ИЗДАТЕЛЬСТВО
РАНОК

Интернет-
поддержка

К. Н. Задорожный

Биология

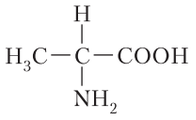
9

КЛАСС

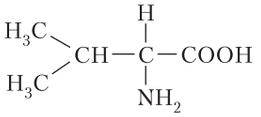


Аминокислоты, которые входят в состав белков

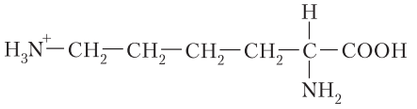
Аланин (Ала)



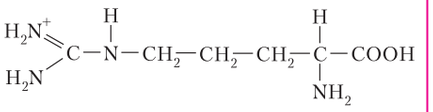
Валин (Вал)



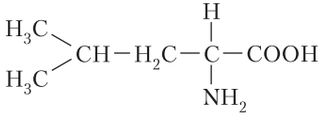
Лизин (Лиз)



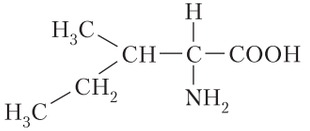
Аргинин (Арг)



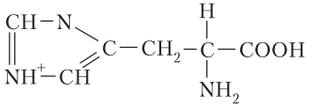
Лейцин (Лей)



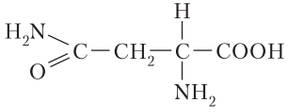
Изолейцин (Иле)



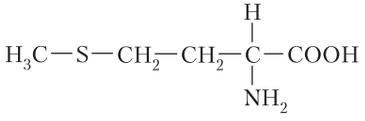
Гистидин (Гис)



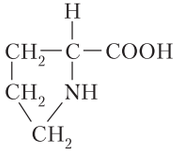
Аспарагин (Асн)



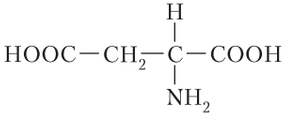
Метионин (Мет)



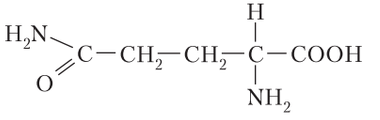
Пролин (Про)



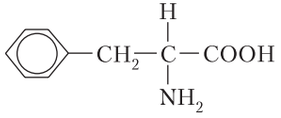
Аспарагиновая кислота (Асп)



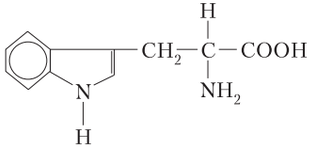
Глутамин (Глн)



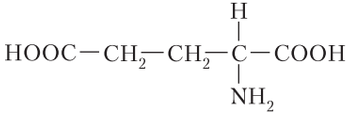
Фенилаланин (Фен)



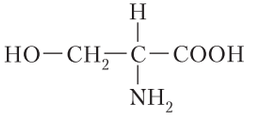
Триптофан (Трп)



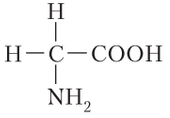
Глутаминовая кислота (Глу)



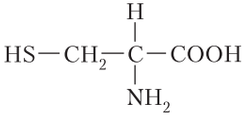
Серин (Сер)



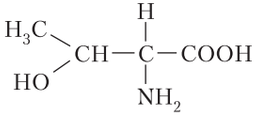
Глицин (Гли)



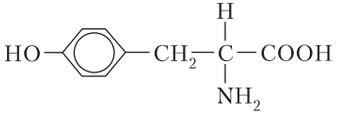
Цистеин (Цис)



Треонин (Тре)



Тирозин (Тир)



К. Н. Задорожный

Биология

9

Учебник для 9 класса
общеобразовательных учебных заведений
с обучением на русском языке

Рекомендовано
Министерством образования и науки Украины

Харьков
Издательство «Ранок»
2017

УДК [591:37.016](075.3)
З-15

Рекомендовано Министерством образования и науки Украины
(приказ Министерства образования и науки Украины от 20.03.2017 № 417)

Издано за счет государственных средств. Продажа запрещена

Эксперты, осуществившие экспертизу учебника при проведении конкурсного отбора проектов учебников для 9 класса общеобразовательных учебных заведений и давшие заключение о целесообразности присвоения учебнику грифа «Рекомендовано Министерством образования и науки Украины»:

Л. А. Тасенко, учитель биологии КУ «Учебно-воспитательное объединение «Общеобразовательное учебное заведение I–III ступеней № 16 — детский юношеский центр «Лидер» Кировоградского городского совета Кировоградской области»;

И. В. Мироненко, доцент кафедры теории и методики естественно-математического образования и информационных технологий НОИППО;

А. В. Колесник, доцент кафедры генетики, физиологии растений и микробиологии ГВУЗ «Ужгородский национальный университет», кандидат биологических наук

Рецензенты:

Е. Н. Билык, учитель биологии Харьковской общеобразовательной школы I–III ступеней № 35, учитель высшей квалификационной категории, учитель-методист;

В. Ю. Трегуб, учитель биологии общеобразовательной школы № 5 г. Конотоп Сумской области, учитель высшей квалификационной категории, старший учитель

Переведено по изданию: Біологія : підруч. для 9 класу загальноосвіт. навч. закл. / К. М. Задорожний. — Харків : Вид-во «Ранок», 2017. — 240 с. : іл.
Перевод с украинского О. М. Утевской

Задорожный К. Н.
З-15 Биология : учебн. для 9 класса общеобразоват. учебн. заведений с обучением на рус. яз. : [пер. с укр.] / К. Н. Задорожный. — Харьков: Изд-во «Ранок», 2017. — 240 с. : ил.

ISBN 978-617-09-3508-3

УДК [591:37.016](075.3)

Интернет-поддержка
Электронные материалы к учебнику размещены на сайте interactive.ranok.com.ua

ISBN 978-617-09-3508-3 (рус.)
ISBN 978-617-09-3361-4 (укр.)

© К. Н. Задорожный, 2017
© ООО Издательство «Ранок», 2017

Знакомство с учебником

Уважаемые девятиклассники, перед вами новый учебник по биологии, из которого вы узнаете много интересного о биохимии, цитологии, генетике, экологии и эволюции организмов.

Прежде всего ознакомьтесь со структурой учебника и основными принципами размещения материала в нем. Откройте содержание. Обратите внимание на то, что текст разделен на темы, которые посвящены отдельным разделам биологии. В конце учебника вы найдете словарь биологических терминов, алгоритмы выполнения лабораторных исследований, работ и исследовательских практикумов, а также приложение.

Откройте любой параграф. Он размещен на одном или двух разворотах. Каждый параграф начинается с вопросов для повторения изученного ранее, а заканчивается кратким обобщением. После него вы найдете вопросы для проверки знаний. Кроме основного материала, параграфы содержат иллюстрации и дополнительную информацию, размещенную в рубрике «Узнайте больше».

Обратите внимание, что в конце каждой темы предлагаются тесты для самоконтроля по изученному материалу. Ответы к ним вы найдете в электронном приложении. Там также размещены видеоролики, дополнительные материалы к некоторым параграфам и онлайн-задания для проверки знаний.

Как работать с электронным приложением

1. Зайдите на сайт interactive.ranok.com.ua
2. Зарегистрируйтесь.
3. Найдите раздел «Підручники».
4. Выберите название учебника «Биология. 9 класс».
5. В разделе «Электронные материалы к учебнику» выберите нужную тему и нажмите «Розпочати роботу».

Условные обозначения в учебнике

— «Узнайте больше»;

— ссылка на электронные материалы к учебнику.

Надеемся, вам будет удобно и легко работать с нашим учебником.

Желаем вам успехов в учебе!



Вступление

1 Биология как наука. Уровни организации биологических систем



В предыдущих классах вы уже ознакомились с несколькими разделами биологии, где рассматривали живые организмы как биологические системы. Вспомните характерные черты таких систем. На основе материалов предыдущих разделов объясните, почему биологические знания могут иметь для вас большое значение.

Биология как наука

Биология (от греч. *bios* — жизнь, *logos* — учение) — это наука о жизни. Как и у любой другой науки, у биологии есть объект исследования и методы, с помощью которых она его изучает. Кроме того, биология использует собственный понятийный аппарат — совокупность специальных биологических терминов и понятий.

Но не только наличие всего этого делает биологию наукой. Биологи в своей работе опираются не на веру, а на сомнение. Они постоянно пересматривают полученную информацию, многократно ее проверяют, предлагают объяснение полученных результатов и выдвигают гипотезы. И только после экспериментального подтверждения гипотеза становится научной теорией и, в конечном итоге, — научно обоснованным фактом.

Информация → Проверка достоверности → Объяснение полученных результатов → Формулировка гипотезы → Экспериментальная проверка гипотезы → Теория → Научный факт

Предмет биологии, ее основные разделы

Предметом биологии являются все живые организмы и проявление их жизнедеятельности. Но живых организмов на нашей планете много, и они очень разнообразны. А еще есть вымершие организмы, которые также изучает биология. Поэтому современная биология стала настоящей системой наук, в которой выделяют много разделов.

Разделы биологии

Раздел биологии	Что изучает	Область применения знаний
Зоология	Животные. Отдельные разделы зоологии изучают определенные группы животных (энтомология — насекомых, орнитология — птиц и т. д.)	Сельское хозяйство, животноводство, ветеринария
Ботаника	Растения. Отдельные разделы ботаники изучают определенные группы растений (бриология — мхи, альгология — водоросли и т. д.)	Сельское хозяйство, растениеводство, медицина
Микология	Грибы	Сельское хозяйство, медицина, биотехнологии
Вирусология	Вирусы	Сельское хозяйство, медицина, биотехнологии
Биохимия	Химические процессы, происходящие в живых организмах	Селекция, медицина, биотехнологии
Цитология	Клетки живых организмов	Медицина, биотехнологии
Генетика	Наследственность и изменчивость организмов	Селекция, медицина, биотехнологии
Экология	Взаимодействие организмов друг с другом и с окружающей средой	Все сферы деятельности человека
Молекулярная биология	Процессы хранения, изменения и реализации наследственной информации на молекулярном уровне	Селекция, медицина, биотехнологии

Уровни организации биологических систем

Характерной особенностью всех биологических систем является наличие нескольких уровней организации, которые можно представить в виде цепочки, состоящей из звеньев возрастающей сложности. Эта цепочка начинается с атомов. Они являются составными элементами следующего уровня организации — молекул. Молекулы, в свою очередь, объединяются в клетки, которые являются составными частями тканей и органов. И так далее. Последним, самым крупным звеном является биосфера Земли. При этом каждый уровень организации является биологической системой.

Но не все живые системы имеют одинаковое количество уровней организации. Так, одноклеточные организмы (амеба, инфузория, хламидомонада) не имеют тканево-органного уровня, а у вирусов отсутствует даже клеточный уровень организации.

Уровни организации живых систем

Уровень организации	Какие компоненты объединяет	Примеры
Молекулярный	Группы атомов (элементарных частиц, из которых состоит любое вещество), объединенные в молекулы	 *Вода*  *Нуклеиновая кислота*
Клеточный	Молекулы и органеллы клеток	
Тканево-органный	Клетки, ткани и отдельные органы живых организмов	
Организменный	Системы органов живых организмов	 *Бизон*
Популяционно-видовой	Особи отдельных видов живых организмов	 *Популяция бизонов*
Экосистемный	Популяции разных видов живых организмов	 *Парк Аскания-Нова*
Биосферный	Все экосистемы планеты Земля	 *Биосфера Земли*

Основные методы биологических исследований

Как у любой науки, у биологии есть свои собственные методы исследований. Этих методов очень много. Некоторые из них возникли очень давно, а другие стали возможными только с появлением современных технологий. Старейшим методом биологии можно назвать *наблюдение*. Именно с него биология и начиналась, когда наши древние предки наблюдали за животными, на которых охотились. Наблюдение является основой *описательного* метода биологии, так как его результатом является именно описание биологического объекта, процесса или явления.

Очень древним методом биологии также является *сравнение*, когда один объект исследования сравнивают с другими. Но настоящей наукой биология стала тогда, когда биологи начали проводить эксперименты. *Эксперимент* и сейчас остается главным методом в биологии. Для того чтобы результаты экспериментов можно было правильно объяснить и сравнить между собой, проводят количественную математическую (статистическую) обработку результатов. Она является основой *статистического* метода в биологии.

В наше время очень важными методами биологических исследований стали мониторинг и моделирование. *Мониторинг* — это система наблюдений за биологическими объектами, которые проводят с определенной периодичностью. А *моделирование* является виртуальным экспериментом, который осуществляется с помощью компьютеров.



Биология — это система наук, состоящая из множества разделов. Предметом изучения биологии являются живые организмы (современные и вымершие), их сообщества, процессы и проявления их жизнедеятельности. Для изучения объектов биология использует ряд методов: описательный, сравнительный, экспериментальный, моделирование и др. Биологические организмы являются биологическими системами, в которых выделяют несколько уровней организации.

Проверьте свои знания

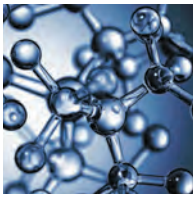
1. Что такое биология? Что является объектом изучения биологии? 2. Какие существуют уровни организации живых систем? 3. На примере какого-либо домашнего животного поясните, с помощью каких методов исследования можно изучать особенности его поведения. 4*. Составьте классификацию разделов биологии, в которой укажите название раздела, объект и методы изучения.



Тема 1

Химический состав клетки и биологические молекулы

2 Вещества живых организмов. Неорганические соединения



Вспомните вещества, необходимые организмам для их жизнедеятельности. Какую роль играют водные растворы в природе и в жизни человека? Какой тип химической связи существует в молекуле воды? Что такое ионы и как они образуются?

Химические элементы живых организмов

В состав растительных и животных клеток входит более 70 химических элементов. Но в клетке нет каких-либо особенных элементов, характерных только для живой природы. Те же элементы встречаются и в неживой природе.

Все химические элементы по содержанию в живой клетке разделяют на три группы: макроэлементы, микроэлементы и ультрамикроэлементы.

Содержание химических элементов в живых клетках

Группа элементов	Химические символы элементов	Процент от массы организма, %
Макроэлементы	H, O, C, N, P, S, Na, K, Mg, Ca, Cl	10–0,001
Микроэлементы	Fe, Cu, Zn, Mn, Co, I, F, Ni и другие	0,001–0,000001
Ультрамикроэлементы	Au, Se, Hg, U, Ra и другие	Менее 0,000001

Элементы O, C, H, N иногда рассматривают как отдельную группу *органогенных* элементов ввиду того, что они входят в состав всех органических веществ и составляют до 98 % массы живой клетки.

Неорганические вещества живых организмов

Изучая химию, вы узнали о таких группах веществ, как кислоты, соли, оксиды и др. Все они распространены в неживой природе, вне живых организмов. Поэтому их и называют неорганическими веществами. Но это не означает, что в живых организмах их вообще нет. Они есть и играют очень важную роль в процессах жизнедеятельности.

Неорганические вещества обычно попадают в живые организмы из внешней среды с пищей (у животных) или с раствором воды через поверхность организма (у растений, грибов и бактерий). Но в некоторых случаях живые организмы могут синтезировать их самостоятельно. Например, клетки желудка у позвоночных синтезируют хлоридную кислоту. Это позволяет более эффективно переваривать пищу, так как многие пищеварительные ферменты работают в кислой среде. Также самостоятельно вырабатывают сульфатную кислоту многие хищные моллюски в своих слюнных железах. Эта кислота может разрушать раковины и внешние покровы их жертв.

Функции неорганических веществ в клетке

Неорганические вещества	Функции в клетке
Катионы Гидрогена (H^+)	Обеспечивают кислотно-щелочной баланс (поддерживают постоянство внутриклеточной среды)
Катионы и анионы растворимых солей (Na^+, K^+, Cl^-)	Создают разность потенциалов между содержимым клетки и внеклеточной средой, обеспечивая проведение нервного импульса
Слаборастворимые соли Кальция и Фосфора	Образуют опорные структуры (например, в костях позвоночных)
Ионы металлических элементов	Являются компонентами многих гормонов, ферментов и витаминов или участвуют в их активации
Сложные неорганические соединения Нитрогена, Кальция и Фосфора	Участвуют в синтезе органических молекул

Неорганические соединения могут находиться в живых организмах как в растворенном (в виде ионов), так и в нерастворенном виде. Растворенными формами представлены многие соли.

Нерастворимые неорганические соединения также важны для живых организмов. Например, соли Кальция и Фосфора входят в состав скелета животных и обеспечивают его прочность (рис. 2.1, с. 10). Без таких веществ невозможно формирование здоровых зубов у человека.



Кость без минеральных веществ

Кость с минеральными веществами

Рис. 2.1. Кость человека с удаленными минеральными веществами можно легко завязать узлом



Раковина моллюска



Скорлупа птичьего яйца

Рис. 2.2. Структуры живых организмов, которые состоят преимущественно из неорганических веществ

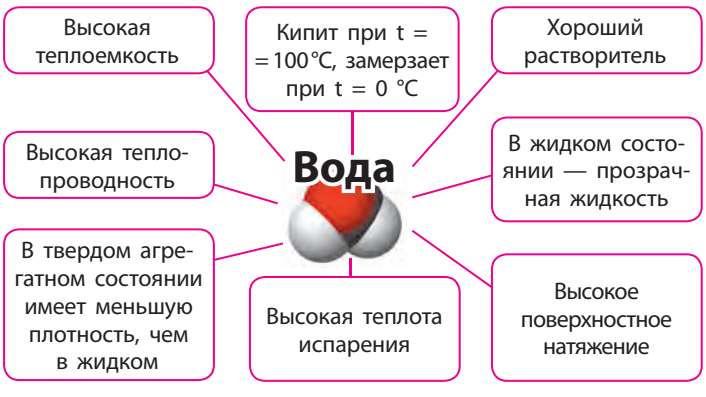
Из неорганических веществ также могут быть образованы различные структуры организмов животных (рис. 2.2).

Свойства воды

Свойства воды обусловлены особенностями строения ее молекулы, а также связями молекул друг с другом.

Как вы уже знаете, в молекуле воды (химическая формула — H_2O) между атомами Гидрогена и Оксигена существует *ковалентная* полярная связь (рис. 2.3). Это значит, что на атоме Оксигена формируется частичный отрицательный заряд (δ^-), а на атомах Гидрогена — положительный (δ^+). Положительно заряженный атом Гидрогена одной молекулы воды притягивается к отрицательно заряженному атому Оксигена другой молекулы воды. Такая связь называется *водородной*.

Водородная связь примерно в 15–20 раз слабее ковалентной. Поэтому водородная связь относительно легко разрывается, что происходит, например, при испарении воды. В жидком состоянии водородные связи между молекулами воды все время то разрываются, то образуются заново.



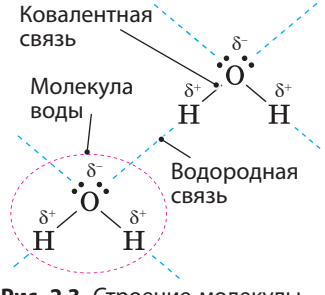


Рис. 2.3. Строение молекулы воды и образование водородных связей между ее молекулами

Биологическая роль воды

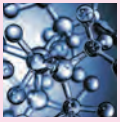
В живых организмах вода выполняет много функций: среды-растворителя, транспортную, метаболическую, терморегуляторную, структурную.

Вода является *универсальным растворителем*. Вещества, участвующие в большинстве биологических реакций, находятся в организме в водном растворе.

