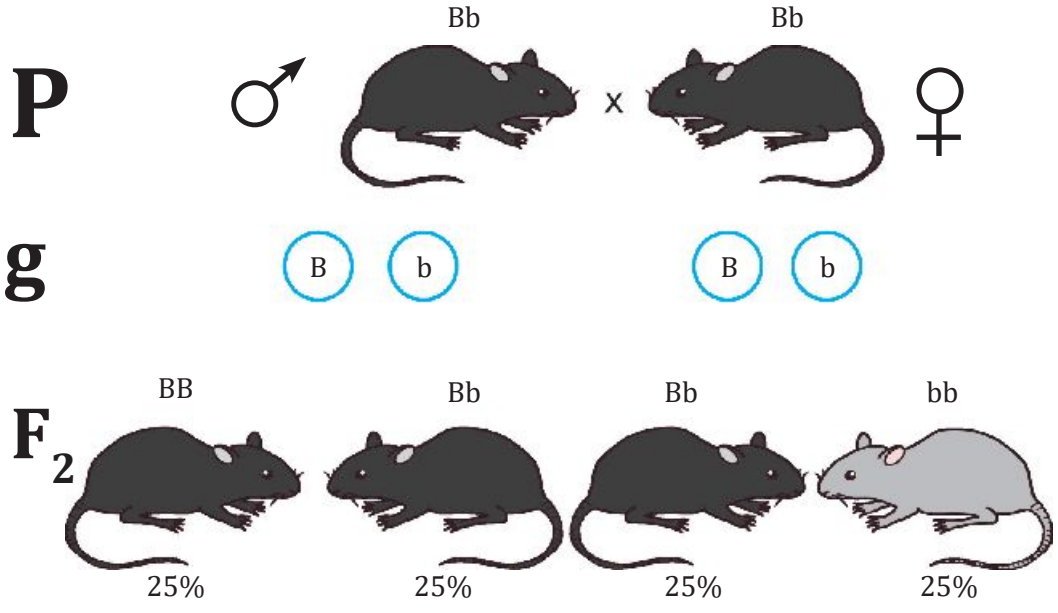


Рис. 4.4. Полное доминирование признака

2. При **неполном доминировании** доминантный ген не может полностью проявить свой признак, в результате в гетерозиготном состоянии появляется новый признак, а фенотип остается промежуточным.



Например, у ночной красавицы красная окраска венчика (А) неполностью доминирует над белой (а). Гетерозиготы имеют розовую окраску (Аа) венчика.

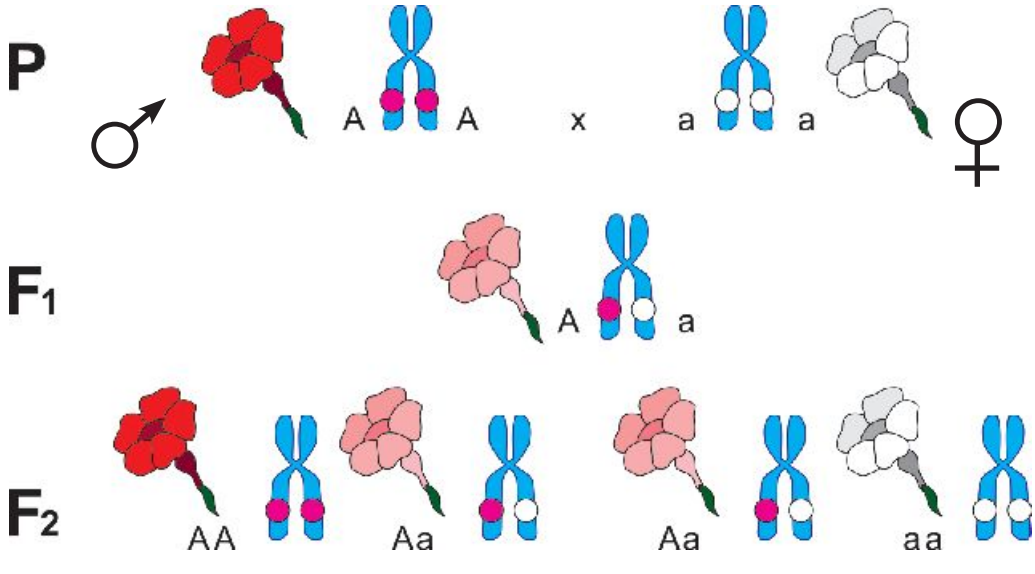


Рисунок 4.5. Неполное доминирование у ночной красавицы

При скрещивании двух ночных красавиц первого поколения F_1 между собой (при неполном доминировании) во втором поколении F_2 наблюдается расщепление по генотипу: 1/4 гомозиготные красные (АА), 2/4 гетерозиготные розовые (Аа) и 1/4 белые (аа) *(рис. 4.5).*



3. Кодоминантность – это появление признаков, специфичных для обоих аллелей, у гетерозиготных организмов. Поскольку при участии каждого аллеля синтезируется отдельный белок, белок обоих аллелей встречается у гетерозиготных организмов, и оба гена проявляют свои эффекты независимо друг от друга.

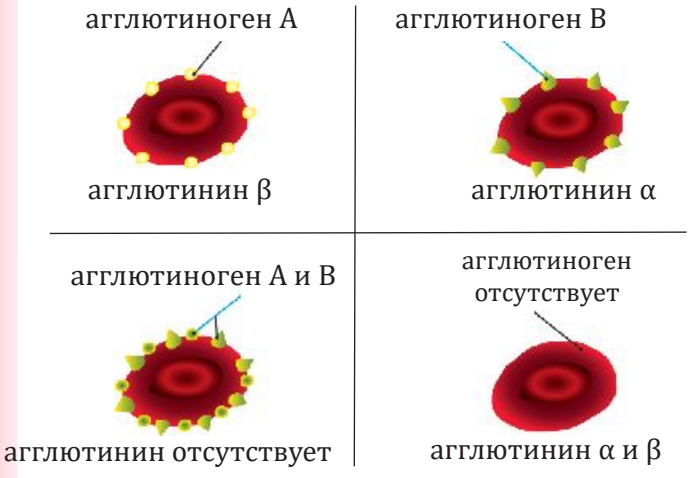


Рис. 4.6. Кодоминирование группы крови

Примером кодоминирования является наследование групп крови у человека. Группа крови человека определяется геном I, имеющим три аллеля: I^A, I^B и I^O. При гомозиготном генотипе I^AI^A на поверхности эритроцитов будет только агглютиноген А (II группа крови), при гомозиготном I^BI^B на поверхности эритроцитов будет только агглютиноген В (III группа крови).

При наличии в генотипе третьего аллеля в гомозиготном состоянии – I^OI^O агглютиноген на поверхности эритроцитов отсутствует (I группа крови). Гетерозиготные I^AI^O образуют агглютиногены А (II группа крови) или I^BI^O и агглютиногены В (III группа крови). С другой стороны, при появлении гомозиготного I^AI^B на поверхности эритроцитов образуются как агглютиногены А, так и В (IV группа крови) *(рис. 4.6)*.

4. Множественный аллелизм наблюдается при наличии более двух аллелей гена в пределах популяции или вида. Например, серия множественных аллелей гималайского альбинизма у кролика обозначается: буквой С – доминирует над другими аллелями, определяя чёрный цвет шерсти *(рис. 4.7)*, а другие особи в состоянии C^h – чёрная окраска конечностей, хвоста, ушей и носа (гималайская окраска), C^{ch} – шиншилловая окраска, а с – определяет альбинизм. Их влияние друг на друга можно выразить следующим образом: $C > C^h > C^{ch} > c$.



Рис. 4.7. Наследование окраски меха у кроликов под влиянием аллелей С

Плейотропия – явление одновременного влияния одного гена на несколько фенотипических признаков. Плейотропное влияние генов бывает первичным и вторичным.

При первичной плейотропии под влиянием генов одновременно проявляются несколько признаков.

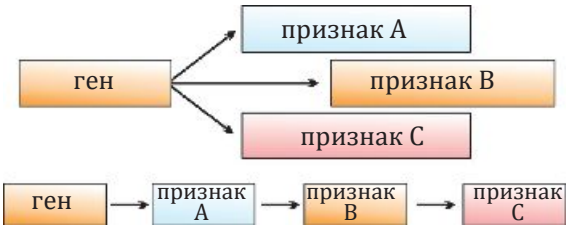




Рис. 4.8. Серповидноклеточная анемия

Например, мутация гена переносчика нейтральной аминокислоты (B0AT1) вызывает нарушение всасывания аминокислоты триптофана в кишечнике, нарушение её реабсорбции в почечных канальцах, изменения в мембранах кишечных и почечных эпителиальных клеток. При вторичной плейотропии под влиянием мутации гена появляется сначала один признак, затем ряд признаков подряд. Например, у человека с типом анемии в результате нарушения синтеза гемоглобина изменяется форма эритроцитов, повышается их вязкость, развивается анемия, наблюдаются изменения в почках, сердце, головном мозге *(рис. 4.8)*

Итак, свойство передавать будущим поколениям признаки организма и особенности развития – это наследственность, а свойство создавать новые признаки – изменчивость.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Что такое наследственность?
2. Объясните значение наследственности и изменчивости в эволюции органического мира.
3. Насколько различны взаимодействия аллельных генов?
4. Объясните механизм действия доминантного гена при неполном доминировании.

Применение. У человека кареглазость является доминантным признаком, а голубоглазость – рецессивным. Если у одного из родителей карие глаза, а у другого голубые, то с каким цветом глаз родятся дети в этой семье?

Анализ. Ряд видов растений имеют ген альбинизма. Растения, гомозиготные по этому гену, не могут синтезировать хлорофилл. У гетерозиготного растения табака, способного к синтезу хлорофилла по этому гену, наблюдали самоопыление и образование 500 семян. Из скольких семян вырастут белые растения?

Синтез. Определите вероятный процент здоровых и больных детей при разных типах наследования.

Тип наследования	Отец	Мать	Сыновья		Дочери	
			больные	здоровые	больные	здоровые
Аутосомно-доминантный	AA	aa				
	Aa	Aa				
	Aa	aa				
Аутосомно-рецессивный	AA	aa				
	Aa	Aa				
		aa				

Оценка. У каракульских пород овец серая окраска шерсти ширази зависит от доминантного гена, а чёрная – от рецессивного. Ген, контролирующий окраску шерсти, оказывает плейотропное действие, вызывая гибель овец. Серая окраска шерсти ширази у овец ценится значительно выше, чем чёрная. В овцеводческих хозяйствах для разведения овец ширази их скрещивали с овцами с чёрным мехом. Как вы оцениваете эту ситуацию? Поясните свой ответ.

4.2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ПОЛНОЕ И НЕПОЛНОЕ ДОМИНИРОВАНИЕ

Цель: решать задачи, связанные с полным и неполным доминированием, осваивать понятия «доминантный», «рецессивный», «гомозиготный», «гетерозиготный», учить решать задачи, связанные с моно-и дигибридным скрещиванием.

Дано	Ген	Генотип
Рыжий цвет волокна	A	AA
Белый цвет волокна	a	aa
Бежевый цвет волокна	A, a	Aa

Задание 1. Рыжая окраска волокна хлопчатника не полностью доминирует над белой, и в F_1 образуются растения с бежевыми волокнами. Если гибриды F_1 скрещиваются между собой, какой результат можно ожидать в F_2?

P	♀	фенотип	рыжие	x	♂	белые
		генотип	AA			aa
гаметы			A			a
F_1	**Aa**					
	бежевые					

P	♀	фенотип	бежевые	x	♂	бежевые
		генотип	Aa			Aa
гаметы			A a			A a
F_2	**AA**	**Aa**	**Aa**	**aa**		
	рыжие		бежевые		белые	
	25%		50%		25%	
соотношение по генотипу				1:2:1		
соотношение по фенотипу				1:2:1		

Задание 2. У ночных красавиц красный цвет лепестков преобладает над белым. Скрещивание красноцветковых форм богомола с белоцветковыми формами (F_1) даёт формы с розовыми цветками, а второе скрещивание (F_2) даёт 50% розовых, 50% белоцветковых форм. Определите генотип родителей и гибридов F_2 во втором опыте.

P	♀	фенотип	розовые	x	♂	белые
		генотип	?			?
гаметы			?			?
фенотип			розовые			белые
генотип			?			?

Задание 3. Вставьте нужные данные вместо знаков вопроса в ячейках ниже и составьте задачу.

P		фенотип	?	x		?
		генотип	?a			A?
гаметы			? a			A ?
F_2	? ? ? ?					
	?		?			гладкие
	25%		50%			25%
соотношение по генотипу						?
соотношение по фенотипу						?

Задание 4. У дурмана красный цвет цветка не полностью доминирует над белым. Наличие колючек на поверхности плодов полностью доминирует над гладкостью. Растение с красными цветками и колючей поверхностью плода скрестили с растением с белыми цветками и гладкой поверхностью плода. В F_1 получено 960 растений, в F_2 – 1888 растений. Сколько растений F_2 похожи на родителей? Выразите полученные результаты в графике.

Задание 5. При скрещивании круглых пятнистых растений арбуза с растениями с удлиннёными зелёными плодами все растения в F_1 имели круглые зелёные плоды. Во втором опыте была проведена такая же гибридизация, и полученные в поколении растения можно разделить на следующие фенотипы: 20 растений с округлыми зелёными плодами; 18 растений с круглыми пятнистыми плодами; 19 растений с удлинёнными зелёными плодами; 21 растение удлинённое, с пятнистыми плодами. Определите генотип всех растений, полученных в результате селекции. Объясните наследование изученных признаков.

Обсудите и сделайте выводы.

1. Схематически изобразите механизм полностью доминантного наследования признаков.
2. Объясните закономерности наследования признаков при анализирующем скрещивании.
3. Как проявляются признаки у потомства при неполном наследовании?

4.3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА КОДОМИНИРОВАНИЕ И ПЛЕЙОТРОПИЮ

Цель: научиться решать задачи, связанные с кодоминированием и плейотропией.

Задача 1. Девушка с гомозиготной II группой крови вышла замуж за мужчину с гетерозиготной III группой крови. Какие группы крови будут у их детей?

P	♀	фенотип	II группа	x	♂	III группа
		генотип	AA			BO
гаметы:			?			?
F_1			II группа			IV группа
			?			?

Задача 2. Если девушка с гетерозиготной II группой крови выйдет замуж за мужчину с гетерозиготной III группой крови, какие группы крови будут у их детей?

Признак	II группа крови	II группа крови
II группа крови	I^A	$I^A I^A$ $I^A I^O$
III группа крови	I^B	$I^B I^B$ $I^B I^O$
Генотип женщины		?
Генотип мужчины		?
Генотипы детей		?

Задача 3. В родильном доме перепутали двух младенцев. Первая пара родителей имеет III и I группы крови, вторая пара – III и IV группы крови. Один ребенок имеет I группу крови, а второй – II. Определите родителей обоих детей.

1 семья

P	♀	фенотип	III	x	♂	I
		генотип	?			?
гаметы			?			?
F_1		?, ?				
			? крови		? крови	

2 семья

P	♀	фенотип	III	x	♂	IV
		генотип	?			?
гаметы			?			?
F_1		?				

Задача 4. Арахнодактилия у человека наследуется по аутосомно-доминантному типу. Наряду с изменением формы пальцев у людей с арахнодактилией имеются и другие патологии. Гомозиготные организмы погибают ещё в эмбриональном периоде. Какова вероятность рождения здоровых детей в семье, где муж и жена страдают синдромом арахнодактилии?

Задача 5. У некоторых пород кур короткие ноги. Этот ген расположен в аутосоме и наследуется по доминантному типу. Он также ответственен за короткий клюв. Гомозиготы погибают в эмбриональном периоде. Какие генотипические организмы должны скрещивать для получения коротконогих цыплят на птицефабрике?

Задача 6. У мексиканского дога ген, вызывающий отсутствие шерсти, в гомозиготном состоянии ведёт к гибели потомства. При скрещивании двух нормальных догов часть потомства погибала. При скрещивании того же самца со второй самкой гибели потомства не было. Каких щенков мы получим, если скрестим щенков от первого скрещивания с гетерозиготными организмами?

Задача 7. В результате скрещивания мышей с серой шерстью родились 72 мышонка с серой и 36 с чёрной шерстью. Определите генотип родителей, участвующих в скрещивании.

Задача 8. Серповидная анемия наследуется рецессивно. 90 % детей с этим признаком рано умирают. Здоровый молодой человек от здоровых родителей женился на здоровой женщине, у которой также были здоровые родители, но у неё рано умер брат. В этой семье родились 4 детей, один из которых умер в возрасте 5 лет. Какова вероятность последующего рождения у них здоровых детей?

Обсудите и сделайте выводы.

1. Схематически изобразите механизм наследования признаков при кодоминантности.
2. Знаете ли вы группы крови членов вашей семьи? Как вы думаете, почему важно знать свою группу крови?
3. Как проявляются признаки в поколениях при плейотропном наследовании?

4.4. ГЕНЕТИКА ПОЛА

Проверка базовых знаний. Вы наверняка знаете, что мужской и женский организмы отличаются друг от друга по своей биологической природе. Объясните, как.

Генетика пола
Половой диморфизм
Гомогамета
Гетерогамета
Прогам
Эпигам
Сингам

У бактерий и водорослей нет полового размножения, они размножаются делением. На определённом этапе эволюции на Земле появились раздельнополые организмы. Появление таких организмов имело важное биологическое значение в развитии органического мира. Появление пола позволило увеличить разнообразие генетической информации поколений и сформировать приспособление организмов к меняющимся условиям среды.

Пол – это совокупность признаков и свойств организма, обеспечивающих размножение путём образования гамет, передачу генетической информации следующему поколению. У высших животных признаки, создающие половые различия, делятся на **первичные** и **вторичные**. Первичные половые признаки включают различия в половых органах. Вторичные половые признаки появляются под влиянием гормонов, выделяемых половыми железами. Например, самцы птиц и млекопитающих отличаются крупным размером тела и яркой окраской. Благодаря генетической информации женский и мужской пол в природе различаются. У живых организмов половые признаки выражены морфологическими, физиологическими, биохимическими и поведенческими особенностями. Разница во внешнем виде мужских и женских особей называется **половым диморфизмом** *(рис. 4.9)*



Рис. 4.9. Половой диморфизм у животных

Половой диморфизм наблюдается у большинства раздельнополых животных, и соотношение полов примерно одинаково – 1:1. Пол определяется в момент оплодотворения и определяется генотипически хромосомным набором. Хромосомы, одинаковые у мужчин и женщин, называются аутосомами. Кариотипы мужских и женских особей животных организмов различаются по паре хромосом. Эту пару называют половыми хромосомами (гетеросомами). У большинства мужских организмов в природе встречаются ХУ, а у женских организмов ХХ половые хромосомы *(рис. 4.10)*

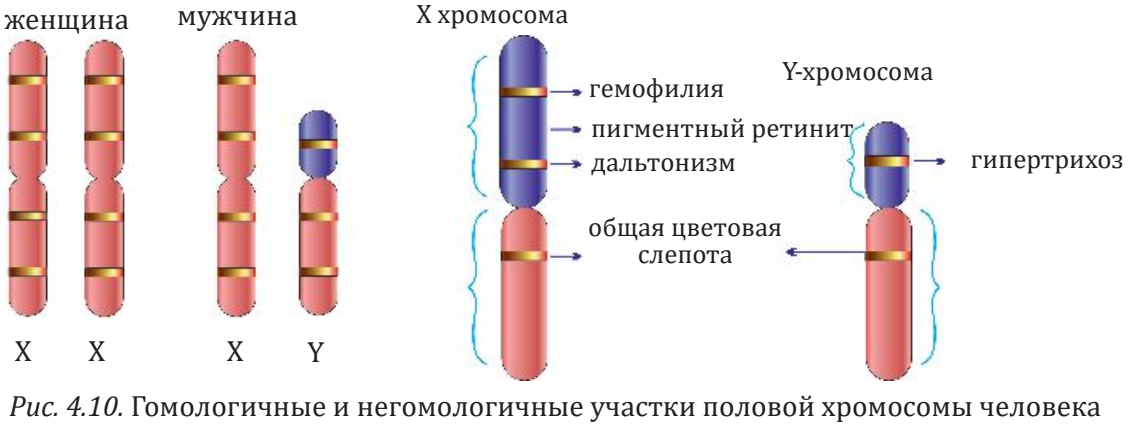
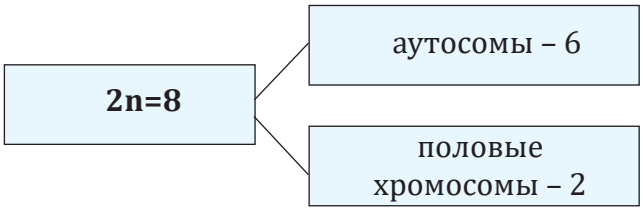


Рис. 4.10. Гомологичные и негомологичные участки половой хромосомы человека

Например, у мухи дрозофилы кариотип состоит из 6 аутосом и 2 половых хромосом:



Гомогаметный пол – пол особей, в кариотипе которых образуются одинаковые гаметы, несущие одинаковые половые хромосомы. Гетерогаметный пол – пол особей, в кариотипе которых образуются разные гаметы, несущие разные половые хромосомы. Женщины, самки млекопитающих и некоторых насекомых гомогаметны, а мужчины и самцы гетерогаметны. Наоборот, у птиц, некоторых рептилий и некоторых насекомых самцы гомогаметны, а самки гетерогаметны *(рис. 4.11)*. При образовании половых клеток в процессе мейоза в гаметы гетерогаметных индивидов попадают X и Y хромосомы. Поэтому в процессе полового размножения количество мужских и женских особей одинаково. Например, у человека кариотип: 44+XX у женщин, 44+XY у мужчин.

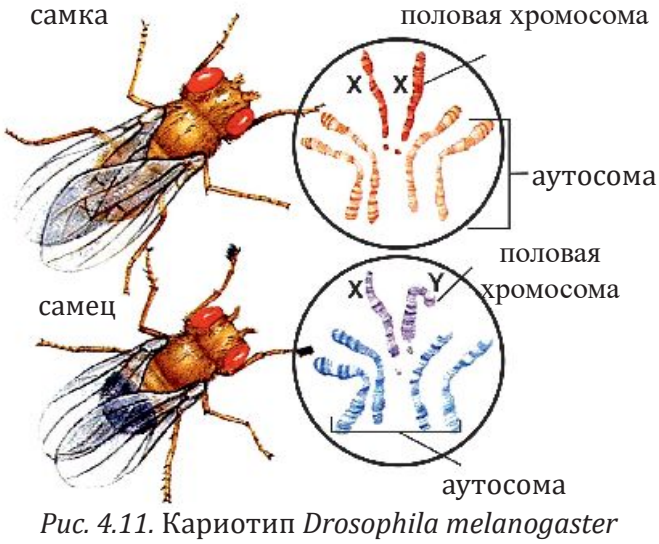


Рис. 4.11. Кариотип *Drosophila melanogaster*

♀ \ ♂	самка	
	22+X	22+Y
самка 22+X	44+XX	44+XY

У некоторых организмов наблюдается гетерогаметность вследствие утраты одной половой хромосомы. В результате гомогаметный организм – это XX, а гетерогаметный – X0.

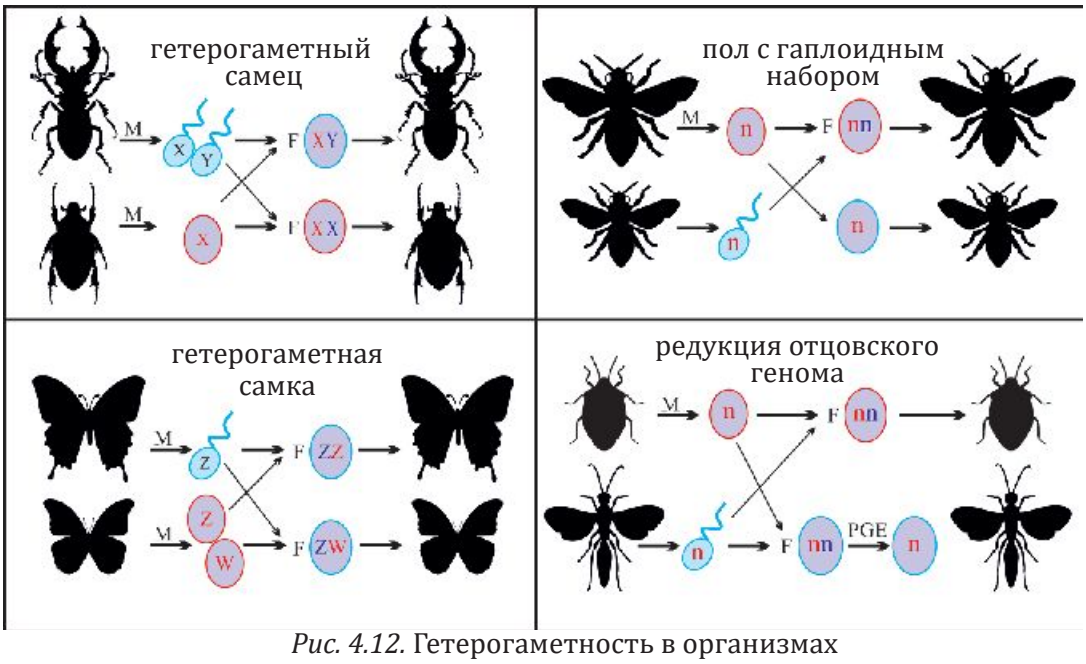
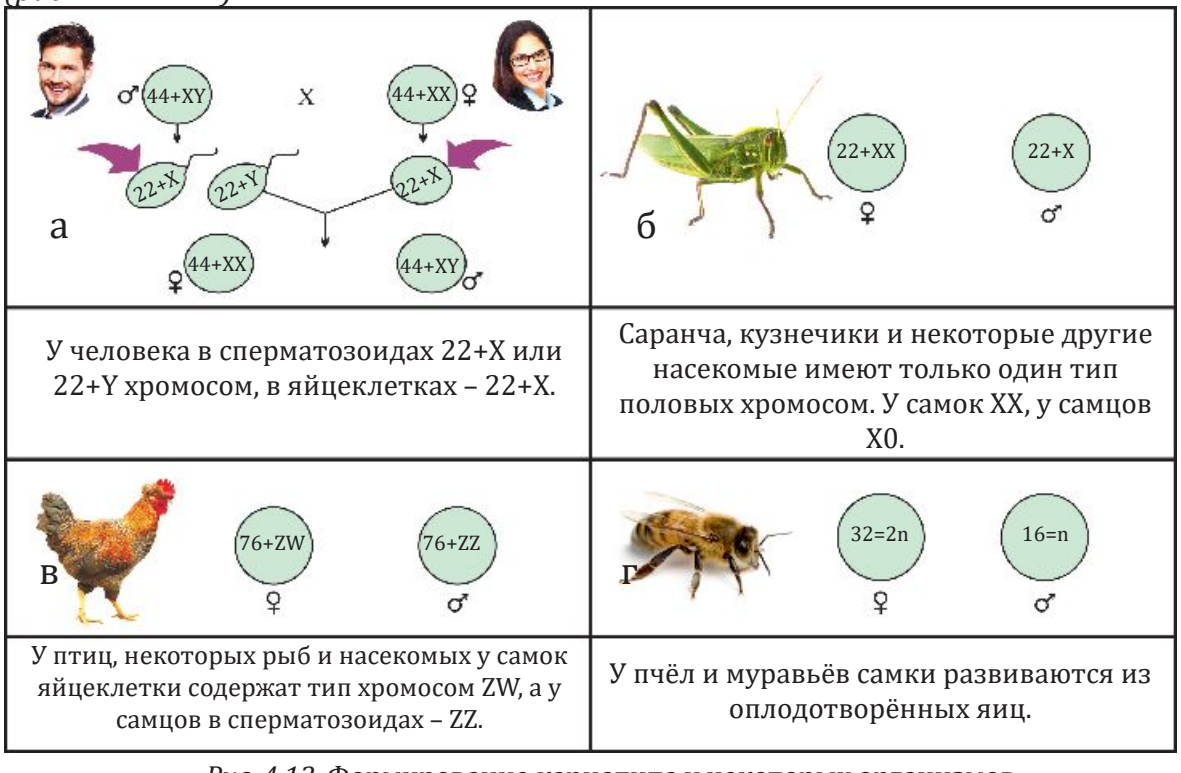


Рис. 4.12. Гетерогаметность в организмах

Самки клопов и стрекоз имеют XX половые хромосомы, а самцы X0, у моли, наоборот, половые хромосомы самок X0, а самцов XX. Соответственно у самцов клопа 13 хромосом, а у самок 14. Из них 12 хромосом аутосомные. *(рис. 4.12 – 4.13)*



У человека в сперматозоидах 22+X или 22+Y хромосом, в яйцеклетках – 22+X.	Саранча, кузнечики и некоторые другие насекомые имеют только один тип половых хромосом. У самок XX, у самцов X0.
У птиц, некоторых рыб и насекомых у самок яйцеклетки содержат тип хромосом ZW, а у самцов в сперматозоидах – ZZ.	У пчёл и муравьёв самки развиваются из оплодотворённых яиц.

Рис. 4.13. Формирование кариотипа у некоторых организмов

Определение пола. Организмы делятся на три группы по сроку определения пола. В **прогамном типе** определения пола у организмов пол известен до оплодотворения яйцеклетки. Например, в женском организме аскарид и дождевых червей образуются два типа яиц: крупные, богатые цитоплазмой, и мелкие, малоцитоплазматические, с гаплоидным набором хромосом. В результате оплодотворения женский организм образуется из зиготы, богатой цитоплазмой, а мужской – из маленькой зиготы с меньшим количеством цитоплазмы. При **эпигамном типе** гендерной детерминации формирование пола зависит от факторов внешней среды. Например, если некоторые черви покидают яйцо и ведут свободную жизнь, то образуется самка; если женский организм прикрепляется к паразиту, развивается мужской организм. Широко распространен **сингамовый тип** определения пола, и пол яйцеклетки известен в период оплодотворения. Пол в основном определяется половыми хромосомами. Например, у млекопитающих, у дрозофилы, таким образом определяется пол.

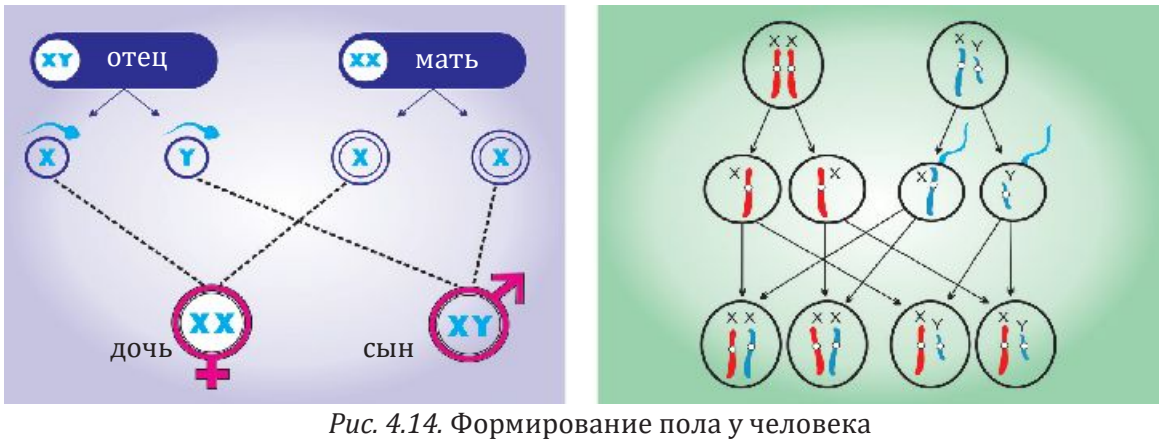


Рис. 4.14. Формирование пола у человека

У человека тип XX определяет женский пол, тип XY – мужской *(рис. 4.14).* Пол определяется по наличию яичников у женщин и семенников у мужчин. Установлено, что у человека половые клетки образуются из эпителия половых желёз.

Понимание половых различий организма в природе важно для изучения изменений в популяциях. Изучение пола у человека имеет большое значение при исследовании закономерностей наследования генетических заболеваний, их профилактике, при анализе последствий брака между родственниками.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Что такое половой диморфизм?
2. Приведите примеры гомогаметных и гетерогаметных женских организмов.
3. Назовите механизмы определения пола.
4. Можно ли управлять полом в природе?

Применение. Заполните приведённую ниже таблицу в тетради.

Признаки отца	Признаки ребёнка	Признаки матери

Анализ. Можно ли определить наследование аутосомных признаков у мужских и женских организмов?

Синтез. Назовите мужские гомогаметные организмы приведённых организмов: воробей, кролик, голубь, медведь, тигр, дрозофила, лисица, ласточка, мышь, тутовый шелкопряд, бабочка.

Оценка. В природе соотношение полов 1:1 иногда нарушается. Как вы оцениваете такую ситуацию?

4.5. НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННОЕ С ПОЛОМ

Закон Моргана
Наследование признаков, сцепленное с полом
Реципрокное скрещивание

Проверка базовых знаний. Какое значение имеет появление половых различий у живых организмов?

В опытах, проведённых Грегором Менделем, независимо от того, какое растение взято в качестве пестика и какое растение – в качестве опылителя, в первом поколении получался один и тот же результат: жёлтая окраска плода преобладала над зелёной, а красная окраска цветка доминировала над белой. Однако более поздние опыты над скрещиванием организмов показали, что в ряде случаев признаки в сочетании с полом давали разные результаты от поколения к поколению.

Наследование признаков путём присоединения половой хромосомы. Изучением наследования признаков, сцепленных с полом, занимался Т. Морган, и он изучил наследование цвета глаз дрозофилы.

У мухи дрозофилы цвет глаз является наследственным признаком, сцепленным с Х-половой хромосомой. У неё красный цвет глаз (А) доминирует над белым (а).

Исследователи скрестили красноглазую самку дрозофилы с белоглазым самцом X^aY с гомозиготным генотипом X^AX^A. В F_1 всё потомство оказалось красноглазым. Из полученных в F_2 красноглазых самок ½ часть имела гомозиготный генотип, а вторая ½ – гетерозиготный. Среди самцов ½ часть имела красные глаза, а другая ½ – белые.