Транспортная роль воды очень важна для клеток и организмов в целом. Растворенные вещества вместе с водой могут переноситься из одних частей клетки в другие. А между различными частями многоклеточных организмов они переносятся в составе специальных жидкостей (например, в составе крови). Испарение воды листьями растений вызывает ее движение от корней вверх. При этом перемещаются и вещества, растворенные в воде.

Молекулы воды выполняют *метаболическую* функцию, когда участвуют в реакциях обмена веществ (их называют биохимическими реакциями). *Терморегуляторная* функция воды чрезвычайно важна для поддержания температуры тела организмов. Когда, например, человек потеет, то вода испаряется, снижая температуру его тела.

Структурная функция воды хорошо видна на примере растений и некоторых беспозвоночных животных. Растения поддерживают форму листьев и травянистых стеблей благодаря повышенному давлению в клетках, наполненных водой. А у многих червей форма тела поддерживается повышенным давлением воды в полостях тела.

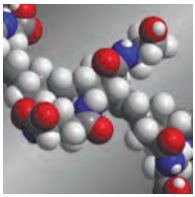


В живых организмах содержатся как органические, так и неорганические вещества. Неорганические вещества — это вода, соли, кислоты и другие соединения. Они играют важную роль в жизнедеятельности живых организмов. Вода создает среду, в которой происходят реакции обмена веществ. Другие неорганические вещества участвуют в формировании скелета, работе нервной, пищеварительной и других систем организма.

Проверьте свои знания

1. Какие неорганические вещества встречаются в живых организмах? 2. Докажите на примерах, что свойства воды имеют большое значение для живых клеток. 3. Какие функции могут выполнять кислоты в живых организмах? 4*. К каким последствиям для организма человека может привести потеря солей Na?

3 Органические молекулы. Биополимеры



Вам уже известны понятия «вещество» и «элемент». Вспомните определения этих терминов. Изучая биологию человека, вы ознакомились с веществами, которые необходимы организму человека. Назовите их. В каких продуктах их содержится больше всего?

Химический состав клетки

Неорганические вещества	Органические вещества
Вода, минеральные вещества (преимущественно соли), кислоты	Белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты
Содержатся в телах и неживой, и живой природы	Образуются только в живых организмах, могут накапливаться в неживой природе после гибели живых организмов (торф, гумус)

Рис. 3.1. Химический состав клеток

Органические вещества живых организмов

Кроме неорганических веществ в состав клеток живых организмов входят также органические вещества (рис. 3.1).

Органических веществ в мире гораздо больше, чем неорганических. Сейчас их насчитывается уже более 25 млн, и постоянно открываются или создаются новые. Из предыдущих разделов биологии вы узнали, что органические вещества входят в состав живых организмов, которыми мы питаемся, а также продуктов растительного или животного происхождения. Различные вещества содержатся в них в разном количестве (рис. 3.2).



В яйцах много белков и липидов



В картофеле много углеводов



В подсолнечнике много липидов

Рис. 3.2. В состав живых организмов входит множество органических веществ

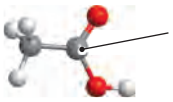
Вы уже знаете, что все органические вещества разделяют на четыре основные группы: белки, углеводы, липиды и нуклеиновые кислоты. В состав всех этих веществ обязательно входят атомы Карбона (C), Гидрогена (H) и Оксигена (O). Они могут содержать также атомы Нитрогена (N) (обязательные компоненты белков и нуклеиновых кислот), Фосфора (P) (компоненты нуклеиновых кислот), Сульфура (S) (встречаются в белках, но отсутствуют в нуклеиновых кислотах).

Особенности строения органических веществ

Молекулы органических веществ отличаются от молекул неорганических веществ и друг от друга особенностями строения.

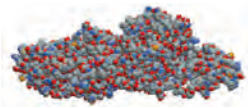
Особенности строения молекул органических веществ

Содержат цепочки атомов Карбона, к которым присоединяются атомы Гидрогена и других элементов. Эти цепочки часто называют «скелетом» молекулы.



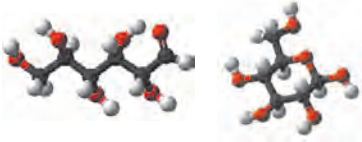
Уксусная кислота (CH_3COOH)

Часто имеют большой размер и массу.



Например, относительная молекулярная масса воды — 18, белка миозина — 500 000.

Существуют в нескольких формах, которые могут легко превращаться друг в друга.



Линейная форма молекулы глюкозы (слева) и кольцевая форма молекулы глюкозы (справа).

Могут отличаться по числу звеньев углеродной цепи.

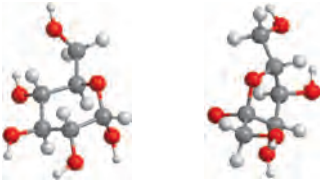


Молекула пальмитиновой кислоты ($CH_3(CH_2)_{14}COOH$) содержит 16 атомов Карбона.



Молекула стеариновой кислоты ($CH_3(CH_2)_{16}COOH$) содержит 18 атомов Карбона.

Даже незначительное изменение взаимного расположения атомов в молекуле органического вещества превращает ее в другое вещество.



Глюкоза (слева) и фруктоза (справа) имеют одинаковую химическую формулу ($C_6H_{12}O_6$), но разное строение молекулы.

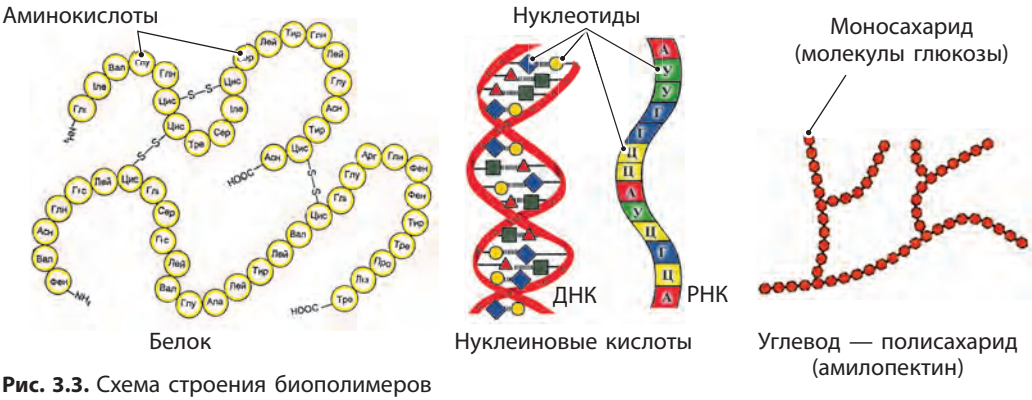


Рис. 3.3. Схема строения биополимеров

В значительной степени особенности строения органических молекул обусловлены свойствами атомов Карбона, который может образовывать четыре одинаковые связи. Такие связи делают возможным существование легко разветвляющихся или очень длинных молекул. А небольшой размер самого атома С делает эти связи достаточно прочными. Например, Силиций, который следует за Карбоном в IV группе Периодической таблицы химических элементов, образует подобные цепочки гораздо хуже, главным образом потому, что его атом имеет больший радиус и образует намного более слабые химические связи.

Мономеры и полимеры

Органические молекулы по размеру делятся на две группы — малые и большие молекулы (макромолекулы). **Макромолекулы** имеют массу более 1000 Да (1 Да = 1 а.е.м.) и не менее 30 атомов Карбона в одной молекуле. Они состоят из одинаковых (или почти одинаковых) маленьких органических молекул, которые называют мономерами (от греч. *моно* — один). Другое широко распространенное название таких молекул — **полимеры** (от греч. *поли* — много).

Полимеры широко распространены в природе. Кроме того, они искусственно производятся человеком в промышленных масштабах. К ним относятся хорошо известные в повседневной жизни полиэтилен, полипропилен, полистирол и другие соединения. С ними вы более подробно ознакомитесь на уроках химии.

Биополимеры

Полимеры, которые создаются живыми организмами, называют биополимерами. Например, капрон, который производится искусственно, — это полимер, а шелк, который синтезируют насеко-

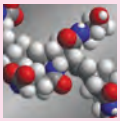
мые, — биополимер. Оба они состоят из небольших органических молекул — мономеров.

Количество мономеров в биополимерах может быть различным: от одного-двух десятков в некоторых белках и углеводах до сотен тысяч и даже миллионов (молекула ДНК первой хромосомы человека состоит из 248 млн пар нуклеотидов, то есть содержит 496 млн мономеров).

Со многими биополимерами вы уже ознакомились в предыдущих разделах биологии. Наиболее известными биополимерами являются белки, углеводы и нуклеиновые кислоты. Мономерами белков являются аминокислоты, углеводов — моносахариды, а нуклеиновых кислот — нуклеотиды (рис. 3.3).

Наиболее распространенными биополимерами на нашей планете являются углеводы целлюлоза (синтезируется растениями) и хитин (синтезируется грибами и насекомыми). К биополимерам относятся также ферменты (пепсин), транспортные белки (гемоглобин), резервные вещества живых организмов (крахмал, гликоген) и др.

Некоторые биополимеры благодаря своему строению обладают удивительными свойствами. Одним из таких полимеров является паутина. Ее вырабатывают представители паукообразных. По составу паутина относится к белкам. Но она не является сплошной нитью, а имеет структуру, как у каната, — сплетенную из многих микроволокон. Максимальная нагрузка, которую выдерживает паутина, составляет 2,7 ГПа. Этот же показатель для стали — 1,5 ГПа.

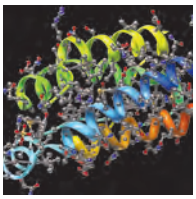


Основными группами органических веществ в живых организмах являются белки, углеводы, липиды и нуклеиновые кислоты. Значительная часть органических веществ является биополимерами. Их молекулы состоят из большого числа маленьких молекул — мономеров, соединенных между собой.

Проверьте свои знания

1. Что такое органические вещества и где они образуются? 2. Приведите примеры органических веществ. 3. Сравните органические и неорганические вещества. В чем их различие? 4. Назовите продукты, богатые белками, липидами, углеводами. 5. Почему определенные органические молекулы называют макромолекулами? 6. Какие макромолекулы входят в состав живых организмов? 7. Вспомните, что вы ели сегодня на завтрак, и назовите биополимеры, которые попали в ваш организм с этими продуктами. 8*. Почему количество органических молекул в мире больше, чем неорганических?

4 Белки. Структурная организация белков



Из курса биологии человека вспомните, какие вещества должны поступать в организм с пищей. Почему с едой кроме углеводов и липидов в организм должны поступать белки? Какие функции выполняют белки в организме человека?

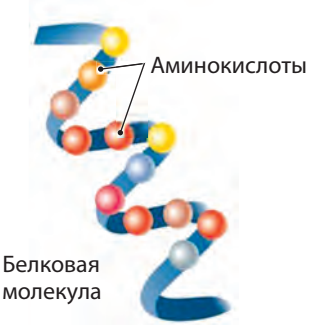


Рис. 4.1. Строение молекулы белка

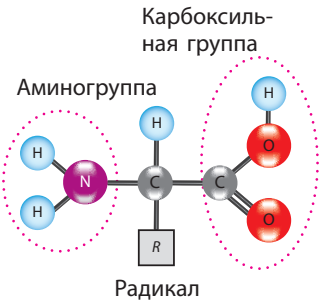


Рис. 4.2. Схема строения молекулы аминокислоты

Белки

Белки — это большие органические молекулы, биополимеры. Они состоят из мономеров — аминокислот, соединенных в виде цепочки (рис. 4.1). **Аминокислоты** — это органические молекулы, в состав которых обязательно входят две группы атомов — аминогруппа ($-NH_2$) и карбоксильная группа ($-COOH$). Эти группы присоединены к одному и тому же атому Карбона. В аминокислотах, не входящих в состав белков (а такие тоже бывают в природе), эти группы могут присоединяться и к разным атомам Карбона.

Кроме этих двух групп к тому же атому Карбона присоединена еще одна группа атомов — радикал. У каждой аминокислоты свой радикал. На схемах и рисунках его обозначают буквой *R* (рис. 4.2).

В клетках живых организмов содержится 20 различных аминокислот.

Уровни организации белков

Белок — это линейный полимер, состоящий из большого количества аминокислот, соединенных в цепочку и уложенных в пространстве определенным образом. У каждой белковой молекулы уникальная, присущая только ей пространственная трехмерная структура. И только в таком виде она может нормально выполнять свои уникальные функции.

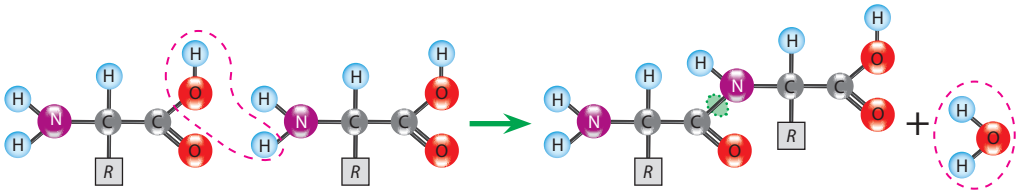


Рис. 4.3. Образование пептидной связи между молекулами аминокислот

В поддержании такой структуры — ее стабилизации — участвуют определенные химические связи и взаимодействия. Они обеспечивают постоянство ее конфигурации, а следовательно, и функционирование. Различают четыре уровня структурной организации белковой молекулы. Первичная структура является самой простой, четвертичная — самой сложной.

Первичная структура белков

Первичная структура белка формируется при объединении аминокислот в одну цепочку. Эта цепочка имеет линейную структуру (то есть она похожа на нить). Связь, соединяющая молекулы аминокислот, называется *пептидной*, а сама цепочка — полипептидной. Пептидная связь возникает в результате химической реакции между аминогруппой ($-NH_2$) одной аминокислоты и карбоксильной группой ($-COOH$) другой аминокислоты (рис. 4.3). Эта связь является ковалентной и, следовательно, самой прочной в молекуле белка.

Вторичная структура белков

Вторичная структура белка обеспечивается «упаковкой» линейной молекулы в более компактную структуру. Молекула может принимать две различные пространственные формы — спиральную или складчатую. Они носят соответствующие названия: α-спиральная и β-складчатая структуры (рис. 4.4). В одной молекуле белка разные участки могут иметь различную вторичную структуру. На одних участках может быть складчатая структура, а на других — спиральная (рис. 4.5, с. 18). Более того, иногда одну и ту же молекулу белка клетка может «сложить» разными способами. Следует отметить, что

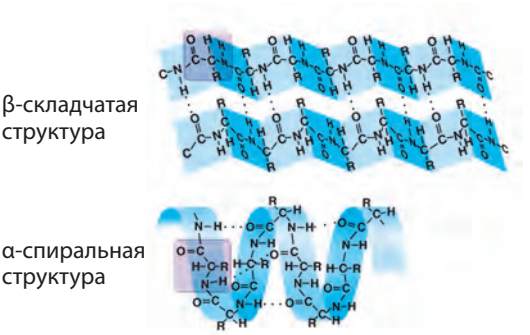


Рис. 4.4. Вторичная структура белка: спиральная и складчатая структуры

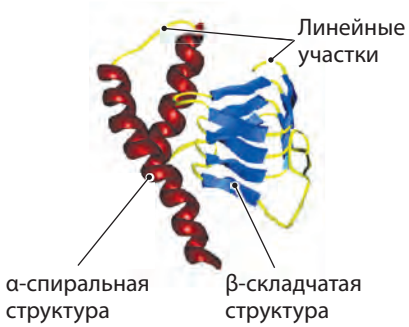


Рис. 4.5. Модель молекулы белка с участками разной вторичной структуры

некоторые участки могут не образовывать вторичных структур. Они так и остаются линейными.

Вторичная структура белка образуется с помощью водородных связей, возникающих между расположенными рядом аминокислотными остатками. Из курса химии вы уже знаете, что водородные связи образуются между атомами Оксигена и Гидрогена различных молекул.

Третичная и четвертичная структуры белков

Третичная структура белка формируется определенной укладкой спиральных и складчатых участков молекулы в пространстве. Она образуется с помощью связей, возникающих между аминокислотными остатками, которые расположены на большом расстоянии друг от друга.

Стабилизация молекулы белка в пространстве достигается несколькими способами: с помощью водородных, ионных, дисульфидных связей и гидрофобного взаимодействия (рис. 4.6). Но роль водородных связей в этой структуре не так велика.

Большее значение имеет образование дисульфидных связей, или дисульфидных мостиков. Они возникают между двумя радикалами аминокислоты цистеина вследствие взаимодействия атомов Сульфура в этих радикалах. Дисульфидные связи достаточно крепкие, и разорвать их нелегко.

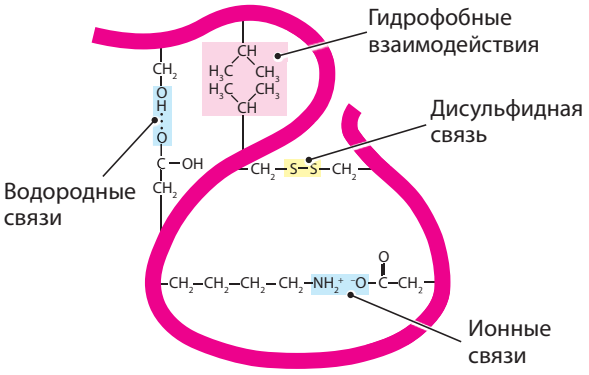


Рис. 4.6. Третичная структура белка. Стабилизация структуры молекулы различными способами

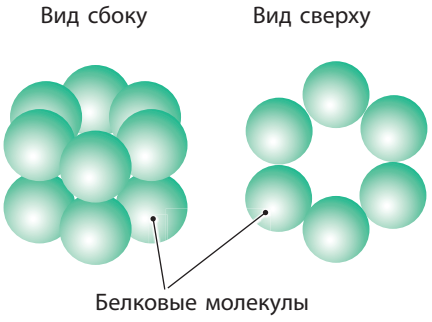


Рис. 4.7. Четвертичная структура белка глутаминсинтетазы. Образование белкового комплекса из нескольких белковых молекул

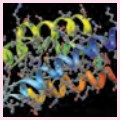
Ионные связи возникают между противоположно заряженными радикалами полярных аминокислот. В водной среде они значительно слабее ковалентных и могут разрываться в случае изменения pH среды.

Гидрофобное взаимодействие возникает между радикалами гидрофобных аминокислот. Такие радикалы собираются вместе, если белковая молекула находится в водном растворе. Таким образом гидрофобные радикалы «прячутся» внутри молекулы, а гидрофильные располагаются снаружи, контактируя с водной средой.

Четвертичная структура возникает в случае, когда несколько белковых молекул объединяются друг с другом, образуя единый белковый комплекс, выполняющий определенные функции (рис. 4.7).

Денатурация и ренатурация белков

Пространственная структура белков может нарушаться под влиянием температуры, химической среды, физических факторов. Они приводят к последовательному разрушению четвертичной, третичной и вторичной структуры белка. Этот процесс называется **денатурацией**. В случае разрушения и первичной структуры говорят о **деструкции** белка. Иногда после денатурации белок может самостоятельно восстановить свою структуру. Такое восстановление структуры белка называют **ренатурацией**.

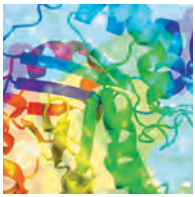


Белки — это биополимеры, состоящие из аминокислот. Выделяют четыре уровня структурной организации белка. Первый уровень представляет собой цепочку аминокислот, соединенных пептидными связями в определенной последовательности. На втором уровне молекула имеет вид спиральной или складчатой структуры, стабилизированной в пространстве с помощью водородных связей. На третьем уровне эти структуры определенным образом размещаются в пространстве и стабилизируются различными способами. На четвертом уровне несколько белковых молекул объединяются в единую структуру.

Проверьте свои знания

1. Какие особенности присущи аминокислотам? 2. Сколько существует уровней организации белков? 3. Прочность водородной связи невелика. Почему в таком случае водородные связи вполне успешно обеспечивают стабильность структуры молекул белков? 4*. Почему в некоторых случаях после денатурации белка невозможна его ренатурация? 5*. Почему в организме некоторые белки не имеют всех четырех уровней организации?

5 Функции белков. Ферменты



Изучая пищеварительную систему человека, вы ознакомились с некоторыми ферментами, которые участвуют в процессе пищеварения. Вспомните эти ферменты. Какую функцию в пищеварительной системе они выполняют? Какие еще ферменты из изученных ранее вы помните?

Классификация белков

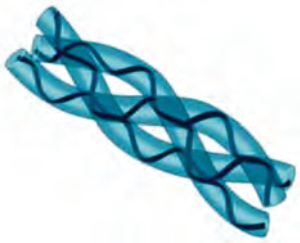
Белки по их составу можно разделить на две большие группы — простые и сложные. В состав *простых* белков входят только аминокислоты. Такие белки называют протеинами (рис. 5.1). Простыми белками являются гистоны, составляющие основу хромосом, альбумины и глобулины, которые содержатся в плазме крови.

Сложные белки (протеиды) кроме остатков аминокислот содержат еще и небелковую часть — простетическую группу. Такой группой может быть как органическая, так и неорганическая молекула. В зависимости от состава такой группы различают разные протеиды. Так, нуклеопротеиды кроме белков содержат нуклеиновые кислоты, гликопротеиды — углеводы, а липопротеиды — липиды. Сложные белки также могут содержать остатки ортофосфатной кислоты или атомы металлических элементов. Такие белки, как гемоглобин, содержат большую и сложную по строению группу атомов — *гем* (рис. 5.2). В состав гема входит атом металлического элемента (Ферум в гемоглобине). Гем обеспечивает цвет молекулы белка.

По форме молекулы белки можно разделить на две большие группы — глобулярные и фибриллярные. Молекулы *глобулярных* белков



Инсулин



Коллаген



Глобулин

Рис. 5.1. Простые белки



Гемоглобин Иммуноглобулин Ферритин

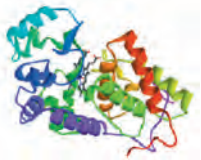
Рис. 5.2. Сложные белки

имеют вид комка (глобулы). Эти белки обычно легко растворяются в воде. Большинство ферментов является как раз глобулярными белками. Молекулы *фибриллярных* белков имеют вид нити. Они нерастворимы в воде. К ним, например, относятся кератин (содержится в эпидермисе), коллаген и эластин (содержатся в дерме).

Функции белков

Белков в живых организмах очень много, и выполняют они разнообразные функции. Практически все функции живых организмов в той или иной степени связаны с работой определенных групп белков. С помощью белков организмы строят свои структуры, осуществляют процессы жизнедеятельности и воспроизводят себя.

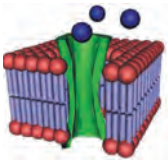
Функции белков

Структурная	Каталитическая	Регуляторная
Примеры белков: коллаген, кератин, эластин, мукопротеины.  Являются компонентами опорных структур и покровов тела. Входят в состав тканей внутренней среды животных. Принимают участие в образовании скелета, связок, кожи, перьев, шерсти и других структур.	*Примеры белков: трипсин, пероксидаза, алкогольдегидрогеназа.*  Белки-ферменты являются катализаторами реакций в клетках. Именно они обеспечивают жизнедеятельность организма.	*Примеры белков: инсулин, глюкагон.*  Гормоны белковой природы являются важными регуляторами процессов обмена веществ в организме.

Функции белков (окончание)

Сигнальная

Примеры белков: рецепторные белки мембран.



Являются основными рецепторными молекулами, расположенными на мембранах клеток. Они воспринимают информацию из среды и передают ее в клетки.

Транспортная

Примеры белков: гемоглобин, гемоцианин, альбумин.



Обеспечивают транспорт по организму кислорода, жирных кислот, липидов и других соединений. В клетках отвечают за транспорт (перенос) многих веществ через клеточные мембраны.

Защитная

Примеры белков: антитела, фибриноген, тромбин.



Являются важнейшим компонентом иммунной системы. Образуют комплексы с чужеродными белками, обезвреживая их. Участвуют в процессе свертывания крови.

Двигательная

Примеры белков: актин, миозин.



Сократительные белки обеспечивают сокращение мышц.

Запасающая

Примеры белков: яичный альбумин, казеин.



Участвуют в создании в организме запаса веществ, необходимых для жизнедеятельности.

Токсическая

Примеры белков: змеиный яд, дифтерийный токсин.



В зависимости от способа жизни организма, который их вырабатывает, белки-токсины могут быть как средством защиты, так и средством нападения.

Ферменты и их роль в клетке

При изучении биологии человека вы уже ознакомились с такой группой белков, как ферменты. Ферменты являются уникальными молекулами, выполняющими каталитическую функцию. Они изменяют скорость химических реакций. Например, для взаимодействия атмосферного азота с водородом в процессе синтеза азотных удобрений современная промышленность использует температуру 500 °С и давление в 350 атмосфер! Это при наличии катализатора —

пористого железа с определенными примесями. А грунтовая бактерия азотобактер осуществляет те же реакции с помощью ферментов в обычных условиях. Без высоких температур и при нормальном давлении.

Ферменты необходимы для осуществления процессов обмена веществ в клетке. Без них реакции обмена протекают очень медленно. А часто эти реакции без ферментов вообще не происходят.

Как же ферментам удается достичь такого успеха? Секрет кроется в их пространственном строении. Любой фермент представляет собой цепочку аминокислот, определенным образом свернутую в пространстве. Свертывание цепочки происходит таким образом, чтобы радикалы аминокислот образовали уникальную структуру — активный центр фермента. Именно в этом центре и происходят реакции.

Радикалы аминокислот расположены в пространстве определенным образом относительно друг друга. Они различаются по своим свойствам, и их совместное действие создает условия, в которых соответствующая реакция происходит очень быстро.

В некоторых случаях для работы фермента нужен и небелковый компонент (его называют кофактором) — соединение, которое присоединяется к ферменту и тоже участвует в процессе катализа реакции. Часто кофакторами ферментов являются витамины.



Белки по составу молекул можно разделить на две большие группы — простые и сложные, по форме молекулы — на глобулярные и фибриллярные. Простые белки состоят только из аминокислот, а сложные содержат также небелковую часть. Этот класс веществ выполняет в живых организмах много функций: структурную, каталитическую, защитную, транспортную и др. Каталитическую функцию осуществляют белки ферменты, которые являются очень эффективными катализаторами.

Проверьте свои знания

1. Какие функции в живых организмах выполняют белки? 2. По каким признакам классифицируют белки? 3. Может ли пространственная структура молекулы белка влиять на его свойства? 4. Зачем живым организмам нужны сложные белки? 5. Зачем живым организмам нужны ферменты? 6. Как работают ферменты? 7*. Что может помешать работе фермента? 8*. На примере организма человека объясните, как белки выполняют защитные функции.

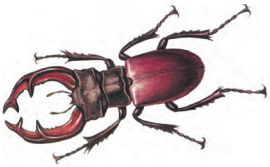
6 Углеводы



Из курса биологии человека вспомните, какие вещества должны поступать в организм с пищей. Почему с едой кроме белков в организм должны поступать углеводы? Какие функции выполняют углеводы в организме человека?



Целлюлоза — углевод, образующий клеточные стенки в клетках растений



Хитин — углевод, образующий внешние покровы насекомых



Лактоза — углевод, содержащийся в молоке

Рис. 6.1. Углеводы в живых организмах и продуктах их жизнедеятельности

Что такое углеводы

Углеводы являются сложными органическими соединениями, в состав молекул которых входят несколько групп: гидроксильная (–OH), карбоксильная (–COOH) или карбонильная (–COH). Общая формула углеводов — $C_n(H_2O)_m$, где n и m — натуральные числа. Наиболее распространенными углеводами являются глюкоза ($C_6H_{12}O_6$), сахароза ($C_{12}H_{24}O_{12}$), лактоза ($C_{12}H_{22}O_{11}$), целлюлоза, хитин, крахмал.

Значительная часть углеводов является биополимерами (крахмал, целлюлоза, гликоген). Такие биополимеры называют *полисахаридами*. Их мономерами являются молекулы небольших углеводов (например, глюкозы), которые называют *моносахаридами*. Такие углеводы содержат небольшое количество атомов Карбона (от 3 до 7 атомов в молекуле).

В своей жизнедеятельности организмы часто используют молекулы углеводов, которые состоят из двух моносахаридов (например, сахароза, хорошо известная нам как обычный сахар). Такие соединения называют *дисахаридами*.

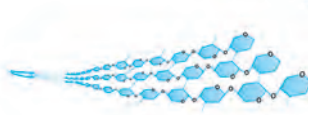
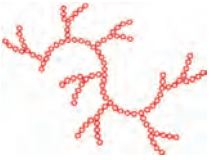
Строение и свойства углеводов

Рассмотрим особенности строения молекул углеводов и их характерные свойства на примере конкретных соединений.

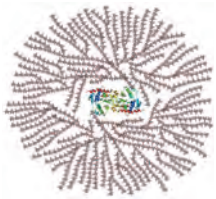
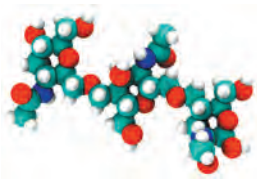
Особенности строения и свойства моносахаридов и дисахаридов

Соединение	Особенности строения молекулы	Свойства	В состав каких биополимеров входит	У каких организмов встречается
Глюкоза	Линейная или кольцевая молекула содержит 6 атомов Карбона	Хорошо растворимое вещество, сладкое на вкус	Целлюлоза, крахмал, гликоген	Клетки всех живых организмов
Рибоза	Линейная или кольцевая молекула содержит 5 атомов Карбона		РНК	
Дезоксирибоза			ДНК	
Сахароза	Состоит из двух молекул моносахаридов — глюкозы и фруктозы	Хорошо растворимое вещество, сладкое на вкус	Является дисахаридом	Зеленые растения

Особенности строения и свойства полисахаридов

Соединение	Особенности строения молекулы	Свойства	Из каких мономеров состоит	У каких организмов встречается
Целлюлоза	 Неразветвленные молекулы в виде длинных нитей (имеют линейную структуру). Одна молекула может содержать до 10 000 мономеров	Нерастворимое вещество, несладкое на вкус	Глюкоза	Все растения
Крахмал	 Биополимер с молекулами разного размера и степени ветвления. Может содержать 4000 мономеров и более	Нерастворимое в холодной воде вещество, в горячей воде образует гель, несладкое на вкус	Глюкоза	Все наземные растения и большинство водорослей

Окончание таблицы

Соединение	Особенности строения молекулы	Свойства	Из каких мономеров состоит	У каких организмов встречается
Гликоген	 Очень разветвленная молекула. Одна молекула может содержать до 50 000 мономеров	Нерастворимое вещество, несладкое на вкус	Глюкоза	Грибы и животные
Хитин	 Неразветвленная молекула. По строению похожа на молекулу целлюлозы	Нерастворимое вещество, несладкое на вкус	Производное глюкозы, содержащее в своем составе Нитроген	Грибы и членистоногие
Инулин	Число мономеров в одной молекуле сравнительно невелико — не более 100. В среднем — 60	Растворим в горячей воде, сладкий на вкус	Фруктоза	Цикорий, топинамбур, батат, лук репчатый, георгины

Следует отметить, что даже небольшие различия в способе соединения молекул глюкозы в полисахаридах приводят к различиям в их свойствах. Именно из-за таких незначительных различий ферменты млекопитающих не способны расщеплять молекулы целлюлозы, но могут расщеплять молекулы гликогена или крахмала.

Биологическая роль углеводов

Основными функциями углеводов в живых организмах является структурная, защитная, резервная, рецепторная, пластическая и энергетическая.

Структурную и *защитную* функции выполняют такие углеводы, как целлюлоза и хитин. Они создают структуры клеток и организмов, которые обеспечивают поддержание их формы, прочность и защиту от повреждений. Эти соединения могут входить в состав клеток или

формировать структуры вне клеток. Например, целлюлоза является основой клеточной стенки, а хитин, составляющий основу внешнего скелета членистоногих, является неклеточной структурой.

Резервную функцию выполняют гликоген (у животных и грибов) и крахмал (у растений). В виде этих соединений организмы запасают питательные вещества. *Рецепторную* функцию выполняют те небольшие молекулы углеводов, которые вместе с белками образуют рецепторы на поверхности клеток.

Пластическую функцию осуществляют такие углеводы, как рибоза и дезоксирибоза. Они участвуют в образовании новых молекул органических веществ (нуклеиновых кислот). *Энергетическую* функцию выполняют многие углеводы. Во время окисления 1 г углеводов в клетке образуется 4,1 ккал (17,17 кДж) энергии, которая потом используется клеткой.

Дрожжи не имеют ферментов для расщепления молекул крахмала. Но они легко превращают моносахариды или дисахариды в спирт. Поэтому в производстве пива используют солод — продукт из пророщенного зерна злаков. Солод содержит много ферментов, которые расщепляют крахмал до мальтозы. А уже из нее дрожжи делают пиво.

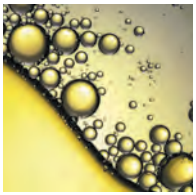


Углеводы — это сложные органические соединения. В живой клетке могут содержаться такие углеводы, как моносахариды, дисахариды и полисахариды. Они играют важную роль в процессах обмена веществ (глюкоза, фруктоза), сохранении наследственной информации (рибоза, дезоксирибоза), могут выполнять структурную (целлюлоза, хитин) и запасающую (крахмал, гликоген) функции.

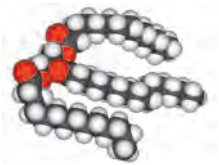
Проверьте свои знания

1. На какие группы делятся углеводы? 2. Какие функции выполняют углеводы в организмах животных? 3. На конкретных примерах объясните значение углеводов для растений и животных. 4. Почему растениям проще транспортировать из листьев в корни молекулы сахарозы, чем молекулы крахмала? 5. Животные с помощью своих ферментов достаточно легко могут расщеплять гликоген, а крахмал — труднее, хотя оба эти полимера состоят из молекул глюкозы. С какими особенностями строения молекул этих веществ это может быть связано? 6*. В клетках коровы отсутствуют ферменты, которые могут расщеплять целлюлозу. Как они извлекают глюкозу, которая входит в состав этой целлюлозы?

7 Липиды



Из курса биологии человека вспомните, какие вещества должны поступать в организм с пищей. Почему с едой кроме белков и углеводов в организм должны поступать липиды? Какие функции выполняют липиды в организме человека?



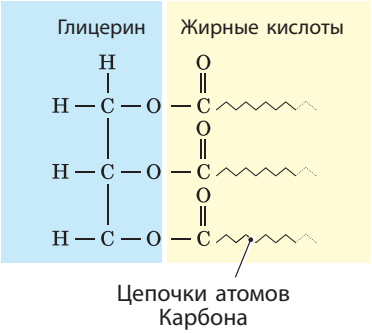


Рис. 7.1. Строение молекулы липида

Стеариновая кислота (насыщенная)
Твердая при комнатной температуре

$$CH_3(CH_2)_{16}COOH$$

Олеиновая кислота (ненасыщенная)
Жидкая при комнатной температуре

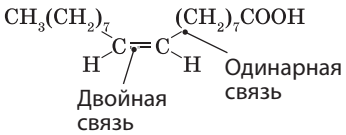


Рис. 7.2. Примеры насыщенной и ненасыщенной жирных кислот

Что такое липиды

Липиды являются группой веществ, которые объединены, главным образом, не по химическому строению, а по физическими свойствам. Все они являются нерастворимыми в воде маслянистыми или жирными веществами. К наиболее распространенным липидам относятся жиры, масла, воски и стероиды.

Термин «жиры» не является синонимом термина «липиды». Так называют только часть веществ из этой группы. Обычно термин «жиры» используют для липидов животного происхождения, которые при комнатной температуре остаются твердыми. Термином «масла» называют липиды растительного происхождения, которые при комнатной температуры остаются жидкими.

Строение и свойства липидов

Компонентами многих липидов являются многоатомный спирт глицерол ($C_3H_5(OH)_3$) и жирные кислоты (рис. 7.1). Жирные кислоты — это органические вещества, молекулы которых представлены длинными цепочками атомов Карбона (содержат от 4 до 24 атомов), которые соединены с атомами Гидрогена и на одном из концов заканчиваются карбоксильной группой (–COOH). Именно карбоксильная группа и обеспечивает их кислотные свойства.

Жирные кислоты бывают насыщенными (без двойных связей между атомами Карбона)

и ненасыщенными (с двойными связями между атомами Карбона) (рис. 7.2). Наличие двойной связи не позволяет молекуле приобретать линейную форму. Это влияет на свойства вещества, например на температуру плавления.

Триглицериды и фосфолипиды

В молекуле спирта глицерола есть три ОН-группы, которые могут взаимодействовать с кислотами. Поэтому к нему могут присоединиться три молекулы жирных кислот (такие соединения называют *триглицеридами*). Но во многих случаях к молекуле глицерола присоединяются только две молекулы жирных кислот. А третья ОН-группа взаимодействует с молекулой ортофосфатной кислоты (такие соединения называют *фосфолипидами*) (рис. 7.3).

Различия в строении триглицеридов и фосфолипидов приводят к различию их свойств. Триглицериды плохо взаимодействуют с водой (обладают гидрофобными свойствами). А вот остаток ортофосфатной кислоты в молекулах фосфолипидов с водой взаимодействует хорошо (обладает гидрофильными свойствами). Поэтому молекулы фосфолипидов имеют двоякие свойства. С одной стороны, их молекулы гидрофильные, а с другой — гидрофобные. Именно эта особенность сделала фосфолипиды основой клеточных мембран.

Воски и стероиды

В составе восков и стероидов глицерол отсутствует. Воски являются соединениями жирных кислот с другими спиртами, которые имеют длинные молекулы и только одну ОН-группу. Поэтому в составе молекул каждого из восков есть только одна молекула жирной кислоты и одна молекула спирта.

Стероиды не содержат ни жирных кислот, ни спиртов. Они являются полимерами углеводорода изопрена (C_5H_8).

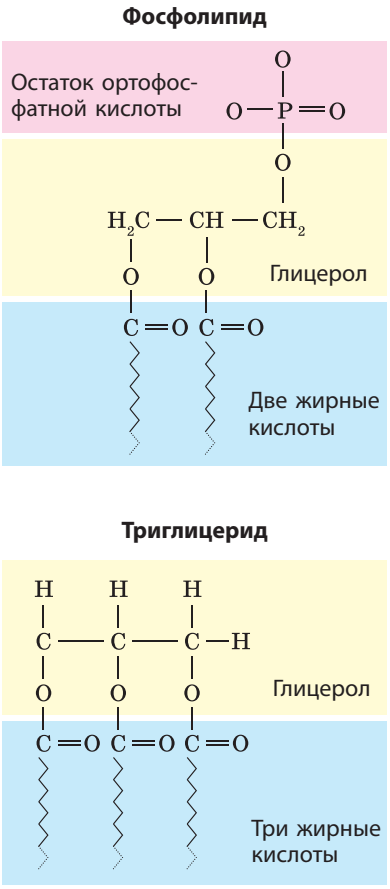


Рис. 7.3. Строение молекул триглицеридов и фосфолипидов

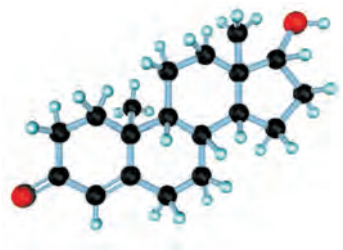


Рис. 7.4. Модель молекулы стероида



Жир кита обеспечивает хорошую теплоизоляцию и дает ему возможность плавать в полярных морях



Подсолнечное масло обеспечивает семена растений большим запасом энергии



Развитие рогов оленя возможно благодаря гормону тестостерону, который является липидом

Рис. 7.5. Липиды в живых организмах

Биологическая роль липидов

Основными функциями липидов в живых организмах являются структурная, защитная, регуляторная, резервная, пластическая и энергетическая (рис. 7.5.). Структурную функцию выполняют липиды, которые составляют основу клеточных мембран.