Если взять для скрещивания красноглазых гетерозиготных самок и белоглазых самцов, то ½ часть самок будет красноглазая, а вторая ½ – белоглазая. У ½ части самцов глаза красные, у второй ½ – белые *(рис. 4.16)*

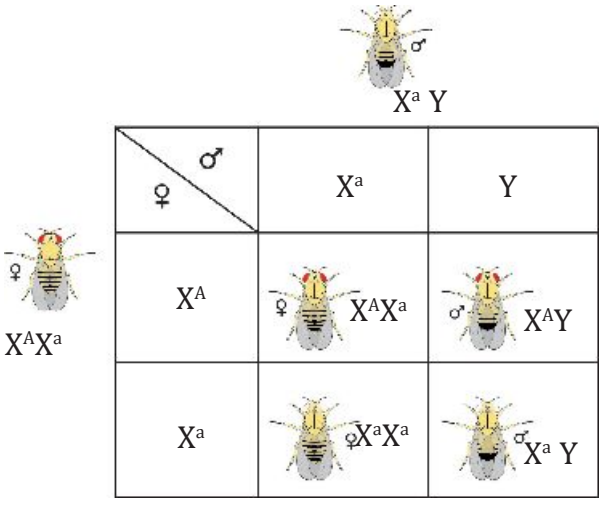


Рис. 4.16. Наследование цвета глаз у дрозофил

У птиц, ракообразных, некоторых рыб, насекомых (чешуекрылых) и рептилий пол определяется хромосомами в системе ZW/ZZ. При этом женский организм обычно гетерогаметен, и его половые хромосомы определяются Z и W. Например, у куриц рябая окраска перьев доминантная, чёрная – рецессивная. Гены локализованы в Z-хромосоме.

Если скрещиваются чёрная (Z^bW) курица с рябым (Z^BZ^B) петухом, в F_1 появляется рябое потомство *(рис. 4.18)*.

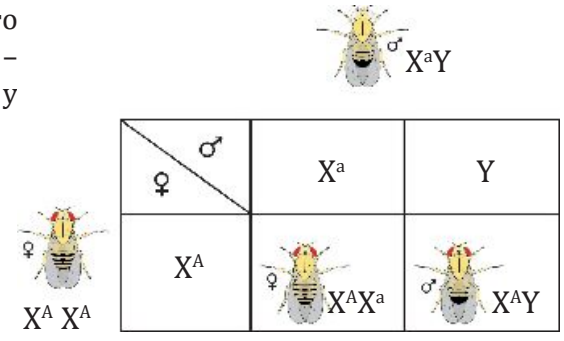


Рис. 4.15. Наследование цвета глаз у дрозофил

Если взять для скрещивания белоглазых самок мухи и красноглазых самцов (реципрокное скрещивание), самцы дрозофилы, полученные в F_1, будут белоглазыми, а самки дрозофилы – красноглазыми. ½ часть самки дрозофилы в F_2 будет иметь красные глаза, а вторая ½ – белые. У ½ части самцов будут красные глаза, а у второй ½ – белые *(рис. 4.17)*.

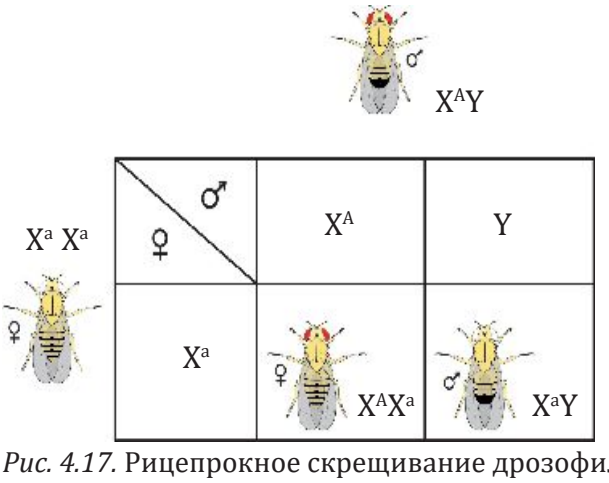


Рис. 4.17. Рицепрокное скрещивание дрозофилы

В F_2 все петухи будут рябыми, а курицы ½ рябыми, а ½ с чёрными перьями. Соотношение составляет 3:1, или 75% птиц с рябым оперением и 25 % с чёрным оперением.

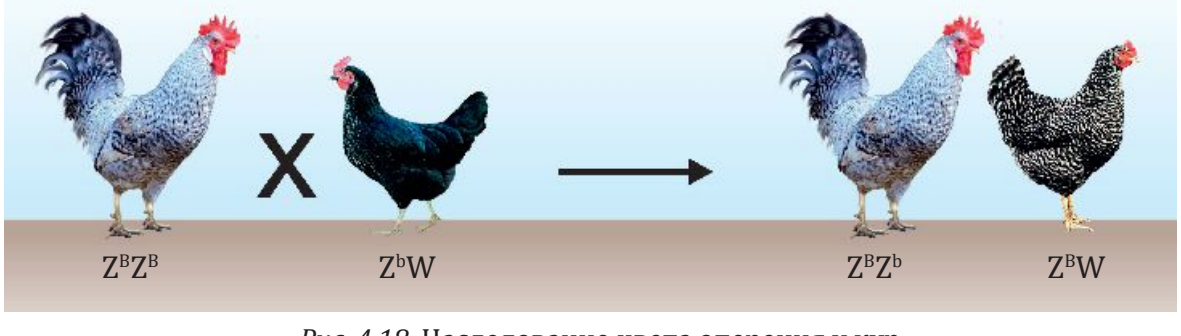


Рис. 4.18. Наследование цвета оперения у кур

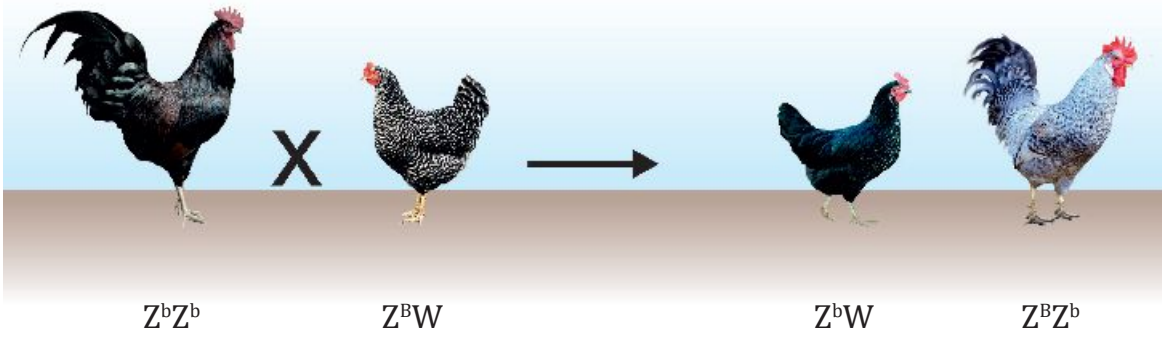


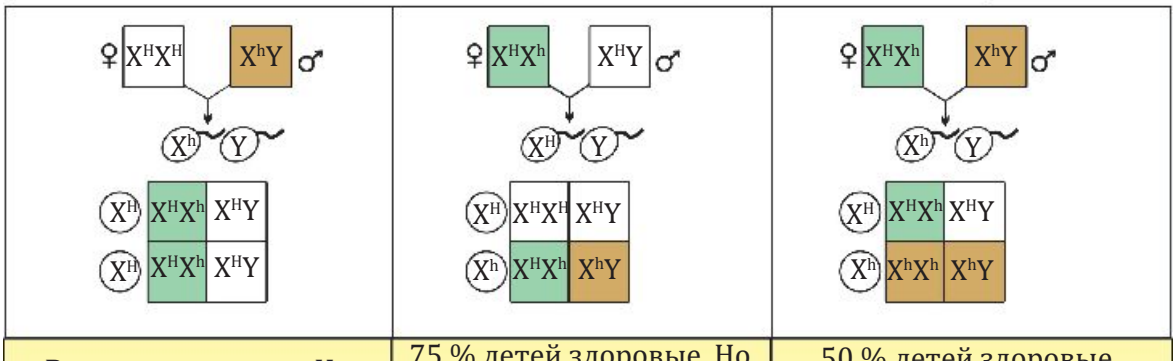
Рис. 4.19. Реципрокное скрещивание кур

При реципрокном скрещивании рябой курицы с чёрным петухом в F_1 получаются чёрные курицы и рябые петухи. В F_2 ½ курочек и петушков имеют рябую окраску, ½ – чёрную *(рис. 4.19)*

У людей несахарный диабет, рахит, не вылечивающийся витамином D, отсутствие второго резца, тёмный цвет зубной эмали, гемофилия, дальтонизм и куриная слепота сцепленно наследуются с половой Х-хромосомой *(рис. 4.20. – 4.21.)*

Дети с гемофилией, нарушением свёртываемости крови, становятся слабыми и в некоторых случаях умирают. Заболевание передаётся из поколения в поколение через женщин с гетерозиготным генотипом.

генотип	X^HX^H	X^HX^h	X^hX^h	X^HY	X^hY
фенотип	здоровая девушка	девушка-носитель	больная девушка	здоровый мужчина	больной мужчина



Все дети здоровые. Но все девушки носители.	75 % детей здоровые. Но 50 % девочек являются носителями, 50 % мальчиков болеют.	50 % детей здоровые, 50 % девочек являются носителями, 50 % мальчиков больные.

Рис. 4.20. Наследование гемофилии у человека

Ген дальтонизма передается по наследству, как гемофилия *(рис. 4.21)*.

Наследование заболевания в семье, где мать является носительницей дальтонизма, а отец здоров.				Наследование заболевания в семье, где мать является носительницей дальтонизма, а отец болен.			
	X^DX^d				X^DX^d		
X^DY		X^D	X^d	X^dY		X^D	X^d
	X^D	X^DX^D	X^DX^d		X^d	X^DX^d	X^dX^d
	Y	X^DY	X^dY		Y	X^DY	X^dY

Рис. 4.21. Наследование дальтонизма у человека

Некоторые гены расположены в Y-хромосоме и передаются по наследству сцепленно с этой хромосомой. Например, ген, определяющий избыточный рост волос у человека (гипертрихоз), ихтиоз, крупные и мелкие зубы, силу, расположен на Y-хромосоме и передается от отца только сыновьям *(рис. 4.22)*.

	XX		
XY^b		X	X
	X	XX	XX
	Y^b	XY^b	XY^b

Рис. 4.22. Наследование признаков у человека связано с Y-хромосомой

Обычно в процессе мейоза аутосомы и половые хромосомы равномерно распределяются в гаметах. В некоторых случаях половые хромосомы могут неравномерно распределяться по клеткам в ходе мейоза. В результате одна гамета имеет две Х-хромосомы, а другая гамета не имеет Х-хромосомы. Такая яйцеклетка при оплодотворении со сперматозоидами с Х-хромосомой или Y-хромосомой образует четыре различных типа зигот *(рис. 4.23)*

1	XX + X = XXX
2	XX + Y = XXY
3	0 + X = X0
4	0 + Y = Y0

Рис. 4.23. Последствия неравномерного распределения хромосом

Как в этом случае наследуются половые признаки?

При скрещивании изученной выше белоглазой самки дрозофилы с красноглазым самцом, если Х-хромосома распределена в гаметах неравномерно, дрозофилы с тремя Х-хромосомами (XXX) будут очень крупными самками, и они погибнут. Самка дрозофилы, которая развивается из зиготы XXY с двумя Х и одной Y-хромосомами, будет иметь белые глаза. Дрозофила с одной Х-хромосомой будет самцом с красными глазами, даже если Y-хромосома отсутствует. Мужской организм, генотип которого имеет только Y-хромосому, также погибнет. Такая ситуация показывает, что Y-хромосома не всегда служит индикатором мужского пола у дрозофилы.

Так, сцепленные с Х-хромосомой признаки передаются от матери дочерям и сыновьям, а от отца – только дочерям. Y-сцепленные признаки наследуются от отца только сыновьям.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

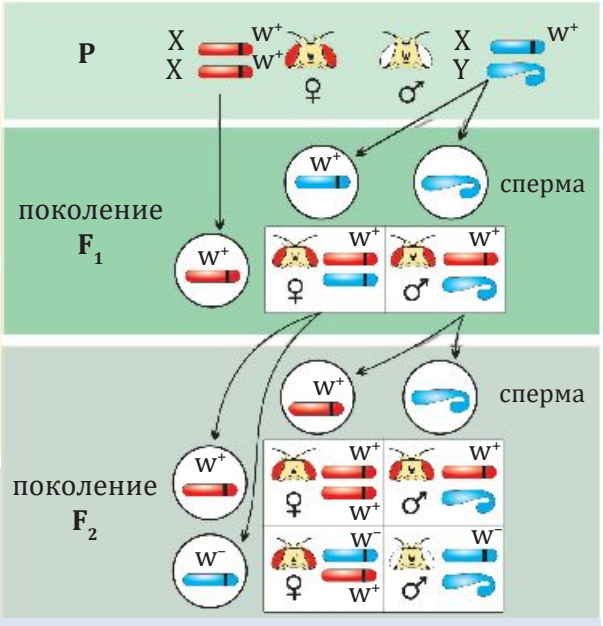
1. Приведите примеры наследования признаков, сцепленных с полом.
2. Расскажите суть опыта, проведённого Морганом.
3. Что такое реципрокное скрещивание?
4. Приведите пример зависимого от пола наследования признаков у организмов.

Применение. Объясните, почему белый цвет глаз у дрозофилы наблюдается у самцов поколения F_2.

Анализ. Возможно ли определить пол цыплят только по окраске их оперения в том случае, если золотистая курица скрещена с гомозиготным серым петухом?

Синтез. Предложите эффективное решение для профилактики наследственных заболеваний. Поделитесь своими предложениями с одноклассниками.

Оценка. Поговорите с родителями о болезнях, общих для большинства ваших близких родственников. Как вы оцениваете эффективность работы, проводимой сегодня в медицине, против генетических заболеваний?



4.6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ, СВЯЗАННЫХ С ПОЛОМ

Цель: научиться решать задачи, связанные с полом.

В истории генетики Г. Мендель первым ввёл буквенную символику для генов. Наследственные факторы, вызывающие развитие доминантного признака, он обозначил большими буквами, а рецессивного – малыми. Но позже, когда многие гены были изучены у разных организмов, стало ясно, что обозначение их одними и теми же буквами приведет к путанице. В связи с этим в настоящее время ген принято обозначать начальной буквой английского алфавита.

Например, у плодовой мушки дрозофилы чёрное тело *(black)* – b, серое тело – b+, нормальные крылья *(vestigial)* – vg+, укороченные – vg, у кремнистой кукурузы эндосперм – wx, а у крахмалистой – wx+. Как видите, когда гены представлены большой буквой или английскими буквами, доминантные аллели не всегда пишутся большими буквами, а за строчными буквами следует арифметический знак плюс (+).

Порядок выполнения работы:

Задание 1. Генетические символы используются при изучении наследственности человека. Дальтонизм является рецессивным признаком, его аллель наследуется путём присоединения к Х половой хромосоме. По этому признаку мать здорова, а отец – дальтоник. Если в семье родился сын-дальтоник, составьте схему наследования дальтонизма в семье.

Фенотип	Генетические символы
Здоровая женщина	
Здоровый мужчина	
Больная женщина	
Больной мужчина	
Брак	

Задание 2. Группы крови у человека определяются аллелями A, B, O. В таблице ниже показаны группы крови родителей и их детей.

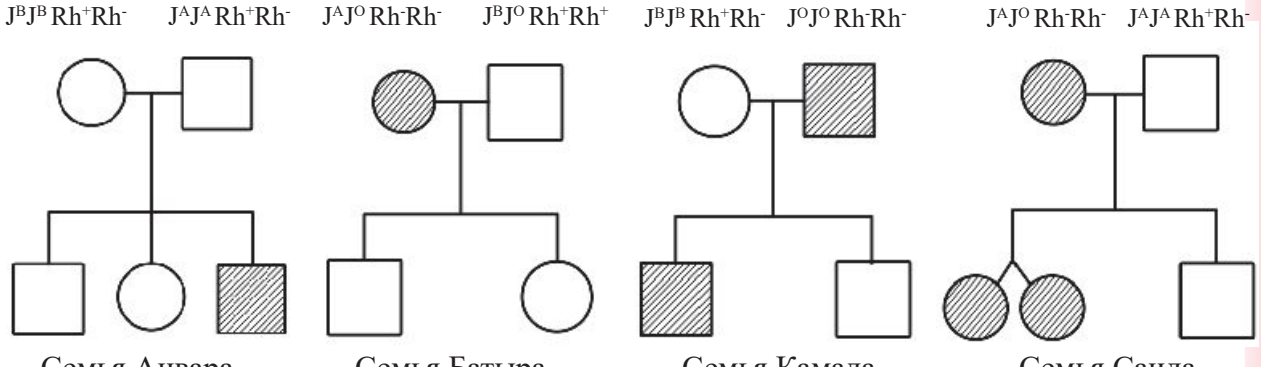
Группа крови	
фенотип	**генотип**
Группа крови I	J^OJ^O
Группа крови II	J^AJ^A J^AJ^O
Группа крови III	J^BJ^B J^BJ^O
Группа крови IV	J^AJ^B

	Мать	**Отец**
фенотип	Группа крови IV	Группа крови I
генотип	J^AJ^B	J^OJ^O
гаметы	J^A J^B	J^O
генотип потомства	J^AJ^O	J^BJ^O
фенотип	Группа крови II	Группа крови III

Задание 3. Недостаточность иммунитета у детей связана с тем, что в их крови не синтезируется γ-глобулин. Один вид генов, вызывающих эту болезнь, находится в аутосоме, а другой вид – в половой X-хромосоме. Оба наследственных признака рецессивны. Мать является гетерозиготной по обоим признакам. Отец здоров и у его предков заболеваний не наблюдалось. Какой процент рождённых в этой семье детей будет здоровым по первому признаку?

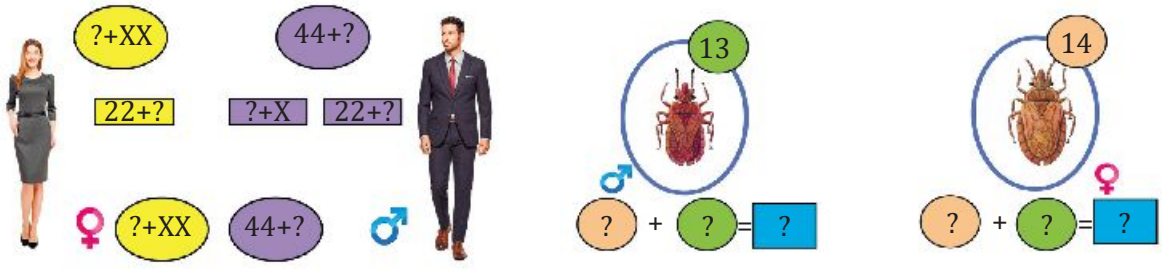
Задание 4. Гипертрихоз наследуется как сцепленный с Y-хромосомой признак, который проявляется лишь к 17 годам жизни. В семье, где женщина здорова, а муж является обладателем гипертрихоза, родился мальчик с ихтиозом. Могут ли девочки, родившиеся в этой семье, иметь признаки гипертрихоза?

Задание 5. Rh (резус-фактор) – это тип антигена, располагающийся на мембране эритроцитов человека. Если мембрана имеет Rh-антиген, то Rh – положительный, а если отсутствует, тогда Rh – отрицательный. Положительный Rh – доминантный признак, он может иметь гомозиготный или гетерозиготный генотип. Отрицательный Rh находится только в гомозиготном состоянии. Несовместимость Rh фактора у человека в основном наблюдается при несовместимости крови матери и плода. Если плод Rh-положительный, а мать Rh-отрицательная, лейкоциты матери распознают Rh-антиген плода как инородное тело и вырабатывают антитоксины против плода. Антитоксины проходят через плаценту к плоду. Плод рождается с гемолитической болезнью. Объясните механизмы наследования заболевания в приведённых ниже семьях.

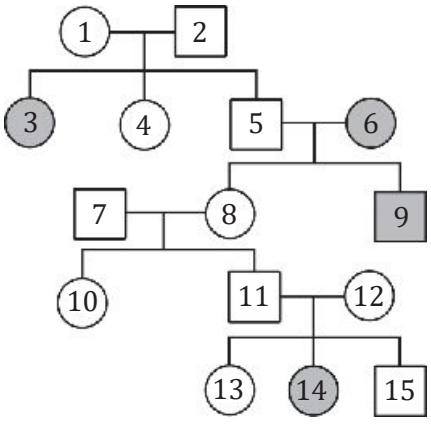


Семья Анвара Семья Батыра Семья Камала Семья Саида

Задача 6. Составьте задание по картинке.



Задание 7. Создайте задачу по схеме.



Обсудите и сделайте выводы.

1. Схематично изобразите механизм генетического наследования признаков.
2. Изменяются ли законы наследования признаков при реципрокном скрещивании?
3. Как проявляются признаки у потомства при наследовании, сцепленном с Y-хромосомой?

4.7. ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Изменчивость
Модификационная изменчивость
Норма реакции
Биометрия
Закон Кетле
Вариационный ряд

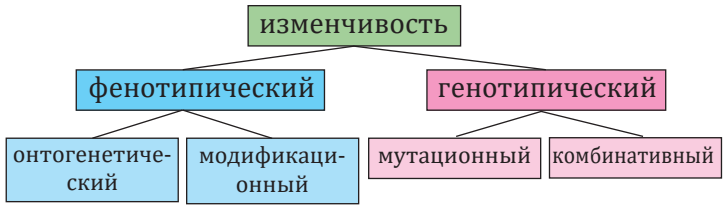
Проверка базовых знаний. Объясните значение изменчивости в эволюции как свойства живых организмов.

Изменчивость – это способность живых организмов приобретать новые признаки и свойства, отсутствующие у родителей *(рис. 4.23).* Разнообразие организмов обеспечивается изменчивостью.

Изменчивость бывает фенотипическая (ненаследственная) и генотипическая (наследственная).



Рис. 4.23. Изменчивость живых организмов



Фенотипическая изменчивость подразделяется на *онтогенетическую* и *модификационную*. *Онтогенетическая изменчивость* возникает в процессе развития живого организма. Формирование крупного растения из маленького семени и изменения в организме ребёнка в течение жизни происходят благодаря онтогенетической изменчивости *(рис. 4.25)*.



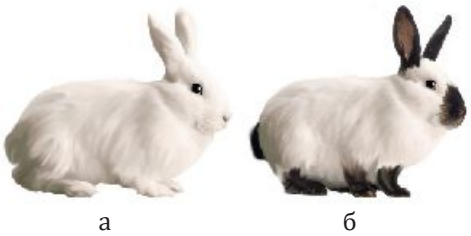
Рис. 4.24. Онтогенетическая изменчивость

Модификационная изменчивость возникает под влиянием факторов внешней среды. Одуванчик, растущий в плодородной почве, имеет крупные листья, большой диаметр соцветия и длинные цветоножки. Растения, выросшие в горах, имеют мелкие листья, маленький диаметр соцветия и длинные цветоножки. Но если семена растений в обоих случаях собрать и посадить в почву со всеми условиями, то все растения будут развиваться одинаково *(рис. 4.26)*.



Рис. 4.25. Модификационная изменчивость

При выращивании гималайского кролика при температуре +30 °С шерсть животного будет полностью белой. Если его растить при температуре +18 °С, то его конечности, мордочка и уши станут чёрными, а остальные части останутся белыми *(рис. 4.27)*



а б

Рис. 4.26. а – кролик, выращенный при температуре выше +30 °С; б – кролик, выращенный при температуре +18 °С

Если у гималайского кролика на спине выщипать белую шерсть и поместить его в холод (или наложить холодную повязку), на этом месте вырастет чёрная шерсть. Если чёрную шерсть удалить и наложить тёплую повязку, вырастет белая шерсть.

Поскольку генотип не изменяется, модификационная изменчивость не наследуется. Способность одного генотипа менять фенотип в зависимости от условий внешней среды, называется *нормой реакции*. Эволюционное значение модификационной изменчивости заключается в том, что она позволяет организмам приспосабливаться к факторам окружающей среды в ходе онтогенеза. Организмы с широкой нормой реакции более приспособленные в условиях естественного отбора. Такие признаки, как рост, масса тела, пигментация кожи и другие, предрасположены к модификационной изменчивости.



Рис. 4.27. Изменение окраса шерсти гималайского кролика при низкой температуре

Происхождение разнообразия зависит от изменения биохимических и ферментативных реакций в организме.

Модификационная изменчивость характеризуется следующими свойствами:

- не наследуется;
- зависит от влияния внешних факторов;
- имеет групповой характер, встречается у многих организмов;
- обеспечивает жизнеспособность в изменяющихся условиях.

Модификационная изменчивость имеет большое значение в медицине. Определённое заболевание может быть разным у разных людей (связано с разной нормой реакции). Такие случаи очень распространены в медицине.

Биометрия занимается разработкой методов изучения изменчивости признаков.

Параметры перечислены в порядке возрастания, чтобы определить вариативность символов. Набор вариантов, расположенных в определённом порядке, называется вариационным рядом. Организмы в вариационном ряду измеряют и определяют их число повторений. Например, для определения длины кукурузного зерна кладут 100 зёрен в ряд в порядке возрастания длины. Длину каждого семени измеряют в мм и записывают в тетрадь. Подсчитывается количество семян одинаковой длины. На основании этого заполняется следующая таблица:

V	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
P	2	4	6	12	18	20	18	8	6	4	2

В индикаторе варианта (V) в таблице длина зерна кукурузы указана в мм в порядке увеличения количества (5, 6, 7...15 mm). Количество семян этой длины записывается в количестве повторений (P). Например, количество семян диаметром 5 mm равно двум, количество семян диаметром 6 mm равно четырём и так далее.

С помощью таблицы строится следующий график *(рис. 4.29)*. По оси абсцисс (горизонтальная линия) указан показатель варианта (например, длина семени в mm), а по оси ординат (вертикальная линия) – количество повторений каждого варианта. Затем все точки соединяются линией, и формируется вариационная кривая.

Чтобы определить, как часто встречается символ, находится его среднее значение. При этом средний показатель каждой группы умножается на количество повторений этой группы, а все эти показатели складываются вместе и делятся на общее количество вариантов. Для объективной характеристики изменчивости признака определяется среднее значение по формуле:

$M = \sum (V \cdot P) / N.$

Здесь M – средний показатель, $\sum$ – сумма; V – показатели варианта; P – частота повторения; N – общее количество вариантов.



Рис. 4.29. Графическое изображение таблицы

Воспользуемся таблицей для определения среднеарифметического значения зерна кукурузы.

$$M = \sum (5 \cdot 2) + (6 \cdot 4) + (7 \cdot 6) + (8 \cdot 12) + \ldots (15 \cdot 2) / 100.$$

Средней величине признака на графике соответствует самая высокая точка.

Определение этого показателя имеет большое значение в производстве. Например, стол и стул, на которых сидят ученики, будут производиться под ученика среднего роста. Ручки автобуса адаптированы к человеку среднего роста.

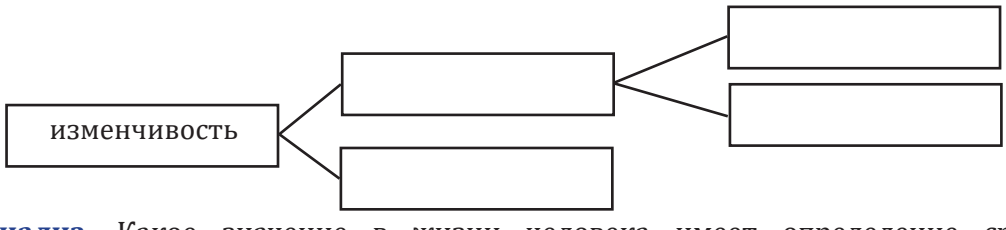
Итак, изменчивость – это появление новых признаков. Фенотипическая изменчивость подразделяется на онтогенетическую и модификационную. При установлении модификационной изменчивости определяют вариационный ряд, норму реакции и среднее арифметическое значение.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Какие типы фенотипической изменчивости существуют?
2. От чего зависит модификационная изменчивость?
3. Что такое онтогенетическая изменчивость?
4. Какие организмы приспосабливаются к внешней среде?
5. Как определяется среднее арифметическое значение символов?

Применение. Продолжите схему.

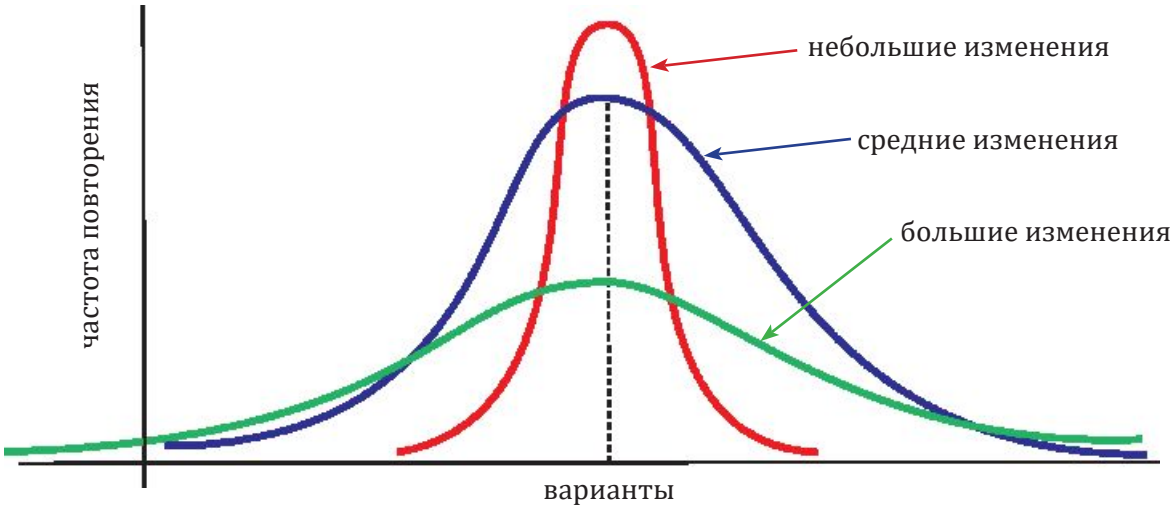


Анализ. Какое значение в жизни человека имеет определение среднего арифметического значения роста организмов?

Синтез. Приведите примеры изменчивости.

Онтогенетическая изменчивость	Модификационная изменчивость

Оценка. Проанализируйте график.



4.8. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. ИЗУЧЕНИЕ МОДИФИКАЦИОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Цель: изучить характер модификационной изменчивости и биометрические методы её изучения.

Оборудование: диаграммы, изображающие вариационный ряд и вариационную кривую, миллиметровая бумага, линейка, 100 семян фасоли.

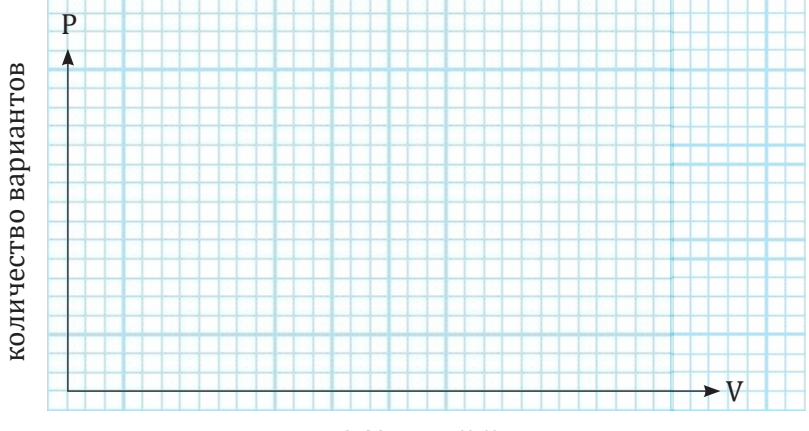
Запомните! *Биометрический метод* используется для изучения важности модификационной изменчивости. Для этой цели строится график и находится среднее арифметическое значение с использованием понятий «вариационный ряд», «вариационная кривая», «количество встречамости», «среднеарифметического показатель».

Порядок выполнения работы:

1. Измерьте длину семени фасоли в миллиметрах.
2. Постройте вариационный ряд длины семени от наименьшего числа к большему.
3. Подсчитайте количество семян одинаковой длины.
4. Поместите данные в таблицу.

Длина семян, mm (V)								
Количество вариантов, шт (P)								

5. Нарисуйте график, используя данные из таблицы.



6. Найдите среднее арифметическое значение по следующей формуле:

M = ∑ (V · R) / N.

Здесь M – средний показатель, ∑ – сумма; V – показатели варианта; P – частота повторения; N – общее количество вариантов.

Ситуационные вопросы.

1. При наблюдении метаморфоза у мух дрозофил обнаружены следующие изменения:

а) если к корму личинок добавить нитрат серебра ($AgNO_3$), окраска мух станет жёлтой, несмотря на то, что они гомозиготны (AA) по доминантному серому признаку;

б) мухи с гомозиготным рецессивным геном короткого крыла (bb) имеют короткие крылья при содержании при температуре +15 °C, а при содержании при температуре +31 °C крылья имеют нормальную длину.

Объясните природу таких изменений. Может ли в этом случае рецессивный ген стать доминантным?

2. 50 малышей в родильном доме имеют следующие показатели роста:

Рост, cm	44	46	49	50	52	55	57
Количество вариантов	5	3	7	15	10	6	4

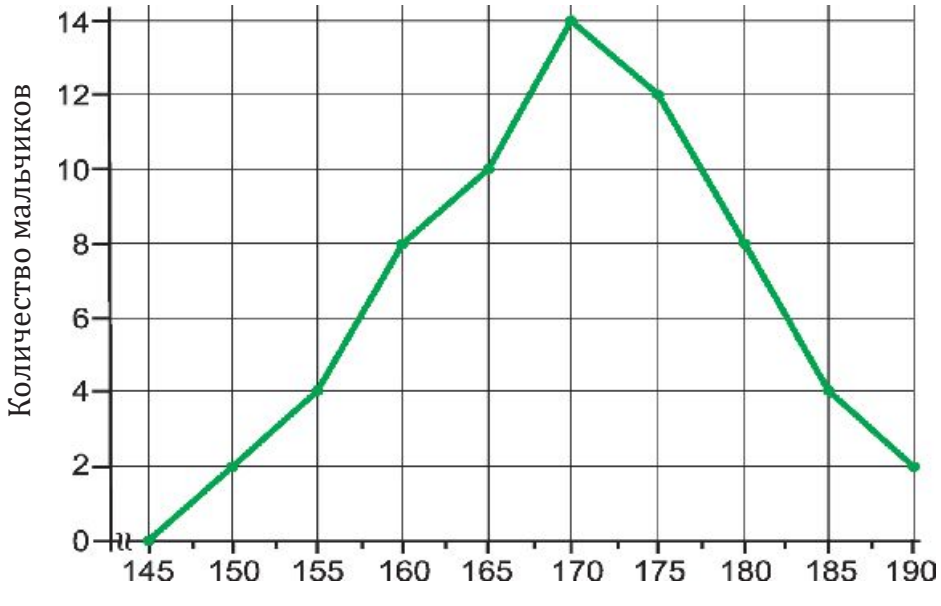
Нарисуйте вариационную кривую на основе показаний и определите среднее значение.