Защитную и резервную функции выполняют те структуры организмов, которые накапливают жиры и масла. Гормоны липидного происхождения в организме животных осуществляют регуляторную функцию.

Пластическую функцию выполняют липиды, которые вместе с белками принимают участие в образовании сложных органических веществ — липопротеинов. Важную роль в обмене веществ у животных играют витамины, относящиеся к группе липидов. Например, витамины A, D, E. Энергетическая функция осуществляется большинством липидов. Во время окисления липидов массой 1 г в клетке образуется 9 ккал (37,68 кДж) энергии, которая потом используется клеткой.

Примеры использования липидов живыми организмами

Липиды составляют основную массу таких структур живых организмов, как, например, жировая ткань у животных. У китов, например, хорошо развита жировая ткань. У больших китов слой подкожной жировой клетчатки может достигать 50 см в толщину. Такой слой отлично сохраняет тепло, потому что жировая ткань является хорошим теплоизолятором.

Кроме сохранения тепла, жировая ткань предохраняет внутренние органы животных от повреждений вследствие ударов. Липиды являются также хорошим средством получения организмом ресурсов (энергии, органических веществ, воды) на случай их дефицита. Вы уже знаете, что липиды во время окисления выделяют много энергии, а также они являются материалом для синтеза других нужных



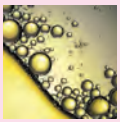
Рис. 7.6. Основным местом запасания липидов в организме верблюдов являются горбы



Рис. 7.7. Липиды в эндосперме семян кокосовой пальмы сначала жидкие (кокосовое молоко), а затем становятся твердыми

организму веществ. Кроме того, они являются источником так называемой метаболической воды, которая образуется в процессе их окисления. Во время окисления 100 г липидов образуется 107 г воды. Именно для этого верблюды (рис. 7.6), которые живут в пустынях, запасают в своем организме липиды.

Растения тоже часто накапливают липиды. Их много в семенах подсолнечника, горчицы, рапса, какао, кокоса и др. (рис. 7.7). Они являются питательными веществами, обеспечивающими развитие зародыша растений.



Липиды — это большая группа гидрофобных органических веществ, к которым относятся жиры, масла, воски, стероиды и другие соединения. Они являются важными компонентами обмена веществ (витамин А) и основой клеточных мембран (триглицериды). Чрезвычайно важной является регуляторная функция, которую выполняют стероидные гормоны (тестостерон, эстроген).

Проверьте свои знания

1. На какие группы делятся липиды? 2. Какие функции выполняют липиды в организмах растений? 3. На конкретных примерах объясните значение липидов для животных. 4. Какие свойства липидов способствовали тому, что они стали основой клеточных мембран? 5. У верблюдов резервные липиды накапливаются в горбах, а у китов — под кожей по всему телу. С какими свойствами липидов это может быть связано? 6*. У насекомых жировое тело, которое содержит много липидов, выполняет, в том числе, и функцию выделения, накапливая в себе продукты обмена. Связана ли возможность выполнения такой функции со свойствами липидов?

8 Нуклеиновые кислоты. АТФ



Из курса биологии растений и животных вспомните, где в клетках хранится наследственная информация. Какие вещества отвечают за хранение и воспроизведение наследственной информации? Одинаковы ли эти вещества у растений и животных?

Нуклеиновые кислоты и нуклеотиды

Молекулы нуклеиновых кислот являются крупными органическими молекулами — биополимерами, мономерами которых являются нуклеотиды. Каждый нуклеотид состоит из трех компонентов — азотистого основания, моносахарида (рибозы или дезоксирибозы) и остатка ортофосфатной кислоты (рис. 8.1).

В состав нуклеиновых кислот входят пять видов азотистых оснований (рис. 8.2). Различают, собственно, пять видов нуклеотидов: тимидиловый (основание — тимин), цитидиловый (основание — цитозин), уридиловый (основание — урацил), адениловый (основание — аденин), гуаниловый (основание — гуанин).

В клетках живых организмов отдельные нуклеотиды используются также в различных процессах обмена веществ как самостоятельные соединения.

При образовании молекул нуклеиновой кислоты между остатком ортофосфатной кислоты одного нуклеотида и моносахаридом другого

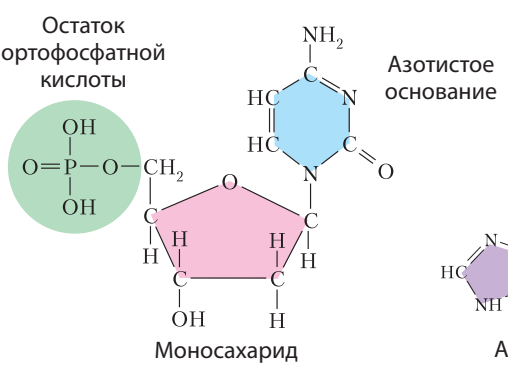


Рис. 8.1. Развернутая структурная формула молекулы нуклеотида

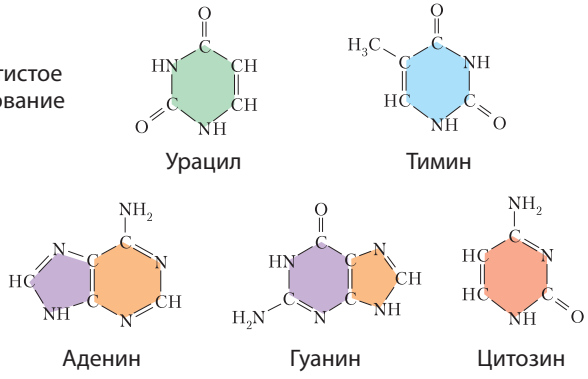


Рис. 8.2. Азотистые основания нуклеотидов

образуется прочная ковалентная связь. Поэтому нуклеиновые кислоты, образующиеся таким образом, имеют вид цепи, в которой нуклеотиды последовательно расположены друг за другом. Их число в одной молекуле биополимера может достигать нескольких миллионов.

ДНК и РНК

В клетках живых организмов присутствует два типа нуклеиновых кислот — РНК (рибонуклеиновая кислота) и ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота). Они различаются между собой по составу и особенностями строения.

Главной функцией ДНК и РНК является хранение и воспроизведение наследственной информации, чему способствует строение их молекул.

РНК хранит наследственную информацию менее надежно, чем ДНК, поэтому данный способ хранения использует только часть вирусов.

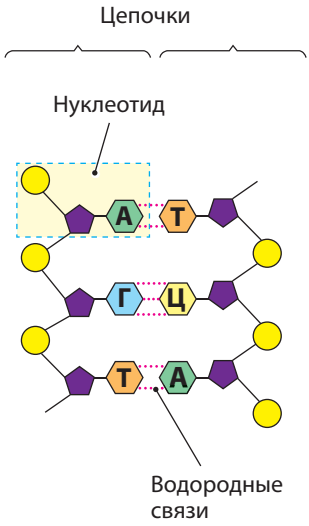


Рис. 8.3. Схема двухцепочечной молекулы ДНК

Строение молекул нуклеиновых кислот

В состав нуклеотидов ДНК входят моносахарид дезоксирибоза и четыре азотистых основания — аденин, тимин, цитозин и гуанин. А сами молекулы ДНК обычно состоят из двух нуклеотидных цепочек, которые соединены между собой водородными связями (рис. 8.3).

В нуклеотидах РНК вместо дезоксирибозы содержится моносахарид рибоза, а вместо тимина — урацил. Молекула РНК обычно состоит из одной нуклеотидной цепочки, различные фрагменты которой образуют между собой водородные связи. Между гуанином и цитозином образуются три такие связи, а между аденином и тимином или аденином и урацилом — две.

Молекула ДНК состоит из двух нуклеотидных цепочек, соединенных по принципу **комплементарности** (дополнения): напротив каждого нуклеотида одной цепи размещается тот нуклеотид второй цепи, который ему соответствует. Так, напротив аденилового нуклеотида размещается тимидиловый, а напротив цитидилового — гуаниловый (рис. 8.4). Поэтому в молекулах ДНК количество адениловых нуклеотидов всегда равно количеству тимидиловых нуклеотидов, а количество гуаниловых — количеству цитидиловых.

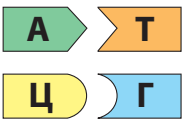


Рис. 8.4. Комплементарность нуклеотидов

АТФ и ее роль в жизнедеятельности клеток

В жизнедеятельности клетки активное участие принимают не только РНК и ДНК, но и отдельные нуклеотиды. Особенно важными являются соединения нуклеотидов с остатками ортофосфатной кислоты. Таких остатков к нуклеотиду может присоединяться от одного до трех. Соответственно, и называют их по числу этих остатков: АТФ — аденозинтриортофосфат (аденозинтриортофосфорная кислота), ГТФ — гуанозинтриортофосфат, АДФ — аденозиндиортофосфат, АМФ — аденозинмоноортофосфат. Все нуклеотиды, которые входят в состав нуклеиновых кислот, являются монофосфатами. Три- и дифосфаты также играют важную роль в биохимических процессах клеток.

Наиболее распространенным в клетках живых организмов является АТФ. Он играет роль универсального источника энергии для биохимических реакций, а также участвует в процессах роста, движения и размножения клеток. Большое количество молекул АТФ образуется в процессах клеточного дыхания и фотосинтеза.

Преобразование энергии и реакции синтеза в биологических системах

АТФ обеспечивает энергией большинство процессов, происходящих в клетках. В первую очередь, это процессы синтеза органических веществ, которые осуществляются с помощью ферментов.

Для того чтобы ферменты могли осуществить биохимическую реакцию, им в большинстве случаев требуется энергия.

Молекулы АТФ при взаимодействии с ферментами распадаются на две молекулы — ортофосфатную кислоту и АДФ. При этом выделяется энергия:

$$АТФ + H_2O \rightarrow АДФ + H_3PO_4 + 50\ кДж/моль$$

Эту энергию и используют ферменты для работы. А почему именно АТФ? Потому что связь остатков ортофосфатной кислоты в этой молекуле является не обычной, а макроэргической (высокоэнергетической) (рис. 8.5). Для образования этой связи требуется много энергии, но и во время ее разрушения энергия выделяется в больших количествах.

Когда молекулы углеводов, белков, липидов в клетках расщепляются, то происходит выделение энергии. Эту энергию клетка запасает. Для этого к нуклеотидам моноортофосфатам (например, АМФ) присоединяется один или два остатка ортофосфатной кислоты и образуются молекулы ди- или триортофосфатов (соответственно, АДФ или АТФ). Образующиеся связи являются макроэргическими. Таким образом,

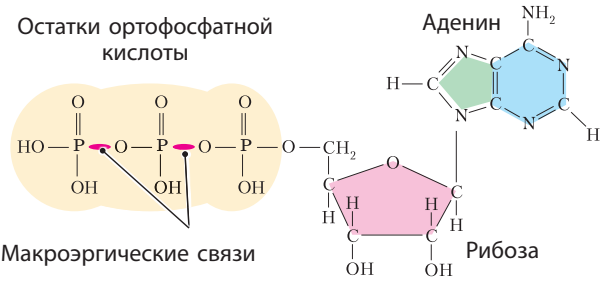


Рис. 8.5. Макроэргические связи в молекуле АТФ

АДФ содержит одну макроэргическую связь, а АТФ — две. Во время синтеза новых органических соединений макроэргические связи разрушаются и обеспечивают соответствующие процессы энергией.

Все клеточные формы жизни на нашей планете содержат в своих клетках и РНК, и ДНК. А вот в вирусах присутствует только один тип нуклеиновой кислоты. В их вирионах под белковой оболочкой содержится или РНК, или ДНК. Только когда вирус попадает в клетку-хозяина, он обычно начинает синтезировать и ДНК, и РНК.



Нуклеиновые кислоты являются биополимерами, которые представлены в живых организмах в виде ДНК и РНК. Их мономерами являются нуклеотиды. ДНК обычно имеет форму двойной спирали, состоящей из двух цепей. РНК чаще всего имеет вид одинарной цепи. Основной функцией нуклеиновых кислот является хранение и воспроизводство генетической информации. Нуклеотиды также участвуют в биохимических процессах клетки, а АТФ играет роль универсального источника энергии для биохимических реакций.

Проверьте свои знания

1. Чем ДНК отличается от РНК? 2. Зачем живым организмам нужны нуклеиновые кислоты? 3. Какие функции выполняет в клетках АТФ? 4. Достройте вторую цепочку ДНК по принципу комплементарности, если первая цепочка такая: АГГТТАТАЦГЦЦТАГААТЦГГГАА. 5*. ДНК не способна быть катализатором биохимических реакций. А вот некоторые молекулы РНК (их называют рибозимами) могут быть катализаторами. С какими особенностями строения этих молекул это может быть связано? 6*. Почему макроэргические связи удобны для использования в биохимических процессах клетки?

Обобщающие задания к теме «Химический состав клетки и биологические молекулы»

В заданиях 1–9 выберите один правильный ответ.

1 **Изображенная на рис. 1 структура выполняет функцию:**

а) хранит и воспроизводит наследственную информацию
б) транспортирует вещества
в) создает запас питательных веществ
г) катализирует реакции

2 **Из тех же мономеров, что и вещество на рис. 1, состоит:**

а) коллаген **б)** крахмал **в)** РНК **г)** эстроген

3 **Вещество на рис. 1 может накапливаться:**

а) на внешней мембране митохондрий
б) в клеточной стенке дрожжей
в) в клетках печени человека
г) в хлоропластах кукурузы

4 **Изображенная на рис. 2 структура является компонентом:**

а) клеточной стенки растений
б) белков
в) РНК
г) внутреннего слоя клеточной мембраны

5 **Цифрой 3 на рис. 2 обозначили:**

а) карбонильную группу **в)** карбоксильную группу
б) гидроксильную группу **г)** радикал

6 **Аминогруппа на рис. 2 обозначена цифрой:**

а) 1 **б)** 2 **в)** 3 **г)** 4

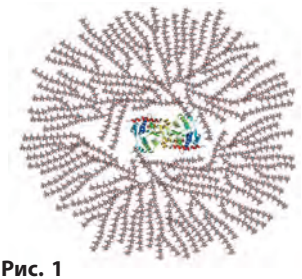


Рис. 1

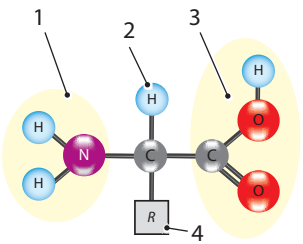


Рис. 2

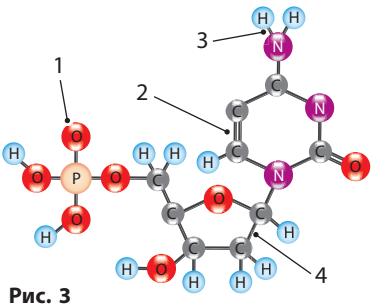


Рис. 3

7 **Структура на рис. 2 является мономером:**

а) нуклеиновой кислоты **в)** липида
б) белка **г)** полисахарида

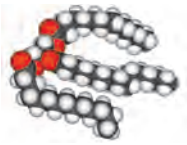
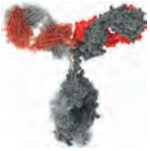
8 **Моносахарид на рис. 3 обозначен цифрой:**

а) 1 **б)** 2 **в)** 3 **г)** 4

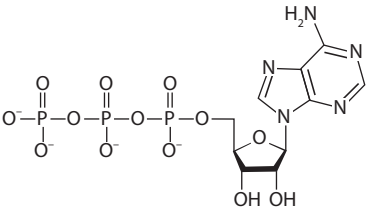
9 **Структура на рис. 3 является мономером:**

а) нуклеиновой кислоты **в)** белка
б) липида **г)** полисахарида

10 **Напишите названия групп органических веществ, к которым относятся молекулы, изображенные на рисунках:**

			
а)	**б)**	**в)**	**г)**

11 **Рассмотрите структурную формулу молекулы, изображенной на рисунке. Объясните, каким образом строение этой молекулы позволяет ей эффективно выполнять свои функции.**



12 **Достройте комплементарную цепь ДНК:**

А Т Т Г А Ц Ц Ц Г А Т Т А Г Ц .

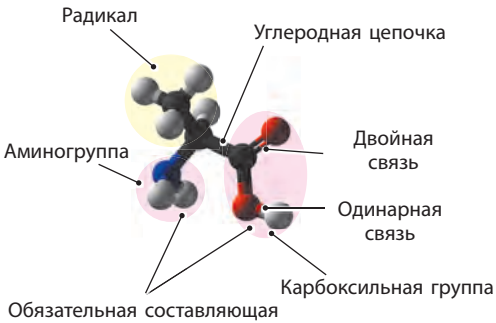
13 **Установите соответствие между группами органических веществ и веществами, которые к ним относятся.**

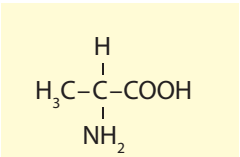
Группы	**Вещества**
1 белки	**а)** прогестерон
2 углеводы	**б)** гемоглобин
3 липиды	**в)** крахмал
	г) инсулин
	д) фруктоза
	е) тестостерон

Проверьте свои знания по теме «Химический состав клетки и биологические молекулы».

Сведения об органических веществах

Структура органической молекулы на примере аланина





Развернутая структурная формула

$NH_2–CH(CH_3)–COOH$

Сокращенная структурная формула

$C_3H_7NO_2$

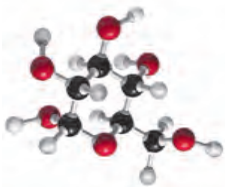
Молекулярная формула

Формы органических молекул

Линейная



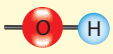
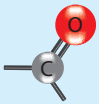
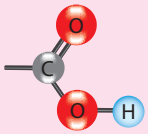
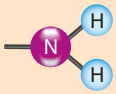
Кольцевая



Группы органических соединений

Белки	Углеводы	Липиды	Нуклеиновые кислоты

Основные функциональные группы

Гидроксильная	Карбонильная		Карбоксильная	Аминогруппа
	Альдегидная	Кетонная		
				

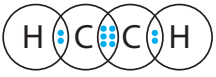
Типы связей в молекуле белка

Ковалентные связи

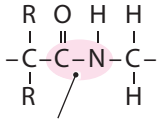
Образуются между атомами элементов в молекуле вещества за счет общих электронных пар. В молекулах белков имеются пептидные и дисульфидные связи. Обеспечивают прочное химическое взаимодействие.





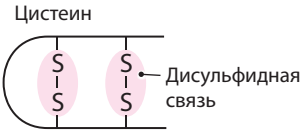


Пептидная связь



Пептидные связи возникают между карбоксильной группой (–COOH) одной аминокислоты и аминогруппой ($–NH_2$) другой аминокислоты.

Дисульфидная связь

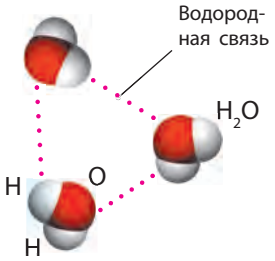


Дисульфидная связь может возникать между различными участками одной и той же полипептидной цепи, при этом она удерживает эту цепь в изогнутом состоянии. Если дисульфидная связь образуется между двумя полипептидами, то она объединяет их в одну молекулу.

Нековалентные связи

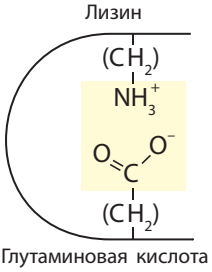
В молекулах белков имеются водородные, ионные связи и гидрофобные взаимодействия. Обеспечивают слабые химические взаимодействия.

Водородная связь



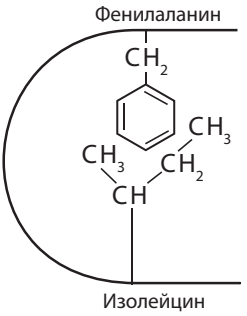
Образуется между положительно заряженными атомами H одной функциональной группы и отрицательно заряженным атомом O или N, имеющим неподеленную электронную пару, другой функциональной группы.

Ионная связь

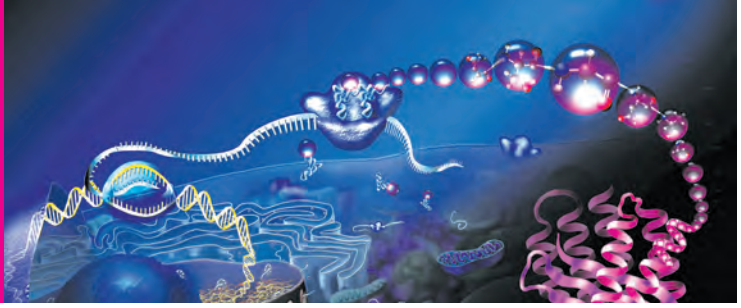


Образуется между положительно и отрицательно заряженными функциональными группами (дополнительными карбоксильными и аминогруппами), которые находятся в радикалах лизина, аргинина, гистидина, аспарагиновой и глутаминовой кислот.

Гидрофобное взаимодействие



Образуется между радикалами гидрофобных аминокислот.



Тема 2

Строение клетки

9 Цитология — наука о клетках. Методы исследования клеток



В предыдущих классах вы изучали биологию растений и животных, а также ознакомились с методами, которые ученые используют для изучения этих организмов. Какие это методы? Выясните, есть ли различия в методах изучения растений и животных. Из курса химии 8 класса вспомните, что такое изотопы.

Открытие и первые исследования клеток

Клетку открыл Роберт Гук — английский физик, работавший в Оксфордском университете. Он усовершенствовал конструкцию микроскопа и исследовал с его помощью различные объекты, в частности кору пробкового дуба. Рассматривая пробку под микроскопом, Гук увидел ячейки (это были клеточные стенки), которые напомнили ему монастырские кельи, и назвал их английским словом *cell* («камера», «клетка»). Свои исследования он описал в 1665 году. Позже Гук наблюдал и описал клетки бузины, укропа, моркови и другие.



Роберт Гук
(1635–1703)



Антони ван Левенгук
(1632–1723)

Рис. 9.1. Первые исследователи клеток

Следующий этап формирования цитологии как науки связан с голландцем Антони ван Левенгуком (рис. 9.1), который работал в конце XVII — начале XVIII вв. Он открыл одноклеточные организмы (первым увидел простейших), эритроциты, сперматозоиды и другие клетки.

Клеточная теория и возникновение цитологии

На протяжении XVIII века не происходило существенных сдвигов в исследовании клеток из-за несовершенной конструкции микроскопов. А вот в XIX веке эти приборы значительно модернизировали и к тому же открыли методы окрашивания клеток.



Маттиас Шлейден (1804–1881)



Теодор Шванн (1810–1882)

Рис. 9.2. Авторы клеточной теории

В 1827 году Карл Бэр открыл яйцеклетку млекопитающих.

В 1831 году Роберт Броун описал ядра растительных клеток. В тот же период Маттиас Шлейден доказал, что все растения состоят из клеток. И наконец, в 1839 году Теодор Шванн (рис. 9.2), сравнивая клетки растений и животных и опираясь на выводы Шлейдена, сформулировал клеточную теорию.

Основные положения этой клеточной теории были следующими:

— Все организмы состоят из клеток или разными способами образованы из них.

— Клетка является наименьшей единицей живого, а целый организм является совокупностью клеток.

— Рост и развитие растений и животных связаны с образованием клеток.

В 1859 году Рудольф Вирхов доказал, что клетки возникают только из клеток-предшественников. Все это обусловило возникновение в конце XIX века отдельной науки о клетках — цитологии.

В XX веке развитие цитологии продолжалось. Этому способствовало появление новых методов исследования — сначала электронной микроскопии, а затем центрифугирования и методов молекулярной биологии.

Методы исследования клеток

Для исследования клеток применяются те же методы, что и для других биологических систем. Отличаются лишь некоторые особенности их применения из-за небольших размеров самих клеток.

Основные методы современной цитологии:

— микроскопия;
— окрашивание клеток;
— микротомирование;
— центрифугирование;
— метод меченых атомов.



Оптический микроскоп

Электронный микроскоп

Рис. 9.3. Микроскопы



Микротом



Центрифуга

Рис. 9.4. Приборы для исследования клеток

Метод **микроскопии** заключается в том, что клетки или их компоненты рассматривают в увеличенном виде с помощью специальных приборов — микроскопов. Существует два основных типа микроскопии — оптическая и электронная (рис. 9.3). В *оптической микроскопии* для рассмотрения структур клетки используют лучи света, а в *электронной* — пучки электронов.

Существует несколько видов оптических микроскопов (фазово-контрастный, люминесцентный и др.) и два вида электронных микроскопов (просвечивающий и сканирующий).

При использовании **метода окрашивания** клеток их обрабатывают специальными веществами — красителями, которые реагируют только с некоторыми структурами клеток и избирательно их окрашивают. Такие структуры гораздо легче рассматривать и изучать.

Метод микротомирования заключается в том, что делают очень тоненькие срезы клетки и затем изучают их с помощью микроскопа.

Во время **центрифугирования** клетки сначала разрушают, а затем помещают в пробирки со специальным раствором и крутят на центрифугах (рис. 9.4). Под действием центробежной силы компоненты клетки концентрируются в различных местах пробирки. После этого их можно изучать отдельно друг от друга.

Метод меченых атомов предусматривает введение в живые клетки радиоактивных изотопов определенных атомов. Перемещение этих атомов в клетке можно наблюдать с помощью специальных приборов. Таким способом прослеживают ход биохимических реакций.

Методы исследования клеток

Метод исследований	Используемые приборы и средства	Результаты использования метода
Оптическая микроскопия	Бинокуляр, фазово-контрастный, люминесцентный и другие микроскопы	Позволяет исследовать форму и размеры клеток, крупные клеточные структуры, органеллы движения, капсулы и слизистые слои
Электронная микроскопия	Трансмиссионный электронный микроскоп, сканирующий электронный микроскоп	Позволяет исследовать все органеллы и ультраструктуры клеток, поверхностные структуры клеток и межклеточные контакты
Окрашивание клеток	Красители и фиксирующие вещества	Позволяет дифференциально окрашивать отдельные структуры или клетку в целом для получения качественного изображения во время микроскопирования
Микротомирование	Микротомы	Позволяет изготовить ультратонкие препараты для исследования с помощью всех видов световой и электронной микроскопии
Центрифугирование	Центрифуги	Позволяет разделить содержимое клеток на фракции по форме и размеру отдельных компонентов, для дальнейшего исследования каждой из фракций
Метод меченых атомов	Радиоактивные изотопы, приборы для радиоавтографии	Позволяет отследить путь веществ внутри клетки, механизмы обмена веществ, исследовать функции отдельных органелл

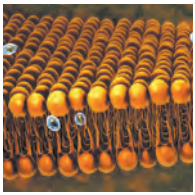


Клетки живых организмов были открыты в XVII в. В XIX в. Маттиас Шлейден и Теодор Шванн сформулировали клеточную теорию. Изучением клеток занимается отдельная наука — цитология. Основными методами изучения клеток являются микроскопия (оптическая и электронная), окрашивание клеток, микротомирование, центрифугирование и метод меченых атомов.

Проверьте свои знания

1. Когда были открыты клетки? Кто сделал это открытие? 2. Какие методы используют для исследования клеток? 3. Какие можно выделить исторические этапы изучения клеток? 4. Сравните оптическую и электронную микроскопию. Объясните, какими преимуществами и недостатками они обладают. 5*. Если вам придется изучать ядра клеток у разных организмов, какие методы вы будете использовать?

10 Клеточные мембраны



Повторите материал предыдущей темы и объясните, какие органические вещества составляют основу биологических мембран. Вспомните, какие свойства присущи липидам. Каких липидов в клеточных мембранах больше всего?

Клеточные мембраны

Клеточные мембраны — это структуры, которые окружают клетку и формируют внутри нее ряд органелл. Это так называемые **мембранные органеллы** — ядро, митохондрии, вакуоли и др. Мембраны образованы двумя слоями липидов, в которых расположены молекулы белков. Белки и липиды мембран нередко присоединяют к себе молекулы углеводов, образуя гликопротеиды и гликолипиды (рис. 10.1). Так как липидные слои, образующие мембрану, жидкообразны и текучи, то погруженные в них белки довольно подвижны. Поэтому модель, которая описывает строение мембраны, называют *жидкостно-мозаичной*.

Функции мембран

Важнейшими функциями биологических мембран являются барьерная, рецепторная и транспортная. Мембраны являются барьерами с избирательной проницаемостью. Они регулируют обмен веществ между клеткой и окружающей средой, а также между отдельными компонентами внутри клетки. Барьерные функции мембран выполняют липиды. Именно они образуют основу биологической мембраны.

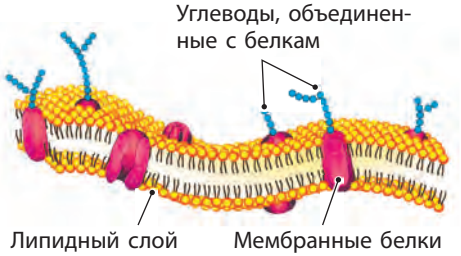


Рис. 10.1. Строение клеточной мембраны

Рецепторную функцию выполняет надмембранный комплекс. Это, главным образом, гликопротеиды, которые образуют структуры, расположенные на поверхности мембраны.

Мембраны играют важную роль в обмене веществ между клеткой и окружающей средой и обеспечивают межклеточные взаимодействия. Именно они передают сигналы из внешней среды клеток во внутреннюю.

Мембраны выполняют также структурную, защитную и ферментативную функции. Они придают клеткам определенную форму, защищают их от повреждений и объединяют отдельные клетки тканей в единое целое. Ферменты, которые располагаются на поверхности мембран, обеспечивают выполнение ферментативной функции. Например, при пищеварении в кишечнике человека.

Транспорт веществ через мембраны

Транспортная функция мембран чрезвычайно важна для жизнедеятельности клетки. Наибольшую роль в ее выполнении играют белки. Они могут формировать в мембране сквозные каналы или транспортировать некоторые вещества в связанном виде, образуя с ними временные соединения.

Перенос веществ через мембрану может происходить либо без затрат энергии (пассивный транспорт), либо с затратами (активный транспорт). Пассивный транспорт осуществляется из зоны с высокой концентрацией вещества в зону с его низкой концентрацией. А активный транспорт, наоборот, — из зоны с низкой концентрацией в зону с высокой концентрацией.

Через мембрану транспортируются как большие, так и малые молекулы веществ. Перемещение малых молекул происходит с помощью простой диффузии, облегченной диффузии, активного транспорта, а больших — путем экто- и эндоцитоза.

Пасивний транспорт

Путем **простой диффузии** происходит только пассивный транспорт веществ (кислород, углекислый газ). А путем облегченной диффузии может осуществляться как пассивный, так и активный виды транспорта. **Облегченная диффузия** происходит через специальные

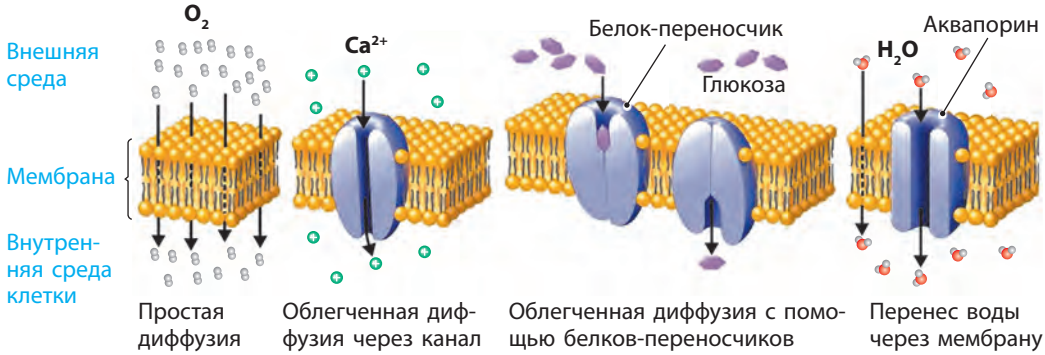


Рис. 10.2. Транспорт веществ через мембрану

каналы, расположенные внутри больших белковых молекул. Ее могут выполнять также специальные белки-переносчики. Так транспортируются малые органические молекулы (глюкоза, некоторые аминокислоты и др.).

Очень важным для клеток является транспорт молекул воды через мембраны. Его особенностью является то, что необходимо переносить через мембрану только молекулы воды, препятствуя переносу растворенных в ней веществ. Этот процесс осуществляют специальные мембранные белки аквапорины (рис. 10.2).

Активный транспорт

Активный транспорт через клеточную мембрану осуществляется с помощью специальных белковых комплексов, а также путем экзо- или эндоцитоза. Так перемещаются ионы и большие молекулы, для которых мембрана является непроницаемой.

Мембранный транспорт в клетку называется **эндоцитоз**. Мембранный транспорт из клетки — **экзоцитоз** (рис. 10.3). Транспорт твердых частиц — это *фагоцитоз*, а транспорт жидкостей и капель — *пиноцитоз*.

Примером активного транспорта веществ через мембрану клетки является работа *натрий-калиевого насоса*. Клетке для нормального функционирования необходимо поддерживать определенное соотношение ионов Na^+ и K^+ — в цитоплазме и внеклеточной среде.

Перенос ионов Na^+ и K^+ осуществляется белком, который расположен в клеточной мембране. Этот белок перекачивает ионы Na^+ из клетки, а ионы K^+ — в клетку. Перенос этих ионов происходит из области их низкой концентрации в область их высокой концентрации (ионов K^+ больше в клетке, а ионов Na^+ — вне клетки). Для этого процесса используется энергия молекул АТФ.

За один цикл работы насос выкачивает из клетки $3Na^+$ и закачивает $2K^+$ (рис. 10.4). Поэтому на внешней стороне мембраны

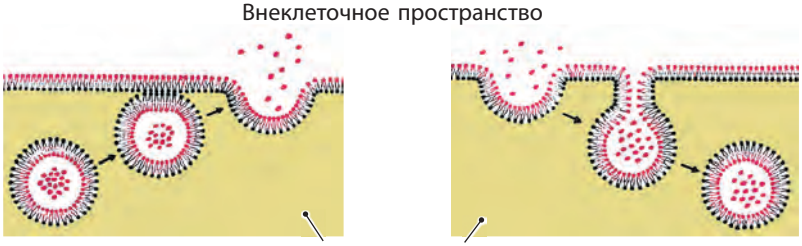


Рис. 10.3. Схема экзо- и эндоцитоза

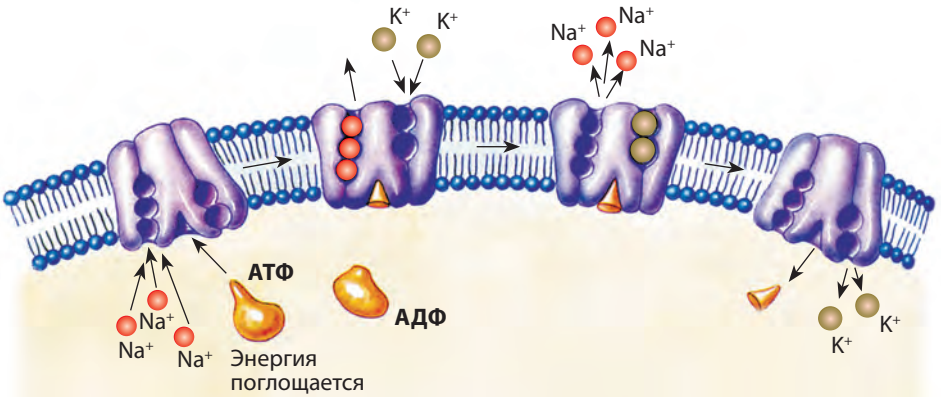


Рис. 10.4. Схема работы натрий-калиевого насоса

накапливается избыток положительных ионов. Это создает разность потенциалов между внешней и внутренней поверхностями мембраны. Эту разность используют как источник энергии многие другие белковые комплексы для переноса различных веществ через мембрану.

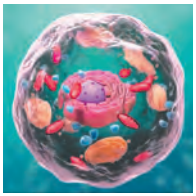


Клеточные мембраны — это структуры, которые окружают клетку и формируют внутри нее ряд органелл. В их состав входят липиды, белки и углеводы. Липиды образуют двойной слой. В каждом из слоев гидрофильные части липидных молекул ориентированы наружу, а гидрофобные — внутрь. Белковые комплексы в составе мембраны могут пронизывать ее насквозь, размещаться в пределах одного липидного слоя или даже снаружи мембраны. Состав внешнего и внутреннего липидных слоев может различаться. Основными функциями мембран являются барьерная, транспортная и рецепторная.

Проверьте свои знания

1. Что такое мембрана? Какие объекты она окружает? 2. Каково строение клеточной мембраны? 3. Какие вещества входят в состав мембран? 4. Какие функции выполняют клеточные мембраны? 5. Почему некоторые вещества не могут проникать через мембрану путем простой диффузии? 6*. Какие свойства фосфолипидов привели к тому, что они стали основой клеточных мембран? 7*. Почему для разных веществ используются различные механизмы транспорта через мембрану клетки?

11 Цитоплазма. Немембранные органеллы



Повторите материалы курса биологии 6 класса. С какими органеллами клеток вы тогда ознакомились? Вспомните, какие особенности строения клеток присущи прокариотам (на примере бактерий) и эукариотам (на примере растений). Какие органеллы одинаковы у прокариот и эукариот?

Цитоплазма и органеллы

Цитоплазма представляет собой основное содержимое клеток. В ее состав входят цитозоль, цитоскелет, органеллы и включения.

Цитозоль является полужидкой субстанцией, плотность которой может меняться в довольно широких пределах. Он обеспечивает взаимосвязь всех компонентов клетки. Кроме того, в нем происходят важные биохимические реакции.

Органеллами называют структуры в составе клеток живых организмов, которые выполняют определенные функции. Большинство из них существует в клетках постоянно, но некоторые органеллы могут на время исчезать, а затем снова образовываться. Органеллы делятся на две большие группы — мембранные и немембранные (рис. 11.1). Мембранные органеллы отделены от других частей клетки плазматическими мембранами.