3. 50 детей в группе детского сада имеют следующие весовые показатели:

Вес (kg)	8,5	9,0	9,5	10,0	12,0	14,5	15,0
Количество вариантов	4	7	10	12	10	6	1

Нарисуйте вариационную кривую и определите среднее значение.

4. На графике приведена частота встречаемости роста мальчиков. По графику составьте таблицу и найдите среднее арифметическое значение.



Обсудите и сделайте выводы.

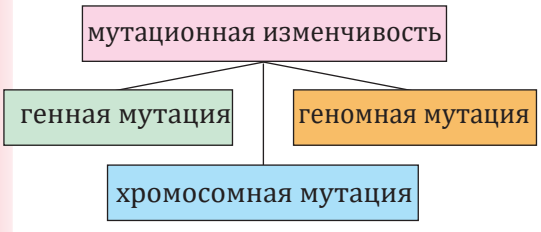
1. Какие символы в вариационном ряду повторяются чаще всего?
2. Каково значение учёта людей среднего возраста в производстве?

4.9. ВИДЫ ГЕНОТИПИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

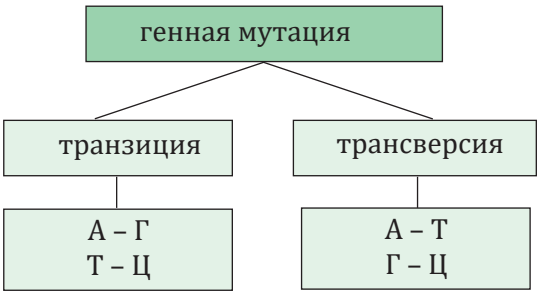
Проверка базовых знаний. Как происходят мутации? Полезны ли мутации?

Изменчивость
Мутация
Транзиция
Трансверсия
Делеция
Дупликация
Инверсия
Транслокация
Моносомия
Трисомия
Полисомия
Полиплоидия
Транслокация
Трисомия

Генотипическая изменчивость является наследственной изменчивостью и подразделяется **на комбинативные** и **мутационные виды.** Комбинативная изменчивость возникает из-за различных комбинаций генов организма. Мутационная изменчивость обусловлена внешними мутагенными факторами. Мутагенные факторы: физические – радиоактивные лучи, температура; химические – неорганические и органические вещества; биологические – вирусы, токсины.



В результате мутационной изменчивости образуются мутантные организмы. Мутационная изменчивость подразделяется на генные, хромосомные и геномные мутации.



Генные мутации связаны с изменением последовательности нуклеотидов. Замена пуринового основания на другое пуриновое, или одного пиримидинового на другое пиримидиновое, называется *транзицией*. Замена пуринового основания на пиримидиновое и наоборот называется *трансверсией*.

При серповидной анемии в результате замены тиминового нуклеотида на адениновый происходит трансверсия ДНК, ответственной за синтез гемоглобина. В результате получается валин вместо глютамина в аминокислотной последовательности. В результате эритроцит приобретает серповидную форму и не может полноценно выполнять свою функцию *(рис. 4.30)*

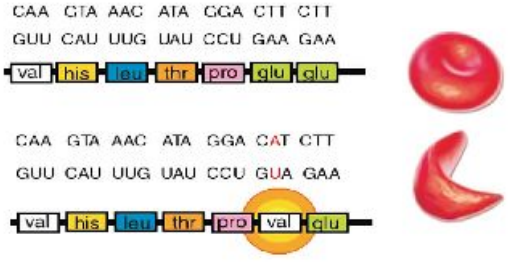


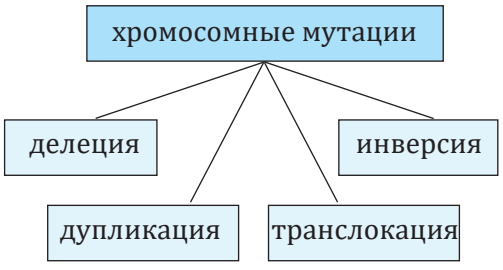
Рис. 4.30. Происхождение серповидной анемии

Альбинизм у человека характеризуется отсутствием пигмента меланина в коже, волосах и др. Глаза бледно-голубые или красноватые из-за просвечивающих капилляров. Альбинизм является генетическим заболеванием, поскольку изменяется последовательность нуклеотидов в гене. В результате фермент тирозиназа, способствующий образованию пигмента меланина из аминокислоты тирозина, синтезируется с дефектом. Больные альбинизмом чувствительны к солнечному свету. Часто они работают ночью *(рис. 4.31).* Мутации, вызывающие изменения в структуре хромосом, называются **хромосомными мутациями**.



Рис .4.31. Альбинизм

Хромосомные мутации происходят с изменениями участков хромосомы *(рис. 4.32).*



Существует четыре вида таких мутаций:

1) делеция – потеря участка хромосомы;

2) дупликация – удвоение одного и того же участка хромосомы,

3) инверсия – поворот участка хромосомы на 180°;

4) транслокация – обмен участками между негомологичными хромосомами.

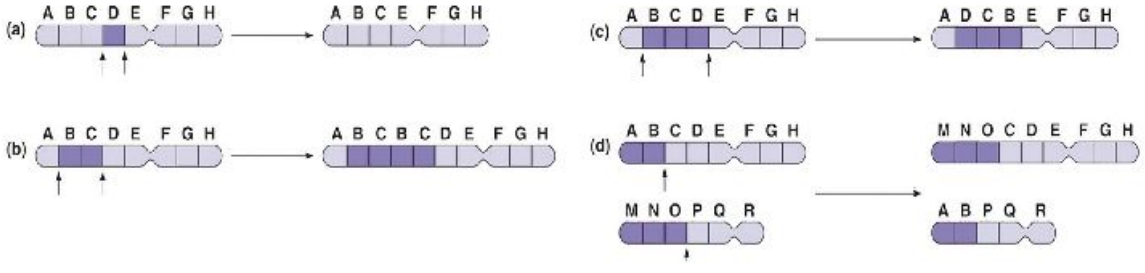


Рис. 4.31. Хромосомные мутации: а) делеция; б)дупликация; в) инверсия; г) транслокация

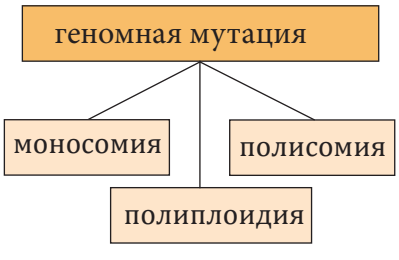
Геномные мутации связаны с изменением числа хромосом:

1) моносомия – отсутствие в хромосомном наборе диплоидного организма одной хромосомы (2n–1);

2) трисомия – наличие дополнительной хромосомы в кариотипе (2n+1);

3) полисомия – увеличение числа хромосом более чем на две (2n+3; 2n+4);

4) полиплоидия – кратное увеличение числа хромосом (^{2}n; ^{3}n; ^{4}n).



Через *моносомию* можно определить функцию хромосом в живом организме.

Моносомные линии были созданы путём уменьшения числа хромосом у хлопчатника и пшеницы до одной. Хлопок имеет 26 хромосом, и, сведя их к одной, можно определить активность гена, расположенного на этой хромосоме.

Трисомия – увеличение числа хромосом на одну. Число хромосом у табака 2n=24, n=12. Учёные создали 12 различных комбинаций табака с 25 хромосомами. Все они отличались друг от друга, и уровень их жизнеспособности резко снизился. У человека синдром Дауна вызывается трисомией 21-й хромосомы. В процессе мейоза 21-я пара хромосом распространяется к одному полюсу, не разделяясь. В результате яйцеклетка с 24 хромосомами оплодотворяется нормальным сперматозоидом (n=23) и приводит к развитию зиготы с 47 хромосомами. Обычно человек с **синдромом Дауна** живёт недолго, и у него не бывает детей.

Моносомии и трисомии возникают в результате неравномерного распределения хромосом к полюсам при делении клетки.

Полиплоидия широко распространена в растительном мире *(рис. 4.33)* Известно, что соматические клетки и зиготы имеют диплоидный набор (2n), половые клетки имеют гаплоидный набор (n). При полиплоидии количество гаплоидных наборов увеличивается многократно: 3n – триплоидный, 4n – тетраплоидный, 5n – пентаплоидный, 6n – гексаплоидный и т. д.



Рис. 4.32. Явление полиплоидии



Рис. 4.33. а) диплоидные и б) полиплоидные сорта хризантемы

Например, диплоидный набор хризантемы имеет 2n=18 хромосом. Гексаплоидный вид имеет 6n=54 хромосомы. В результате удвоения числа хромосом были получены растения с большой урожайностью и большим диаметром цветка *(рис. 4.34).*

В 1901–1903 годах голландский учёный Гюго де Фриз сформулировал теорию мутаций.

Мутация обладает следующими свойствами:

1) мутации возникают внезапно;
2) мутации являются качественными изменениями, наследуются;
3) мутации могут быть полезными или вредными;
4) вероятность обнаружения мутаций зависит от количества исследуемых особей;
5) одни и те же мутации могут возникать повторно;
6) любой участок хромосомы может подвергнуться мутации.

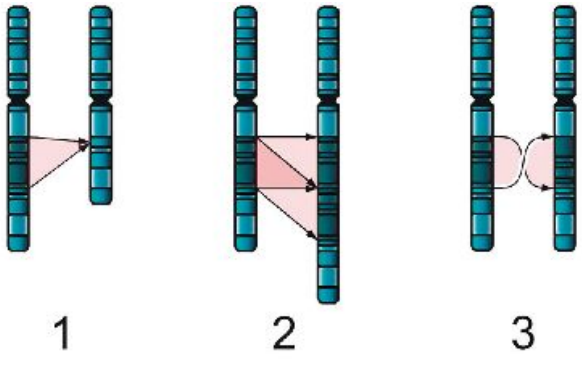
Итак, мутации происходят под влиянием мутагенных факторов. Генные мутации происходят в результате изменения последовательности нуклеотидов. Хромосомные мутации изменяют участки хромосом. Геномные мутации связаны с изменением числа хромосом. Хромосомную теорию разработал Гюго де Фриз.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Какие существуют виды мутаций?
2. К каким мутациям относятся трансверсия и транслокация?
3. Дайте определение полиплоидии и полисомии.
4. Укажите различия между делециями, дупликациями, инверсиями и транслокациями.
5. Объясните причины серповидной анемии.

Применение. Какой процесс изображен на рисунке?



Анализ. Семейная пара, у которой уже есть ребёнок-альбинос, хочет ещё одного ребёнка и обратилась к врачу за консультацией. Нужно ли в этом случае проводить анализ кариотипа гамет?

Синтез. Проверьте, является данная информация верной или ложной. Выпишите верную информацию.

1) Делеции и дупликации можно обнаружить при исследовании кариотипа.
2) Полиплоидия широко распространена в животном мире.
3) Моносомия наблюдается в результате увеличения числа хромосом на одну.
4) Мутации происходят на генном, хромосомном и геномном уровне.
5) Синдром Дауна обусловлен трисомией 21 хромосомы.
6) Альбинизм – результат геномной мутации.

Оценка.

1. Серповидная анемия наследуется рецессивно. Почему это заболевание реже встречается у диплоидных организмов? В каких случаях увеличивается вероятность болезни?

2. Почему полиплоидия среди растений ведёт к жизнеспособности, но среди животных резко снижает это качество?

4.10. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МОДИФИКАЦИОННОЙ И МУТАЦИОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Цель: изучить виды изменчивости, их сходства и различия.

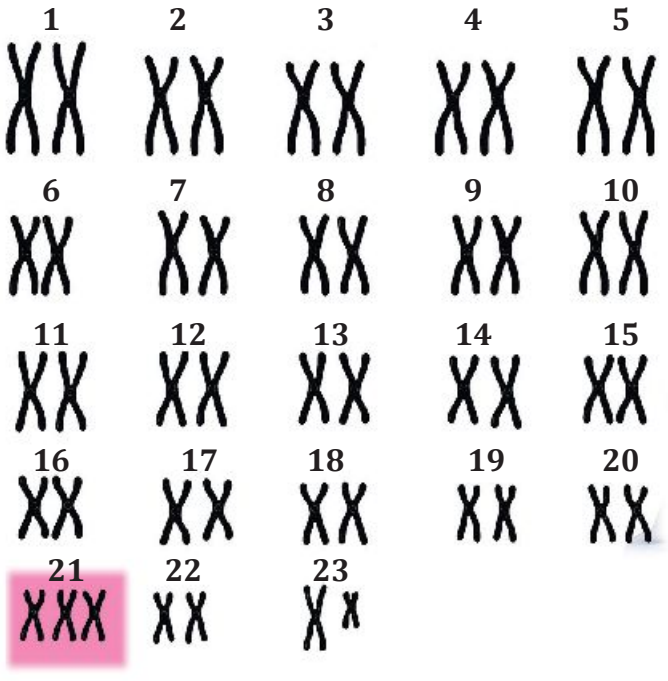
Задание 1. Сравните виды изменчивости.



Задание 2. Проанализируйте таблицу.

Особенность	Ненаследственная изменчивость	Наследственная изменчивость
Объект изменения	Фенотип	Генотип
Влияющие факторы	Факторы внешней среды	Комбинация генов, мутация
Воздействие на организм	Повышает выживаемость организмов в изменяющейся среде	Полезные изменения повышают жизнеспособность, вредные изменения ведут к гибели
Важность в эволюции	Обеспечивает приспособление к внешней среде	Приводит к появлению новых видов
Форма изменчивости	Групповая	Индивидуальная

Задание 3. Определите, какая мутация произошла по кариотипной структуре. Назовите болезнь и её симптомы.





Обсудите и сделайте выводы.

1. К какому виду изменчивости относится потемнение кожи у человека под воздействием солнца?
2. Чем объясняется разница между 5-летним ребёнком и 15-летним подростком?
3. Как называются мутации, связанные с изменением числа хромосом?
4. Почему нельзя обнаружить генные мутации при проверке кариотипа?

ЗАДАНИЯ К ГЛАВЕ IV

1. С какой группой крови родятся дети в семье, если мать гетерозиготная со II группой крови, а отец гомозиготный с III группой крови?

Признаки	Ген	Генотип
Группа крови II	I^A	$I^A I^A$; $I^A I^O$
Группа крови III	I^B	$I^B I^B$; $I^B I^O$
Генотип женщины		?
Генотип мужчины		?
Генотипы детей		?

2. Мужчина со II группой крови, у отца которого IV группа крови, а у матери – I, женился на гетерозиготной девушке с III группой крови. Определите фенотип и генотип девушки, мужчины и их детей.

3. Напишите значение типов определения пола.

Типы определения пола	Значение	Примеры
Прогамное		
Сингамное		
Эпигамное		

4. Определите гомогаметный и гетерогаметный пол у данных организмов и запишите их в таблицу.

Организмы	Гомогаметный пол	Гетерогаметный пол
Кошка		
Голубь		
Дрозофила		
Кузнечик		
Клоп		
Шимпанзе		

5. По рисунку определите количество аутосом и половых хромосом в кариотипе организмов.

Организмы		Всего хромосом	Аутосомы	Половые хромосомы
Человек	Самец			
	Самка			
Шимпанзе	Самец			
	Самка			
Клоп	Самец			
	Самка			
Дрозофила	Самец			
	Самка			

6. Определите ответы, соответствующие фенотипической (а) и генотипической (б) изменчивости.

1) синтез меланина в коже под воздействием солнечных лучей;
2) создание полиплоидных сортов хризантемы;
3) рост и развитие семян;
4) рождение ребёнка с синдромом Дауна;
5) изменение окраски шерсти у гималайского кролика;
6) крупные листья и длинные цветоножки у одуванчика в условиях высокой влажности;
7) отсутствие пигмента меланина в волосах, коже и глазах;
8) кратное увеличение количества гаплоидных наборов хромосом.

ГЛАВА V
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

5.1. Генетическая инженерия.

5.2. Изменение клеточной наследственности.

5.3. Биотехнология.

5.4. Практическое занятие. Определение сайтов рестрикции и использование пектиназы для получения фруктовых соков.



5.1. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Проверка базовых знаний. Что вы знаете о значении генной инженерии (генетической инженерии) и биотехнологии?

Генная инженерия
Рекомбинация
Векторы
Ферменты
Ретровирусы
Эндонуклеазы

Благодаря изучению механизмов процесса рекомбинативной изменчивости у бактерий и изменения наследственной информации клеток вирусами было создано новое направление в области биологии – **генная инженерия** (генетическая инженерия), которая на сегодняшний день имеет огромное практическое значение в молекулярной биологии. **Генетическая инженерия** – совокупность приёмов, методов и технологий получения рекомбинантных РНК и ДНК, выделения генов из организма (клеток), осуществления манипуляций с генами. Основная суть этих манипуляций – преднамеренное введение нового гена в геном определённого организма. Если в геном бактерий внедрить ген, кодирующий определённый белок, то впоследствии бактерии будут синтезировать этот белок. Подобные процессы рекомбинации наблюдаются и в естественных условиях. Вирусы, бактерии способны переносить свою наследственную информацию в чужие организмы.



В чём суть процессов рекомбинации, наблюдаемых у прокариотов, – трансформации, трансдукции, конъюгации? Можно ли их считать видом естественной генетической инженерии? Обсудите этот вопрос в группе.

Целью генной инженерии является изменение внутреннего строения генов в определённых целях, управление их деятельностью.

Цель генной инженерии – изменить структуру генов в соответствии с определённой целью, управлять их активностью. В результате можно в промышленных масштабах адаптировать характеристики любого живого организма к цели, изменять виды растений и животных в соответствии с потребностями человека, точно и быстро диагностировать генетические и инфекционные заболевания и их причины.

Объектами исследований генной инженерии являются вирусы, бактерии, клетки грибов, растений и животных. Современные методы генетической инженерии позволяют размножать любой отрезок ДНК или заменять любой нуклеотид в цепи ДНК другим, переносить определённые участки ДНК в геном других организмов. Разумеется, эти успехи достигнуты в результате последовательного изучения закономерностей наследственности. Развитие технологий такого высокого уровня является самым перспективным направлением биологии. Технологии высоких уровней – это перспектива современной науки биологии.

Векторы. Вектор (в молекулярной биологии и генетике) – молекула ДНК, используемая для внедрения генетического материала внутрь клетки.

На сегодняшний день получение копий любых генов – нетрудная задача. Метод получения множества одинаковых копий определённого гена называется **клонированием генов.** Для этого нужны клонирующие векторы, т. е. переносчики клонируемого гена. Этими векторами выступают **плазмиды** и **бактериофаги**.

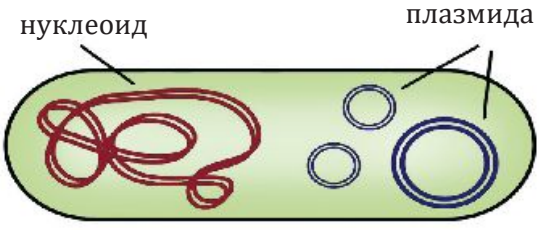


Рис. 5.1. Генетический материал бактерий

Плазмиды – внехромосомные генетические структуры бактерий, представляющие собой замкнутые кольца ДНК *(рис. 5.1)*. Они не реплицируются самостоятельно. Бактериофаги (фаги) – вирусы, способные к внедрению своего наследственного материала внутрь клетки бактерии.

Клонируемый ген посредством специфических ферментов присоединяется к ДНК выбранной плазмиды или фага. Эта «конструкция», состоящая из фрагментов молекулы ДНК разных организмов, называется рекомбинантной ДНК. Эта ДНК внедряется в клетку бактерии. После присоединения чужого гена к ДНК бактерии её количество будет увеличиваться за счёт деления клетки бактерии. Например, путём введения в геном бактерии гена инсулина можно получить биологически активный гормон инсулин в чистом виде.

Плазмиды – кольцевидные, двухнитевые молекулы ДНК, состоящие из нескольких генов и повышающие приспособленность клетки бактерии к окружающей среде. Например, они придают свойство невосприимчивости к антибиотикам. Некоторые плазмиды способны «разрезать» основную ДНК бактерии и присоединяться к ней, т. е. рекомбинироваться. Гены этих плазмид будут продолжать выполнять свою функцию. При делении клетки эти плазмиды распределяются поровну между дочерними клетками. Некоторые плазмиды способны реплицироваться автономно от основной ДНК бактерии. Распределение этих плазмид между клетками осуществляется благодаря процессам конъюгации и трансформации. В генной инженерии плазмиды используются как векторы.

Преимущество фагов перед плазмидами в том, что векторными фагами можно клонировать больше генов. Зачастую для этих целей используют λ (лямбда) фаг. Определённая часть ДНК фага заменяется тем геном, который нужно клонировать. После этого фаг проникает в клетку бактерии и внедряется в её геном.

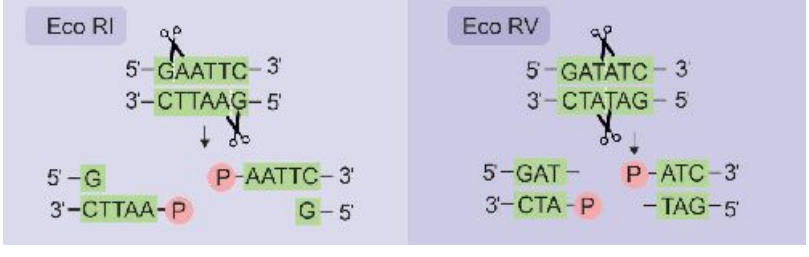
Ферменты. Ферменты генетической инженерии – это ферменты, позволяющие проводить различные манипуляции с молекулами ДНК: разрезать в определённых местах, соединять различные по происхождению фрагменты, синтезировать новые, не существующие в природе последовательности и т. д. Ферменты, применяемые при конструировании рекомбинантных ДНК, условно можно разделить на несколько групп: деление ДНК на фрагменты; синтезирующие ДНК на матрице РНК; соединяющие фрагменты ДНК (лигазы); позволяющие осуществить изменение структуры концов фрагментов ДНК.

Одним из наиболее часто используемых в генетической инженерии ферментов является **ДНК-полимераза**. Этот фермент впервые был отделён из *Esherichia coli* (бактерии кишечной палочки) Коренбергом и его сотрудниками в 1958 году. ДНК-полимераза участвует в процессе редупликации ДНК путём присоединения нуклеотидов на комплементарной основе. Это свойство ДНК-полимераз используется в генной инженерии для синтеза новых молекул ДНК.

Ретровирусы имеют фермент, который способен синтезировать на РНК-матрице комплементарную ДНК. Так как этот процесс прямо противоположен транскрипции, данная полимераза получила название **обратная транскриптаза** или **ревертаза**. **Ретровирусы** используют этот фермент для интеграции своей наследственной информации, состоящей из иРНК, в ДНК клетки-хозяина. В клетках каждый активный ген синтезирует тысячи комплементарных иРНК. Актив-

ность генов в разных клетках различается. Например, ген, кодирующий белок инсулин, активен в клетках поджелудочной железы. Следовательно, если мы знаем в каких клетках активен определённый ген, то можно легко добыть иРНК этого гена. После этого с помощью фермента обратной транскриптазы можно синтезировать ДНК копию нужного гена.

Первые исследования, направленные на выделение определенных генов, связаны с обнаружением **рестрикционных** (от лат. *restricting* – ограничение) **эндонуклеаз** или **рестриктаз** в 1960–1970-х годах. Обнаруженные в клетках бактерий, эти ферменты способны расщеплять чужеродные ДНК вирусов, таким образом ограничивая их репликацию. Каждая бактерия синтезирует специфическую рестрикционную эндонуклеазу.



«липкие» концы «тупые» концы

Рис. 5.2. Рестриктазы

Eco – *E.coli (Escherichia coli)* – название бактерии
R – фермент рестрикции
I – первый фермент, выделенный из бактерий *E.coli.*

Рестриктазы – это группа эндонуклеаз, которые распознают специфическую последовательность нуклеотидов ДНК – сайты рестрикции – и гидролизируют её. Рестриктазы распознают последовательность 4–6 нуклеотидов, отрезают эти участки с образованием «липких» или «тупых» концов *(рис. 5.2)*. Фрагменты с «липкими» концами способны образовывать комплементарные связи с такими же фрагментами других ДНК. Полученный фрагмент ДНК связывают с бактериофагом или плазмидой, образуя векторную конструкцию. При обозначении рестриктаз их наименование складывается из начальных букв латинского названия вида бактерий, из которого был выделен фермент, и дополнительного обозначения, так как из бактерий одного вида может быть выделено несколько различных рестриктаз. Существуют рестриктазы, разделяющие молекулу ДНК на отрезки с «липкими» концами (EcoRI) и с «тупыми» концами (HpaI). Отрезки ДНК с «липкими» концами легко соединяются – сливаются. Подобные рестриктазы широко используются в генной инженерии. Подвергнутые воздействию рестриктаз молекулы ДНК разделяются на фрагменты с помощью электрофореза. Далее выделенные фрагменты используются в генной инженерии. К настоящему времени из разных микроорганизмов выделены различные рестриктазы.

Процесс рекомбинации включает разрыв и последующее воссоединение молекул ДНК. Ферменты, восстанавливающие фосфодиэфирные связи между соседними нуклеотидами, называются **ДНК-лигазами** *(рис. 5.3)*. Лигазы осуществляют соединение фрагментов двухцепочечной ДНК, обладаю-

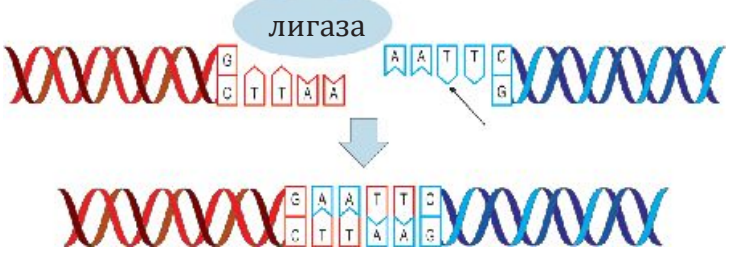


Рис. 5.3. Соединение ДНК ферментом лигазы

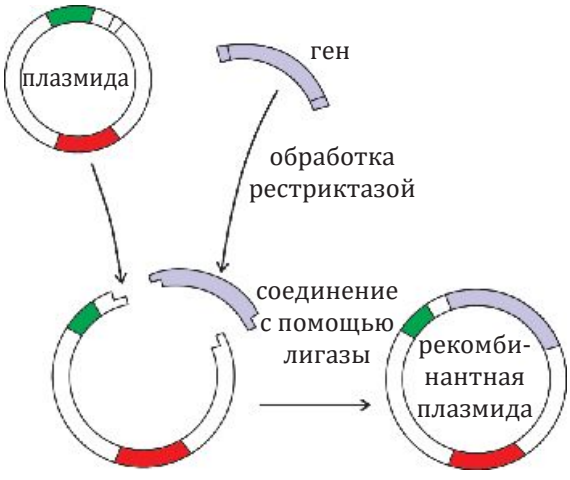


Рис. 5.4. Образование рекомбинантной плазмиды

щих комплементарными «липкими» или «тупыми» концами. Лигазы являются одними из самых широко применяемых ферментов в генной инженерии. Для создания векторной конструкции сначала используют группу рестриктаз. С помощью рестриктазы выделяют нужный ген, потом, используя этот же фермент, обрабатывают плазмиду или ДНК вируса. Затем рестрикционные фрагменты ДНК и плазмиды смешивают, их «липкие» концы присоединяются друг к другу и образуют сначала водородные связи, а после добавления лигаз – фосфодиэфирные связи *(рис. 5.4)*.

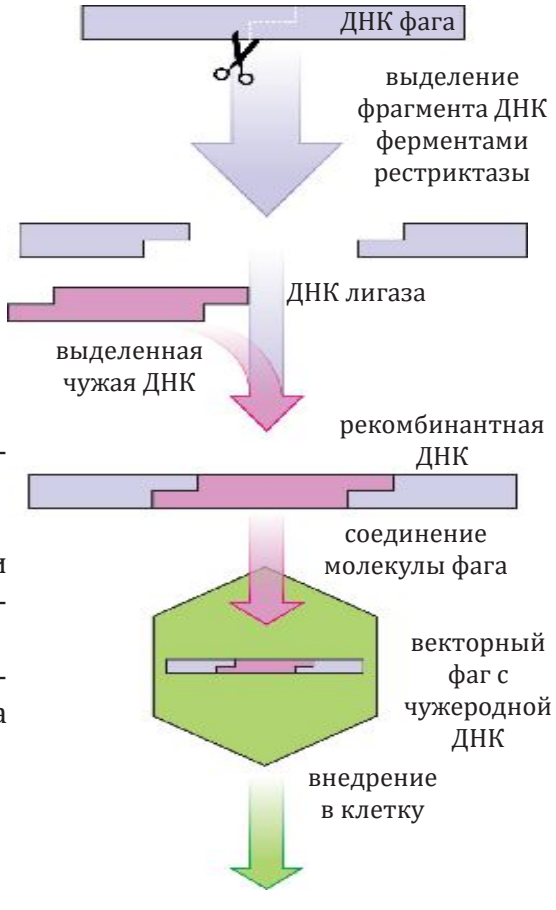
Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Что является объектом исследования генной инженерии?
2. Расскажите о целях генной инженерии.
3. Каково значение плазмид в жизнедеятельности бактерий?
4. На какие группы делятся ферменты, используемые в генной инженерии?
5. Каковы цели рестриктаз?

Применение. Соотнесите ферменты, используемые в генной инженерии, с их функциями.

П/н	Ферменты	О	Функции ферментов
1	Полимераза	A	Синтезирует ДНК на основе матричной РНК
2	Лигаза	B	Участвует в процессе редупликации
3	Рестриктазы	D	Образует фосфодиэфирные связи
4	Ревертаза	E	Разделяет молекулу ДНК на фрагменты



Анализ.

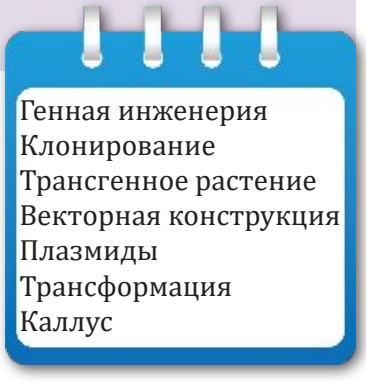
1. Расскажите о механизме работы рестрикционных ферментов.
2. Объясните суть обратной транскрипции.

Синтез. Соберите информацию об истории развития генной инженерии из других источников.

Оценка. Опишите процесс, указанный на рисунке. Оцените значение рекомбинантного фага в генной инженерии.

5.2. ИЗМЕНЕНИЕ КЛЕТОЧНОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Проверка базовых знаний. Что вы знаете о значении генной инженерии и биотехнологии?



Организм, геном которого был изменён в результате внедрения чужеродного гена методом генной инженерии, называется **трансгенным организмом** (или генетический модифицированный организм).

На основе технологий получения рекомбинантного ДНК или генной инженерии наследственная информация одного организма (донора) внедряется в другой организм (реципиент), и таким образом обеспечивается его наследуемость. Например, в микробиологической промышленности путём введения азотофиксирующих генов в целях повышения урожайности растений получают штамм азотфиксирующих бактерий (это приводит к уменьшению использования удобрений и к улучшению окружающей среды). На сегодняшний день методы генной инженерии дают возможность из штаммов рекомбинантных бактерий получить биологически активные соединения, в том числе гормоны (инсулин, соматотропин, соматостатин), препарат против вирусов – интерферон.

Искусственное получение рекомбинантной ДНК впервые осуществлено американскими учёными Гербертом Бойером и Стенли Коэном в 1972 году. Клонирование ДНК является основным методом получения копий одного ДНК в генной инженерии.

При клонировании генов (например, гена белка, используемого в медицинской практике) с помощью рестриктаз этот ген вырезается из генома клетки, где он находится в активном состоянии, и внедряется в молекулу ДНК-вектора (фаг или плазмид). В результате образуется рекомбинантная ДНК (или ДНК, состоящая из нескольких разных фрагментов).

Затем рекомбинантную плазмиду внедряют в клетку бактерии. Бактерии, содержащие в себе нужные гены, отделяют и размножают их. С каждым делением клетки увеличивается и количество рекомбинантных плазмид, которые передаются последующим поколениям.

Зачем создавать несколько копий рекомбинантной плазмиды?

Этапы генетической инженерии наследственной информации бактерий:

1) выделение нужного гена из организма донора; 2) внедрение гена в векторную конструкцию; 3) внедрение векторной конструкции в чужой организм (реципиента); 4) выделение клеток, сохранивших в себе чужой (донорский) ген; 5) клонирование этих клеток (клонирование генов) *(рис. 5.5)*.

Этап 1. Выделение нужного гена из организма донора.

Зачастую гены состоят из нескольких тысяч пар нуклеотидов, и найти один нужный ген не так-то и легко. Для получения копии гена используют следующие методы:

1. Получение из ДНК копии гена путём выделения иРНК и смешивания его с обратной транскриптазой.

2. Искусственное синтезирование гена;

3. Расщепление молекулы ДНК рестриктазами на фрагменты и поиск нужного гена среди этих фрагментов.

Каждый нуклеотид в составе ДНК содержит в себе отрицательно заряженную часть – остаток фосфорной кислоты. Из-за этого фактора фрагменты с разной длиной имеют разную заряженность. Этот важный показатель можно использовать для разделения фрагментов ДНК электрическим полем, применив метод электрофореза в геле. Один из фрагментов ДНК организма-донора может содержать в себе нужный нам ген. Основной недостаток этого метода – трудности с определением фрагмента, содержащего нужный ген.