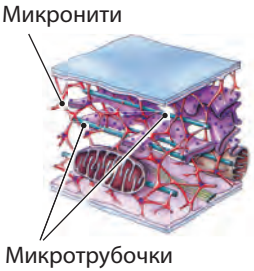
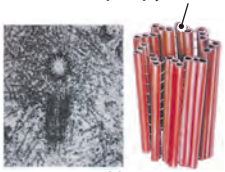


Рис. 11.1. Клеточные органеллы

Немембранные органеллы

В структуре немембранных органелл нет плазматических мембран. Их форма и строение очень разнообразны.

Немембранные органеллы

Органелла	Особенности строения		Функции
Цитоскелет		Это система микронитей и микротрубочек, образованных специальными белками. Значительная часть цитоскелета образована микротрубочками из белка тубулина и микронитями из белка актина	Микронити и микротрубочки образуют каркас клетки и обеспечивают поддержание ее формы. С помощью цитоскелета осуществляется транспорт веществ и перемещение органелл внутри клетки
Клеточный центр		Состоит из комплекса белковых субъединиц. Может содержать центриоли. Центриоли имеют форму полого цилиндра длиной 0,3–0,5 мкм и диаметром 0,15 мкм	Клеточный центр играет важную роль в делении клеток животных и некоторых растений
Рибосомы		Имеют сложную форму и состоят из двух частей (субъединиц) — большой и малой. Эти субъединицы могут распадаться и объединяться. В состав субъединиц входят молекулы РНК и белков. В цитоплазме эукариотических клеток находятся рибосомы эукариотического типа, а в митохондриях, пластидах и цитоплазме прокариотических клеток — рибосомы прокариотического типа. Эти типы рибосом отличаются некоторыми РНК и белками, которые входят в их состав	Синтезируют белки из аминокислот

Окончание таблицы

Органелла	Особенности строения		Функции
Бактериальные жгутики		Есть в клетках прокариотических организмов. Представляют собой простую нить, образованную из молекул белка. Она закреплена на поверхности клетки сложным белковым комплексом, который обеспечивает ее вращение	Обеспечивают движение прокариотических клеток
Жгутики и реснички эукариотических клеток		Имеются в клетках эукариотических организмов. Представляют собой полые трубочки, вдоль внутренней поверхности которых тянутся девять пар микротрубочек. Еще две микротрубочки расположены в центральной части. Снаружи покрыты плазматической мембраной	Обеспечивают движение эукариотических клеток

Внутриклеточные перемещения

Между различными частями клетки постоянно происходит обмен веществами, которые в ней синтезируются. Кроме того, даже органеллы нередко перемещаются в другие части клетки. Например, хлоропласты располагаются таким образом, чтобы лучше освещаться лучами солнца. Такие внутриклеточные перемещения обеспечиваются двумя механизмами. Первый осуществляется за счет изменений плотности цитозоля и перетекания более жидкого вещества в нужное место. Второй происходит путем перетаскивания органелл или пузырьков с нужными веществами вдоль микротрубочек специальными белками.

Реснички и жгутики. Обеспечение движения клеток

У жгутиков и ресничек эукариотических клеток гораздо более сложное строение, чем у жгутиков бактерий. Движение ресничек и жгутиков происходит за счет взаимодействия их внутренних структур. Реснички и жгутики могут двигаться по-разному. Траектории движения этих структур у разных организмов могут быть, например,

маятникообразными, крючкообразными, воронкообразными или волнообразными (рис. 11.2). Движение ресничек и жгутиков обеспечивается за счет их изгиба (подобно биению кнута). При этом их длина не изменяется.

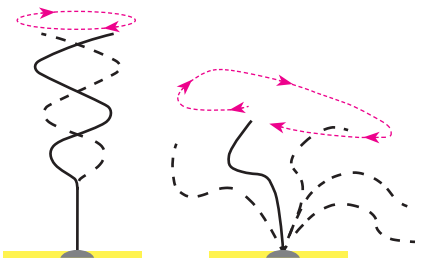
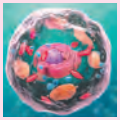


Рис. 11.2. Движение ресничек и жгутиков

Эукариотические рибосомы содержат четыре типа РНК и около ста белков. Прокариотические — три типа РНК и меньшее, чем в эукариотических рибосомах, число белков.

Жгутики или реснички являются органеллами, которые встречаются у большинства эукариотических клеток. Но существуют эукариоты, у которых эти органеллы отсутствуют. Так, красные водоросли, которые являются одной из крупнейших и древнейших групп водорослей, не имеют жгутиков или ресничек ни на одной из стадий их жизненного цикла.

Количество жгутиков у разных видов бактерий может быть разным. Так, у холерного вибриона только один жгутик, а у кишечной палочки они покрывают всю поверхность клетки.



Цитоплазма составляет основу всех клеток. Ее компонентами являются цитозоль, органеллы и клеточные включения. Цитозоль — это полужидкое вещество, которое заполняет клетку и может менять степень своей вязкости. В цитозоле расположены мембранные и немембранные органеллы. Немембранными органеллами являются цитоскелет, рибосомы, реснички и жгутики. Они обеспечивают синтез белка, движение структур внутри клетки, а также самих клеток.

Проверьте свои знания

1. Какие компоненты входят в состав цитоплазмы? 2. Что такое органеллы? 3. Какие существуют немембранные органеллы и чем они отличаются от мембранных органелл? 4. Какие органеллы обеспечивают синтез белков? 5. Зачем клеткам нужен цитоскелет? 6. Какая органелла играет важную роль при делении клеток животных? 7. Сравните жгутики прокариотических и эукариотических клеток. 8. Объясните, какими способами могут осуществляться внутриклеточные перемещения. 9*. Зачем клеткам нужны жгутики и реснички? Объясните на конкретных примерах.

12 Мембранные органеллы



Растения способны образовывать органические вещества из неорганических благодаря процессу фотосинтеза. В каких органеллах растительных клеток происходит этот процесс? С какими видами этих органелл вы ознакомились при изучении биологии растений?

Разнообразие мембранных органелл

Как вы уже знаете, органеллы клеток делятся на две большие группы — мембранные и немембранные. Мембранные органеллы отделены от других частей клетки мембраной, которая их покрывает. Эта мембрана обычно может быть одинарной или двойной. По этому признаку органеллы делятся на одномембранные и двумембранные.

Двумембранными органеллами являются ядра, митохондрии и пластиды. К одномембранным органеллам относятся эндоплазматическая сеть, аппарат (комплекс) Гольджи, вакуоли, лизосомы и микротельца (пероксисомы).

Наличие мембранных органелл позволяет разделить внутреннее пространство клетки на отдельные отсеки — *компартменты*. Внутри каждого из них клетка может создавать определенные условия, например меньшие или большие значения pH, пониженную или повышенную концентрацию определенных ионов и т. д. Благодаря этому в разных частях клетки могут происходить реакции, которые препятствовали бы друг другу, если бы происходили в одном отсеке.

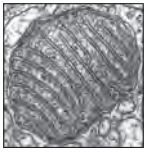
Мембраны органелл могут образовывать складчатые структуры, которые увеличивают их площадь и позволяют размещать на них много ферментных систем, что облегчает течение биохимических процессов.

Двумембранные органеллы

У двумембранных органелл (ядра, митохондрий и пластид) две мембраны — внешняя и внутренняя. Внутренняя мембрана может образовывать складки. Внутри этих органелл находятся молекулы ДНК.

Новые митохондрии и пластиды образуются только путем деления старых митохондрий или пластид. Ядро и все одномембранные органеллы клетка может формировать в своей цитоплазме самостоятельно.

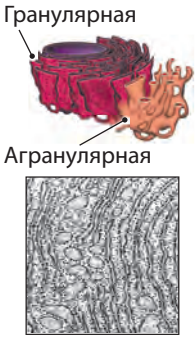
Двумембранные органеллы

Органеллы	Особенности строения		Функции
Ядро	 	Форма ядра чаще всего сферическая или эллипсовидная, но встречаются и ядра неправильной формы. Ядерная мембрана во многих местах пронизана порами, благодаря которым осуществляется обмен информацией между ядром и цитоплазмой. Внутри ядра находятся кариоплазма, хроматин и ядрышко. Кариоплазма является полупрозрачной внутренней средой, в которой происходят все биохимические реакции. Во время деления клеток из хроматина формируются палочковидные структуры — хромосомы	Отвечает за хранение, воспроизводство и реализацию наследственной информации. Регулирует и контролирует все процессы в клетке. Ядрышко является местом образования рибосом
Митохондрии	 	Внутренняя мембрана митохондрий образует выросты — кристы. Такое строение мембраны позволяет разместить на ней много белковых комплексов, осуществляющих процессы биологического окисления. Внешняя мембрана гладкая. Внутренняя среда митохондрий называется матриксом. Содержат рибосомы прокариотического типа. В матриксе содержатся кольцевые молекулы митохондриальной ДНК	Производят энергию в результате процессов биологического окисления
Пластиды	 	Внешняя мембрана гладкая. Внутренняя мембрана может образовывать отделенные от нее структуры в виде уплощенных мешочков — тилакоидов. Такое строение мембраны позволяет разместить много белковых комплексов, осуществляющих процессы фотосинтеза. Внутренняя среда пластид называется стромой. В ней содержатся кольцевые молекулы ДНК. По окраске различают зеленые (хлоропласты), желто-оранжевые или красные (хромопласты) и бесцветные (лейкопласты)	Осуществляют процесс фотосинтеза. Производят ряд необходимых для этого процесса белков. Могут обеспечивать окраску органов растений и накапливать резервные вещества

Одномембранные органеллы

К одномембранным органеллам относятся эндоплазматическая сеть, комплекс (аппарат) Гольджи, вакуоли и лизосомы. Они покрыты одной мембраной, которая отделяет их содержимое от клеточной среды.

Одномембранные органеллы

Органеллы	Особенности строения		Функции
Эндоплазматическая сеть		Состоит из системы мелких вакуолей и канальцев, которые соединены между собой. Различают два основных типа эндоплазматической сети — агранулярную (гладкую) и гранулярную (шероховатую). На мембранах гранулярной эндоплазматической сети расположены рибосомы	Агранулярная эндоплазматическая сеть осуществляет синтез липидов и некоторых полисахаридов. Основная функция гранулярной эндоплазматической сети — синтез белков. Кроме того, она участвует в транспорте белков в клетке
Комплекс (аппарат) Гольджи		Образован системой диктиосом. Диктиосомы имеют вид столбиков из 5–20 плоских мембранных мешочков (цистерн), которые находятся в цитоплазме отдельно или соединяются в одну структуру	Отвечает за модификацию белков, упаковку синтезированных продуктов в гранулы, синтез некоторых полисахаридов, формирование клеточной мембраны, транспорт веществ, синтезированных в клетке, за ее пределы
Вакуоль		Имеет вид полостей, заполненных жидкостью	В зависимости от состава заполняющей жидкости выполняет различные функции. Пищеварительные вакуоли гетеротрофов отвечают за переваривание пищи. Вакуоли автотрофов накапливают продукты жизнедеятельности, участвуют в регуляции водно-солевого обмена, поддержании тургорного давления в клетках и накоплении резервных веществ

Окончание таблицы

Органеллы	Особенности строения		Функции
Лизосома		Имеет вид пузырька. Содержит набор ферментов. Аппарат Гольджи синтезирует первичные лизосомы. После их слияния с пищеварительными вакуолями или со структурами клетки, которые необходимо разрушить, образуются вторичные лизосомы, которые и осуществляют разрушение структур	Участвуют в работе пищеварительных вакуолей. Разрушают клеточные структуры после окончания срока их функционирования



В хлоропластах некоторых водорослей не две, а три и даже четыре мембраны!

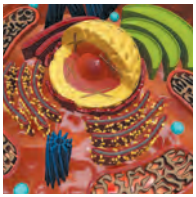


Мембранные органеллы клеток делятся на одномембранные и двумембранные. Это разделение основано на количестве мембран, которые окружают органеллы. Двумембранными органеллами являются ядра, митохондрии и пластиды. К одномембранным органеллам относятся эндоплазматическая сеть, комплекс (аппарат) Гольджи, вакуоли и лизосомы.

Проверьте свои знания

1. Какие органеллы называют мембранными? На какие группы делятся мембранные органеллы? 2. Какие существуют двумембранные органеллы? 3. Какие существуют одномембранные органеллы? 4. Какие органеллы осуществляют процесс фотосинтеза? 5. Зачем клеткам нужен комплекс Гольджи? 6. Клетки слюнных желез у млекопитающих содержат хорошо развитый комплекс Гольджи, а в клетках мышечной ткани он развит гораздо меньше. С чем это может быть связано? 7*. В разных клетках тела человека объем эндоплазматической сети может существенно различаться. С чем это может быть связано? 8*. Почему в лизосомах ферменты сразу после их образования не активны?

13 Разнообразие клеток



Изучая курс биологии, вы уже ознакомились с двумя основными типами клеток живых организмов. Объясните на примере одноклеточных живых организмов, какие особенности характерны для этих типов клеток.

Типы организации клеток

Все живые организмы, имеющие клеточное строение, можно разделить на прокариотические (прокариоты) и эукариотические (эукариоты). К прокариотам относятся бактерии, к эукариотам — растения, животные и грибы. У их клеток разная организация. Различают, соответственно, два типа клеточной организации: прокариотический и эукариотический.

Характерным признаком, отличающим клетки прокариотического типа от эукариотического, является отсутствие в них ядра. Кроме этого, клетки прокариот и эукариот отличаются наличием или отсутствием ряда органелл. А это, в свою очередь, определяет особенности их функционирования и размножения.

Прокариотические клетки

Прокариотические клетки состоят из поверхностного аппарата и цитоплазмы (рис. 13.1). В состав поверхностного аппарата обычно входят плазматическая мембрана и клеточная стенка, содержащая вещество муреин. Но у некоторых прокариотических организмов клеточная стенка может отсутствовать. Поверхностный аппарат может содержать дополнительные элементы: бактериальные жгутики, слизистые капсулы и различные выросты.

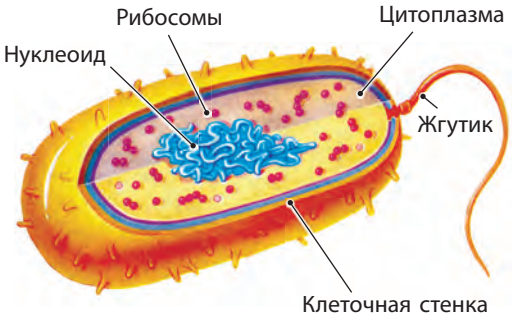


Рис. 13.1. Строение прокариотической клетки

Цитоплазма прокариот состоит из полужидкого цитозоля, в котором расположены рибосомы, и нуклеоида (кольцевой молекулы ДНК). Мембранных органелл в цитоплазме нет, но плазматическая

мембрана клетки может образовывать впячивания, которые выполняют различные функции. Например, в клетках цианобактерий мембрана образует впячивания — тилакоиды. Они играют ведущую роль в процессах фотосинтеза. Цитоскелет не так развит, как у эукариот. Средний размер клеток прокариот — от 0,1 до 10 мкм.

Эукариотические клетки

В отличие от прокариот, у клеток эукариотических организмов сложная структура (рис. 13.2). Их поверхностный аппарат кроме плазматической мембраны (плазмалеммы) включает также надмембранный и подмембранный комплексы. Подмембранный комплекс формируется элементами цитоскелета.

У некоторых групп эукариот (растения, грибы) есть клеточные стенки. У эукариотических организмов также есть поверхностные структуры, которые обеспечивают движение клеток — жгутики и реснички, которые имеют сложное внутреннее строение и не являются результатом развития прокариотических жгутиков. Кроме того, некоторые эукариотические клетки могут осуществлять амебоидное движение.

Клетки эукариот содержат структуры, которых нет у прокариотических организмов. Это одномембранные и двумембранные органеллы. У цитоскелета эукариотических клеток более сложное строение.

Сложная внутренняя структура клетки, наличие цитоскелета, ядра и мембранных органелл позволяют эукариотической клетке достигать гораздо больших размеров. Средний размер клеток эукариот — около 50 мкм. Кроме того, они приобрели способность образовывать устойчивые комплексы, клетки которых могут выполнять различные функции. Это привело к возникновению настоящей многоклеточности и появлению крупных по размерам организмов — животных, растений и грибов.

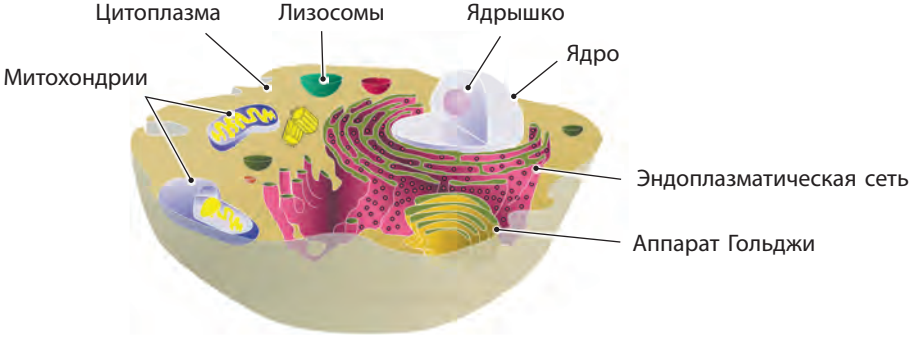


Рис. 13.2. Строение эукариотической клетки

Разнообразие эукариотических клеток

Клетки эукариотических организмов различаются по форме, величине, особенностям строения и жизнедеятельности. Так, растения и грибы ведут сравнительно малоподвижный образ жизни. Они обычно перемещаются на стадии спор и семян или осуществляют ростовые движения (растут в нужную им сторону). Поэтому наличие клеточной стенки не мешает их движениям. А вот дополнительную защиту от повреждений она предоставляет. В то же время животные — преимущественно подвижные организмы. И лишний вес клеточной стенки только мешал бы им перемещаться. К тому же она существенно ограничивала бы их движения.

Особенности строения клеток различных групп эукариот

Органеллы и структуры	Растения	Грибы	Животные
Надмембранный комплекс	Представлен клеточной стенкой (содержит целлюлозу)	Представлен клеточной стенкой (содержит хитин или другие полисахариды)	Представлен гликокаликсом (содержит полисахариды и белки)
Ядро	Обычно одно	Одно, два (чаще всего) или много ядер	Обычно одно
Вакуоли	Часто хорошо развиты и достигают больших размеров, содержат клеточный сок	Есть	Большие вакуоли отсутствуют, мелкие могут быть пищеварительными или сократительными (у одноклеточных) или выполняют транспортные функции
Клеточный центр	В большинстве случаев нет	В большинстве случаев нет	Есть
Пластиды	Есть	Нет	Нет
Митохондрии	Есть	Есть	Есть
Лизосомы	В большинстве случаев нет	Есть	Есть
Эндоплазматическая сеть	Есть	Есть	Есть
Комплекс Гольджи	Есть	Есть	Есть

Характерные особенности клеток растений

Особенностью растительных клеток является наличие клеточной стенки и пластид. Некоторые группы водорослей имеют специфическое строение пластид и других компонентов клетки. Но все высшие наземные растения и зеленые водоросли по строению своих клеток различаются несущественно.

Характерные особенности клеток животных

В клетках животных отсутствуют клеточная стенка и пластиды. Вакуоли в них мелкие, больших размеров обычно не достигают. Но могут развиваться специализированные вакуоли, например сократительные. Некоторые клетки животных могут легко менять свою форму и двигаться с помощью псевдоподий, как амебы. Примером таких клеток являются лейкоциты человека.

Особенности клеток грибов

В клетоках грибов, как и растений, есть клеточная стенка. В большинстве случаев основу стенки составляет хитин. Хотя могут встречаться и другие полисахариды. Эндоплазматическая сеть в клетках грибов нередко развита слабее, чем у животных.



Выделяют два основных типа клеток живых организмов — прокариотические и эукариотические. Прокариотические клетки не содержат ядра и мембранных органелл. Эукариотические клетки отличаются большим многообразием своего строения. В клетках грибов и растений есть клеточная стенка, а в клетках животных ее нет. В то же время пластиды отсутствуют в клетках грибов и животных, но есть в клетках растений.

Проверьте свои знания

1. Какие типы организации клеток существуют? Чем они различаются между собой? 2. Какие общие особенности строения у прокариотических и эукариотических клеток? 3. Какие проблемы создало бы наличие клеточной стенки клеткам животных? 4. Сравните транспорт веществ внутри клеток прокариот и эукариот. 5*. Основываясь на особенностях строения клеток, докажите единство органического мира. 6*. Почему клетку можно назвать элементарной единицей живых систем? 7*. Разнообразие типов клеток у грибов меньше, чем у животных и растений. С чем это может быть связано? Ответ обоснуйте.

Обобщающие задания к теме «Строение клеток»

В заданиях 1–9 выберите один правильный ответ.

1 **Изображенная на рис. 1 структура НЕ выполняет функцию:**

а) транспортную
б) барьерную
в) рецепторную
г) запасающую

2 **Цифра 1 на рис. 1 указывает на:**

а) гликокаликс
б) слой липидов
в) молекулу белка
г) подмембранный комплекс

3 **Гликолипид на рис. 1 обозначен цифрой:**

а) 1 **б)** 2 **в)** 3 **г)** 4

4 **Число липидных слоев в клеточной мембране:**

а) 1 **б)** 2 **в)** 3 **г)** 4

5 **Изображенная на рис. 2 структура выполняет функцию:**

а) производит энергию
б) разрушает старые структуры в клетке
в) запасает крахмал
г) осуществляет фотосинтез

6 **Цифрой 3 на рис. 2 обозначена:**

а) криста
б) грана
в) внешняя мембрана
г) клеточная стенка

7 **Внутренняя мембрана на рис. 2 обозначена цифрой:**

а) 1 **б)** 2 **в)** 3 **г)** 4

8 **В структуре, изображенной на рис. 2, синтезируется:**

а) целлюлоза
б) хитин
в) АТФ
г) крахмал

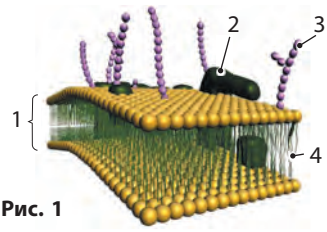


Рис. 1

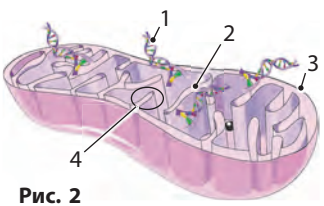


Рис. 2

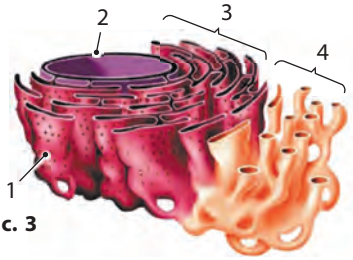


Рис. 3

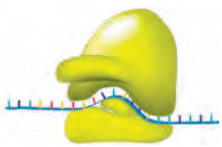
9 **Изображенная на рис. 3 структура выполняет синтез:**
а) ДНК **б)** АТФ **в)** РНК **г)** липидов

10 **Цифра 2 на рис. 3 указывает на:**
а) тилакоиды **в)** ядерную мембрану
б) комплекс Гольджи **г)** гладкую эндоплазматическую сеть

11 **Гранулярная эндоплазматическая сеть на рис. 3 обозначена цифрой:**
а) 1 **б)** 2 **в)** 3 **г)** 4

12 **Изображенная на рис. 3 структура:**
а) не содержит рибосом
б) содержит рибосомы только на агранулярной части
в) содержит рибосомы только на гранулярной части
г) содержит рибосомы на всех своих частях

13 **Напишите названия органелл, изображенных на рисунках.**

			
а)	**б)**	**в)**	**г)**

14 **Рассмотрите изображенную на рисунке органеллу. Объясните, каким образом строение этой органеллы позволяет ей эффективно выполнять свои функции.**



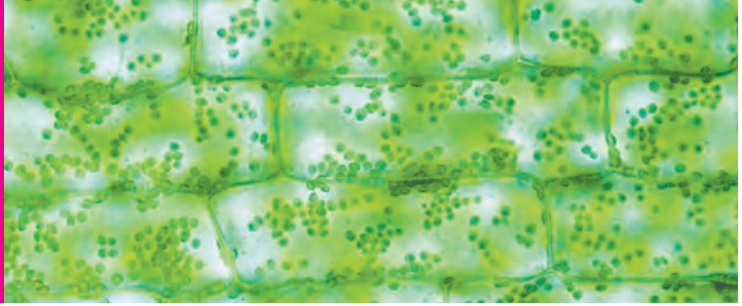
15 **Рассмотрите изображенную на рисунке органеллу. Объясните, каким образом строение этой органеллы позволяет ей эффективно выполнять свои функции.**



16 **Установите соответствие между группами органелл и относящимися к ним органеллами.**

Группы органелл	**Органеллы**
1 немембранные	**а)** вакуоль, лизосома
2 одномембранные	**б)** жгутик, ресничка
3 двумембранные	**в)** митохондрия, ядро

Проверьте свои знания по теме «Структура клеток».



Тема 3

Принципы функционирования клетки

14 Обмен веществ и энергии



Повторите определение системы, которое вы изучали ранее. Вспомните, почему живые организмы можно считать системами. Что вы знаете об обмене веществ в организме человека?

Обмен веществ. Типы обмена

Клетка является единым целым, биологической системой, элементы которой объединены общим обменом веществ и преобразованием энергии. **Обмен веществ** — это совокупность химических реакций, которые происходят в клетках и необходимы для поддержания жизни. Обмен веществ в клетке можно условно разделить на два этапа — обмен с окружающей средой и внутренний обмен, или метаболизм (рис. 14.1). Растения, например, во время обмена веществ с окружающей средой поглощают воду, углекислый газ, минеральные вещества, а выделяют кислород, воду и другие вещества.

Метаболизм можно определить как закономерный порядок превращения веществ и энергии в клетке, направленный на ее рост, жизнедеятельность и самовоспроизведение. Метаболизм любой клетки состоит из двух типов обмена или взаимосвязанных комплексов реакций. Это реакции пластического (анаболизм) и энергетического (катаболизм) обмена.

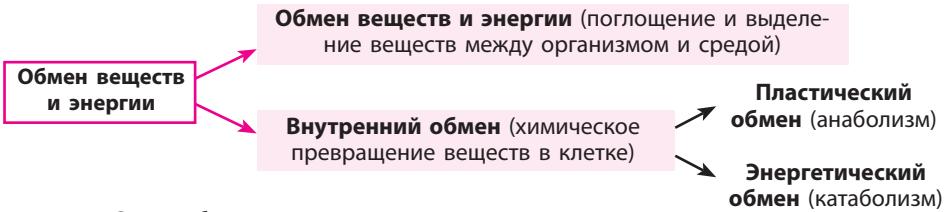


Рис. 14.1. Схема обмена веществ и энергии в живых организмах

Особенности пластического и энергетического обмена

Тип обмена	Пластический (анаболизм)	Энергетический (катаболизм)
Что происходит	Синтез сложных органических соединений из более простых за счет энергии макроэргических связей	Расщепление сложных органических веществ на более простые
Какие превращения энергии происходят	Молекулы АТФ, которые содержат макроэргические связи, распадаются на молекулы АДФ и ортофосфатной кислоты (Ф). При этом выделяется энергия, которая используется для синтеза органических соединений. АТФ → АДФ + Ф + Энергия	Энергия, которая вырабатывается при окислении органических веществ, используется для образования молекулы АТФ из молекул АДФ и ортофосфатной кислоты (Ф). АДФ + Ф + Энергия → АТФ
Результат	Синтез органических молекул, необходимых для жизнедеятельности клетки	Выделяющаяся энергия запасается клеткой в форме макроэргических связей ряда соединений (например, АТФ)

Основные этапы энергетического обмена

Расщепление органических веществ в ходе энергетического обмена происходит в несколько этапов. Оно может начинаться еще за пределами организма, как, например, у пауков, для которых характерно внешнее пищеварение. Но основные процессы катаболизма происходят в клетках.

Особенности отдельных этапов энергетического обмена

Этапы расщепления органических веществ	Что происходит	Где происходит
Подготовительная стадия энергетического обмена	Макромолекулы расщепляются до мономеров. Образуются молекулы глюкозы	Окружающая среда, пищеварительный тракт
Первый этап клеточного дыхания (анаэробный). Гликолиз и брожение	Бескислородный этап расщепления. Молекулы глюкозы расщепляются до промежуточных соединений: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2H_2O + 2АТФ$	Цитозоль
Второй этап клеточного дыхания (аэробный). Кислородное расщепление	Промежуточные соединения окисляются до низкомолекулярных веществ (вода, углекислый газ): $2C_3H_4O_3 + 5O_2 \rightarrow 6CO_2 + 4H_2O + 36АТФ$	Митохондрии

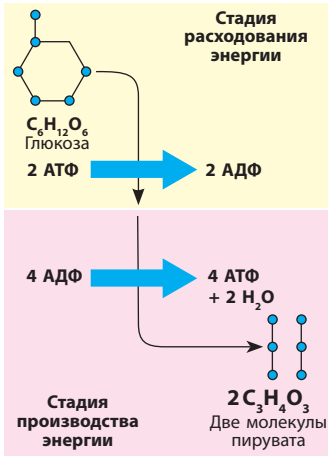


Рис. 14.2. Схема гликолиза

Гликолиз и его значение

Гликолиз — это биохимический процесс, который происходит во всех клетках организма и является одним из источников АТФ для клетки. Кроме того, в процессе гликолиза образуются соединения, которые используются в последующих процессах клеточного дыхания.

Процесс гликолиза включает 10 биохимических реакций. В результате этих реакций образуются две молекулы пирувата (пировиноградной кислоты $C_3H_4O_3$). Кроме того, в процессе гликолиза расходуется две и синтезируется четыре молекулы АТФ. Соответственно, из каждой молекулы глюкозы клетка получает две молекулы пирувата и две молекулы АТФ (рис. 14.2).

Гликолиз не является энергетически очень выгодным процессом: две молекулы АТФ — это не очень много. Однако этот процесс простой, надежный и очень быстрый! Он возник еще на ранних стадиях жизни и сейчас является одним из основных метаболических процессов у всех живых организмов.

Большим преимуществом гликолиза является то, что для него не нужен кислород. Именно поэтому мышцы человека могут работать даже при недостатке кислорода во время больших физических нагрузок. Необходимую энергию они получают благодаря гликолизу.

Брожение

Брожение — это процесс окисления углеводов, который происходит без участия кислорода и позволяет клеткам получать энергию

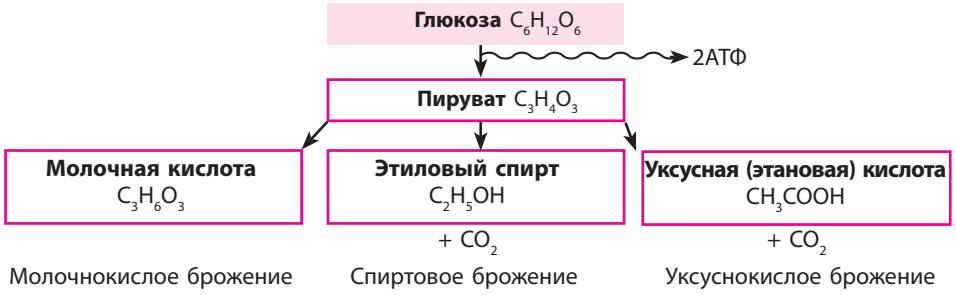


Рис. 14.3. Типы брожения

в виде молекул АТФ. Первым этапом брожения является гликолиз. А на следующем этапе, в зависимости от типа брожения, из продукта гликолиза (пирувата) образуются спирт, молочная и лимонная кислоты или другие соединения.

Исходя от того, какие вещества образуются, выделяют несколько разновидностей брожения (рис. 14.3). Спиртовое брожение характеризуется образованием молекул этилового спирта, воды и углекислого газа. При молочнокислом брожении продуктом является молочная кислота, а при уксуснокислом — уксусная кислота.

Значение процессов брожения

Брожение занимает чрезвычайно важное место среди природных процессов. В живой природе именно брожение обеспечивает энергией те организмы, которые живут в бескислородных условиях. И это не только микробы: для многих паразитов эта проблема также актуальна. А выделение углекислого газа и метана некоторыми организмами в результате процессов брожения вообще может грозить последствиями для всей планеты. Эти соединения относятся к парниковым газам, и повышение их концентрации в атмосфере может привести к глобальному потеплению на планете.

Человек использует брожение для получения многих пищевых продуктов: хлеба, кефира, ряженки, йогурта. Брожение происходит и в организме человека. Например, при больших нагрузках в клетках вследствие брожения образуется молочная кислота, накопление которой приводит к боли в мышцах после физических упражнений.



Обмен веществ является характерной чертой всех живых организмов. Обмен веществ внутри организмов называют метаболизмом. Различают два основных типа обмена — энергетический (катаболизм) и пластический (анаболизм). В реакциях катаболизма энергия выделяется, в реакциях анаболизма — расходуется. Важными элементами катаболизма являются процессы гликолиза и брожения.

Проверьте свои знания

1. Что такое метаболизм? 2. Где происходит гликолиз? 3. Какое значение для живых организмов имеет гликолиз? 4. Могут ли процессы брожения происходить в организме человека? 5. Сравните процессы пластического и энергетического обмена. 6*. Как человек использует процессы брожения?

15 Второй этап клеточного дыхания



Повторите особенности строения митохондрий, которые вы изучали в предыдущей теме. В клетках каких организмов имеются митохондрии? Для чего они нужны? Из курса химии вспомните, что такое окисление.

Что такое клеточное дыхание

Клеточное дыхание — это совокупность реакций окисления органических веществ кислородом, которые происходят в клетках живых организмов. Оно обеспечивает клетку энергией.

Следует отметить, что клеточное дыхание и легочное дыхание — это не одно и то же. Легочное дыхание — это физиологический процесс, в результате которого определенные газы попадают из воздуха в кровь или из крови в воздух. А клеточное дыхание — это биохимический процесс, совокупность химических реакций в клетках.

Клеточное дыхание состоит из двух этапов. Первый из них (гликолиз) происходит в цитозоле, а второй (кислородный) — в митохондриях. У растений во время клеточного дыхания окисляются органические вещества, синтезированные самим растением, у животных и грибов — вещества, которые организм получает с питанием или которые синтезирует сам.

Биохимические процессы клеточного дыхания

Общая формула биологического окисления выглядит так:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{Энергия}$$

Глюкоза — Кислород — Углекислый газ — Вода

В результате первого этапа этого процесса (гликолиза), который происходит в цитозоле, образуется пируват (пировиноградная кислота). Он транспортируется из цитозоля в матрикс митохондрий, где с помощью ферментов окисляется до углекислого газа и воды. Окисление происходит в несколько этапов, на каждом из которых выделяется энергия. Часть энергии выделяется в виде тепла (45 %), а 55 % запасается в АТФ.

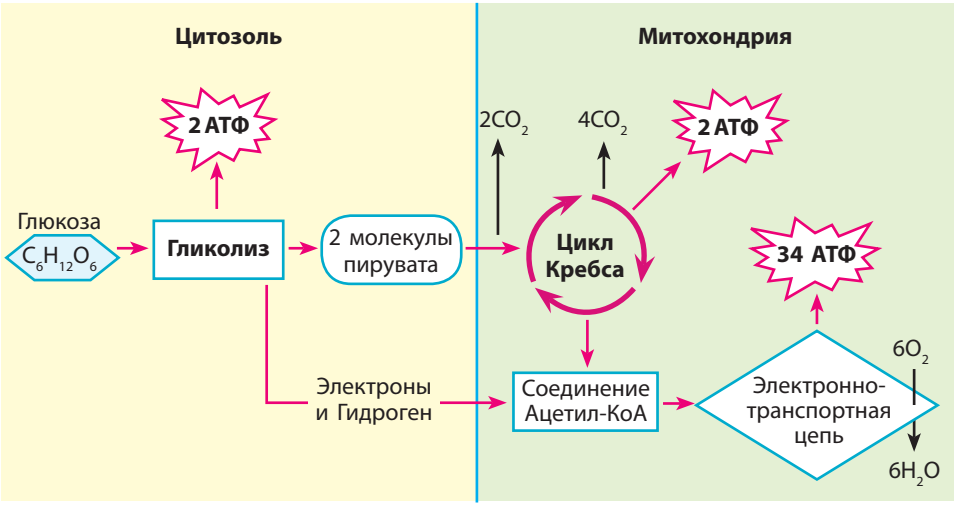


Рис. 15.1. Схема клеточного дыхания

Эффективность клеточного дыхания

Ключевым этапом клеточного дыхания является цикл Кребса (цикл трикарбоновых кислот). Именно в реакциях этого цикла образуются соединения, которые являются источником протонов и электронов для процесса окисления. Клеточное дыхание является чрезвычайно эффективным процессом. Еще на первом этапе клеточного дыхания — гликолизе — из одной молекулы глюкозы клетка получает две молекулы АТФ, а на последующих этапах клеточного дыхания к ним добавляются еще 36 молекул (рис. 15.1).



Клеточное дыхание — это биохимический процесс, который происходит в митохондриях. В ходе этого процесса органические вещества, образовавшиеся при гликолизе, окисляются кислородом, который поступает в клетки из окружающей среды. Часть энергии, которая при этом выделяется, запасается клетками в виде молекул АТФ.

Проверьте свои знания

1. Что такое клеточное дыхание? 2. Где происходит клеточное дыхание? 3. Какие биохимические процессы происходят во время клеточного дыхания? 4*. Сравните процессы клеточного дыхания и обычного горения. Найдите черты сходства и отличия.

16 Фотосинтез. Значение фотосинтеза и дыхания



Повторите особенности строения пластид, которые вы изучили в предыдущей теме. В клетках каких организмов есть пластиды? Для чего они нужны? Вспомните строение хлоропласта. Сколько мембран входит в его состав? Какие структуры образует внутренняя мембрана хлоропласта?

Где происходит фотосинтез

Фотосинтез — это процесс образования живыми организмами органических веществ из неорганических с использованием энергии света. Фотосинтез осуществляют как одноклеточные организмы (цианобактерии и водоросли), так и многоклеточные (водоросли и наземные растения). Фотосинтез может происходить во всех частях организма, содержащих хлоропласты.