Этап 2. Внесение нужного гена в вектор.

Как было сказано в прошлой теме, зачастую в роли вектора выступает ДНК плазмиды или фага. Сначала рассмотрим внедрение донорского ДНК в плазмиду. Внедрение в ДНК фага происходит примерно таким же образом.

Кольцеобразные молекулы плазмид в бактериях меньше, чем их основная хромосома. Благодаря этому их можно легко выделить из клетки. Для этого клетки бактерий измельчают и помещают в центрифугу. В результате основная, тяжёлая хромосома оседает, а мелкие и лёгкие плазмиды накапливаются на поверхности пробирки. Перед тем как обрабатывать плазмиды рестриктазами, ДНК плазмиды очищают от примесей. С помощью рестриктазы выделяют нужный ген, потом, используя этот же фермент, обрабатывают плазмиду. Фрагменты донорской ДНК и плазмиды смешивают. Они соединяются друг с другом посредством «липких» концов.

Этап 3. Внедрение векторной конструкции в чужой организм (реципиента).

На этом этапе векторный фаг или плазмида внедряется в клетку бактерии. Зачастую для этих целей используют обитателя кишечника человека – кишечную палочку (бактерия *Escherichia coli*). Благодаря полному изучению наследственности кишечной палочки и её темпов деления (каждые 30 минут) работа с этими бактериями не представляет трудности. Для генной инженерии был выведен специальный мутант – штамм *E.coli*, который может жить только в лабораторных условиях. Если этот штамм случайно попадёт в организм человека, он не сможет выжить там.

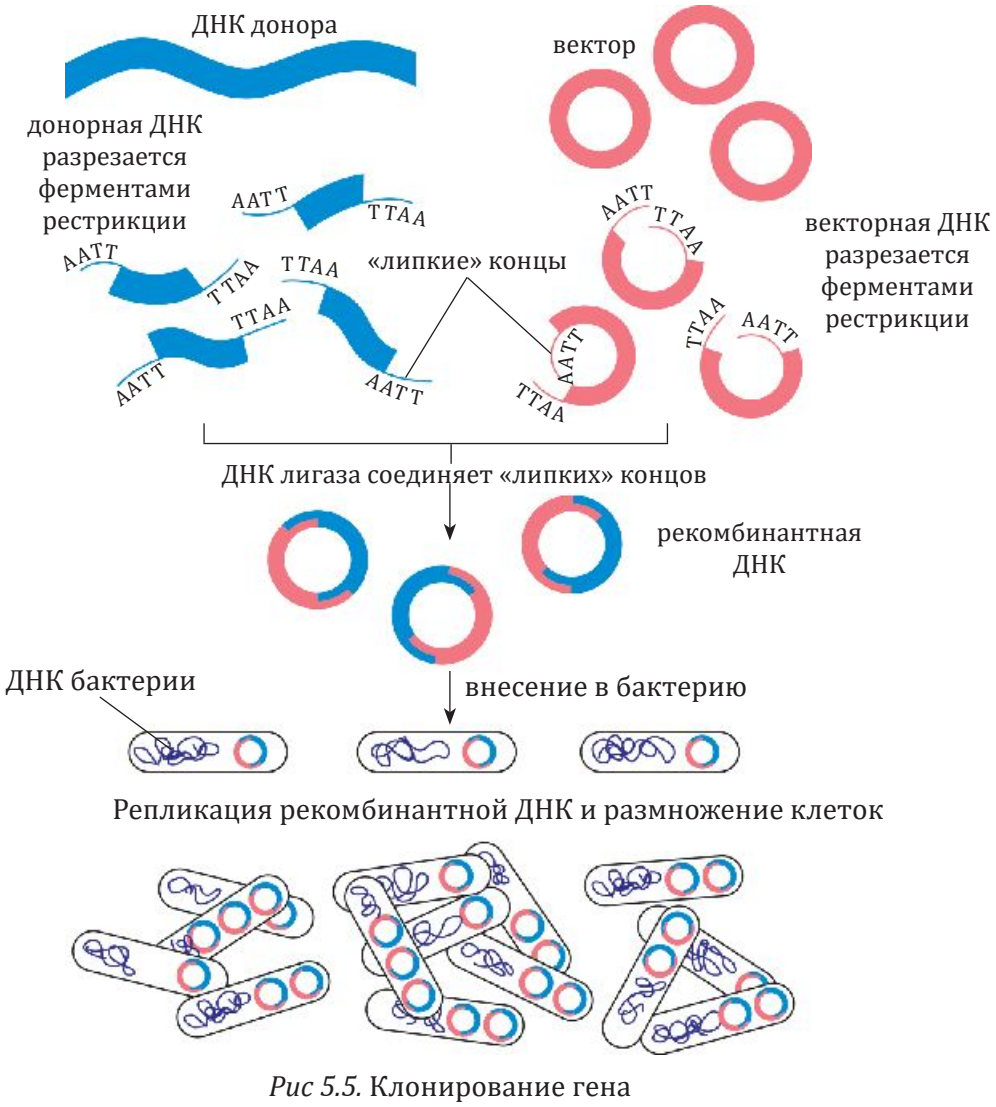


Рис 5.5. Клонирование гена

При использовании векторной конструкции препарат плазмиды вливают в пробирку, где растёт культура *E.coli*. Помимо этого, добавляют ионы кальция (в виде хлорида кальция) и поддерживают высокую температуру. В результате на цитоплазматической мембране кишечной палочки образуются поры (отверстия), через которые векторные плазмиды попадают внутрь клетки, т. е. происходит процесс **трансформации**. При использовании векторных фагов их помещают в культуру клеток, находящихся в агарной питательной среде.

Как фаги проникают в бактериальную клетку?

Этап 4. Выделение клеток, сохранивших в себе чужой (донорский) ген.

При добавлении векторной плазмиды в культуру клеток возникают две проблемы: первая – не все бактерии подвергаются трансформации, т. е. не принимают плазмиды; вторая – не все плазмиды являются векторными (т .е. не хранят в себе донорский ген). Векторные плазмиды содержат ген, обеспечивающий устойчивость к определённому антибиотику. При добавлении антибиотиков в среду, в которой растут бактерии, только трансформированные (т. е. несущие плазмиды) бактерии могут размножаться и образовывать колонии.

Этап 5. Клонирование ДНК.

Единственная молекула векторного фага, содержащая донорскую ДНК, может создать миллионы своих копий при заражении одной клетки. Рекомбинантная кишечная палочка, содержащая векторную плазмиду, при выращивании в агарной среде в чашке Петри делится каждые 30 минут и за короткие сроки образует колонии, видимые невооружённым глазом. Благодаря этим двум способам за короткий промежуток времени можно получить миллиарды клонов нужного гена.

Получение трансгенных растений. Зачастую для внедрения определённого гена в геном растений в качестве вектора используют почвенную бактерию *(Agrobacterium tumefaciens)*. *Agrobacterium tumefaciens* заражает большинство двудольных растений, при этом образуя болезнь, похожую на рак *(рис. 5.6)*. За этот процесс отвечает бактериальная Ti-плазмида. Опухоли образуются из-за деятельности Т-ДНК участка Ti-плазмиды. При заражении Ti-плазмида внедряется в клетку и присоединяется к ДНК растения. Заражённая клетка вырабатывает вещества, ускоряющие деление клеток. Группа клеток, образовавшихся при этом, называется **каллусом**.

Ti-плазмида является готовым природным вектором, со своими механизмами внедрения чужеродного ДНК в геном клетки.

Для изменения наследственности растений методом генной инженерии часть Т-ДНК Ti-плазмиды агробактерии разрезают специальной рестриктазой, вставляют в неё необходимый ген и ген устойчивости к антибиотикам и создают *векторную конструкцию*.

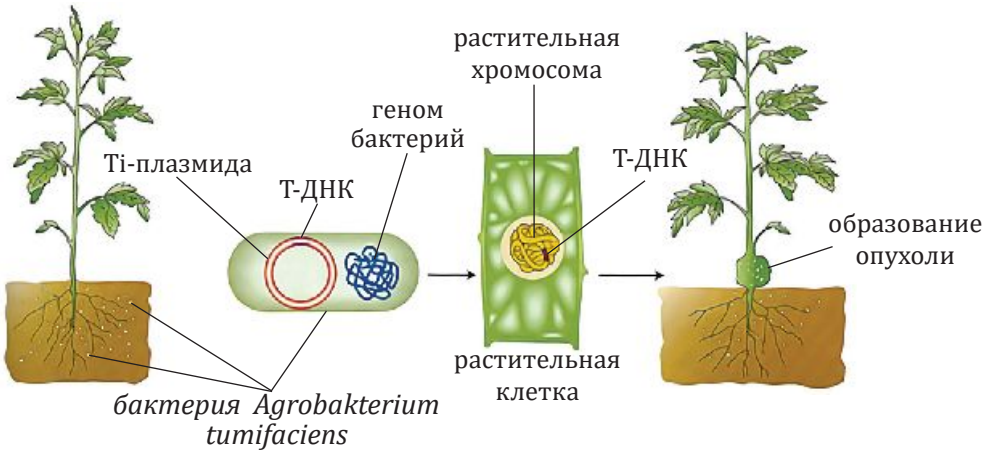


Рис. 5.6. Образование опухоли у растения, вызванной Agrobakterium tumifaciens

Вектор вводят в штаммы *Agrobacterium tumifaciens*. При заражении растительной клетки этими бактериями агробактерия вводит в геном растения Ti-плазмиду с чужеродным геном. Генетически трансформированная растительная клетка называется трансгенной клеткой. В результате деления трансформированной растительной клетки образуется совокупность клеток – каллусная ткань. Зародыш растения и нормальное во всех отношениях взрослое трансгенное растение постепенно получают из клеток каллусной ткани в присутствии растительного гормона и других регуляторных веществ *(рис. 5.7)*. Каждая клеточная хромосома трансгенного растения содержит трансплантированный ген. По этой причине при половом размножении трансгенного растения чужеродный ген передаётся из поколения в поколение. Ученые работают над созданием трансгенных сортов сельскохозяйственных культур, устойчивых к различным заболеваниям и вредоносным насекомым. В частности, созданы скороспелые трансгенные сорта хлопчатника, устойчивые к вредным насекомым.

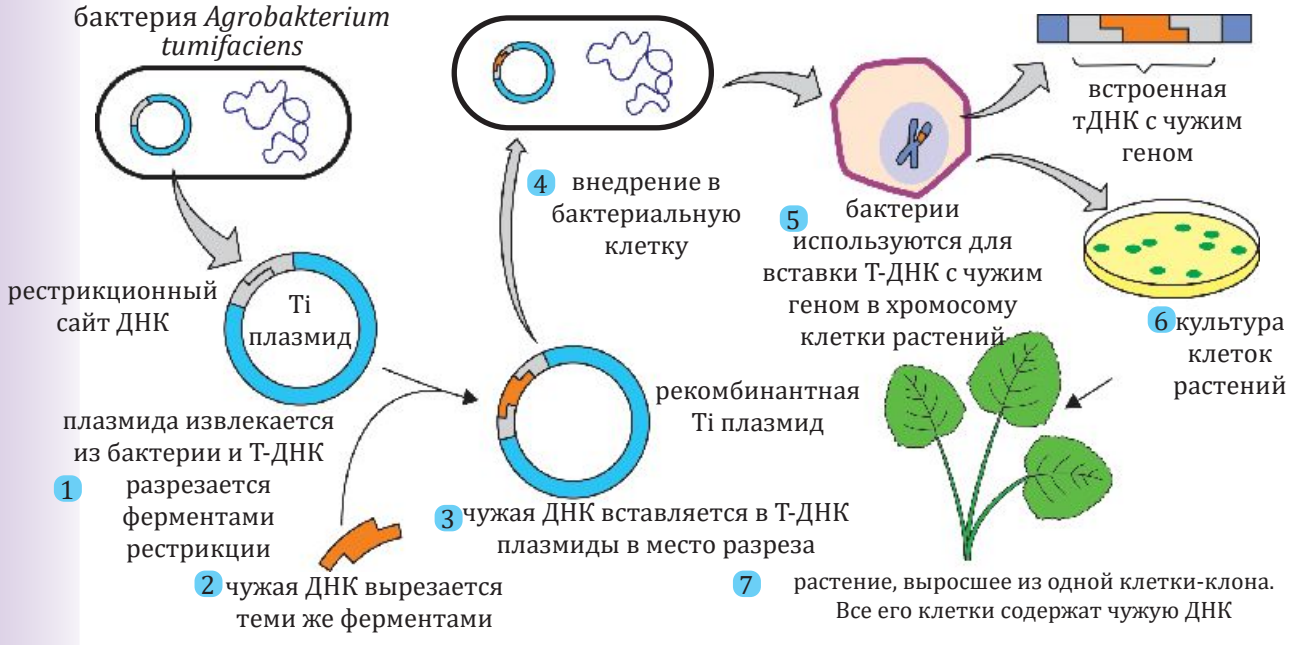


Рис. 5.7. Получение трансгенного растения

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

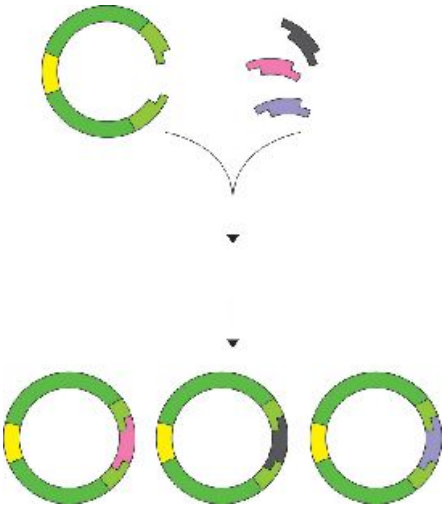
1. Какие организмы считаются трансгенными?
2. Расскажите о последовательности получения рекомбинантной ДНК.
3. Расскажите о последовательности получения векторной конструкции.

Применение. Какие проблемы можно решить путём изменения наследственности растений?

Анализ. Расскажите последовательность получения векторной конструкции для образования трансгенных растений.

Синтез. Составьте бизнес-план по выработке пищевых добавок и обсудите его в группе.

Оценка. Как вы оцениваете значимость трансгенных продуктов в пищевой отрасли?



5.3. БИОТЕХНОЛОГИЯ

Проверка базовых знаний. С увеличением количества людей на Земле увеличивается и потребность в пищевых продуктах. Какие технологии производства пищевых продуктов вы знаете?





Биотехнология
Сельскохозяйственная биотехнология
Медицинская биотехнология
Экологическая биотехнология
Пищевая биотехнология
Генетическая биотехнология

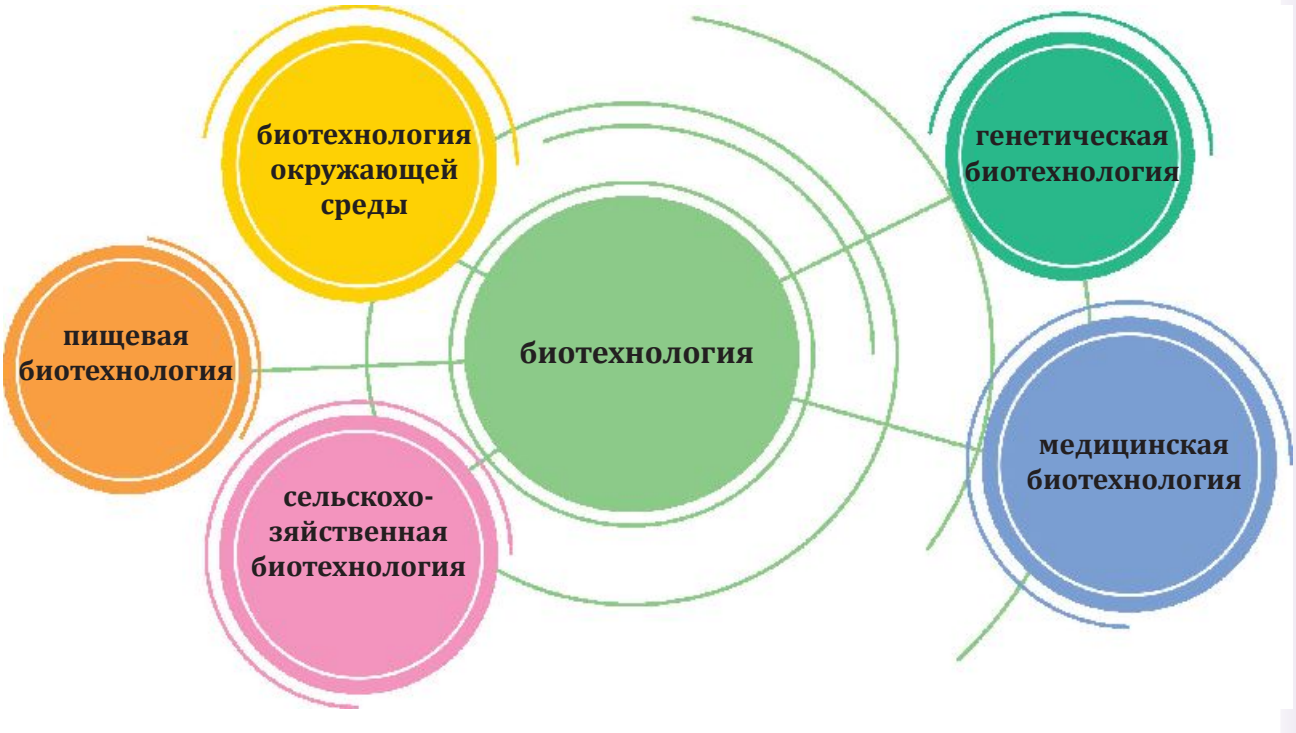
Вы знаете, что из пшеницы можно сделать хлеб, из риса – спирт, из винограда – вино, из фруктов – уксусные кислоты. Все эти процессы происходят при участии живых организмов.

Биотехнология – технология, основанная на использовании биологических процессов для получения биологических веществ в промышленных масштабах. Биотехнология применяется для получения белков, органических кислот, аминокислот, спиртов, лекарственных веществ, ферментов, гормонов и других биологических веществ для очистки руд, получения металлов в чистом виде, для очистки водоёмов и т. д. По сравнению с другими технологиями, биотехнология является самой малозатратной, почти не образует отходы и считается экологически чистой.

Все ли микроорганизмы в природе являются вредными? Аргументируйте свой ответ.

По подсчетам учёных, в 100 г хлеба из ржаной муки содержится до 6,5 г белка, а в хлебе из пшеничной муки – 8,3 г белка. Однако, когда человек среднего возраста съедает за один день 450 г хлеба, количество белка, которое он получает, составляет 29 г, что равно одной трети его средней суточной потребности.

Итак, как можно повысить пищевую ценность хлеба?



Биотехнология разветвляется на несколько направлений.

Пищевая биотехнология – это пищевые компоненты, технологии, применяемые для повышения их полезных свойств при производстве пищевых продуктов. На сегодняшний день широко распространена методика изменения наследственности бактерий, растений и животных для получения новых организмов с новыми, нужными нам признаками. Такие генетически изменённые организмы называются **генетически модифицированными организмами** (ГМО) *(рис. 5.8)*.



Рис. 5.8. Генетически модифицированные организмы

Медицинская биотехнология. В результате медицинской биотехнологии было синтезировано порядка 6000 видов антибиотиков, более ста из которых используются в медицине. Одним из самых простых, но очень эффективных способов профилактики гриппа является налаживание массового синтеза высококачественного человеческого интерферона. Уже сегодня в нескольких странах мира ген интерферона внедрён в бактерии, таким образом получают чистый интерферон. И из-за возрастающего спроса на этот белок до сих пор появляются новые способы его получения.

Примером работ, проводимых в области медицинской биотехнологии, является вакцина ZF-UZVAC-2001, созданная против заболевания COVID-19 в сотрудничестве с узбекскими и китайскими учеными. Для создания этой вакцины был выделен ген, отвечающий за синтез белка, позволяющего вирусу «короны» проникать в клетку человека.

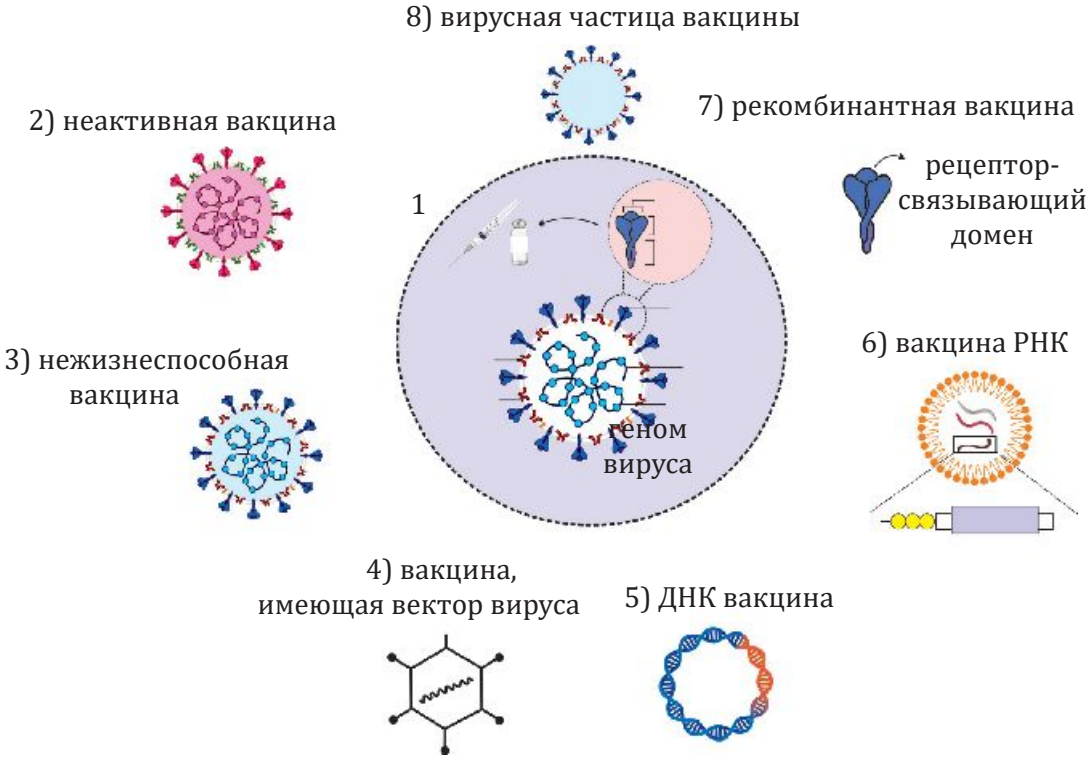


Рис. 5.9. Вакцины

Этот ген был встроен в эукариотическую клетку с помощью вектора и размножен. Белок, синтезированный на основе этого гена, очищали от клетки и получали вакцину *(рис. 5.9)*.

В результате исследований учёных в сфере генетической технологии в ДНК помидора был вставлен ген S-белка коронавируса. После того, как больной съест вакцину-помидор, она попадает в организм человека, а клетки томата выделяют антитела, создающие иммунитет.



Рис. 5.10. Создание потребительской вакцины

Сельскохозяйственная биотехнология – одна из основных отраслей биотехнологии, которая обеспечивает население пищевыми продуктами. В этом направлении разрабатываются устойчивые к внешнему воздействию сорта культурных растений, биопрепараты против фитопатогенных (паразитирующих на растениях) микроорганизмов и насекомых-вредителей, решаются вопросы переработки сельскохозяйственных отходов. В последние годы особое внимание уделяется вопросам использования возобновляемых природных ресурсов и получения удобрений их сельскохозяйственных отходов. В нашей стране проводятся работы по посеву солеустойчивых растений на засохшие территории Аральского моря и по организации картофельного семеноводства с помощи минитубера.



Рис. 5.11. Получение удобрений

Биотехнология окружающей среды. Биотехнология окружающей среды занимается вопросами обезвреживания вредных веществ в природе, производство биогаза и компоста из органоразлагаемых жидких и твёрдых отходов *(рис. 5.11)*, получения энергии из органических разлагаемых отходов, улучшения качества почвы, загрязнённой тяжёлыми углеводородами, определения вредных веществ в среде с помощью микроорганизмов.

Все живые существа являются частью большой единой экосистемы. Наше здоровое будущее напрямую связано с состоянием почвы, воды и воздуха в нашем регионе. Использование стратегии биотехнологической трансформации является возможностью для правильной оценки биоэкономических перспектив страны.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

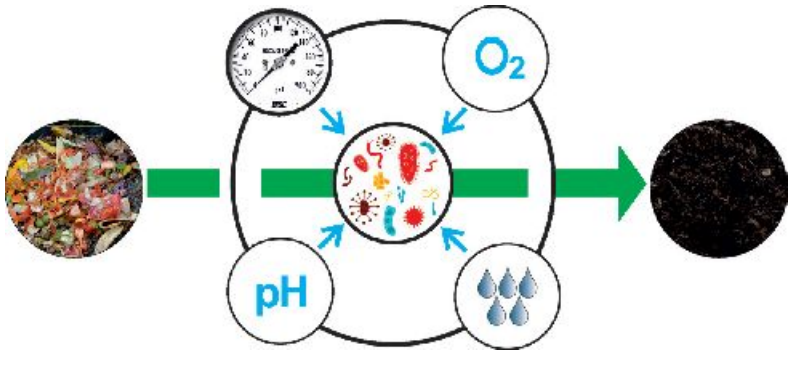
1. Расскажите о целях и задачах биотехнологии.
2. Как вы представляете будущее развития биотехнологии?
3. Расскажите о значении бактерий в биотехнологии.

Применение. Воспользуйтесь приведённой ниже схемой и разработайте предложение по улучшению качества почвы.

Анализ. Как вы думаете, почему был выбран именно помидор для внедрения в него вакцины?

Синтез. Составьте план по биотехнологической борьбе с ухудшением экологического состояния регионов Приаралья.

Оценка. Компостирование – это разложение органических веществ для улучшения качества почвы. Чтобы растения могли усвоить органические вещества, используются бактерии. Для жизнедеятельности этих бактерий нужны воздух, вода, пища и средняя температура. Оцените значимость этого процесса.

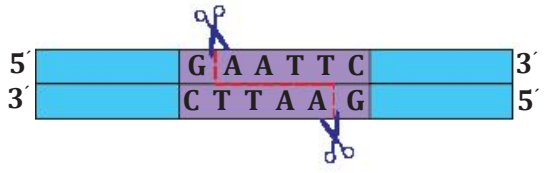
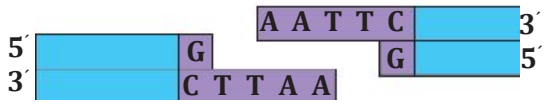
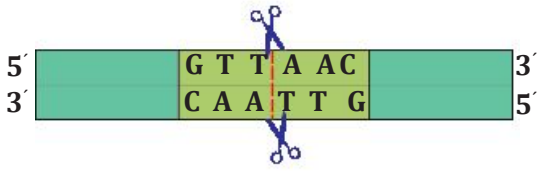


5.4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ САЙТОВ РЕСТРИКЦИИ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕКТИНАЗЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФРУКТОВОГО СОКА

Работа 1. Идентификация сайтов рестрикции.

Цель: выявить сайты рестрикции на основе заданий.

Рестриктазы – это специальные ферменты, распознающие последовательность из 4–6 нуклеотидов в молекуле ДНК. В наименовании рестриктаз используются начальные буквы латинского названия вида бактерий, из которых выделен фермент, и дополнительные символы. Рестриктазы разрезают молекулу ДНК, создавая «липкие» концы (EcoRI), «тупые» концы (HpaI), и с помощью полученных «липких» концов различные фрагменты ДНК могут быть соединены вместе. Благодаря этой особенности данные рестриктазы широко используются в генной инженерии.

	Последовательность нуклеотидов
	отмеченное место для обрезки
	Рестриктаза EcoRI разрезает ДНК с образованием «липких» концов
	Последовательность нуклеотидов
	отмеченное место для обрезки
	Рестриктаза HpaI разрезает ДНК с образованием «тупых» концов

Задача 1: Рестриктаза PvuI распознаёт следующую последовательность нуклеотидов и разрезает первую цепочку между Т и Ц:

5′-ЦГАТЦГ-3′

3′-ГЦТАГЦ-5′

Какие фрагменты образуются в результате?

Задача 2: Одна из цепочек ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов:

5′-ЦТТГАЦГАТЦГТТАЦЦГ-3′

Определите последовательность нуклеотидов во второй цепочке ДНК и обработайте этот фрагмент ферментом PvuI.

Работа 2: Использование пектиназы для получения фруктового сока.

Цель: Получение прозрачного сока и повышение продуктивности.

Пектиназы используются для получения сока из таких фруктов, как яблоки. Эти ферменты выделяются из грибов, используются для очистки фруктового сока. При получении сока образуется множество полисахаридов, из-за которых сок становится мутным, но пектиназы расщепляют их до моносахаридов, и сок становится прозрачным.

Оборудование: 2 яблока, 2 стакана, порошок пектиназы, фильтровальная бумага.

Правила безопасности: 

1. Будьте осторожными при работе с пектиназой.
2. Следите, чтобы пектиназа не попала на кожу или в глаза. Фермент может вызвать сильную аллергию.
3. Рассыпанные или разлитые вещества немедленно вытрите тканью. Ткань хорошо промойте под проточной водой.

4. Соблюдайте меры предосторожности при приготовлении яблочного пюре.

Этапы работы:

1. Приготовьте пюре из 2 яблок, разделите его на 2 части.
2. Разложите пюре по 2 стаканам объёмом 250 $см^3$.
3. В первый стакан добавьте 1 чайную ложку пектиназы.
4. Перемешайте массу и дайте постоять 5 минут.
5. Пропустите содержимое обоих стаканов через фильтровальную бумагу и оставьте соки на 24 часа в тёплом помещении.
6. Через 24 часа сравните количество и качество сока в обоих стаканах.

Обсудите и сделайте выводы.

1. Есть ли разница между соками из двух пюре? Как вы это объясните?
2. Почему при хранении пюре в тёплом помещении сока выделяется больше?
3. Как вы думаете, если пюре хранить в холодном помещении, как это повлияет на количество сока?

ЗАДАНИЯ К ГЛАВЕ V

1. Между словами, приведёнными в первом столбце таблицы, существует определённая закономерность и связь. На основе этого отношения определите понятие, которое соответствует пустой ячейке таблицы.

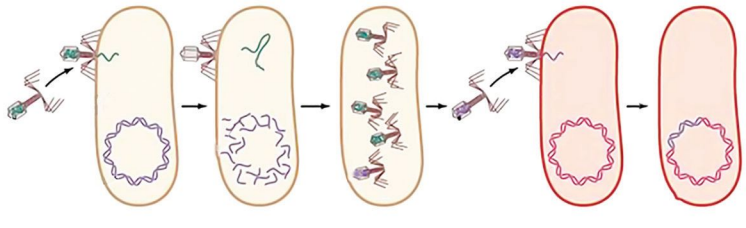
1	Наука, изучающая изменчивость генетического материала	
2	Дополнительные хромосомы в бактериальных клетках	

2. Определите соответствие между отраслями биотехнологии и их достижениями.

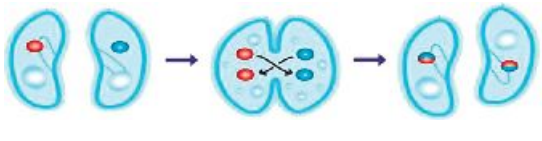
№	Направления биотехнологии	Ответ	Особенные свойства
1	Медицинская биотехнология	**А**	В результате исследований учёных в ДНК помидора был вставлен ген S-белка коронавируса.
2	Пищевая биотехнология	**Б**	В результате изучения деятельности микроорганизмов синтезировано более 6 000 антибиотиков.
3	Генетическая биотехнология	**В**	Производство пищевых компонентов и вспомогательных технологических добавок для повышения полезных свойств пищевых продуктов.

3. Соотнесите процессы, представленные на рисунках А и Б, с их описанием.

А



Б



1	Процесс трансдукции
2	Перенос генов из одной бактерии к другой посредством фагов
3	Метод переноса генетического материала из одной бактериальной клетки в другую
4	Приводит к комбинативной изменьчивости
5	Процесс трансформации
6	Происходит при участии бактерий

4. Соотнесите приведённые в таблице термины с их характеристиками.

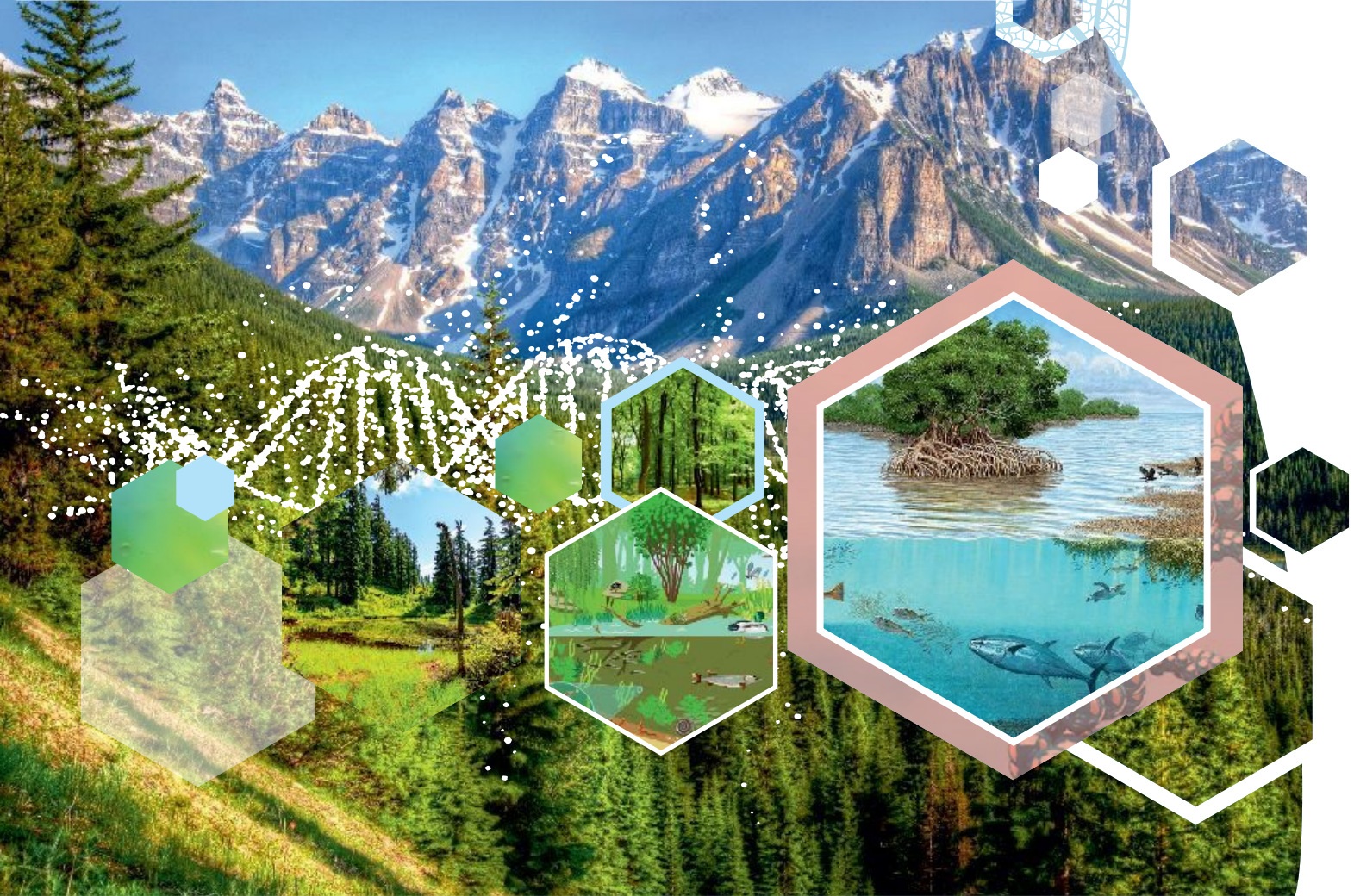
№	Термины	Ответ	Характеристики
1	Генная инженерия	**А**	дополнительные хромосомы в клетках бактерий и низших эукариот
2	Трансформация	**Б**	раздел биотехнологии, работающий с микроорганизмами, растительными и животными клетками, культивируемыми в особых условиях и подвергаемыми различным манипуляциям
3	Транспозон	**В**	отдел ДНК-фага, прикреплённый к лизогенной бактериальной хромосоме под воздействием внешней среды
4	Рестриктазы	**Г**	получен с помощью генной инженерии
5	Генодиагностика	**Д**	фермент, который связывает фрагменты ДНК путём восстановления фосфодиэфирных связей между соседними нуклеотидами
6	Соматотропный гормон	**Е**	элементы гена, способные к передвижению.
7	Лигаза	**Ж**	комплекс методов для выявления конкретных генов, вызывающих заболевание, и позволяющий обнаруживать генетические изменения в клетках
8	Плазмида	**З**	ферменты, разрезающие ДНК
9	Индукция	**И**	перенос какой-либо части генетического материала одного организма в клетку другого организма в функционально активном состоянии при определённых условиях
10	Клеточная инженерия	**К**	наука о модификации генетического материала клеток организма

5. Некоторая часть человечества негативно относится к трансгенным организмам и продуктам питания, созданным методами генной инженерии. Причиной этого послужило то, что в средствах массовой информации появилась информация о том, что трансгенные продукты питания вредны для человека, а трансгенные организмы негативно влияют на экологическую среду. Скажите, как вы относитесь к вышеизложенным идеям? Аргументируйте своё мнение.



ГЛАВА VI
ЭКОСИСТЕМА

6.1. Структурная организация экосистем.
6.2. Практическое занятие. Определение состава экосистем.
6.3. Экологические факторы.
6.4. Проектная работа. Сравнение строения растений, выращенных в разных условиях.
6.5. Трофическая структура экосистем.
6.6. Практическое занятие. Составление схем и решение задач, связанных с пищевыми цепями и пищевыми сетями.



6.1. СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ

Проверка базовых знаний. Что является структурно-функциональной единицей экосистемного уровня организации? Какие процессы жизнедеятельности характерны для экосистемного уровня?

Экосистемы
Продуцент
Консумент
Редуцент
Агроэкосистема
Урбаноэкосистема

Моря, реки, озёра, горы, леса и пустыни на поверхности Земли – это место обитания живых существ.

Совокупность живых организмов, обитающих при определённых условиях и факторах окружающей среды, называется **экосистемой.** Материки, океаны, озёра, леса и луга являются экосистемами *(рис. 6.1).* Вместе все экосистемы образуют биосферу.



экосистема океана



экосистема леса

Рис. 6.1. Экосистемы

Термин «экосистема» был введён в науку в 1935 г. английским учёным А. Тэнсли. По его словам, экосистемная деятельность представляет собой комплекс живых организмов и физических факторов среды, связанных с обменом веществ и потоком энергии.

Экосистема – совокупность живых организмов и неорганических природных факторов разной величины, связанных между собой обменом веществ и энергией. Существуют экосистемы различного масштаба: малые экосистемы – **микроэкосистемы** (капля воды с микробами, трухлявый пень с микроорганизмами, грибами и мелкими позвоночными животными, лужа с дождевой водой, аквариум и др.); средние по величине экосистемы – **мезоэкосистемы** (яблоневый сад, поле, лес, пруд, река, озеро и др.); крупные экосистемы – макроэкосистемы (океан, степь, тайга, тропический лес, горы, пустыня и др.); глобальная экосистема **биосфера**. Экосистемы могут быть естественными и искусственными. Искусственные экосистемы создаются людьми для сельскохозяйственных целей.

Структура экосистемы характеризуется наличием двух компонентов – условий среды (биотоп) и совокупности живых организмов (биоценоз), включающей в себя три функционально различные группы организмов, осуществляющие движение веществ в круговороте химических элементов Земли и поток энергии.

Биотоп (от греч. *bios* – «жизнь» и *topos* – «место» или «местообитание») – это не только пространство, занимаемое сообществом организмов, но и взаимодействующий комплекс экологических условий окружающей среды, в совокупности с которым протекает жизнь этих сообществ. Своей жизнедеятельностью живые организмы биогеоценоза существенно изменяют абиотические условия среды (экотоп) и превращают их в биотоп.

Абиотическую среду (экотоп) экосистемы образуют неживой компонент – климатоп (свет, температура, влага, воздух и т. п.) и компонент биокосного происхождения – эдафотоп (почва, грунт).

Экотоп представляет определённую территорию со всеми особенностями почвы, климата и других факторов в не изменённом организмами виде. Примерами



Рис. 6.2. Структура экосистем

экотопа могут служить заново образовавшиеся территории, например, новообразовавшиеся вулканические или коралловые острова. Экотоп, населённый живыми организмами, или территория, населённая определёнными видами растений и животных, называется биотопом.

Биоценоз – это совокупность живых организмов, населяющих биотоп. Биоценоз характеризуется определённым составом, количеством видов, взаимоотношениями внутри видов, между видами и с внешней средой *(рис. 6.2)*.

Зелёные растения биогеоценоза (фитоценоз), используя в процессе фотосинтеза солнечную энергию, образуют органические вещества, которые служат пищей для различных животных (зооценоз). Грибы (микоценоз) и микроорганизмы (микробиоценоз) разрушают органические вещества и возвращают неорганические соединения в окружающую среду. Основываясь на пищевых взаимоотношениях видов, в биогеоценозе идёт постоянный круговорот веществ и энергии от окружающей среды к живым организмам и от них в абиотическую среду. Это постоянное движение веществ и потоков энергии, специфичные для каждого биогеоценоза, вливаются в общий глобальный круговорот веществ и поток энергии биосферы.

Все живые организмы биоценоза делятся на три функциональные группы: продуценты, консументы и редуценты *(рис. 6.3)*. Эти три группы отличаются по экологическим свойствам. В их состав входят популяции многих видов, специфичных для конкретной экосистемы. Их взаимодействие между собой и с окружающей средой обеспечивает экосистеме его целостность.

Автотрофы	**Гетеротрофы**	
продуценты	консументы	редуценты
		

Рис. 6.3. Функциональные группы биоценоза

Продуценты (от лат. *producens* – «создающий»), или производители органических веществ – автотрофные организмы, способные синтезировать органические вещества из неорганических соединений. К данной группе относят зелёные растения, а также фотосинтезирующие и хемосинтезирующие бактерии.

Консументы (от лат. *consume* – «потребляю»), или потребители – гетеротрофные организмы, которые потребляют органические вещества и передают содержащуюся в них энергию далее по пищевым цепям. Пищевая (трофическая) цепь – последовательность организмов, в которой происходит поэтапный перенос вещества и энергии от источника к потребителю. К консументам относятся все животные и растения-паразиты.

Редуценты (от лат. *reduco* – «возвращаю», «восстанавливаю»), или **деструкторы** (от лат. *destruo* – «разрушаю») – гетеротрофные организмы, расщепляющие органические соединения до неорганических веществ. К ним относятся сапротрофные (сапрофитные) бактерии и грибы. Они потребляют мёртвые органические останки и подвергают их минерализации (деструкции) до неорганических соединений. Образующееся минеральное вещество накапливается в почве и в дальнейшем поглощается продуцентами. Таким образом, биоценоз состоит из продуцентов, консументов и редуцентов. Отдельное существование организмов каждой из этих функциональных групп невозможно.

Экосистемы Земли очень разнообразны. По происхождению различают следующие типы экосистем:

1. Естественные (природные) экосистемы – это экосистемы, в которых биологический круговорот протекает без прямого участия человека. Например, озёра, моря, леса. Естественные экосистемы формируются под влиянием природных факторов.

2. Искусственные (антропогенные) экосистемы – экосистемы, созданные человеком, которые способны существовать только при поддержке человека. К ним относятся агроэкосистемы, урбаноэкосистемы (городские экосистемы) и космические экосистемы.

Естественные экосистемы обладают рядом свойств, которые поддерживают их устойчивость в течение долгого времени. К этим свойствам относятся самовоспроизведение (восстановление), устойчивость, саморегуляция, развитие, экологическая сукцессия (замена экосистем). Природные экосистемы обладают большим видовым разнообразием по сравнению с антропогенными. Естественные экосистемы функционируют без всяких забот и затрат со стороны человека. В зависимости от условий естественные экосистемы подразделяются на три типа: 1) наземные экосистемы; 2) пресноводные экосистемы; 3) морские экосистемы.



Наземные экосистемы разнообразны. Совокупность наземных экосистем, которые существуют в однородных ландшафтно-климатических условиях, называется **биомом**. Выделяют следующие типы биомов: Арктическая и Альпийская тундры; северные хвойные леса; листопадные леса умеренной зоны; степи умеренной зоны; пустыни; тропические леса.

Пресноводные экосистемы занимают наименьшую часть земного шара по сравнению с другими экосистемами, однако их значение очень велико. Все пресноводные экосистемы по характеру структуры подразделяют на три группы: стоячие – озёра, пруды; текучие – реки, ручьи, родники; болота.

К морским экосистемам относятся открытое море (открытый океан), континентальные шельфы, бухты, проливы, устья рек (лиманы). Морские экосистемы занимают 70 % поверхности Земли.

Искусственные экосистемы – это антропогенные экосистемы. В процессе исторического развития человек постепенно преобразовывал природу для своих нужд. Хозяйственная деятельность привела к частичной замене природных экосистем антропогенными – агроэкосистемами и урбаноэкосистемами, структура которых создаётся, поддерживается и контролируется человеком в своих интересах.

Искусственные экосистемы не способны к самовозобновлению, саморегулированию, крайне неустойчивые и не могут существовать в течение продолжительного времени без вмешательства человека. Они используют энергию солнца и дополнительную энергию, поставляемую человеком. Моделью различных искусственных экосистем являются аквариумы, горшки с цветами.

Урбаноэкосистемы (от лат. *urbs* – «город») – искусственно созданные и поддерживаемые человеком экосистемы, возникающие в результате создания поселений человека. К ним относятся города, посёлки и урбанизированные людьми участки земли.

Агроэкосистемы (от греч. *agros* – «поле») – искусственные экосистемы, возникающие в результате сельскохозяйственной деятельности человека. Это сельскохозяйственные поля, огороды, сады, виноградники и т. д. Агроэкосистемы иногда называются агроценозами. Они регулярно поддерживаются человеком, обладают высокой продуктивностью (урожайностью) одного или нескольких избранных видов, пород животных или сортов растений.

Агроэкосистемы отличаются от естественных экосистем, работающих только благодаря солнечной энергии. Они получают дополнительную энергию в виде удобрений, орошающей воды. Эти системы производят продукты питания, которые являются товаром, играющим важную роль в экономике.

Повышение плодородия агроэкосистем требует большого расхода энергии на производство горючего, химических веществ, эксплуатацию машин.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Назовите компоненты экосистемы.
2. Дайте определение понятиям «биоценоз» и «биотоп».
3. Назовите функциональные группы организмов в экосистеме.
4. Объясните значение организмов, принадлежащих к разным функциональным группам в экосистеме.
5. Опишите важность производителей в экосистеме.

Применение.

1. Приведите примеры фототрофных и хемотрофных организмов.
2. Объясните роль редуцентов в экосистеме на примерах.

3. Дайте определение следующим понятиям и приведите примеры.

Функциональная группа	Описание	Пример
Фитоценоз		
Зооценоз		
Микоценоз		
Микробиоценоз		

Анализ. Соотнесите термины экологии и их описание.

П/н	Экологические термины	Ответ	Описание
1	Фитоценоз	**А**	Абиогенная часть экосистемы.
2	Редуценты	**Б**	Среда, изменённая под влиянием жизнедеятельности живых организмов и являющаяся для них местом обитания.
3	Биоценоз	**В**	Среда, не тронутая живыми организмами, обладающая своей почвой и климатом.
4	Продуценты	**Г**	Смена биоценозов.
5	Экотоп	**Д**	Живые организмы в составе биотопа.
6	Климатоп	**Е**	Потребители органических веществ.
7	Консументы	**Ж**	Экосистема, образованная в результате жизнедеятельности живых организмов.
8	Экологическая сукцессия	**З**	Гетеротрофные организмы, расщепляющие органические вещества до минеральных веществ.
9	Эдафотоп	**И**	Образуют органические вещества.
10	Биотоп	**К**	Зелёные растения экосистемы.

Синтез. Установите взаимосвязь между разными группами экосистем. Опишите эти связи. Приведите примеры.

Оценка. К каким экологическим последствиям может привести резкое сокращение количества редуцентов в составе экосистемы? Что может произойти, если все редуценты на поверхности Земли исчезнут?

6.2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ЭКОСИСТЕМЫ

Цель работы: определение состава экосистем, сравнение естественных и искусственных экосистем.

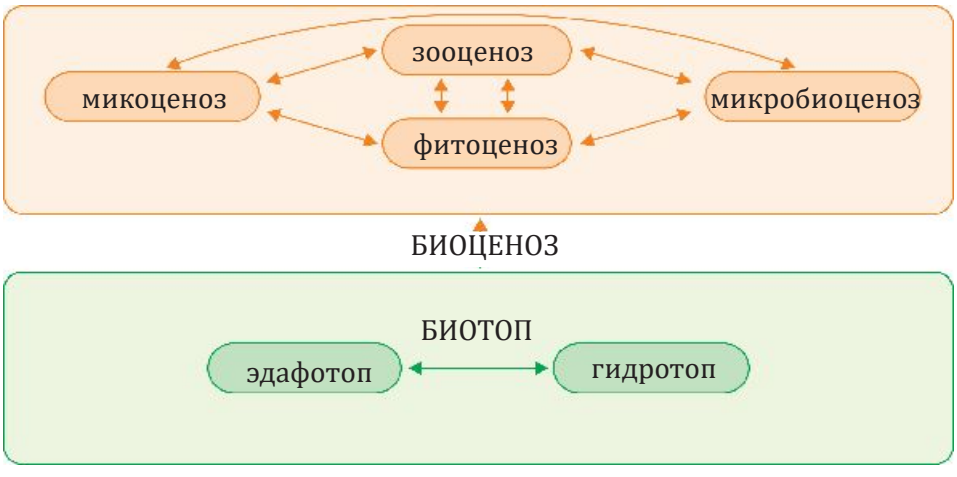
Порядок выполнения работы:

1. Задачи по определению состава экосистем.
2. Задачи по сравнению естественных и искусственных экосистем.
3. Вывод.

Задание 1. Ниже приведена схема экосистем. Спишите таблицу в свою рабочую тетрадь.

Экосистема				
Биотоп		**Биоценоз**		

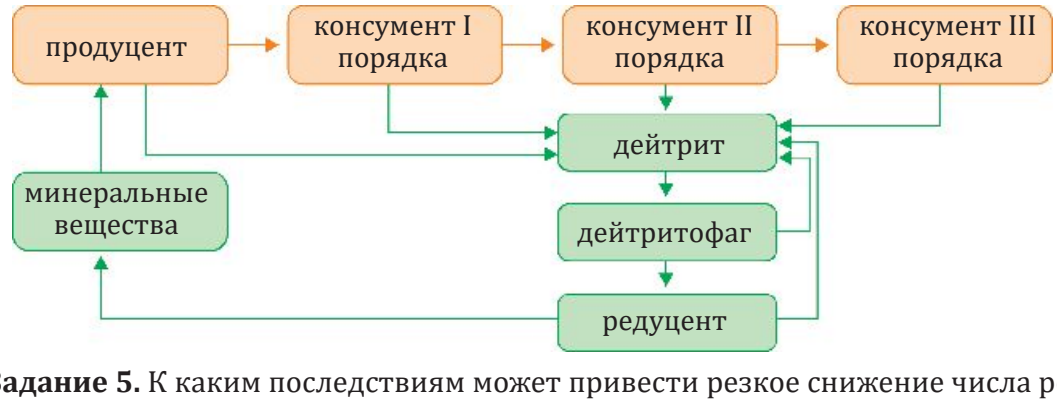
Задание 2. Объясните взаимосвязь между компонентами экосистемы. Приведите пример для каждой связи.



Задание 3. Соотнесите функциональные группы биоценоза и их функции. Ответы запишите в рабочую тетрадь.

Функциональные группы	Представители
1. Продуценты 2. Консументы 3. Редуценты	1) подорожник; 7) дождевой червь; 2) олень; 8) лишайник; 3) сазан; 9) белый грибок; 4) ламинария; 10) медведка; 5) дафния; 11) аммонифицирующие бактерии; 6) железобактерия; 12) амёба обыкновенная.

Задача 4. Объясните взаимосвязь между группами биоценоза. Приведите примеры для каждой связи.



Задание 5. К каким последствиям может привести резкое снижение числа редуцентов?

Задание 6. Спишите таблицу в свою рабочую тетрадь и заполните, приведя примеры естественных и искусственных экосистем.

Естественные экосистемы	Искусственные экосистемы

Задание 7. Спишите таблицу в свою рабочую тетрадь и заполните, сравнив естественные и искусственные экосистемы.

Сравнительные свойства	Естественные экосистемы	Искусственные экосистемы
Видовое разнообразие		
Обмен веществ и энергии		
Потребность в дополнительной энергии извне		
Количество трофических ступеней в пищевой цепочке		
Источник энергии		
Устойчивость		
Способность к саморегулированию		
Вид отбора		

Задание 8. Дайте сравнительную характеристику естественной и искусственной экосистеме.

Хвойный лес	Общие свойства	Хлопковое поле





6.3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Экологические факторы
Толерантность
Лимитирующие факторы
Экологическая ниша
Космополиты
Эврибионты

Проверка базовых знаний. Вспомните, в чём проявляются приспособления организмов к среде обитания. Известно, что живые существа обитают в разных условиях. Какие условия являются определяющими в разных средах?

Для среды обитания характерны экологические факторы, которые составляют её живой и неживой компоненты. Компоненты среды оказывают на организмы различное воздействие.

Экологические факторы. Отдельные условия среды обитания, оказывающие различное воздействие на особей, популяции и сообщества, такие как физико-химические и биологические, называют экологическими факторами.

По компонентам среды обитания экологические факторы подразделяются на абиотические, биотические и антропогенные.

Абиотические факторы – компоненты неживой природы. Их подразделяют на четыре группы: климатические факторы – факторы, формирующие климат в данной среде обитания (свет, температура, влажность воздуха, осадки, атмосферное давление, газовый состав воздуха, скорость ветра); эдафические факторы (от греч. *edafos* – «почва») – свойства почвы (органический состав, минеральный состав, плотность, влажность); топографические факторы (факторы рельефа) – особенности рельефа; физические факторы – физические явления природы (магнитное поле Земли, гравитация, ионизирующее и электромагнитное излучения и т. д.).

Биотические факторы – факторы живой природы. В зависимости от воздействующего организма биотические факторы делят на фитогенные (влияние растений), зоогенные (животных), микробиогенные (микроорганизмы), микогенные (грибы).

Антропогенные факторы – факторы человеческой деятельности. Это виды человеческой деятельности, приводящие к изменениям природы как среды обитания других организмов и непосредственно влияющие на их жизнь (загрязнение среды обитания, охота, рыболовство, вырубка лесов, распашка степей, осушение болот, добыча полезных ископаемых).

Закономерности действия факторов среды на организм. Экологические факторы влияют на организмы по-разному. Но в характере их воздействия на организмы и в ответных реакциях живых существ можно выявить ряд общих закономерностей.

Каждый организм имеет специфические приспособления к факторам среды и благополучно существует лишь в определённых границах их изменяемости *(рис. 6.4)*

Отрицательно сказывается на жизнедеятельности особей как недостаточное, так и избыточное действие фактора. Диапазон действия фактора, который наиболее благоприятен для жизнедеятельности данного вида, называют **зоной оптимума** или **биологический оптимум**.

Отклонения от биологического оптимума определяют зоны угнетения (зоны пессимума) организма. Чем сильнее отклонение от оптимума, тем больше выражается угнетающее действие фактора на организм. Диапазон действия экологического фактора ограничен точками минимума и максимума и составляет пределы

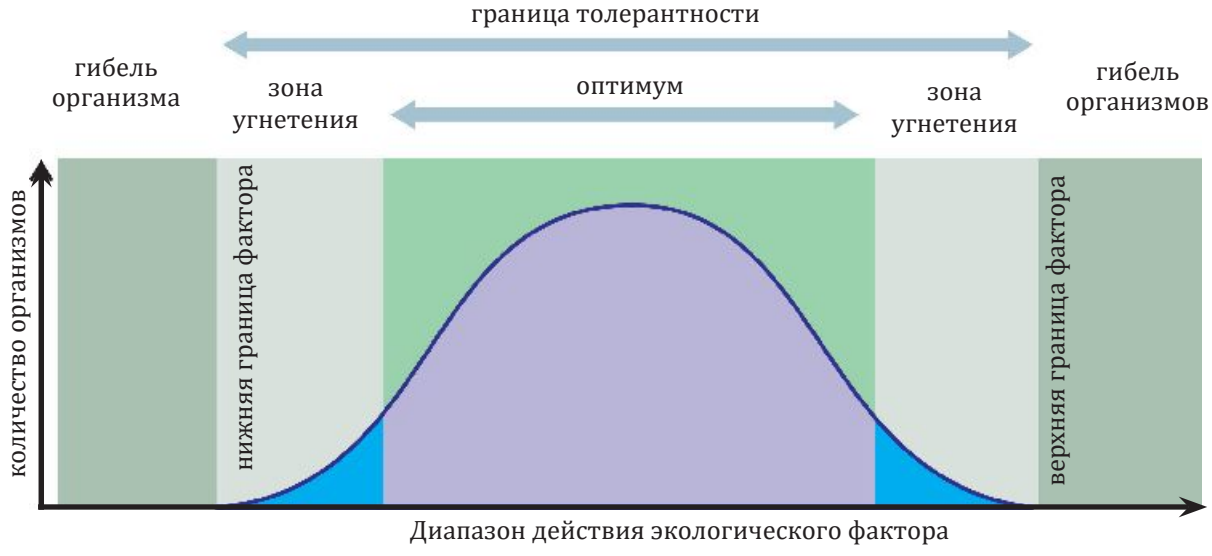


Рис. 6.4. Законы влияния факторов внешней среды на организмы

выносливости, это критические точки, за пределами которых существование уже невозможно, организм гибнет.

Область толерантности (лат. *tolerantia* – «терпимость») – диапазон значений экологического фактора, пределы выносливости между критическими точками, при котором возможно существование организма.

Для каждого организма характерны свои максимумы, оптимумы и минимумы экологических факторов. Например, комнатная муха выдерживает колебание температуры от +7 до +50 °С, комнатная температура от +23 до +25°С является для них оптимальной, а человеческая аскарида живёт только при температуре тела человека.

Одна и та же сила проявления фактора может быть оптимальной для одного вида, пессимальной – для другого и выходить за пределы выносливости для третьего.

Немецкий химик Юстус фон Либих установил, что продуктивность культурных растений в первую очередь зависит от того минерального элемента, которое представлено в почве наиболее слабо. По имени учёного названо образное представление этого закона – так называемая «бочка Либиха».

Суть модели состоит в том, что вода при наполнении бочки начинает переливаться через наименьшую доску в бочке, и длина остальных досок уже не имеет значения *(рис. 6.5).* Закон ограничивающего (лимитирующего) фактора, или закон минимума Либиха, звучит так: «Для выживания организма (или экосистемы) наиболее значимым является тот экологический фактор, который наиболее удаляется (отклоняется) от своего оптимального значения». Поэтому во время прогнозирования экологических условий или выполнения экспертиз очень важно определить слабое звено в жизни организма.



Рис. 6.5. Бочка Либиха

Лимитирующий (ограничивающий) **фактор** – любой фактор, который ограничивает процесс развития или существования организма, вида или сообщества. Например, если в почве имеется недо-

статок какого-то определённого микроэлемента, это вызывает снижение урожайности растений. Из-за отсутствия пищи гибнут насекомые, которые питались этими растениями. Уменьшение численности насекомых, в свою очередь, сказывается на выживании и размножении энтомофагов, насекомых, земноводных (обитающих в воде и на суше), рептилий, птиц, млекопитающих, питающихся этими насекомыми.

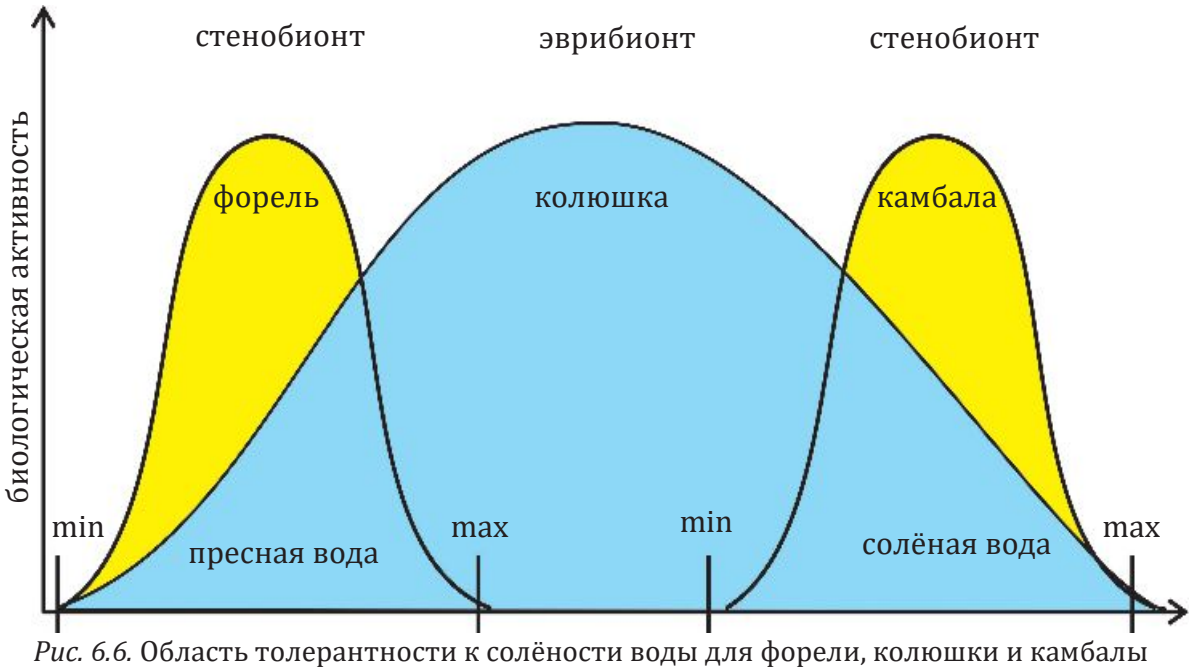


Рис. 6.6. Область толерантности к солёности воды для форели, колюшки и камбалы

Ограничивающие факторы определяют ареал расселения каждого вида. Например, распространение многих видов животных на север сдерживается нехваткой тепла и света, на юг – дефицитом влаги. Лимитирующим фактором, ограничивающим развитие организма, может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия *(рис. 6.6)*. Широкую экологическую толерантность вида по отношению к абиотическим факторам среды обозначают добавлением к названию фактора приставки **«эври»**. **Эврибионты** (от греч. *eurys* – «широкий» и *biontos* – «живущий»), животные и растительные организмы, способные существовать при значительных изменениях условий окружающей среды или виды с большим диапазоном выносливости. Например, виды-космополиты широко адаптируются к изменчивости окружающей среды. **Космополиты** – широко распространённые виды, область обитания которых охватывает огромные территории Земли. Например, космополитами считаются крысы, тараканы, мухи, блохи. Неспособность переносить значительные колебания фактора, или узкая экологическая валентность, характеризуется приставкой **«стено»**. **Стенобионты** (от греч. *stenos* – «узкий», «ограниченный» и *biontos* – «живущий») – животные и растения, способные существовать лишь при относительно постоянных условиях окружающей среды, выдерживающие лишь небольшие колебания температуры, влажности или атмосферного давления и т. д. Некоторые виды южноамериканской колибри питаются нектаром цветков определённого вида растений, и область их распространения ограничивается узким ареалом данного растения. Австралийский сумчатый медведь коала может жить только на тех видах эвкалиптов, листьями которых он питается.

Понятие об экологической нише. В сложной системе взаимоотношений с экологическими факторами среды каждый вид занимает строго определённое место – экологическую нишу *(рис. 6.7)*. **Экологическая ниша** – совокупность всех абиоти-

ческих и биотических факторов, в пределах которых возможно существование вида. Экологическая ниша представляет образ жизни организма, условия его обитания и питания. Экологическую нишу не следует путать с местообитанием вида. Понятие «местообитание» обозначает территорию, где живёт организм. Например, травоядные обитатели степей – корова и кенгуру – занимают одну экологическую нишу, но имеют различные места обитания.



Рис.6.7. Экологическая ниша

Белка и лось относятся к травоядным животным, обитают на одной территории – в лесу, но занимают разные экологические ниши. В саваннах Африки встречается несколько видов травоядных копытных млекопитающих. Местообитание у них общее, но они по-разному используют имеющиеся кормовые ресурсы.

Несмотря на то что дятел и белка обитают на одном дереве, один из них питается насекомыми из-под коры дерева, а второй – семенами этого растения. Экологические ниши видов, которые живут совместно, никогда полностью не совпадают, иначе один вид вытеснит другой. Например, при совместном обитании популяций серой и чёрной крыс серые крысы постепенно вытесняют чёрных. В одном сообществе одну и ту же экологическую нишу не могут занимать два вида. Наблюдается, что один и тот же вид занимает различные экологические ниши в разные периоды онтогенеза. Вспомните непрямое развитие насекомых. В природных условиях факторы среды воздействуют на организм как единый комплекс.



Синицы, относящиеся к разным экологическим нишам

Экологические факторы не только влияют на организмы, но и взаимодействуют друг с другом. В сочетании с другими факторами один и тот же фактор может оказать неодинаковое воздействие на организм. В таком случае наблюдается усиление или ослабление силы воздействия одного фактора под влиянием

другого. Например, при низкой влажности воздуха высокая летняя температура переносится организмом легче, чем при высокой влажности воздуха.

Воздействующие на организм факторы среды обладают разной силой воздействия. Организм в одно и то же время не может проявлять разный уровень жизнедеятельности в ответ на действие каждого из этих факторов. Например, растение не будет расти и развиваться, если температура и освещённость для растения оптимальная, а влажность минимальная. Жизнедеятельность растения ограничивается недостатком влаги.

Следовательно, жизнедеятельность организма лимитирует (ограничивает) фактор, который больше всего отклонился от зоны оптимума. При поливе растения его рост возобновляется. Изменение силы воздействия лимитирующего фактора приводит к изменению жизнедеятельности организма. Поэтому выявление лимитирующих факторов имеет большое практическое значение, так как позволяет управлять жизнедеятельностью организмов. Это помогает человеку понять многие явления и принципы распределения организмов в природе. Изменяя силу воздействия этого фактора, можно управлять жизнедеятельностью организмов в природе и хозяйстве. Выявление лимитирующих факторов очень важно и в практике сельского хозяйства, так как, направив основные усилия на их устранение, можно быстро и эффективно повысить урожайность культурных растений или продуктивность домашних животных.

Чтобы сохранить исчезающий вид в определённом регионе, нужно выяснить, не выходят ли лимитирующие факторы среды за пределы экологической пластичности его организмов. Особенно это важно в период размножения и развития. Изменяя силу воздействия факторов, ограничивающих размножение особей, можно добиться повышения их численности.

Таким образом, экологические факторы, находясь в тесной связи и непрерывном взаимодействии друг с другом, обусловливают распространение организмов на Земле.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Какие виды экологических факторов вы знаете?
2. Какие существуют виды абиотического влияния?
3. Что вы понимаете под термином «биологический оптимум»?
4. Могут ли различные виды занимать одну и ту же экологическую нишу?

Применение. Какие факторы называют лимитирующими? Объясните закон Либиха о биологическом минимуме.

Анализ. Какие из нижеприведённых факторов определяют среду обитания животных, а какие – растений? Факторы: вода, ветер, солнечный свет, диоксид углерода, органические вещества, минеральные соли. Обоснуйте свой ответ.

Синтез. Зимой во время сильных ветров риск переохлаждения растений выше, чем при безветренной погоде. Как можно объяснить это явление? Обоснуйте свой ответ.

Оценка. Оцените последствия приведённых антропогенных факторов: вырубка лесов; добыча нефти из дна океана, её транспортировка и переработка; бесконтрольная охота и истребление животных; применение химических веществ против вредителей; загрязнение водоёмов промышленными и хозяйственными отходами.

6.4. ПРОЕКТНАЯ РАБОТА. СРАВНЕНИЕ СТРОЕНИЯ РАСТЕНИЙ, ВЫРАЩЕННЫХ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ

Цель проекта: изучить влияние абиотических факторов: света, влажности, состава почвы на живые организмы; проанализировать влияние абиотических факторов на живые организмы.

Оборудование: черенки комнатных растений (например, герани).

Правила безопасности: 

Порядок выполнения работы:

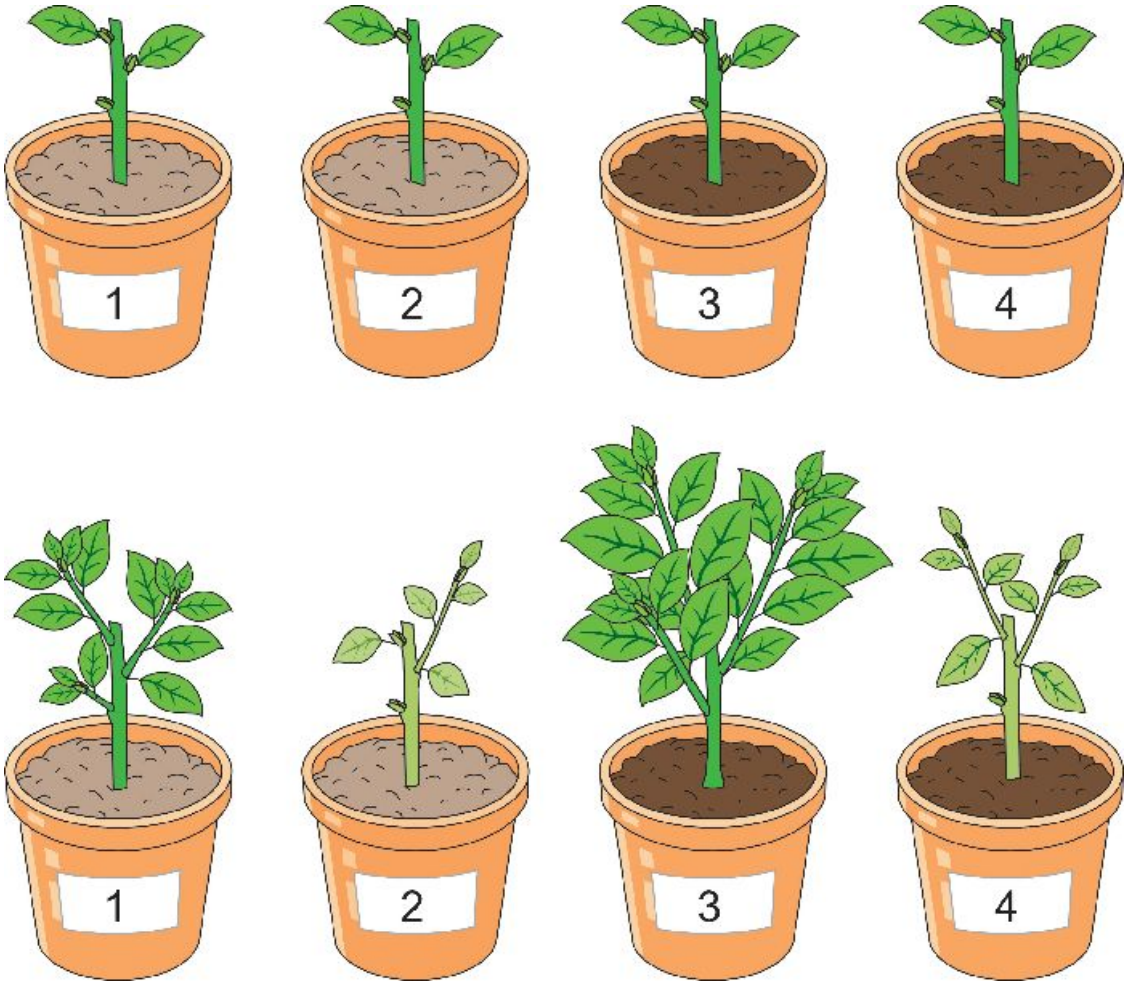
1. Возьмите четыре одинаковых боковых побега герани с тремя узлами с одного растения. С двух нижних узлов листья удалите, а на верхнем узле оставьте. Поместите побеги в воду до прорастания корня. Черенки растений хорошо дают корни в воде при комнатной температуре.

2. Два черенка посадите в горшки с обычной почвой, а другие два – в горшки с почвой, богатой перегноем.

3. На каждый горшок наклейте ярлыки с обозначением номера.

4. Горшки №1 и №3 поместите на подоконники, окна которых открыты на юг, а горшки № 2 и № 4 – на 4 метра от окна.

5. Первые три дня поливайте растения обильным количеством воды. В последующие дни растения из горшков № 1 и № 3 поливайте в достаточном количестве, а из горшков № 2 и № 4 – в меньшем.



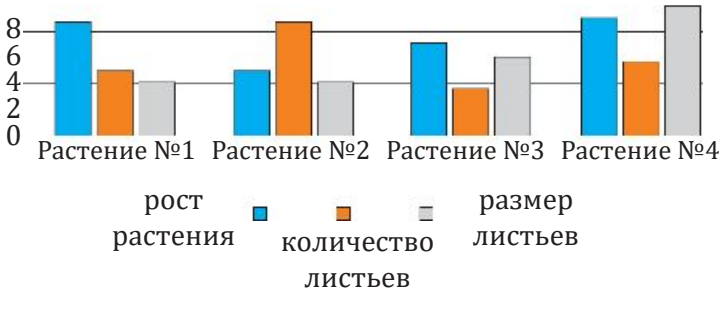
6. Наблюдайте за ростом и развитием растений. Каждую неделю записывайте результаты ваших наблюдений.

Влияние абиотических факторов на рост и развитие растений

Наблюдаемые параметры		**Наблюдаемые результаты**			
		Растение № 1	**Растение № 2**	**Растение № 3**	**Растение № 4**
Условия роста растений					
Рост растения	1 неделя				
	2 неделя				
	3 неделя				
	4 неделя				
	5 неделя				
Количество листьев	1 неделя				
	...				
Размер листьев	1 неделя				
	...				
Цвет листьев	1 неделя				
	...				

7. Через 5 недель сделайте выводы об эксперименте. Своё заключение отобразите в виде диаграммы.

8. Ответьте на следующие вопросы:



- Из каких абиотических факторов состоит окружающая среда?
- Как влияют почва, рельеф и ветер на распределение воды и температуры в экосистеме? Приведите примеры.
- Как влияет засоление почвы, насыщение её кислородом на состояние экосистемы?
- Разделите приведённые факторы на три группы – абиотические, биотические и антропогенные: хищничество, вырубка лесов, влажность воздуха, температура окружающей среды, паразитизм, свет, постройки зданий, атмосферное давление, выделение в атмосферу диоксида углерода из заводов, солёность воды.
- В комфортных условиях микроклимата человек может жить и работать практически везде – и в мороз в Антарктиде, и в космосе. Можно ли сказать, что температура не является лимитирующим фактором для человека?

6.5. ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЭКОСИСТЕМ

Проверка базовых знаний. Опишите автотрофные организмы, основываясь на знаниях, полученных ранее. Сравните фототрофные и хемотрофные организмы. Вспомните виды питания гетеротрофных организмов.



Структура экосистемы. Экосистема рассматривается как основная структурная единица природы на Земле. Экосистема – комплекс из сообществ живых организмов и среды их обитания, в котором происходит круговорот веществ и энергии.

В экосистеме различные виды организмов выполняют разные функции. В зависимости от роли, которую виды играют в круговороте, их относят к разным функциональным группам: продуцентам, консументам или редуцентам.

Продуценты синтезируют органическое вещество из минерального с использованием энергии. К данной функциональной группе относятся зелёные растения, фотосинтезирующие и хемосинтезирующие бактерии. Автотрофные организмы служат пищей, источником энергии, обеспечивающими существование гетеротрофных организмов. Консументы потребляют живое органическое вещество и передают содержащуюся в нём энергию по пищевым цепям. К ним относятся все животные и растения-паразиты.

Для консументов источником питания являются автотрофы (для растительноядных животных) или другие организмы (для плотоядных животных). В зависимости от вида потребляемого органического вещества консументы подразделяются на порядки: а) организмы, потребляющие продуцентов, называются консументами первого порядка, например, растительноядные животные – саранча, жук-листоед, грызуны, копытные животные, а также растения-паразиты; б) консументов первого порядка потребляют консументы второго порядка, к которым относятся плотоядные (хищные) животные; в) к консументам третьего и последующих порядков относятся хищные животные, питающиеся консументами второго и последующих порядков. Всеядные животные, например, кабаны, могут быть консументами первого и второго порядков, а хищные, например, волки – второго и третьего порядков. Виды животных, которые одинаково употребляют и мясную, и растительную пищу называют **всеядными**. К таким животным относятся, например, тараканы, страусы, крысы, свиньи, бурый медведь. Количество порядков консументов в экосистеме ограничено и определяется объёмом биомассы, созданной продуцентами.

Редуценты (деструкторы) – организмы (почвенные бактерии и грибы), которые в ходе жизнедеятельности превращают органические останки в неорганические вещества, обеспечивая возвращение содержащихся в них элементов в круговорот веществ. Они участвуют в последней стадии разложения – минерализации органических веществ до неорганических соединений. Они возвращают вещества в круговорот, превращая их в формы, доступные для продуцентов.

Отмершие останки растений и грибов, трупы и экскременты животных, вовлечённые в процесс разложения, называются **детритом**. В процессе разложения детрита участвуют детритофаги и редуценты. К детритофагам относятся мокрицы, некоторые клещи, многоножки, жуки-мертвоеды, некоторые насекомые и их личинки, черви. Детритофаги являются консументами.

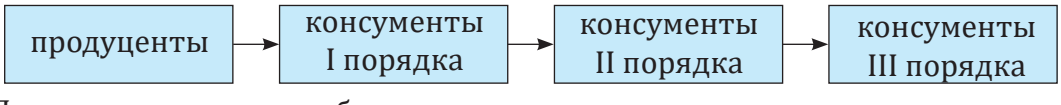
Цепи и сети питания. Поддержание круговорота веществ и превращения энергии является основным условием существования экосистемы. Благодаря трофическим (пищевым) связям между видами, относящимися к разным функциональным

группам, обеспечивается поддержание круговорота веществ. Органические вещества, синтезированные продуцентами из неорганических веществ с использованием солнечной энергии, передаются консументам по пищевой цепи. В результате жизнедеятельности редуцентов основные биогенные элементы переходят из органических веществ в неорганические (CO_2, NH_3, H_2S, H_2O). Неорганические вещества используются продуцентами для создания новых органических веществ и снова с помощью продуцентов вовлекаются в круговорот.

Для осуществления полноценного круговорота веществ в экосистеме должны быть все три функциональные группы организмов. И между ними должно происходить постоянное взаимодействие в виде трофических связей с образованием трофических (пищевых) цепей, или цепей питания.

Пищевая цепь – это линейная последовательность организмов, в которой происходит передача вещества и энергии от одного звена (источника) к другому (потребителю).

Термин «пищевая цепь» был предложен английским учёным-зоологом и экологом Ч. Элтоном в 1934 году. Пищевая цепь состоит из нескольких звеньев. Первым звеном цепи обычно являются зелёные растения, за ним следует звено растительноядных организмов (беспозвоночные, позвоночные животные, растения-паразиты), следующее звено состоит из хищников и паразитов, которые, в свою очередь, также имеют своих паразитов и хищников. Цепи питания, начинающиеся с зелёных растений, называются **пастбищными цепями** (цепями выедания). Пищевые цепи выедания начинаются с продуцентов и включают консументы разных порядков. Такую пищевую цепь можно представить следующей схемой:



Продуценты являются объектами питания для травоядных животных – консументов первого порядка, которые, в свою очередь становятся объектами питания для плотоядных (первичные хищные) животных-консументов второго порядка *(рис. 6.8)*.



Рис. 6.8. Пастбищная цепь питания:
растение – растительноядное насекомое – насекомоядная птица – хищная птица

Плотоядных поедают консументы третьего порядка или крупные хищники (вторичные хищники) *(рис. 6.8)*.



Рис. 6.9. Детритная пищевая цепь

Иногда пищевые цепи начинаются с детрита. Цепь, начинающаяся с мёртвого органического вещества – детрита, называется **детритной пищевой цепью**. В такой цепочке органическое вещество погибших растений, животных, грибов или бактерий усваивается детритофагами, которые, в свою очередь, становятся добычей хищников *(рис. 6.9)*.

В этом случае часть питательных веществ, содержащихся в детрите, возвращается в круговорот, минуя стадию разложения до минеральных соединений и потребления их растениями. Детритные цепи используются человеком для переработки органических отходов и разведения дождевых червей и личинок мух на корм птицам или рыбам.

Детритные цепи обычно имеют два, редко три звена, а пастбищные – четыре-шесть звеньев.

В водоёмах преобладают пастбищные цепи питания, которые состоят из нескольких последовательных звеньев. Первичным источником энергии в водном биогеоценозе, как и в большинстве экологических систем, служит солнечный свет, благодаря которому растения синтезируют органические вещества. Например, растительными останками и развивающимися на них бактериями питаются простейшие, которых поедают мелкие рачки. Рачки, в свою очередь, служат пищей рыбам, которых могут поедать хищные рыбы. Пример пищевой цепи водоёмов: фитопланктоны (водоросли) – зоопланктоны (дафнии, циклопы) – мальки рыб (плотва) – хищные рыбы (щука, окунь). В конце пищевой цепи находятся редуценты, которые превращают отмершее органическое вещество в неорганические соединения.

Природные сообщества коренным образом различаются по видовому составу, однако по трофической структуре они сходны: в них присутствуют основные экологические компоненты – продуценты (автотрофы), консументы различных порядков и редуценты (гетеротрофы).

Трофические уровни. По положению видов в пищевой цепи различают трофические уровни биогеоценозов (экосистем). Каждый организм в цепи питания относится к определённому трофическому уровню. Место организма в пищевой цепи или совокупность всех живых организмов, принадлежащих к одному звену пищевой цепи, называется **трофическим уровнем**. Трофических уровней столько, сколько пищевых звеньев в цепи питания.

Первый трофический уровень представляют автотрофные организмы как продуценты – поставщики органических веществ для гетеротрофных организмов. Ко второму трофическому уровню относятся консументы первого порядка, фитофаги. Хищники, питающиеся фитотрофами, относятся к третьему трофическому уровню (консументы второго порядка). К четвёртому – консументы третьего порядка, т. е. хищники, потребляющие других плотоядных *(рис. 6.10)*

В каждый трофический уровень обычно входит несколько видов. Например, в природном сообществе первый трофический уровень составляют многочисленные

виды растений. Второй и следующие трофические уровни также состоят из большого числа видов. От многообразия видов трофических уровней зависит устойчивость и длительность существования биогеоценоза.

I уровень	II уровень	III уровень	IV уровень	V уровень
Продуцент	консумент I порядка	консумент II порядка	консумент III порядка	консумент IV порядка



Рис. 6.10. Трофические уровни

В природе многие виды питаются не одним видом пищи, а используют разные пищевые объекты. Следовательно, в зависимости от характера корма, каждый вид может находиться на разных трофических уровнях в одной и той же пищевой цепи. Например, поедая мышей, ястреб занимает третий трофический уровень, а поедая змей – четвёртый. Кроме того, они могут быть звеньями разных пищевых цепей одновременно. Один и тот же вид может быть звеном раз-

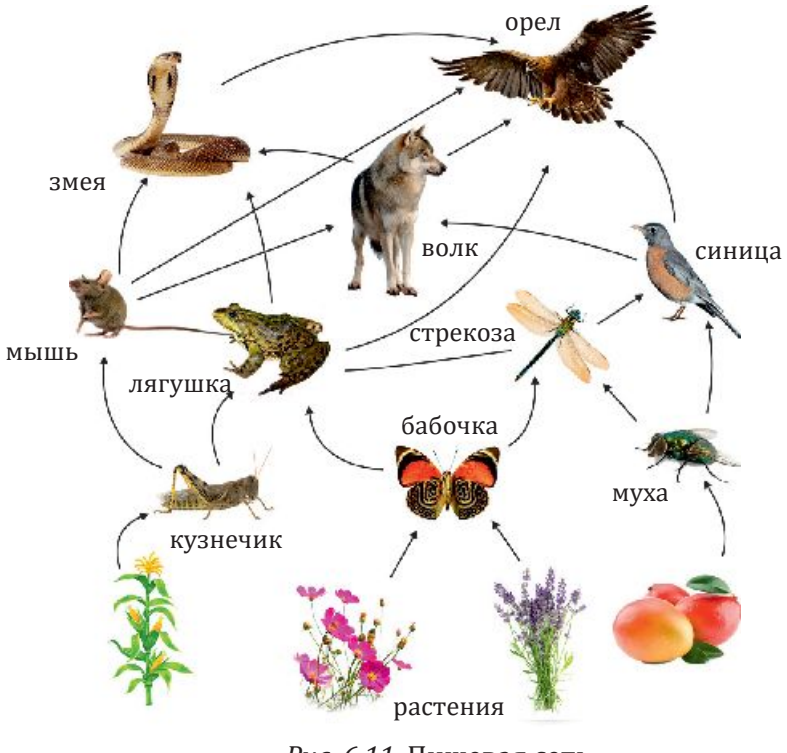


Рис. 6.11. Пищевая сеть

ных пищевых цепей, связывая их между собой. Например, ястреб может съесть ящерицу, зайца или змею, которые входят в состав разных цепей питания. Следовательно, трофические цепи переплетаются и образуют в экосистеме **трофическую (пищевую) сеть** – сложную сеть, состоящую из нескольких пищевых цепей *(рис. 6.11)*.

В пищевой сети звенья одной пищевой цепи являются составными частями другой цепи. Каждая из цепей является отдельным каналом, по которому передаются вещества и энергия. Отсюда следует важный общий вывод: если какое-нибудь звено биогеоценоза выпадает, то система не нарушается, так как используются другие источники пищи. Чем больше видовое разнообразие, тем система устойчивее.

Применение новых знаний.

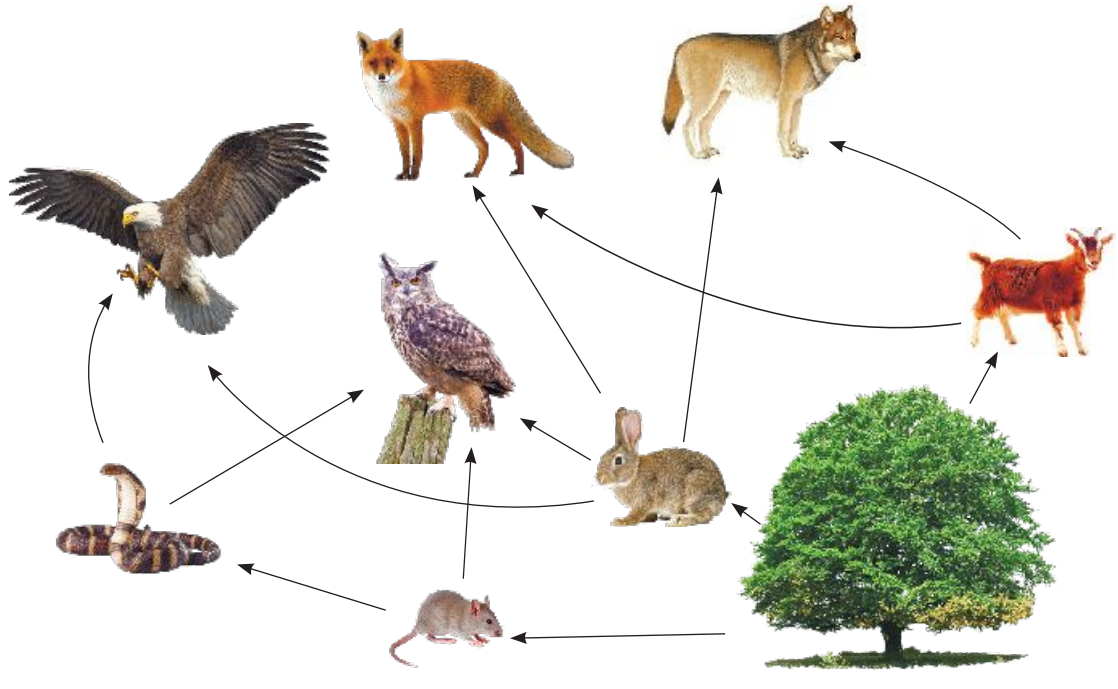
Знание и понимание.

1. Дайте определение понятию «экосистема».
2. Приведите примеры консументов первого порядка.
3. Какую функцию выполняют редуценты в экосистеме?

Применение. Составьте пастбищную цепь питания, выбрав нужные звенья из следующих компонентов: осина, дятел, берёза, синица, аист, гусеница берёзовой пяденицы, коршун.

Анализ. Установите соответствие между функциональными группами и их представителями. Функциональные группы: 1. Продуценты. 2. Консументы. 3. Редуценты. Представители: а) берёза; б) лось; в) дождевой червь; г) рыба-щука; д) сморчок; е) лишайник, ж) ламинария; з) гнилостные бактерии; и) дафния.

Синтез. Используя пищевую цепь на иллюстрации, составьте 8 пищевых цепочек.



Оценка. К каким экологическим последствиям может привести резкое снижение количества редуцентов в экосистеме?

6.6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ, СВЯЗАННЫХ С ПИЩЕВЫМИ ЦЕПЯМИ И ПИЩЕВЫМИ СЕТЯМИ

Цели: изучить правила экологической пирамиды, освоить знания о трофических связях в экосистеме – пищевую цепь и её виды; научиться составлять и решать задачи по теме.

Порядок выполнения работы:

1. Задачи на освоение видов трофической цепи.
2. Задачи на составление трофической цепи.
3. Задачи на составление трофической сети.
4. Решение задач на правила экологической пирамиды.
5. Обсудите и сделайте выводы.

1. Задачи на освоение видов трофической цепи.

1. Сравните трофические цепи. Определите их сходства и различия.

1) клевер луговой – заяц – змея – аист;

2) опавшие листья – дождевой червь – дрозд – ястреб.

Сходства трофических цепей	Различия трофических цепей

2. К какой трофической цепи могут относиться перечисленные организмы? Спишите таблицу в рабочую тетрадь и заполните.

1) Кролик; 2) лягушка; 3) плесневой гриб; 4) стрекоза; 5) почвенные бактерии; 6) тополь; 7) спирогира; 8) сазан; 9) дождевой червь; 10) олень; 11) мокрица; 12) жук-падальщик; 13) травы; 14) куница; 15) ястреб.

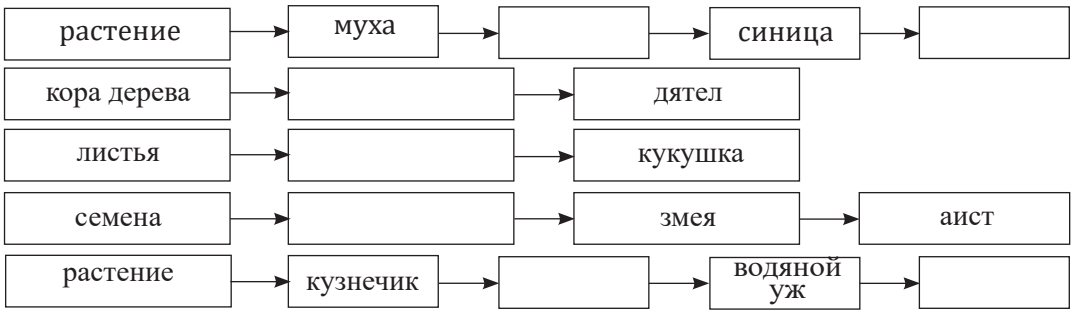
Цепи питания	Пастбищная пищевая цепь	Детритная пищевая цепь
числа		

2. Задачи на составление трофической цепи.

1. Составьте пастбищную трофическую цепь, выбрав нужные звенья из следующих компонентов: осина, дятел, берёза, синица, аист, гусеница берёзовой пяденицы, коршун.

2. Составьте детритную трофическую цепь, выбрав нужные звенья из следующих компонентов: змея, погибшая птица, почвенные бактерии, личинки мух, травяная лягушка, плесневые грибы, минеральные вещества.

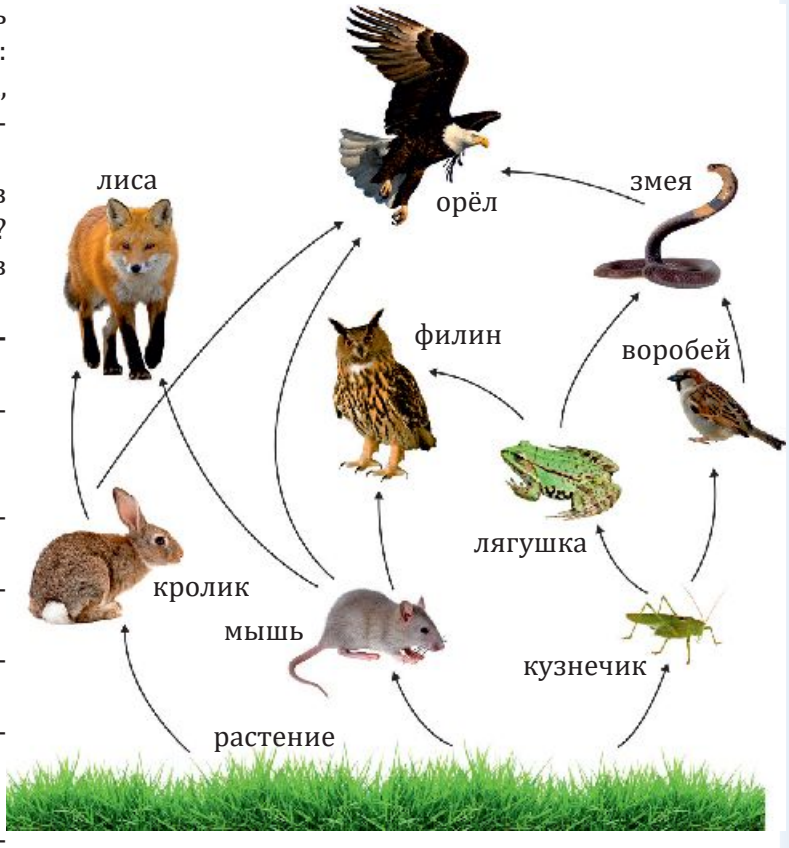
3. Ниже приведены несколько пищевых цепей. Заполните отсутствующие фрагменты следующими животными: короед, мышь, паук-крестовик, жаба, журавль, гусеница.



3. Задачи на составление трофической сети.

1. Составьте пищевую цепь из перечисленных организмов: растение, муха, скворец, жаба, змея, заяц, волк, мышь, кузнечик, сова.

2. Сколько пищевых цепей в пищевой сети на иллюстрации? Какое место занимает орёл в разных пищевых цепочках?



4. Решение задач на правила экологической пирамиды.

1. Составьте пирамиду чисел экосистемы пастбища.

Растения: 3 500.

Гусеницы: 50, питаются растениями.

Бабочки: 100, питаются растениями.

Мухи: 200, питаются растениями.

Стрекозы: 20, питаются бабочками и мухами.

Жабы: 5, питаются мухами.

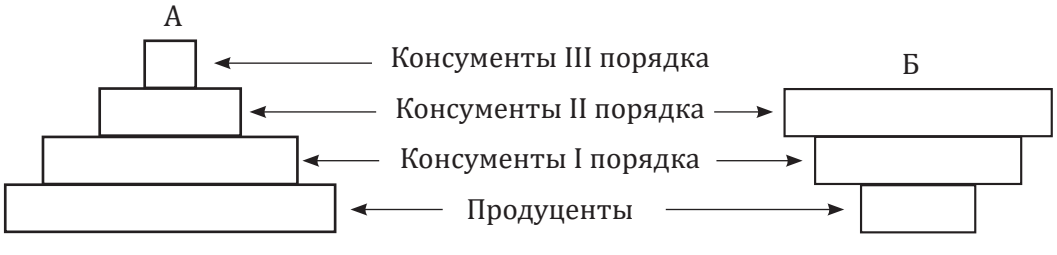
Ящерицы: 5, питаются стрекозами, гусеницами и мухами.

Барсук: 1, питается жабами, ящерицами, гусеницами.

2. Пищевая цепь экосистемы состоит из следующих компонентов: растение – личинка жука – крот – ястреб – лисица. В этой экосистеме обитают три лисицы с весом 4,5 kg, 4 kg и 6,5 kg. Определите биомассу растений.

3. Одна мышь в течение одного года потребляет 1 kg растительной массы. Лисицы же поедают 5 % от общей численности мышей (одна лисица в течение года в среднем поедает 4 000 мышей). Если мыши поедают 1 % от биомассы растений в экосистеме, то определите количество лисиц, которые могут прожить в экосистеме, где биомасса растений равна 40 000 тонн.

4. Решение задач на правила экологической пирамиды. Сравните экологические пирамиды А и Б, объясните их суть. Самостоятельно составьте задачи по этим пирамидам.



Обсудите и сделайте выводы.

ЗАДАНИЯ К ГЛАВЕ VI

1. Разделите приведённые в таблице экосистемы на естественные и искусственные, запишите их в виде кластера.

П/н	Экосистемы	П/н	Экосистемы	П/н	Экосистемы
1.	Лес	6.	Космическая станция	11.	Хлопковое поле
2.	Сад	7.	Пшеничное поле	12.	Болото
3.	Луг	8.	Степь	13.	Река
4.	Тугайный лес	9.	Террариум	14.	Город
5.	Море	10.	Виноградник	15	Озеро

2. Охарактеризуйте свойства естественных и искусственных экосистем на диаграмме Венна.



1) Минеральные вещества, которые усвоили продуценты, возвращаются в почву.
2) Наличие консументов в пищевой цепи.
3) Малое влияние человека на обмен веществ.
4) Наличие редуцентов в пищевой цепи.
5) Экосистема устойчива и без вмешательства человека.
6) Основной источник энергии – солнце.
7) Наличие продуцентов в пищевой цепи.
8) Минеральные вещества, усвоенные продуцентами, покидают пределы экосистемы.
9) Экосистема не устойчива без человеческого вмешательства.
10) Человек искусственно добавляет минеральные вещества и дополнительные источники энергии.
11) Является основным звеном пищевой цепи человека;
12) Определяется видовым разнообразием.

3. В экосистеме луга обитают следующие животные: бабочка-червь, читтак, люцерна, ястреб. Создайте пищевую цепочку, используя этих животных.

4. Определите совместимость данных живых организмов с их экологическими группами и запишите их в таблицу: ящерица, орёл, лягушка, микроскопический гриб, жук.

Экологические группы	Живые организмы
продуцент	
консумент I порядка	
консумент II порядка	
консумент III порядка	
редуцент	

5. Определите общую массу звеньев пищевой цепи при условии, что общая масса консументов третьего порядка составляет 8 kg. Запишите данные в таблицу.

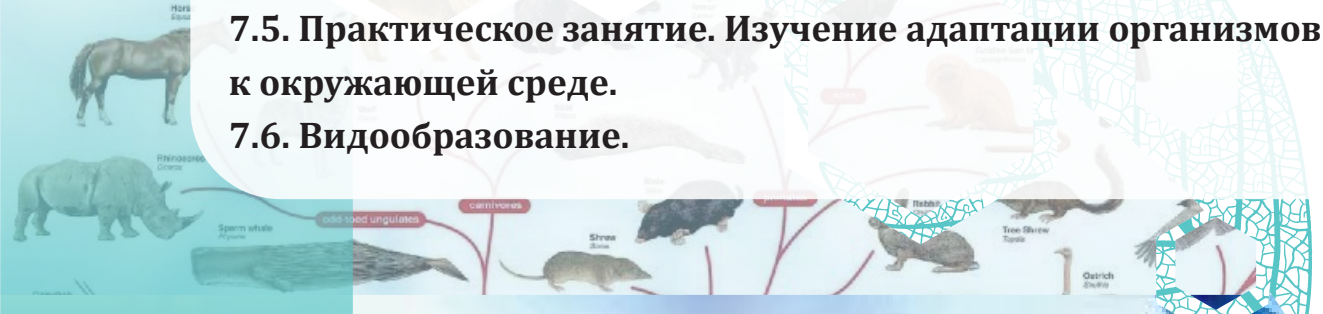
Компоненты пищевой цепи	Общая масса
фитопланктон	
мелкие ракообразные	
рыбы	
выдра	8 kg

6. Биомасса растений в пищевой цепи «растение – кролик – лиса» составляет 100 тонн. Определите количество особей в популяции лисы при условии, что биомасса одного кролика равна 1 kg.



ГЛАВА VII
ЭВОЛЮЦИЯ

7.1. Движущие факторы эволюции.
7.2. Практическое занятие. Изучение демографических показателей населения на основе закона Харди – Вайнберга.
7.3. Естественный отбор.
7.4. Приспособления в органическом мире как результат эволюции.
7.5. Практическое занятие. Изучение адаптации организмов к окружающей среде.
7.6. Видообразование.





7.1. ДВИЖУЩИЕ ФАКТОРЫ ЭВОЛЮЦИИ

Популяция
Вид
Мутация
Дрейф генов
Популяционные волны
Изоляция
Генофонд

Проверка базовых знаний. Как вы думаете, вид – это большое понятие или популяция?

Вопрос о происхождении вида – это основная проблема эволюционной теории. По этой причине необходимо различать понятия популяции и вида. **Вид** – это совокупность популяций особей, сходных по морфологическим, физиологическим, этологическим, генетическим, биохимическим особенностям, способных к скрещиванию, дающих плодовитое потомство, населяющих определённую территорию (ареал). Лишь в некоторых случаях вид состоит из одной популяции. Во многих случаях он включает в себя сотни или даже тысячи популяций. Итак, популяция является структурной единицей вида. Сходные организмы объединяются в популяцию, а близкие друг к другу популяции образуют биологический вид.

Популяция – совокупность особей вида, которые длительное время существуют относительно обособленно от других популяций на определённой части ареала. Особи одного вида могут жить также семьями, стадами, стаями. Однако такие сообщества могут распадаться или объединяться. Поэтому их нельзя назвать элементарными единицами эволюции.

В зависимости от площади ареала, населённого определённым видом, число популяций в нём может быть различным. В обширном ареале число популяций видов, как правило, больше, в небольшом ареале меньше. Ареалы популяций, принадлежащих к разным типам, отличаются друг от друга размером занимаемой этой популяцией территории. Площадь ареала популяции зависит от скорости передвижения животных, а у растений – от расстояния, в пределах которого они могут перекрёстно опыляться. Так, виноградная улитка передвигается в радиусе нескольких десятков метров, а северная лиса – в радиусе нескольких сотен километров.

Площадь ареала животных и растений (по А. В. Яблокову и А. Г. Юсуфову)

Вид	Площадь ареала
Виноградная улитка (*Helix pomatia*)	несколько десятков метров
Сельдь (*Clupea harengus*)	несколько сотен километров
Северная лисица (*Vulpes lagopus*)	несколько сотен километров
Северный олень (*Rangifer tarandus*)	более ста километров
Ондатра (*Ondatra zibethicus*)	несколько сотен километров
Синий кит (*Eschrichtius gibbosus*)	несколько тысяч километров
Скалистый дуб (пыльца) (*Quercus petraea*)	несколько метров

В зависимости от площади ареала популяции зависит и численность её особей. У насекомых численность особей в отдельных популяциях может достигать сотен тысяч и миллионов особей. С другой стороны, популяции некоторых животных могут быть сравнительно небольшими по численности. Например, популяция рыси, обнаруженная в горном массиве Гиссар в Узбекистане, насчитывает около 140–150 особей.

Составляющие популяцию организмы связаны друг с другом различными взаимоотношениями. Они конкурируют друг с другом за те или иные виды ресурсов, поедают друг друга, вместе обороняются от хищников. Гибель отдельных ослабленных организмов может улучшить качественный состав популяции (в том числе качество наследственного материала, которым располагает популяция), повысить её способность к выживанию в меняющихся условиях среды.

В пределах каждой популяции организмов, размножающихся половым путём, идёт постоянный обмен генетическим материалом. Скрещивание особей из разных популяций происходит гораздо реже, поэтому генетический обмен между разными популяциями ограничен. В результате каждая популяция характеризуется своим специфическим **набором генов** – генофондом с присущим только данной популяции соотношением частот встречаемости разных аллелей. Таким образом, существование в форме популяций повышает внутреннее разнообразие вида, его устойчивость к местным изменениям условий жизни, позволяет ему закрепляться в новых для себя условиях. От свойств популяций во многом зависят направление и скорость эволюционных изменений, протекающих внутри вида. Процессы образования новых видов берут начало в изменениях свойств отдельных популяций.

К процессам, приводящим к изменению генофонда популяции, относятся мутации, дрейф генов, популяционные волны, изоляция и др. Изменение генетического материала называется *мутацией*. Каждый ген в генофонде популяций, состоящих из нескольких миллионов особей, может подвергаться мутациям в поколениях. Эти мутации посредством комбинативной изменчивости передаются по наследству. Большинство мутаций являются рецессивными и не проявляются в фенотипе гетерозигот. Мутация служит материалом для эволюционных процессов.

В зависимости от характера изменений в генетическом материале различают *генные, хромосомные, геномные и цитоплазматические мутации*. Значительная часть мутаций, как правило, вредна для организма и устраняется в процессе естественного отбора. Некоторые из них могут принести определённую пользу. Такие мутации передаются будущим поколениям в процессе размножения и накапливаются у особей популяции по мере перехода из поколения в поколение. Мутационная изменчивость усиливается естественным отбором в течение длительного времени и изменяет генофонд популяции.

Дрейф генов или генетико-автоматические процессы – явление ненаправленного изменения частот аллельных вариантов генов в популяции, обусловленное случайными статистическими причинами. В небольшой популяции некоторые особи, независимо от их генотипа, могут оставить потомство, а могут и не оставить по случайным причинам. В процессе размножения у особей в популяции образуется большое число половых клеток – гамет. Большая часть этих гамет не формирует зигот. И этот фактор в популяции изменяет частоту (повторяемость) тех или иных аллелей.

Случайным образом из-за изменения частот генов одни аллели сохраняются, а другие исчезают. В результате случайного дрейфа генов генетически сходные популяции, живущие в одних и тех же условиях, постепенно теряют часть своих аллелей, и генетическая структура популяции изменяется.

Дрейф генов исследовал американский генетик С. Райт. Его опыт был прост: в пробирки с кормом он посадил по две самки и по два самца мух дрозофил, гетерозиготных по гену *A*. Через несколько поколений оказалось, что в некоторых популяциях все особи стали гомозиготными по мутантному аллелю (а), в других популяциях он был вовсе утрачен, и, наконец, часть популяций содержала как нормальный, так и мутантный аллель *(рис. 7.1)*.

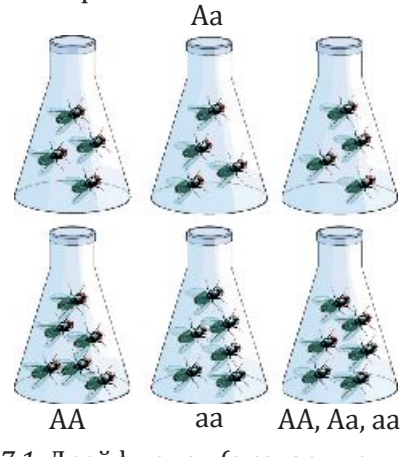


Рис. 7.1. Дрейф генов (эксперимент С. Райта)

Итак, дрейф генов приводит к изменению генофонда популяции. Дрейф генов ярко проявляется при резком сокращении численности популяции в результате стихийных бедствий (лесных пожаров, наводнений), массового распространения вредителей.

Популяционные волны – это колебания численности особей, составляющих популяцию.

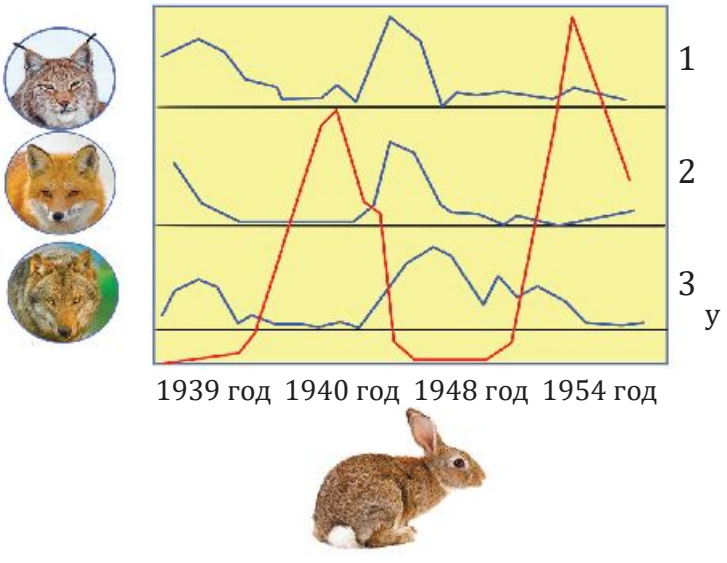


Рис. 7.2. Популяционные волны

Периодичность популяционной волны различна у разных организмов. Например, у белок период составляет 8 – 11 лет, у мелких грызунов около 10 лет, капустной белянки повторяется через 10 лет, а у саранчи около 11 лет. Популяционные волны обычно сопровождаются изменением площади, занимаемой индивидами. Из собственных наблюдений вам известно, что в годы с благоприятными погодными условиями число некоторых организмов резко увеличивается, а в годы, когда эти условия неблагоприятные, оно резко сокращается.

Заметное увеличение или резкое сокращение численности организмов популяции называется *популяционной волной (рис. 7.2)*.

Причинами резких непериодических снижений численности популяции могут также быть стихийные бедствия: засухи, пожары, наводнения. В результате популяционной волны численность одних особей увеличивается, а некоторых уменьшается. У погибших особей гены и соответствующие им признаки исчезают в популяции. Генофонд выживших особей сохраняется. Частое повторение таких явлений в конечном итоге приводит к изменению генофонда популяции.

Изоляция. Географическая, биологическая, экологическая и другие типы изоляции препятствуют свободному скрещиванию индивидов. Изоляция – это частичное или полное отсутствие скрещивания особей разных популяций.

Когда между популяциями существует поток генов, генетические различия не накапливаются. Изоляция прерывает обмен генетической информацией и превращает популяцию в новую самостоятельную генетическую структуру. Различают несколько видов изоляции.

Географическая изоляция – это разделение популяций в результате образования рек, гор и других географических преград.

Экологическая изоляция приводит к тому, что популяции одного и того же вида не скрещиваются в результате проживания в разных средах в разных частях ареала вида.

Биологическая изоляция приводит к неразмножению организмов в результате различий репродуктивных органов особей внутри вида, различий в строении цветков у растений.

Этологическая изоляция связана с поведением животных. Ярким примером тому является тот факт, что у разных видов птиц отличаются ритуалы ухаживания и брачные песни.

Итак, популяция является элементарной единицей эволюции. К процессам, вызывающим изменения в генофонде популяции, относятся: мутация, дрейф генов, популяционные волны, изоляция, естественный отбор и др.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Что такое популяция?
2. Что такое популяционные волны?
3. Охарактеризуйте виды изоляции организмов.
4. От чего зависит ареал численности населения?

Применение. Какие виды изоляции вы знаете?

Анализ. Почему популяция является элементарной единицей эволюции? Аргументируйте своё мнение.

Синтез. Что общего между популяционными волнами и генными дрейфами?

Оценка. Каково значение популяционной волны в экосистеме? Аргументируйте своё мнение.

7.2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. ИЗУЧЕНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЗАКОНА ХАРДИ-ВАЙНБЕРГА

Цель: изучение демографических показателей населения путём решения задач на основе закона Харди-Вайнберга.

Начальные этапы эволюционных процессов в популяциях основаны на законах наследственности. Изучение генетической структуры популяции связано с определением генотипического состава. В таких задачах определяют частоту генотипов и аллелей, которые выражают в процентах. Этот закон был независимо установлен двумя исследователями – математиком Г. Харди и врачом В. Вайнбергом. Все популяции имеют различные мутации и генотипически неоднородны. При отсутствии влияния на популяцию внешней среды генетическая неоднородность в ней будет сохраняться неизменной и в определённом балансе в будущих поколениях.

Предположим, что в некоторой популяции с одинаковым соотношением генотипов АА и аа частота генов А (доминантных) определяется *p*, а частота генов а (рецессивных) определяется *q*.

♀ / ♂	p(A)	q(a)
p(A)	p^2(AA)	pq (Aa)
q(a)	pq (Aa)	q^2(aa)

$$p^2(AA)+2pq(Aa)+q^2(aa)=1, \qquad p + q = 1$$

Сумма частот генов в популяции равна p + q = 1, поэтому уравнение можно выразить как:

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

Эта формула, предложенная Харди-Вайнбергом, теперь называется *законом Харди-Вайнберга*. Закон Харди-Вайнберга можно объяснить следующим образом: «В стабильной популяции отношение частот аллелей генов и генотипов от поколения к поколению является постоянной величиной и соответствует следующему уравнению:

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

Здесь: p^2 – частота появления гомозигот по доминантному аллелю; p – частота данного аллеля; q^2 – частота появления гомозигот по рецессивному аллелю; q – частота соответствующего аллеля; 2pq – частота появления гетерозигот.

Закон Харди-Вайнберга имеет практическое значение в медико-генетических исследованиях, а также при определении частотности генов, генотипов и фенотипов в природных популяциях, селекции и животноводстве.

Порядок выполнения работы:

1. Изучение метода решения задач на основе закона Харди-Вайнберга.
2. Самостоятельное решение задач на основе закона Харди-Вайнберга.
3. Самостоятельное составление задач на основе закона Харди-Вайнберга.
4. Обсудите и сделайте выводы.

1. Изучение метода решения задач на основе закона Харди-Вайнберга.

Задача 1. В одну колбу поместили 10 пар кареглазых (aa) дрозофил и 40 пар красноглазых (AA) дрозофил. Каково будет фенотипическое соотношение в 5-м поколении при скрещивании этих двух видов дрозофил?

Решение: Если предположить, что дрозофилы в колбе скрещиваются случайно, то можно применить формулу Харди-Вайнберга.

Встречаемость генотипа AA в 4 раза больше, чем генотипа aa. Следовательно, частота аллеля A составляет 0,8, а аллеля a – 0,2. Результат их скрещивания выглядит следующим образом:

♀ / ♂	p(A) – 0,8	q(a) – 0,2
p(A) – 0,8	p^2 AA – 0,64	pq (Aa) Aa – 0,16
(1- q) a – 0,2	pq (Aa) Aa – 0,16	q^2aa – 0,04

Образуется: q2 AA-0,64; 2q (1-q)Aa-0,32; (1-q)2aa-0,04. Здесь: частота A-аллеля равна 0,64AA + 0,16Aa.

Частота a-аллеля составляет 0,04aa+0,16aa=0,2.

Ответ: значит, частота генов не изменилась в следующем поколении.

2. Самостоятельное решение задач на основе закона Харди-Вайнберга.

1. У морских свинок короткая шерсть (A) доминирует над длинной (a). В одной из популяций ген A составляет 60%, а ген a – 40 %. Определите количество индивидов с короткой шерстью, если известно, что популяция насчитывает 3600 особей.

2. У попугаев зелёный цвет перьев преобладает над коричневым. При скрещивании гетерозиготного попугая с другим гетерозиготным попугаем в F_1 было получено 800 попугаев. На ген A приходится 60% всех популяций, а на ген α – 40%. Сколько попугаев F_1 гомозиготны?

3. У китайцев узкие глаза доминируют над большими. В селе с населением 60 000 человек гетерозиготы составляют 22,62 %. Каково общее количество людей с узкими глазами?

3. Самостоятельное составление задач на основе закона Харди-Вайнберга.

1. У растения красная окраска цветка преобладает над жёлтой. Скрещивали гетерозиготные организмы. Ген А всех популяций составляет ... %, а ген а – ... %. Какое количество растений из 1 000 штук в F_1 будут гетерозиготными?

2. В популяции ... на 1 000 жёлтых лисиц приходится 10 белых. Используя приведенную выше информацию, определите процент лисиц, которые являются гомозиготными (a), ... гетерозиготными (b) в этой популяции.

4. Обсудите и сделайте выводы.

1. На что следует обратить внимание при решении задач на основе закона Харди-Вайнберга?

2. Можно ли применить закон Харди-Вайнберга к наследственности у эктогенетических организмов?

3. Почему нельзя применить закон Харди-Вайнберга к наследственности у самооплодотворяющихся организмов? Поясните свой ответ.

7.3. ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР

Естественный отбор
Стабилизирующий
Движущий
Рудиментарные крылья
Дизруптивный
Борьба за существование

Проверка базовых знаний. Почему живые организмы распределены на Земле неравномерно? Почему они не исчезают совсем или, напротив, не заселяют полностью земную поверхность? Что вы думаете об этом?

Индивидуальная изменчивость происходит у всех индивидов популяции, обитающих в природных условиях. Она проявляется в трёх направлениях. Одни из них полезны для организма, вторые безразличны для него, а третьи могут быть вредны. Нейтральная изменчивость не влияет на жизнеспособность организмов, а организмы с вредной изменчивостью погибают на различных этапах индивидуального развития. Индивиды с полезной изменчивостью выживают благодаря преимуществу в борьбе за существование. Выживание в борьбе за существование организмов с определёнными полезными свойствами, а также гибель организмов, не имеющих таких свойств, называется *естественным отбором*.

Процесс естественного отбора имеет ряд отличий от процесса искусственного отбора. Естественным отбором владеет природа, а искусственный отбор осуществляется человеком. В то время как в естественном отборе интересы организма стоят на первом месте, в искусственном отборе у человека всегда есть свои интересы. Естественный отбор происходит в течение миллионов лет, а искусственный отбор происходит в короткие сроки. В результате естественного отбора образуется вид, в результате искусственного отбора образуется порода, сорт, штамм. Благодаря естественному отбору увеличивается разнообразие организмов, в процессе эволюции усложняется строение организмов, гибнут виды, недостаточно приспособленные к условиям среды.

Таким образом, организмы, приспособленные к борьбе за выживание, погибают реже, чем неприспособленные. Это свидетельствует о значении естественного отбора, приспособления организма к среде, новой популяции и происхождения вида.

Различают **стабилизирующие**, **движущие**, **дизруптивные** формы естественного отбора.

Стабилизирующий отбор. Условия среды, в которых живут организмы, могут постепенно меняться с течением времени или оставаться относительно неизмен-

ными. Жизнь каждой популяции зависит от окружающей среды. Популяция всегда должна приспосабливаться к её условиям, чтобы выжить. Если в течение нескольких поколений условия жизни не изменяются, то популяция будет иметь высокую степень приспособляемости, а естественный отбор будет направлять изменчивость в сторону стабилизации. В результате сохраняются приспособленные к среде формы со средней нормой, а изменённые от нормы погибают. Поэтому такой отбор снижает изменчивость популяции и повышает её устойчивость. Тот факт, что такие организмы, как гаттерия, *гингко билоба*, латимерия, а также встречающиеся в Амударье *амударьинские большая* и *малая ложнолопатоносые* рыбы, сохраняются в постоянных условиях среды, является результатом стабилизирующего отбора *(рис. 7.3)*

Стабилизирующий отбор влияет также на людей. Нормальная человеческая клетка имеет 44 аутосомы и 2 половые хромосомы. Если оплодотворённая яйцеклетка женщины имеет 44 аутосомы и только одну Х-хромосому (одной Х-хромосомы не хватает), то плод перестаёт развиваться в утробе матери через 2–3 месяца и происходит естественное его отторжение.



Рис. 7.3. Стабилизирующий отбор

Движущий отбор. При изменении условий среды выживают те особи вида, у которых проявилась наследственная изменчивость и в связи с этим развились признаки и свойства, соответствующие новым условиям, а те особи, которые не имели такой изменчивости, погибают. Эта форма отбора характеризуется тем , что на смену индивидам со старыми чертами характера приходят индивиды, приспособившиеся к условиям новой среды.

Во время своего пятилетнего путешествия Дарвин обнаружил, что на океанических островах, где господствовали сильные ветры, часто встречаются насекомые с рудиментарными, удлинёнными, нормальными крыльями, а также бескрылые насекомые. Как объяснял учёный, насекомые с нормальными крыльями не могли противостоять сильным ветрам на этих островах и погибали. Некоторые особи с удлинёнными крыльями могли летать против ветра. А насекомые с рудиментарными крыльями и бескрылые совсем не поднимались в воздух и скрывались в щелях, находя там укрытие. Этот процесс, который сопровождался наследственной изменчивостью и естественным отбором и продолжался в течение многих тысяч лет, привёл к сокращению численности на этих островах насекомых с нормальными крыльями и к появлению особей с рудиментарными и длинными крыльями, а также бескрылых насекомых. Мало того, на островах, где дуют сильные ветра, постепенно исчезли высокие деревья или отдельно растущие травянистые растения в результате генетической изменчивости и естественного отбора, их высота стала составлять до 1 метра. Сохранились подушко-



Рис. 7.4. Эволюция лошади – результат движущего отбора

видные растения. Кроме того, рудиментация крыльев у некоторых птиц и насекомых, боковых пальцев у копытных, глаз у некоторых животных, корней и листьев у растений-паразитов, является ярким примером движущего отбора *(рис. 7.4).*

Дизруптивный отбор. В некоторых случаях среди организмов одного вида, распространённых в определённом месте, могут встречаться две и более группы особей, отличающихся друг от друга. Это результат дизруптивного отбора, еще одной особой формы естественного отбора *(рис. 7.5)* Например, явление сезонного полиморфизма можно увидеть у двухточечной божьей коровки. У эти жуков бывают как чёрные, так и красные крылья. Формы с красными крыльями реже погибают зимой от холода, но летом дают мало потомства. А формы с чёрной окраской крыльев, наоборот, чаще погибают зимой, будучи не в состоянии противостоять холодам, но летом дают многочисленное потомство. Таким образом, эти две формы божьих коровок в силу разной приспособленности к различным сезонам сохраняли своё потомство на протяжении долгого времени.



Рис. 7.5. Дизруптивный отбор

Борьба за существование заключается в текущей деятельности организмов, направленной на сохранение собственной жизни и обеспечение жизнедеятельности своего потомства. Понятие борьбы за существование предложил Ч. Дарвин. При интенсивном размножении организмов возникает дефицит природных ресурсов, необходимых для нормального существования каждой особи: запасов пищи, воды, ареала и т. д. Один свиной солитёр откладывает до 200–300 миллионов яиц, одна пастушья сумка даёт 70 000 семян, а белена – более 400 000 семян. Если бы не было никаких препятствия для их размножения, через некоторое время они заняли бы все водоёмы и сушу. Но такого никогда не бывает в природе. Из-за дисбаланса между скоростью размножения особей вида и количеством необходимых для их жизни ресурсов большое количество особей погибнет в борьбе за существование.

Дарвин различал три формы борьбы за существование: межвидовую, внутривидовую и борьбу с неблагоприятными условиями неорганической природы. *Внутривидовая борьба* отражает соперничество между индивидами одного вида *(рис. 7.6).* Эта борьба будет очень интенсивной и ожесточённой, особенно из-за того, что индивиды, принадлежащие к одной популяции, нуждаются в одних и тех же условиях, чтобы жить и оставлять потомство. В качестве примера можно привести то, как

животные-самцы во время брачного периода сражаются между собой за обладание самкой. В ходе эволюции появились различные приспособления, устраняющие борьбу между индивидами одного вида. Например, кабаны и муравьи разграничивают знаком территорию, где они живут. Некоторые животные поедают собственное потомство (щуки, мыши) или раздавливают их (аисты), когда численность популяции превышает определённую норму.



Рис. 7.6. Внутривидовая борьба

Межвидовая борьба отражает борьбу между особями, принадлежащими к разным видам *(рис. 7.7)* и проявляется в следующем виде: а) борьба индивидов двух видов, живущих в одной среде за условия жизни (борьба между посевами и сорняками за влагу, свет и питательные вещества); б) одностороннее использование одного вида другим (хищник и жертва); в) создание одним видом удобств для другого вида без вреда для себя (распространение семян растений через шерсть животных); г) создание взаимовыгодных условий различными видами (насекомые собирают себе пищу, опыляя цветы).

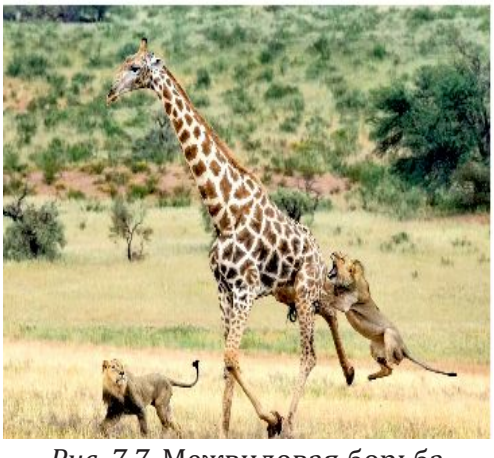


Рис. 7.7. Межвидовая борьба

Борьба с неблагоприятными условиями внешней среды – это борьба организмов с неблагоприятными абиотическими природными факторами. Она особенно очевидна в регионах, которые являются чрезвычайно сухими или влажными, жаркими или холодными. В ходе эволюции организмы выработали ряд приспособлений, позволяющих им выживать в крайне неблагоприятных условиях.

Например, растения, произрастающие во влажном и жарком климате, имеют большие листья. В сухом и жарком климате листья растений мелкие, опушённые, листовых отверстий мало. Они обеспечивают меньшее испарение воды *(рис. 7.8)*.



Рис. 7.8. Борьба организмов с неблагоприятными условиями природы

Поэтому естественный отбор имеет важное значение в приспособлении организма к среде, в процессе возникновения новых популяций и видов. Существуют стабилизирующие, движущие, дизруптивные формы естественного отбора. Борьба за существование обеспечивает выживание организмов и жизнь их потомков.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Дайте определение естественному отбору.
2. Какие формы естественного отбора вы знаете?
3. Какие существуют виды борьбы за существование?

Применение. Какое значение имеет борьба за существование в жизни организмов?

Анализ. Почему межвидовая борьба не такая ожесточённая и напряжённая, как внутривидовая?

Синтез. Какая связь имеется между естественным отбором и борьбой за существование?

Оценка. Напишите эссе, основываясь на своих знаниях о различиях между естественным и искусственным отбором.

7.4. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОМ МИРЕ – РЕЗУЛЬТАТ ЭВОЛЮЦИИ

Проверка опорных знаний. Известно, что все живые организмы в природе заботятся о своём потомстве в разной степени. У каких организмов сильно развита забота о потомстве? От каких признаков зависит уровень этой заботы?

Адаптация
Жизнеспособность
Конкурентоспособность
Фертильность
Покровительственная окраска
Маскировка
Мимикрия

Адаптация – это приспособленность внутреннего и внешнего строения организмов, функции органов, поведения и образа жизни к условиям определённой среды обитания. Все живые организмы обладают уникальными приспособлениями, которые позволяют им выживать в той среде, в которой они обитают, побеждать в борьбе за выживание, оставлять нормальное потомство и передавать свои черты будущим поколениям. Адаптация является неотъемлемой частью выживания, конкурентоспособности и нормального воспроизводства организмов. Эти три компонента адаптации взаимосвязаны посредством естественного отбора. Различные условия окружающей среды являются причиной того, что признаки приспособления у организмов также различны.

Морфологические адаптации. В результате влияния факторов внешней среды в строении тела организмов появляются черты, соответствующие этой среде. Например, обтекаемая форма тела способствует быстрому передвижению птиц в воздухе, рыб в воде. Примерами морфологических адаптаций у животных являются покровительственная окраска, маскировка, предостерегающая окраска, мимикрия, расчленяющая окраска.

В большинстве случаев окраска животных соответствует окраске среды, в которой они обитают. Такая окраска называется *покровительственной окраской (рис. 7.9).*



зелёная саранча | ящерица | куропатка (чил) | гусеница капустной бабочки

Рис. 7.9. Покровительственная окраска у животных

Если цвет окружающей среды меняется в зависимости от времени года, то меняется и цвет животных. В некоторых случаях сходство формы и окраски тела животного с окружающими предметами называют *маскировкой (рис. 7.10).*


выпь


бабочка каллима


палочник


морской конёк

Рис. 7.10. Маскировка животных

Некоторые животные имеют разноцветную, бросающуюся в глаза яркую окраску, которая называется *предостерегающей окраской*. Обычно у таких животных имеются дополнительные средства защиты от врагов. К таким средствам относятся выделяемые ими неприятные запахи или ядовитые жидкости, щетинки и иголочки на теле *(рис. 7.11)*.


бронзовка


божья коровка


пчела медоносная

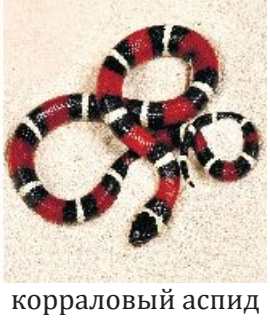

коралловый аспид

Рис. 7.11. Предостерегающая окраска животных

Мимикрия – это имитация видом, беззащитным перед некоторыми хищниками, внешности другого вида, которого избегают эти хищники из-за несъедобности или наличия особых средств защиты. Это подражательное сходство некоторых животных, главным образом насекомых, с другими видами живых организмов или несъедобных объектов внешней среды, обеспечивающее защиту от врагов. Например: сходство мухи-жужжалки с обыкновенной осой и неядовитого американского ужа с ядовитым коралловым аспидом – яркий пример мимикрии *(рис. 7.12).*


стеклянница


таракан


муха-жужжалка


американский уж

Рис. 7.12. Мимикрия у животных

На теле некоторых животных имеются светлые и тёмные полоски и пятна, спо- из-за чего хищник упускает из виду свою жертву. Такая окраска называется расчленяющей *(рис. 7.13).*



зебра



жираф

Рис. 7.13. Расчленяющая окраска животных

Физиологические адаптации. Эта адаптация обеспечивает функциональные преимущества организма, например, постоянство физиологических параметров – температуры тела, водно-солевого баланса, концентрации сахара в крови и пр. Организмы сохраняют свою устойчивость по отношению к изменениям влаги и температуры в окружающей среде на разных этапах онтогенеза. Например, морозостойкость растений связана с повышением количества сахара и концентрации клеточного сока и с уменьшением воды в их клетках. Тюлени, длительно находящиеся под водой, кроме гемоглобина имеют пигмент, способный связывать больше кислорода, – миоглобин. Накопление многих жировых веществ в организме пустынных животных является примером физиологической адаптации.

Биохимические адаптации. Такая адаптация осуществляется ферментами клеток и органов и основана на регуляции биохимических реакций в организме. Синтез белков, жиров, углеводов и других органических кислот, биохимическое управление метаболизмом, посредством разложения, является примером биохимической адаптации. Биохимические адаптации зависят от факторов окружающей среды. Например, у беспозвоночных, рептилий и млекопитающих, обитающих на суше, аммиак выделяется в окружающую среду в виде мочевины, а у животных, обитающих в воде, выделяется по всему организму при дыхании и быстро вымывается водой.

Этологические адаптации. Этот тип адаптации связан с поведением животных. С помощью определённых действий животные защищаются от своих врагов, находят и запасают пищу, приспосабливаются к временам года, выбирают себе пару и размножаются, а также защищают своё потомство. Животные прячутся или ведут себя устрашающе, чтобы избежать нападения врагов. Забота о потомстве имеет большое значения для выживания. Некоторые американские сомы прикрепляют икру на своё брюхо и носят её на себе, пока из икринок не вылупятся мальки. Жаба-повитуха носит оплодотворённые яйца на спине до тех пор, пока из них не появятся молодые жабы. В отличие от низших позвоночных, птицы откладывают яйца в специально построенные гнезда и согревают их своим телом. Родители кормят птенцов и защищают их от врагов. Приспособления, связанные с заботой о потомстве, особенно сильно развиты у млекопитающих.

Приспособленность в мире растений. В процессе эволюции у растений появился ряд приспособлений к факторам окружающей среды. Например, растения по-разному приспособлены к дефициту влаги. Листья одних растений покрыты восковым слоем (фикус), других – густыми волосками (коровяк джунгарский). Листья саксаула превратились в мелкие «чешуйки». Листья янтака мелкие и жёсткие, большинство ветвей имеют колючки. Кактус, алоэ, агава относятся к числу растений, запа-

сающих воду. Некоторые растения имеют короткий вегетационный период: лютик едкий, костер Дантонии начинают развиваться ранней весной и успевают дать семена до конца вегетации. Верблюжья колючка, полынь и подобные им растения в засуху выживают, сбрасывая листья.

У растений существует ряд приспособлений, связанных с их опылением. Растения, опыляемые насекомыми, привлекают их своими крупными, яркими цветками, которые обладают приятным запахом и содержат нектар. Цветки растений, опыляемые при помощи ветра, наоборот, мелкие, невзрачные, бесцветные, без запаха, с лёгкой пыльцой.

У растений встречаются приспособления, которые способствуют распространению их плодов и семян. Распространяемые с помощью ветра плоды и семена берёзы, карагача, айланта, клёна имеют крыловидные отростки, семена хлопчатника снабжены волосками. Плоды череды, зверобоя, дикой моркови, лопуха, рогоголовника снабжены крючками, колючками, волосками, с помощью которых они цепляются за шерсть животных, перья птиц, одежду человека и разносятся на большие расстояния.

Мясистые, сочные косточковые и бескостные плоды поедаются птицами и другими животными, непереваренные семена растений с такими плодами выделяются с помётом и таким образом распространяются на другие территории. Семена и плоды, распространяемые с помощью воды, также имеют некоторые приспособления.

Таким образом, приспособления у живых организмов появились в результате естественного отбора в процессе эволюции. В результате адаптаций живые организмы находятся в такой среде, в которой они могут свободно жить и оставлять потомство. Поэтому приспособления в органическом мире считаются результатом эволюции.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. С какими свойствами организмов связана адаптация?
2. Приведите примеры морфологической адаптации и её виды.
3. Каковы особенности этологических адаптаций?
4. Расскажите об адаптациях в растительном мире.

Применение. Какие адаптации существуют в мире цветковых растений?

Анализ. Какое значение имеет появление крючков, колючек и волосков у растений?

Синтез. Назовите общие черты физиологических и биохимических адаптаций?

Оценка. Какое значение имеет естественный отбор в процессе возникновения приспособлений у организмов? Аргументируйте своё мнение, приведя примеры.

7.5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ. ИЗУЧЕНИЕ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМОВ К ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Цель: изучить адаптацию живых организмов к окружающей среде – определить признаки приспособления птиц к воздуху, рыб к воде, черепах к пустыне.

Морфологические, физиологические, биохимические и этиологические адаптации организмов позволяют им выживать в той среде, в которой они обитают, побеждать в борьбе за выживание и передавать признаки поколениям, оставляя нормальное потомство. Адаптация – это выживание организмов,

неразрывно связанное с конкурентоспособностью и наследственностью. Адаптации у организмов возникают в процессе эволюции на основе фенотипической и генотипической изменчивости.

Оборудование: учебник, аквариум с рыбками, попугай, канарейка или другие птицы в клетке, черепаха, ёж, верблюжья колючка, коровяк джунгарский или гербарий с любыми другими растениями, кактусы.

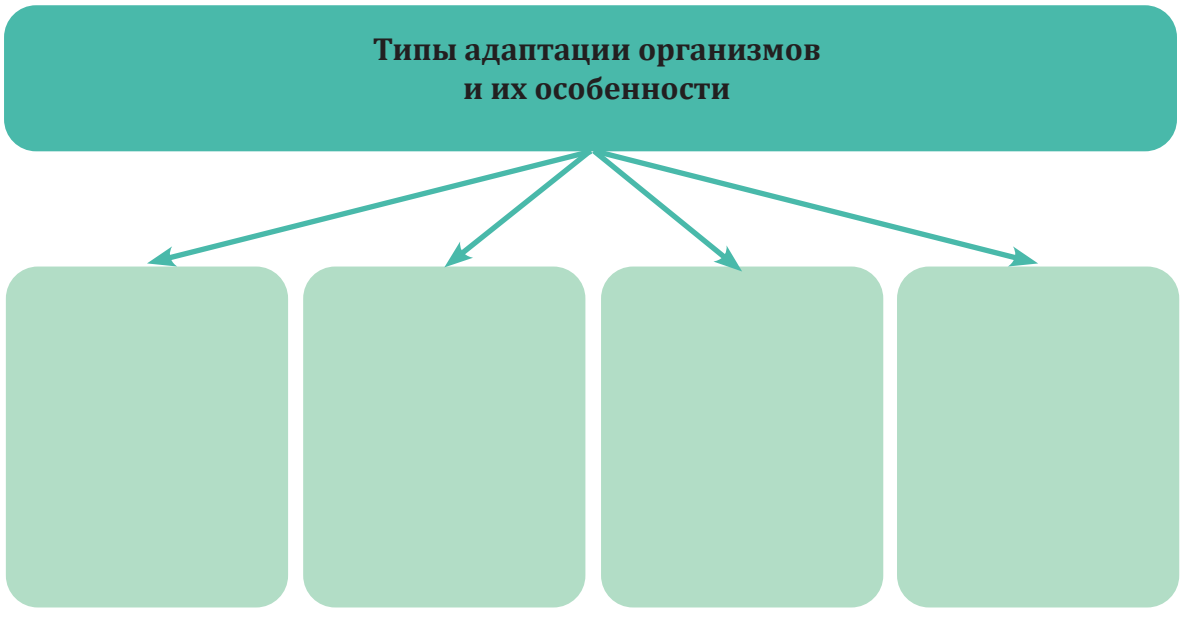
Правила безопасности: 

Порядок выполнения работы:

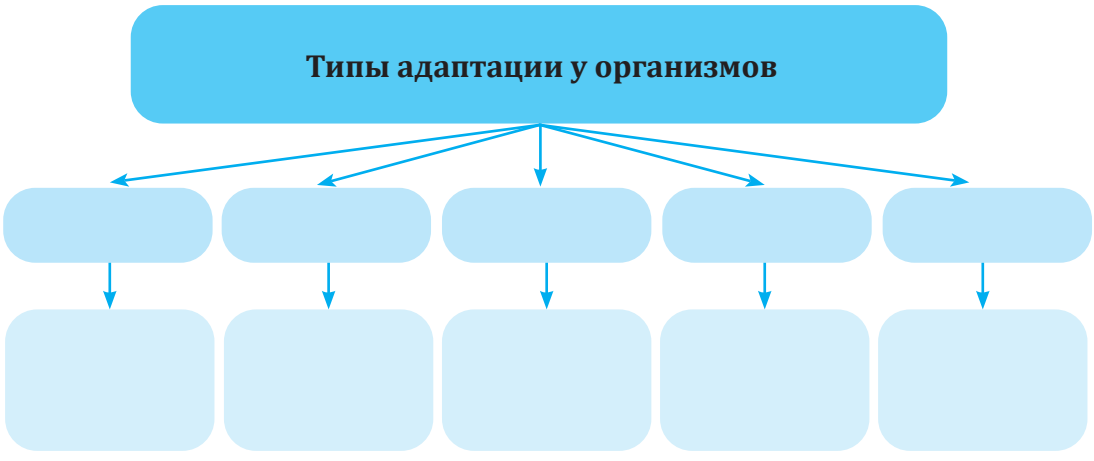
1. Осмотрите оперение попугая, канарейки или другой птицы в клетке.
2. Определите признаки приспособления к полёту во внешнем строении птиц.
3. Определите, какие приспособления есть у ежа и черепахи для защиты от врагов.
4. Определите, какие приспособления есть у верблюжьей колючки и коровяка джунгарского, которые защищают растение от разнообразных травоядных животных и запасают влагу.
5. Заполните приведённую ниже таблицу на основе своих наблюдений.

П/н	Организмы	Адаптации к условиям жизни	Адаптации, связанные с защитой от врагов
1	Ёж		
2	Попугай или канарейка		
3	Черепаха		
4	Рыба		
5	Верблюжья колючка		
6	Коровяк джунгарский		
7	Кактус		

6. Заполните приведённую ниже схему на основе полученных знаний.



7. На основе полученных знаний на уроке биологии и наблюдений в природе запишите формы морфологических адаптаций и соответствующие примеры.



Обсудите и сделайте выводы.

1. Какие приспособления у организмов позволяют им передвигаться в разных средах?

2. С какими свойствами организмов неразрывно связана адаптация? Аргументируйте своё мнение.

7.6. ВИДООБРАЗОВАНИЕ

Гибридизация
Дивергенция
Аллопатрическая
Симпатрическая
Полиплоидная
Микроэволюция

Проверка базовых знаний. Каково значение движущих сил эволюции в возникновении новых видов? Почему появление новых видов начинается с популяции?

Появление новых видов начинается с популяции, богатой мутациями. В результате свободного скрещивания формируются особи с новым генотипом и фенотипом. Изменение условий жизни приводит к расхождению признаков у особей популяции, т. е. к **дивергенции.** В результате начальная популяция производит ряд подформ с разными признаками.

Под влиянием движущего отбора особи с различными признаками в новой среде получат возможность оставить плодовитое потомство и выжить. Особи с промежуточным характером всегда находятся в состоянии конкуренции друг с другом, и поэтому погибают быстрее. Таким образом, внутри исходной популяции возникают новые подгруппы, из которых сначала возникают новые популяции, а затем, в силу ряда дивергенций, **новые подвиды** и **виды**. Таким образом, появляются роды, семейства, отряды и другие систематические группы.

В настоящее время учёные определяют три способа видообразования. Филетическое видообразование – постепенное превращение во времени одного вида в другой. Гибридизация двух видов – это результат скрещивания организмов двух разных видов, приводящий к появлению нового, третьего вида. Дивергенция – расхождение (разделение) признаков *(рис. 7.14).*

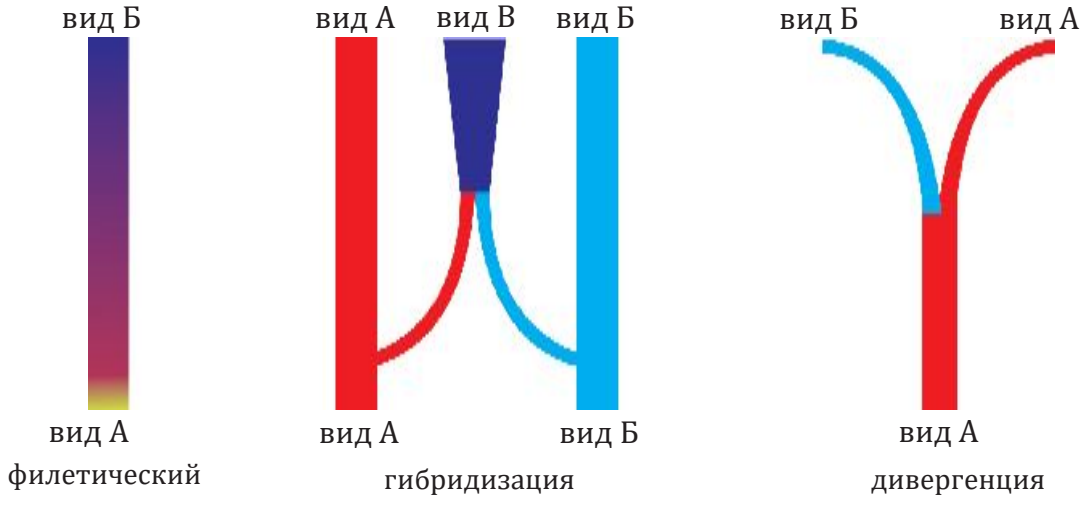


Рис. 7.14. Пути видообразования

Изучение видообразования сталкивается с двумя трудностями: во-первых, видообразование в природе происходит в течение длительного времени, во-вторых, этот процесс у различных организмов протекает по-разному.

В природе наблюдается два способа видообразования.

1. Аллопатрическое или географическое видообразование. Возникновение нового вида происходит в тех случаях, если отдельные популяции вида будут полностью разделены различными пространственно-территориальными преградами (горные хребты, реки, пустыни, леса). При расширении ареала новые виды сталкиваются с новыми условиями среды (почва, климат, живые организмы). Генофонд популяции со временем меняется из-за наследственной изменчивости, борьбы за существование и естественного отбора. Этот процесс приводит к образованию нового вида *(рис. 7.15).* Например, в центральном регионе Европы произрастает 20 видов лютиков. Все эти виды произошли от одного и того же вида из счёт географической изоляции. В результате географической изоляции появились такие подвиды фазанов, как хивинский, семирчинский, мургабский, кавказский, маньчжурский, японский. Таким же образом появился и обитающий в Сырдарье и Амударье вид рыб – лжелопатонос. Он принадлежит к древним осетровым. Близкие к нему виды рыб встречаются в реке Миссисипи (Северная Америка). В основе процесса появления новых видов в аллопатрическом направлении лежит географическая изоляция.

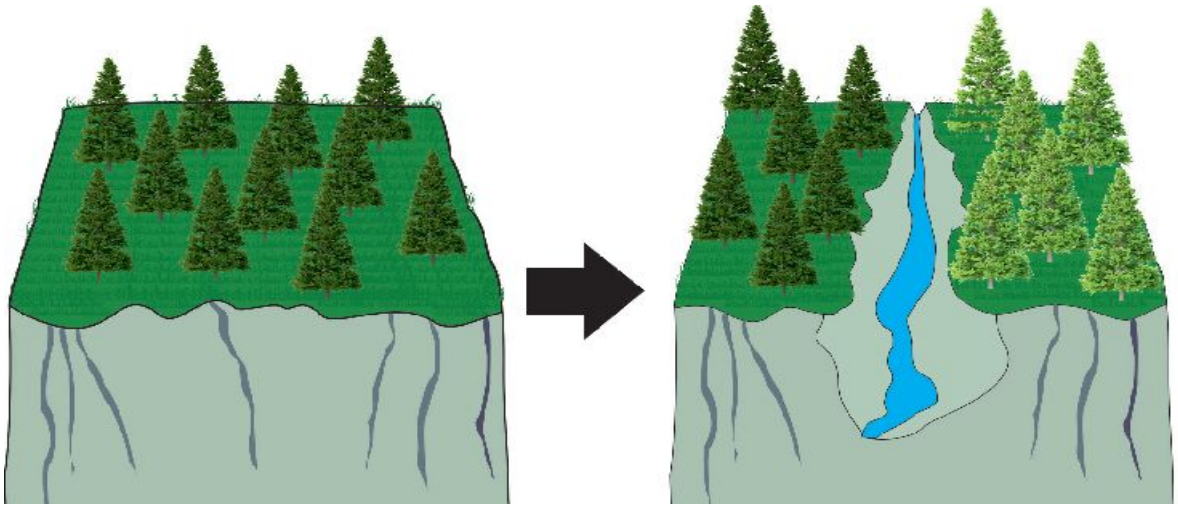


Рис. 7.15. Аллопатрическое или географическое видообразование

*2. Симпатрическое видообразование***.** Новый вид возникает внутри ареала исходного вида, т. е. видообразование происходит на одной территории. Изолированные популяции распространяются в одном ареале с родоначальным видом. Обычно группа изолированных особей отличается от родоначального вида временем рождения или местом проживания, либо различиями по полу. Из популяций, в результате мутационной изменчивости и естественного отбора появляются новые виды. Например, известно, что в озере Ланао, возникшем на Филиппинах 10 тысяч лет тому назад, только от одного единственного родоначального вида рыб образовалось 18 новых видов, а от одного родоначального вида бокоплавов, высших ракообразных, 250 новых видов. Зарождение новых видов может происходить в результате экологической изоляции, поэтому данную форму видообразования часто называют экологической *(рис. 7.16)*

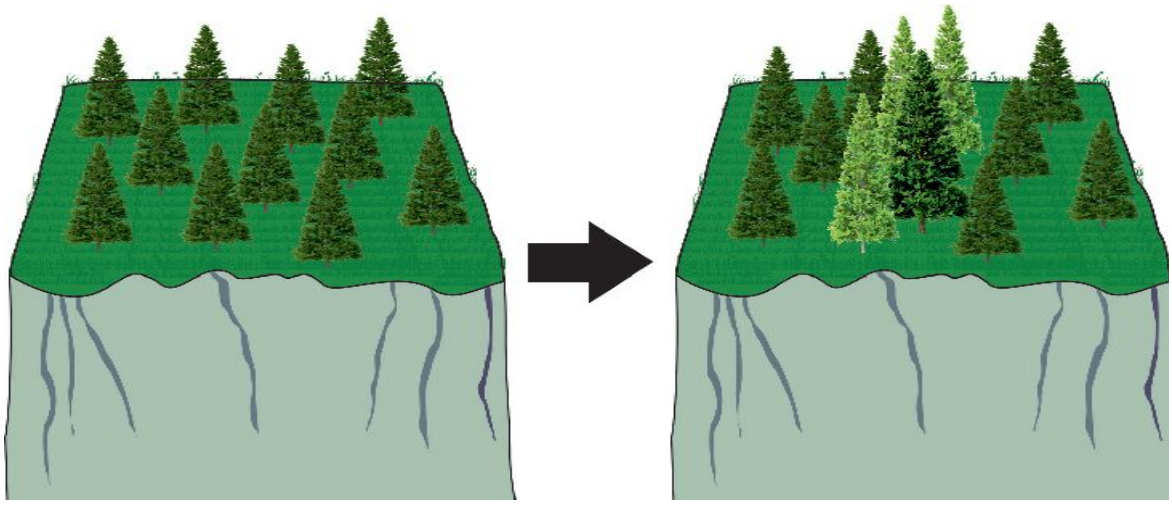


Рис. 7.16. Симпатрическое видообразование

К другой форме симпатрического видообразования относят внезапное образование видов, происходящее в результате хромосомных, геномных мутаций и гибридизации. В отдельных случаях при делении клеток под воздействием внешних факторов нарушается распределение хромосом между дочерними клетками. Увеличение или уменьшение числа хромосом в отдельных случаях лежит в основе образования новых видов. Например, в роде скерды из семейства сложноцветных встречаются анеуплоидные виды с 3, 4, 5, 6 и 7 хромосомами, в роде осоки илака – виды, содержащие от 12 до 43 хромосом. При неблагоприятных условиях происходят изменения в веретене деления клетки. Это, в свою очередь, препятствует расхождению хромосом к обоим полюсам клетки. Поэтому количество хромосом в материнской клетке удваивается, появляются полиплоидные виды. Установлены, например, виды хризантем с 18, 36 и 90 хромосомами, виды табака с 24, 48, 72, виды пшеницы с 14, 28, 42 хромосомами. Полиплоидные виды более приспособлены к неблагоприятным условиям внешней среды по сравнению с видами, имеющими диплоидный набор хромосом.

Иногда видообразование происходит за счёт гибридизации с последующим удвоением числа хромосом. Например, культурная слива возникла путём скрещивания вишни с тёрном, с последующим удвоением числа хромосом. Гаплоидный набор хромосом у вишни 16, а у тёрна 8, поэтому гаплоидный набор хромосом у их гибрида 24. По мнению учёных, виды хлопчатника *G. hirsutum* и *G. barbadense* с набором хромосом 52 появились в результате скрещивания вида *G. herbaceum* с другим видом, тоже имеющим 13 хромосом в гаплоидном наборе, и последующего удвоения числа хромосом гибридов *(рис. 7.17).*



Рис. 7.17. Тетраплоидный (А – *G. hirsutum L.*) и диплоидный (Б – *G. herbaceum L.*) виды хлопчатника. 1) цветки; 2) лепестки; 3) околоцветник; 4) лист; 5) нераскрывшаяся коробочка; 6) раскрывшаяся коробочка; 7) семена

Синтетическая теория эволюции и её правила. Дарвин разъяснил важнейший вопрос эволюционной теории с научной точки зрения. Но из-за отсутствия в то время ряда наук классический дарвинизм не мог решить такие проблемы, как материальные основы наследственности, механизмы проявления генетической и негенетической изменчивости и их эволюционное значение, природа и структура биологических разновидностей.

К XX веку стали подробно изучаться такие вопросы, как наследственность и изменчивость, отношения между организмами, принадлежащими к одному и разным видам, видовая структура. Сформировались новые отрасли биологии – генетика, экология, молекулярная биология. В результате стыковки классического дарвинизма с этими науками была создана *синтетическая теория эволюции*.

Основными положениями этой теории являются следующие утверждения:

1) популяция – наименьшая элементарная эволюционная единица.

2) элементарным эволюционным событием является изменение генетического состава популяции;

3) материалом для эволюции служат, как правило, изменения наследственности – мутационная и комбинативная изменчивость;

4) движущими факторами эволюции являются: популяционные волны, генетико-автоматические процессы (дрейф генов), миграция, изоляция и естественный отбор, возникающий в процессе борьбы за существование;

5) мутационный процесс, комбинативная изменчивость, популяционные волны и изоляция имеют случайный и ненаправленный характер;

6) единственный направляющий фактор эволюции – естественный отбор, возникающий на основе борьбы за существование;

7) эволюция – постепенный и длительный процесс;

8) вид, как правило, состоит из множества соподчинённых, морфологически, физиологически и генетически отличных, но репродуктивно не изолированных единиц – подвидов и популяций;

9) обмен аллелями, поток генов возможны лишь внутри вида;

10) эволюция имеет дивергентный характер, т. е. из одного вида может возникнуть несколько видов, а иногда из одного вида может возникнуть другой отдельный вид;

11) микроэволюция представляет собой эволюционные процессы, происходящие внутри вида, макроэволюция – процессы с формированием семейств, отделов, типов, классов.

Поэтому разнообразие живых организмов объясняется процессом дивергенции, происходящим внутри вида. Образование новых видов происходит филетическим, гибридизационным и дивергентным способами. Возникновение новых видов происходит двумя путями: аллопатрическим и симпатрическим. Синтетическая теория эволюции возникла в результате образования новых отраслей в биологии – генетики, экологии, молекулярной биологии – и их соединения с классическим дарвинизмом.

Применение новых знаний.

Знание и понимание.

1. Какие трудности имеются при возникновении видов?
2. Объясните значение мутаций в появлении новых видов.
3. Какие способы видообразования вы знаете? Приведите примеры.
4. Какие процессы входят в исходный материал эволюции?

Применение. Расскажите об особенностях появления видов в симпатрическом направлении.

Анализ. Чем отличается аллопатрическое видообразование от симпатрического?

Синтез. На основе каких разделов биологии была создана синтетическая теория эволюции? Как она возникла?

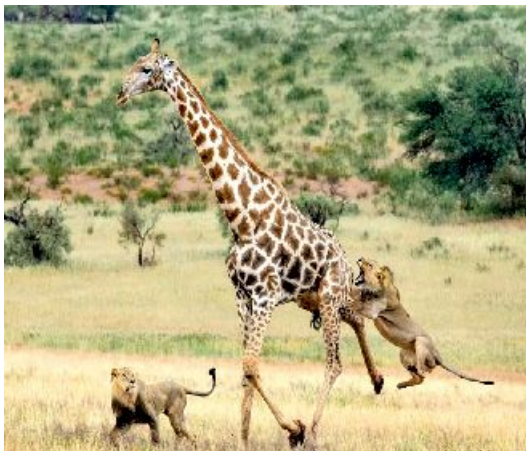
Оценка. Почему полиплоидные виды более приспособлены к неблагоприятным условиям среды, чем диплоидные?

ЗАДАНИЯ К ГЛАВЕ VII

1. Определите понятия, которые соответствуют пустым ячейкам таблицы.

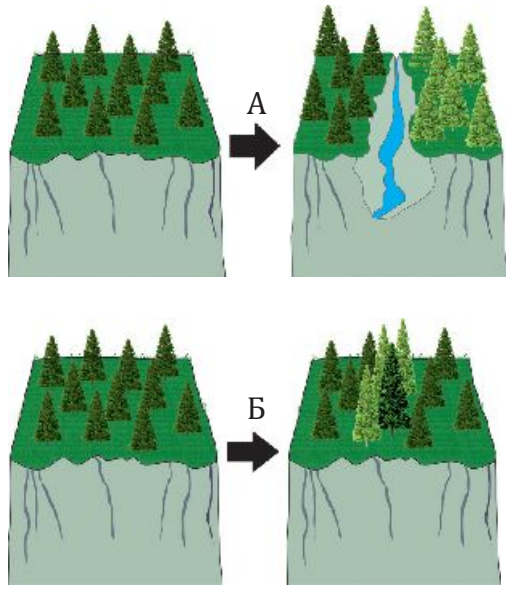
1	Наименьшая элементарная единица эволюции	Популяция
2	Разделение символов типа	
3	Периодические изменения численности особей, составляющих популяцию	

2. Определите особенности процесса, изображённого на рисунке.



1	Внутривидовая борьба.
2	Межвидовая борьба.
3	Борьба будет ожесточённой.
4	Борьба не будет ожесточённой.
5	Происходит естественный отбор.
6	Происходит искусственный отбор.

3. Определите характеристики каждого изображения.



1)	Появление вида в симпатрическом направлении.
2)	Появление вида в аллопатрическом направлении.
3)	Возникновение подвидов фазана.
4)	В озере Ланао 18 видов рыб произошли от одного родословного вида.
5)	В основе этого процесса лежит биологическая изоляция.
6)	В основе этого процесса лежит экологическая изоляция.

4. Соотнесите адаптации нижеприведенных организмов.

П/н	**Организмы**		**Тип адаптации**
1	Куропатка	А	Расчленяющая окраска.
2	Таракан	Б	Маскировка.
3	Фикус	В	Поверхность листа покрыта густыми волосками.
4	Агава	Г	Распространяться на большие расстояния, прикрепляясь к шерсти животных.
5	Саксаул	Д	Предостерегающая окраска.
6	Зверобой	Е	Поверхность листа покрыт воском.
7	Бронзовка	Ж	Листья превратились в мелкие «чешуйки».
8	Жираф	З	Растение, запасающее воду.
9	Коровяк джунгарский	И	Мимикрия.
10	Бабочка каллима	К	Покровительственная окраска.

5. Известно, что зигота образуется в результате слияния гаплоидной яйцеклетки и сперматозоида. Считается, что зигота имеет диплоидный набор. Скажите, почему при формировании растения сливы образовались гибридные хромосомы при оплодотворении вишни с гаплоидным набором хромосом (16) и терна с гаплоидным набором хромосом (8) вместо образования диплоидного набора, это сформировали гаплоидный набор (24). Как вы объясните?

скачано с сайта www.idum.uz

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Абиотические факторы (от греч. a – отрицательная частица, bios – «жизнь») неорганические компоненты природы, влияющие на жизнедеятельность и распространение живых организмов.

Автотрофные организмы (от греч. autos – «сам», trophe – «пища», «питание») – это организмы, производящие необходимые для их жизни органические вещества из неорганических за счёт процессов фотосинтеза и хемосинтеза.

Агроэкосистема (от греч. agros – «поле») – искусственная экосистема, созданная и регулярно поддерживаемая человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции.

Аллельные гены – гены, занимающие одинаковые локусы в гомологичных хромосомах и отвечающие за развитие альтернативных признаков.

Аллогенез (от греч. allos – «иной», «другой», genesis – «развитие») – эволюционное направление, сопровождающееся приобретением идиоадаптаций.

Аммонификация – процесс разложения белков и образования аммиака под действием микроорганизмов после гибели организмов.

Анабиоз – приостановка жизнедеятельности организма с последующим восстановлением её при благоприятных условиях.

Анаэробные организмы – это организмы, дыхание которых происходит в бескислородной среде.

Ареал (лат. area – «поле», «пространство») – естественная среда обитания каждого вида – определённая акватория или территория.

Ассимиляция (от лат. «подобный») – совокупность процессов биосинтеза органических веществ с затратой энергии в живом организме. Биосинтез высокомолекулярных соединений (белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов, липидов).

Аэробные организмы – организмы, которые нуждаются в свободном молекулярном кислороде для дыхания.

Бинарное деление – способ деления одноклеточных организмов.

Биогенные элементы – химические элементы, входящие в состав живых организмов.

Биологический прогресс (от лат. progressus – «движение вперёд») – преобладание рождаемости в популяциях над смертностью в них. Характеризуется ростом численности особей, расширением площади проживания, повышением внутривидовой изменчивости.

Биологический регресс (от лат. regressus – «возвращение», «оседание») – эволюционное движение, при котором происходит сокращение ареала, уменьшение численности особей, вымирание вида.

Биосфера (от греч. bios – «жизнь», sfera – «сфера») – оболочка Земли, заселённая живыми организмами, находящаяся под их воздействием и занятая продуктами их жизнедеятельности. Верхний предел биосферы определяется озоновым слоем.

Биосистема – биологические объекты, которые взаимосвязаны и влияют друг на друга, выполняют определенную функцию, обладают способностью развиваться, самовосстанавливаться и приспосабливаться к окружающей среде.

Биотехнология – (греч. bios – «жизнь», techne – «умение», «искусство», logos – «учение») – совокупность промышленных методов, использующих живые организмы и биологические процессы в различных областях сельского хозяйства, промышленности и медицины.

Биотоп (от греч. bios – «жизнь», topos – «место») – часть земной поверхности (суши или водоёма) с одинаковыми экологическими условиями и занятая специфическим биоценозом; видовое пространство.

Борьба за существование – один из движущих факторов эволюции, наряду с естественным отбором и наследственной изменчивостью, совокупность многообразных и сложных взаимоотношений, существующих между организмами и условиями среды.

Буферность – свойство клетки поддерживать определённый уровень концентрации ионов водорода (pH).

Векторы (в генетике и молекулярной биологии) – это молекулы ДНК, используемые для введения генетического материала в клетку.

Гаметы – мужские и женские половые клетки, образующиеся при половом размножении организмов.

Гаплоидный набор – одинарный набор хромосом зрелой половой клетки.

Генетический код – система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот, основанная на определённом чередовании последовательностей нуклеотидов в ДНК или РНК, образующих кодоны, соответствующие аминокислотам в белке.

Генная инженерия – это совокупность методов

и технологий, позволяющих создавать рекомбинантную ДНК путем внесения изменений в генетический аппарат клеток и на этой основе создавать объекты с новыми биологическими свойствами.

Генетика – это наука, изучающая законы наследственности и изменчивости, свойственные всем живым организмам.

Генотип (genos – «поколение», typos – «экземпляр») – сумма всех генов особи.

Гетерогамия (getero – «разные», gamos – «брак») – это один из типов слияния гамет, представляет собой процесс слияние подвижных, морфологически разных гамет, отличающихся по размерам.

Гидрофильные вещества – вещества, которые хорошо растворяются в воде.

Гидрофобные вещества – вещества, плохо или совсем не растворяемые в воде

Гликолиз – расщепление глюкозы в бескислородной среде.

Гомеостаз (gomeo – «такой же», stasis – «устойчивый») – состояние относительной стабильности строения и функций организмов.

Делеция – это потеря средней части хромосомы.

Денатурация – нарушение естественной структуры белка под действием различных факторов при сохранении его первичной структуры.

Диссимиляция (разложение) – процесс расщепления органических веществ с выделением энергии.

Дизруптивный отбор – форма естественного отбора, приводящая к образованию внутри популяции нескольких полиморфных форм, отличающихся друг от друга.

Дупликация – удвоение какой-либо части хромосомы.

Естественный отбор – это процесс отбора генотипов особей, наиболее приспособленных к данным условиям среды, и устранения генотипов особей, менее приспособленных к данным условиям.

Изоляция – частичное или полное отсутствие свободного скрещивания особей разных популяций.

Индивидуальное развитие, т. е. онтогенез, – процесс развития организма как самостоятельной особи от момента отделения от родительского организма (в случае бесполого размножения) или от момента оплодотворения (при половом размножении) до гибели.

Инверсия – это поворот участка хромосомы на 180°.

Лимитирующий фактор – фактор, замедляющий или останавливающий жизнедеятельность и развитие живого организма, вида, сообщества.

Матрица – нуклеотидная последовательность РНК или одной цепи ДНК, являющаяся основой («шаблоном») для ферментативного синтеза комплементарной ей полинуклеотидной последовательности.

Микробиология (от греч. micros – «маленький», bios – «жизнь», logos –«учение») – отрасль науки, изучающая микроорганизмы и их воздействие на другие живые организмы. Вариация – это проявление новых признаков и характеристик в поколениях.

Наследственность – способность организмов передавать свои признаки и особенности развития потомству.

Норма реакции – это предел способности одного генотипа продуцировать разные фенотипы в зависимости от условий внешней среды.

Онтогенез (греч. onton – «существование», genesis – «развитие») – индивидуальное развитие организма.

Оогамия (оо – «яйцо», gamos – «брак») – вид полового процесса, при котором сливаются резко отличающиеся друг от друга половые клетки – крупная неподвижная яйцеклетка с мелкой, обычно подвижной, мужской половой клеткой (сперматозоидом или спермием).

Оптимум (от лат. optimus – «лучший») – диапазон действия фактора, при котором эффективны рост, развитие и размножение организма.

Осмос – явление самопроизвольного переноса вещества через полупроницаемую мембрану молекул растворителя в сторону растворенного вещества большей концентрации.

Оогенез – это процесс развития яйцеклетки.

Оплодотворение – это процесс слияния гамет.

Пищевая цепь – это систематическая последовательность организмов, в которой вещества и энергия переходят от одного звена (источника) к другому звену (потребителю).

Пиноцитоз (от греч. pino – «пить», sitoz – «клетка») – поглощение клеткой из окружающей среды жидкости с содержащимися в ней веществами.

скачано с сайта www.idum.uz

Плейотропия – множественное действие гена, способность одного наследственного фактора – гена – воздействовать одновременно на несколько разных признаков организма.

Полиэмбриония – развитие нескольких независимых зародышей из одной зиготы.

Полиплоидия – кратное увеличение числа хромосом.

Популяция – совокупность особей, сходных морфофизиологически, генетически, экологически, этологически, имеющих общее происхождение, свободно скрещивающихся друг с другом и дающих плодовитое потомство.

Продуценты (от лат. producentis – «создающий») – автотрофные организмы, создающие органические соединения из неорганических веществ.

Прокариоты – одноклеточные живые организмы, у которых отсутствует оформленное клеточное ядро и другие мембранные органоиды.

Редуце́нты, или деструкторы (от лат. reduco – «возвращаю», «восстанавливаю») – организмы (в основном бактерии и грибы), разлагающие останки живых организмов до неорганических веществ.

Рекомбинация – это появление у потомства признаков, отсутствующих у родителей, в результате перераспределения генов при гибридизации.

Ренатурация (от лат. re – приставка, означающая возобновление, natura – «природа») – восстановление белка в исходное состояние после воздействия какого-либо фактора.

Толерантность (лат. tolerantia – «терпение») – предел выносливости показателей факторов среды, в которых могут жить живые организмы.

Трансдукция – это перенос генов из одной бактериальной клетки в другую посредством фагов.

Трансформация – процесс поглощения бактериальной клеткой молекулы ДНК из внешней среды.

Транслокация – тип хромосомных мутаций, при которых происходит перенос участка хромосомы на негомологичную хромосому.

Трисомия – это увеличение числа хромосом на одну (2n+1).

Урбаноэкосистема (от лат. urbs – «город») – искусственно созданная и поддерживаемая человеком среда. Сюда относятся города, посёлки и урбанизированные людьми участки земли.

Фагоцитоз – процесс, при котором клетки захватывают и переваривают твёрдые частицы.

Филогенез – историческое развитие организмов.

Фототропизм (греч. trope – «поворот») – движение растений под действием света, при котором направление движения зависит от направления света.

Хромосома – молекула ДНК, компактно упакованная с помощью вспомогательных белков-гистонов, формируются в профазе вследствие спирализации хроматина.

Экологическая ниша – совокупность факторов среды, в пределах которых обитает тот или иной вид организмов, его место в природе, в пределах которого данный вид может существовать неограниченно долго.

Экосистема (от греч. oikos «дом», «жилище») – как биологическая система, открытые системы, состоящие из компонентов – биотопа (среды обитания) и биоценоза (сообщества живых организмов), связанных обменом веществ. Например, пруд, озеро, лес, гниющее бревно и цветок в горшке.

Эмбриогенез (от греч. embryon – «зародыш») – это период развития организма от образования зиготы до рождения (выхода из яйцевых оболочек).

Эндонуклеазы – ферменты, разрезающие цепи ДНК на отрезки (рестриктазы).

Эндоцитоз – процесс захвата и поглощения плазматической мембраной клеткой крупных частиц.

Эукариоты – организмы, в клетках которых содержатся оформленные, ограниченные оболочкой ядра, в которых находится генетическая информация (грибы, лишайники, растения, животные).

Эволюция – это изменение органического мира во времени.

Эврибионты – организмы, приспособившиеся к жизни в широко меняющихся условиях окружающей среды или имеющие широкий диапазон пределов выносливости.

скачано с сайта www.idum.uz

O‘quv nashri

BIOLOGIYA
10

Umumiy o‘rta ta’lim maktablarining
10-sinfi uchun darslik

(Rus tilida)

Перевод Заитова Наргиза
Редактор Маджидова Екатерина
Компьютерная верстка Маликов Равшан
Художественный редактор Фармонов Сарвар
Технический редактор Сулаймонов Акмал
Художник-дизайнер Мулла-Ахунов Дилмурод
Корректор Сардарян Заре

Подписана в печать 31.10.2022. Формат 60x84 1/8.
Гарнитура «Cambria». Кегль 12. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 20,46. Уч.-изд. л 21,59.
Тираж . Заказ №

скачано с сайта www.idum.uz

Сведения о состоянии учебника, выданного в аренду

№	Фамилия, имя ученика	Учеб-ный год	Состояние учебника при получе-нии	Подпись классного руководителя	Состоя-ние учебника при сдаче	Подпись классного руководителя
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Таблица заполняется классным руководителем при передаче учебника в аренду и возврате в конце учебного года.
При заполнении таблицы используются следующие оценочные критерии:

Новый	Состояние учебника при первом использовании.
Хороший	Обложка не повреждена, не отделена от основной части учебника, имеются все страницы. Страницы не порваны, не отклеены, на них никаких записей и линий.
Удовлетво-рительный	На обложке имеются записи и линии, ее края повреждены. Обложка отделена от основной части учебника и отреставрирована пользователем. Реставрация удовлетворительная.
Неудов-летвори-тельный	Обложка повреждена, отделена от основной части учебника или частич-но отсутствует. Некоторые страницы повреждены. Реставрация страниц неудовлетворительная. Страницы порваны, исчерчены и испачканы. Некоторые страницы отсутствуют. Учебник восстановлению не подлежит.