В клетках растений процесс фотосинтеза происходит в хлоропластах. Предками хлоропластов были прокариотические цианобак-

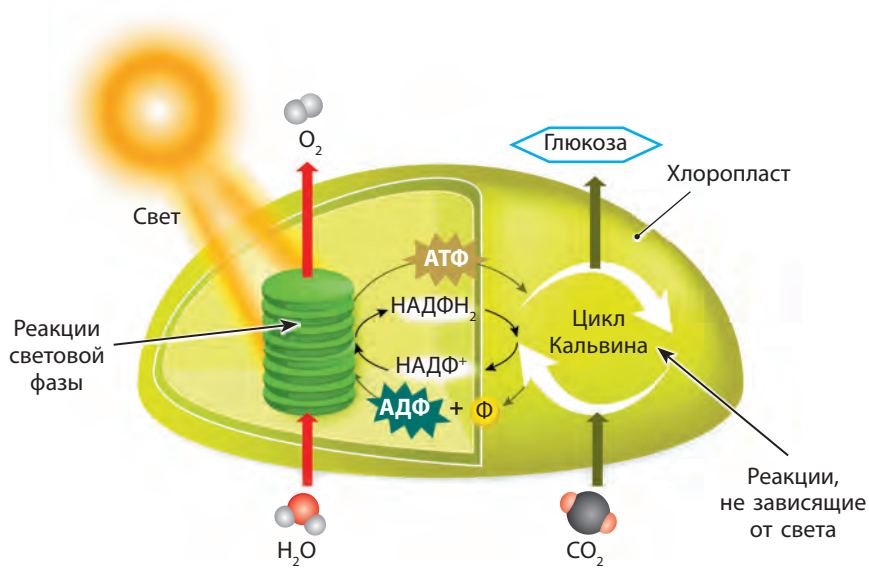


Рис. 16.1. Схема фотосинтеза

терии. Эти бактерии превратились в хлоропласты, когда вступили в симбиоз с эукариотическими клетками и поселились внутри них. Кроме хлоропластов существуют и другие типы пластид — хромопласты и лейкопласты. Но фотосинтез в них не происходит.

В результате фотосинтеза из углекислого газа (CO_2) и воды (H_2O) с помощью солнечной энергии образуются углеводы ($C_6H_{12}O_6$):

$$6CO_2 + 6H_2O + \text{Энергия света} = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Углекислый газ — Вода — Глюкоза — Кислород

Этот процесс состоит из двух основных фаз — световой и темновой (рис. 16.1).

Процессы световой фазы фотосинтеза

В начале световой фазы кванты света улавливаются пигментом хлорофиллом, который находится на мембранах тилакоидов. Энергия квантов света переходит на электроны, которые захватываются молекулами-переносчиками. Энергия этих электронов используется в тилакоидах для синтеза АТФ. Утраченные электроны заменяются электронами, образующимися в результате расщепления (фотолиза) воды под действием света. Суммарное уравнение фотолиза воды можно представить так:

$$2H_2O = 4H^+ + O_2 + 4e^-,$$

где e^- — электрон.

Кислород выделяется как побочный продукт реакции, а протоны H^+ подхватываются молекулами-переносчиками НАДФ (никотинамидадениндинуклеотидфосфат). Присоединяя к себе протоны, они становятся аккумуляторами энергии ($НАДФН_2$) и используются в темновой фазе для синтеза углеводов.

Таким образом, результатом световой фазы фотосинтеза является образование кислорода, синтез АТФ и восстановление НАДФ.

Процессы темновой фазы фотосинтеза

Темновая фаза фотосинтеза осуществляется в строме хлоропластов. Совокупность реакций, протекающих в этом процессе, называется циклом Кальвина. В нем с участием углекислого газа, поступающего извне, и продуктов световой фазы фотосинтеза $НАДФН_2$ и АТФ образуются молекулы глюкозы.

Эта фаза называется темновой не потому, что происходит в темноте. У большинства растений она происходит днем. Такое название означает лишь то, что свет не принимает в ней непосредственного участия.

Биологическое значение и планетарная роль фотосинтеза

Процесс фотосинтеза является основным способом образования органических веществ на нашей планете. За год фотосинтезирующие организмы образуют более 150 млрд тонн органических веществ. Фотосинтез также обеспечивает поступление в атмосферу кислорода (ежегодно до 200 млрд тонн), который живые организмы используют в процессах дыхания (рис. 16.2).

Следствием фотосинтеза стало также формирование большого количества полезных ископаемых.

Еще одно следствие фотосинтеза — озоновый слой. Он представляет собой тонкий слой нашей атмосферы, который образуется из кислорода под действием солнечного излучения. Наличие этого слоя значительно ослабляет поток ультрафиолетовых лучей, достигающих поверхности планеты. Это предохраняет живые организмы от негативных последствий (значительно снижает риск повреждения молекул ДНК в клетках).



Рис. 16.2. Взаимосвязь фотосинтеза и клеточного дыхания

Биологическое значение и планетарная роль клеточного дыхания

Фотосинтез является очень важным процессом не только для растений, но и для других живых организмов. Он является источником кислорода, который организмы могут использовать для производства энергии.

Энергия организмам нужна постоянно: даже когда организм спит, в нем происходит множество процессов. Образуются новые вещества и разрушаются старые, растут и делятся клетки, сердце прокачивает кровь по сосудам — все это требует затрат энергии, которая образуется в результате процессов клеточного дыхания. Именно благодаря клеточному дыханию живым организмам удается поддерживать высокий уровень жизнедеятельности.

Например, оно позволяет тюленям и белым медведям вырабатывать достаточно тепла, чтобы выживать в суровых условиях Арктики.

Крайне важной является планетарная роль клеточного дыхания. Зеленые растения непрерывно производят кислород, и поддерживать его содержание в атмосфере на определенном уровне возможно только благодаря процессам клеточного дыхания. Если равновесие между производством и потреблением кислорода нарушится, то это может привести к катастрофическим последствиям для всей планеты.

Как недостаток, так и избыток кислорода в атмосфере приведет к массовой гибели организмов. Его недостаток будет причиной удушья, а избыток приведет к кислородному отравлению организмов.

Чтобы обеспечить доставку молекул углекислого газа (CO_2) для фотосинтеза, растения открывают устьица на листьях. Но в жарком климате это приводит к большим потерям воды. Поэтому растения из семейств Толстянковые и Кактусовые ночью накапливают углекислый газ в своих клетках в виде определенных соединений, а днем используют его для фотосинтеза. Этот тип фотосинтеза называется CAM-метаболизм (в переводе с английского — метаболизм по типу толстянковых).



Фотосинтез происходит в хлоропластах и состоит из двух фаз — световой и темновой. В ходе световой фазы кванты света улавливаются пигментом хлорофиллом, и их энергия используется для синтеза АТФ. В темновой фазе фотосинтеза за счет АТФ и других продуктов световой фазы происходит фиксация молекул CO_2 и образуются молекулы глюкозы. Живые организмы в процессе фотосинтеза кислород производят, а в ходе клеточного дыхания — потребляют. Эти процессы совместно обеспечивают благоприятные условия для существования на Земле живых организмов.

Проверьте свои знания

1. Какие типы пластид существуют? 2. В каких пластидах происходит фотосинтез? 3. Кроме хлорофилла в пластидах растений есть и другие пигменты. Для чего они им нужны? 4. Какие процессы происходят во время фазы фотосинтеза: а) световой б) темновой? 5. Сравните световую фазу фотосинтеза и аэробное дыхание. 6. На конкретных примерах объясните, в чем заключается планетарная роль клеточного дыхания. 7*. Из дополнительных источников ознакомьтесь с C_3-фотосинтезом и C_4-фотосинтезом. Сравните растения с этими типами фотосинтеза.

17 Хемосинтез



В курсе биологии растений вы изучали в том числе и бобовые. Вспомните, почему выращивание бобовых повышает плодородие почвы. В предыдущем параграфе вы рассмотрели особенности фотосинтеза. Откуда растения берут энергию для реакций этого процесса?

Виды хемосинтеза

Хемосинтезом называют процесс образования органических веществ из неорганических, который осуществляется за счет энергии химических реакций. Это реакции окисления, которые происходят в клетках микроорганизмов. Такой принцип работы отличает хемосинтезирующие организмы от фотосинтезирующих, поскольку последние используют в качестве источника энергии солнечный свет, а не химические реакции.

Хемосинтезирующие организмы делятся на группы в зависимости от происходящих реакций. Для получения энергии микроорганизмы могут использовать реакции окисления водорода или соединений Нитрогена, Ферума и Сульфура.

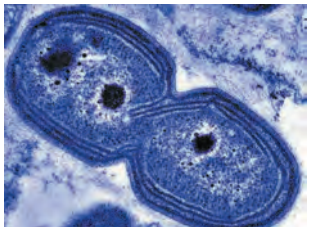
Например:

$$2H_2S + O_2 \rightarrow 2H_2O + 2S + \text{Энергия}$$

Хемосинтезирующие микроорганизмы

Нитрифицирующие бактерии (рис. 17.1) окисляют аммиак и его соединения до нитритов и нитратов. Обычно этот процесс осуществляют два вида бактерий. Первые окисляют аммиак до нитритов, а вторые — нитриты до нитратов.

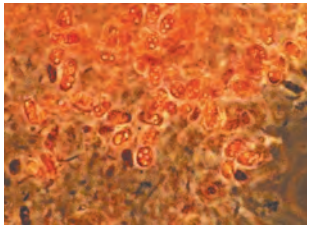
Железобактерии окисляют Fe^{2+} до Fe^{3+}. В результате их деятельности образуется ферум(III) оксид Fe_2O_3. Это соединение бактерии откладывают в своей слизистой капсуле.



Нитрифицирующие бактерии



Серобактерии



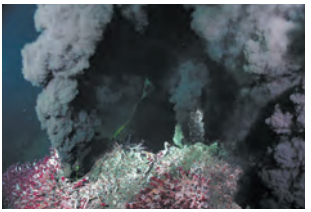
Железобактерии

Рис. 17.1. Хемосинтезирующие микроорганизмы

Серобактерии окисляют сероводород до серы и далее до солей сульфатной кислоты. Водородные бактерии используют водород, который образуется при разложении остатков организмов другими бактериями. Этот водород они окисляют, а полученную энергию используют для преобразования CO_2 в метан и другие органические соединения.

Биологическое значение и планетарная роль хемосинтеза

Хемосинтезирующие организмы играют очень важную роль в круговороте элементов Нитрогена, Сульфура и Ферума. Они производят органические вещества там, где фотосинтез невозможен. Так, глубоко на дне океанов существуют настоящие «оазисы жизни» вокруг «черных курильщиков». «Черные курильщики» — это подводные горячие источники, вода которых насыщена соединениями Сульфура. Серобактерии используют эти соединения для своего роста. А ими питаются другие живые организмы (рис. 17.2).



Образование сообществ живых организмов около «черного курильщика»



Отложение ферум(III) оксида в трубах

Рис. 17.2. Последствия деятельности хемосинтезирующих бактерий

Железобактерии стали настоящими творцами полезных ископаемых. Большинство залежей железных руд создавалось деятельностью этих микроорганизмов на протяжении миллионов лет.

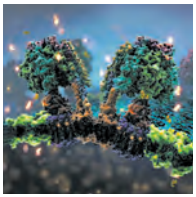


Хемосинтезом называют процесс образования органических веществ из неорганических, который происходит за счет энергии химических реакций. Хемосинтезирующие организмы делятся на группы в зависимости от используемых реакций. Для получения энергии микроорганизмы могут использовать реакции окисления водорода или соединений Нитрогена, Ферума или Сульфура. Эти микроорганизмы играют важную роль в природе.

Проверьте свои знания

1. Что такое хемосинтез? 2. Каково значение хемосинтеза в природе? 3. Сравните процессы хемосинтеза и фотосинтеза. 4. Какое значение имеет хемосинтез для человека? 5*. Почему хемосинтез менее распространен среди живых организмов, чем фотосинтез?

18 Синтетические процессы в клетках и организмах



В предыдущей теме вы изучали органеллы клеток. Вспомните, в каких органеллах происходит синтез органических веществ. Повторите определение метаболизма и назовите типы обмена, происходящие в клетке. Вспомните, к каким последствиям может привести недостаток витаминов в организме человека.

Основные синтетические процессы в клетках

Пластический обмен — это образование сложных органических веществ из более простых. Именно в ходе пластического обмена образуются все биополимеры и клеточные структуры живых организмов. Видами пластического обмена являются процессы фотосинтеза и хемосинтеза, поскольку во время этих процессов сложные органические вещества образуются из неорганических.

Для реакций пластического обмена как гетеротрофные, так и автотрофные организмы используют внешние источники энергии и атомы Карбона. Разница заключается в источниках, из которых они их получают. Автотрофы получают Карбон из неорганических веществ (углекислого газа) за счет энергии солнечного света. А гетеротрофы — из органических веществ других живых организмов за счет окисления части этих веществ.

Особенности отдельных процессов анаболизма (пластического обмена)

Процесс	Что происходит	Где происходит
Фотосинтез	Синтез промежуточных соединений из неорганических веществ	Хлоропласты
Образование моносахаридов, аминокислот, жирных кислот	Синтез мономеров из промежуточных соединений	Хлоропласты, цитозоль
Образование полимеров	Синтез белков, углеводов, липидов и нуклеиновых кислот из мономеров	Цитозоль, хлоропласты, митохондрии, эндоплазматическая сеть, ядро

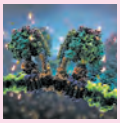
Сходство процессов обмена у различных организмов

В клетках растений, животных и грибов основные биохимические процессы протекают одинаково. По одной и той же схеме происходят процессы клеточного дыхания, в том числе реакции гликолиза и цикла Кребса. У всех организмов нуклеиновые кислоты и белки синтезируются по одинаковой схеме. А в процессах этого синтеза задействованы одинаковые комплексы ферментов. И процессы регуляции очень похожи. И хотя такие биохимические процессы не являются абсолютно тождественными, но последовательность основных реакций во всех случаях одинакова.

Ученые считают это следствием того, что все эукариоты имеют общего предка, в клетках которого все эти биохимические процессы уже происходили.

Последствия нарушения обмена веществ

Нарушения обмена веществ могут возникать по разным причинам. Например, недостаток витаминов в пище приводит к гиповитаминозам у человека, и тогда развиваются такие заболевания, как рахит, цинга или бери-бери. Недостаток или избыток определенных химических элементов может приводить и к нарушению обмена веществ у растений. Чаще всего это приводит к снижению интенсивности роста или повреждению листьев растений.



Процессы синтеза активно происходят во многих органеллах клеток. Биохимическим процессом, который объединяет их друг с другом и с процессами энергетического обмена, является цикл Кребса. Главные биохимические процессы в клетках различных организмов похожи, а их нарушение приводит к тяжелым последствиям.

Проверьте свои знания

1. Где именно происходит в клетках синтез органических веществ? 2. Какое значение для клеток имеет цикл трикарбоновых кислот? 3. Почему недостаток или избыток витаминов может влиять на обмен веществ у человека? 4*. Растения способны синтезировать все необходимые им аминокислоты. У многих животных некоторые аминокислоты в организме не синтезируются и должны поступать с пищей (так называемые незаменимые аминокислоты). С чем это связано? 5*. В чем проявляется сходство процессов в клетках представителей разных царств живых организмов?

Обобщающие задания к теме «Принципы функционирования клетки»

В заданиях 1–12 выберите один правильный ответ.

1 **Место, где происходит процесс гликолиза:**

а) цитозоль **в)** пластиды
б) митохондрии **г)** ядро

2 **В процессе гликолиза из одной молекулы глюкозы образуется:**

а) одна молекула спирта **в)** одна молекула пирувата
б) две молекулы спирта **г)** две молекулы пирувата

3 **Макроэргическим соединением, которое образуется в митохондриях, является:**

а) ДНК **б)** целлюлоза в) глюкоза г) АТФ

4 **Фотосинтез происходит в такой органелле:**

а) лейкопласт **в)** хромопласт
б) хлоропласт **г)** митохондрия

5 **Гранулярная эндоплазматическая сеть осуществляет:**

а) синтез липидов **в)** расщепление липидов
б) синтез белков **г)** расщепление белков

6 **В результате фотосинтеза растения:**

а) поглощают кислород **в)** выделяют углекислый газ
б) образуют глюкозу **г)** расщепляют хитин

7 **Количество фаз процесса фотосинтеза:**

а) 1 **б)** 2 **в)** 3 **г)** 4

8 **Вещество, которое НЕ образуется в результате брожения:**

а) хлоридная кислота **в)** уксусная кислота
б) молочная кислота **г)** лимонная кислота

9 **Ферментные системы, осуществляющие биологическое окисление, расположены на мембранах такой органеллы:**

а) лейкопласт **в)** митохондрия
б) ядро **г)** вакуоль

10 **Кислород образуется в процессе фотосинтеза из молекулы вещества:**

а) РНК
б) глюкоза
в) углекислый газ
г) вода

11 **В результате клеточного дыхания животные:**

а) образуют углекислый газ
б) выделяют кислород
в) синтезируют липиды
г) осуществляют азотфиксацию

12 **Хемосинтез могут осуществлять:**

а) железобактерии
б) покрытосеменные
в) мхи
г) папоротники

13 **Напишите названия структур, в которых происходит:**

а) световая фаза фотосинтеза
б) цикл Кребса
в) гликолиз
г) образование эукариотических рибосом

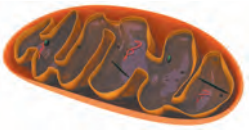
14 **Установите соответствие между биохимическими процессами и органеллами, в которых они происходят.**

Процессы	**Органеллы**
1 биологическое окисление	**а)** лизосомы
2 фотолиз воды	**б)** эндоплазматическая сеть
3 синтез липидов	**в)** митохондрия
	г) хлоропласт

15 **Рассмотрите изображенную на рисунке органеллу. Напишите, какие вещества в ней образуются, а какие расщепляются.**



16 **Рассмотрите изображенную на рисунке органеллу. Напишите, какие вещества в ней образуются, а какие расщепляются.**



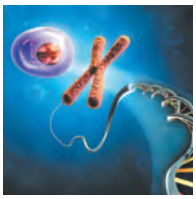
Проверьте свои знания по теме «Принципы функционирования клетки».



Тема 4

Хранение и реализация наследственной информации

19 Гены и геномы



Когда вы знакомились с химическим составом клетки, вы рассматривали такую группу органических веществ, как нуклеиновые кислоты. Какие особенности строения характерны для этих веществ? Какие функции они выполняют в клетках? Вспомните, что изучает генетика.



Рис. 19.1. Наследственная информация в организме человека

Наследственная информация

Почему дети похожи на родителей, а из семян подсолнечника вырастает подсолнух, а не пшеница? Потому что организм потомков строится по информации, которую он получает от своих родителей. Именно она определяет размер и форму организма, строение и функции его клеток и органов. Эта информация также определяет, например, как кошка будет ловить мышь на охоте. Эту информацию называют **наследственной**, или **генетической**.

Наследственная информация содержится в молекулах ДНК, которые есть в каждой клетке организма. В клетках эукариот ДНК входит в состав хромосом, которые содержатся в ядрах клеток. А из клеток образуются все ткани и органы (рис. 19.1).

Гены

Вся наследственная информация организма поделена на отдельные небольшие блоки, которые называют **генами**.

Каждый ген представляет собой участок молекулы ДНК. Он отвечает за формирование одного или нескольких признаков организма. Но большинство признаков формируются в результате взаимодействия нескольких генов.

У прокариот гены сосредоточены в большой кольцевой молекуле ДНК (это нуклеоид, или бактериальная хромосома). Кроме того, они есть в небольших кольцевых молекулах ДНК — плазмидах.

У эукариот гены находятся в хромосомах ядра, митохондриях и пластидах. В зависимости от расположения гены эукариот разделяют на ядерные и неядерные (митохондриальные и гены пластид).

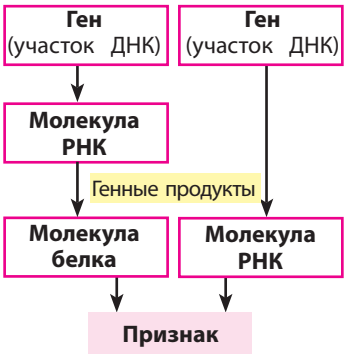


Рис. 19.2. Схема образования генных продуктов и признаков организма

Как работают гены

Как известно, белки состоят из аминокислот, а ДНК — из нуклеотидов. В каждом белке аминокислоты расположены в определенной последовательности. Последовательность нуклеотидов ДНК определяет последовательность аминокислот в молекуле белка, что и обусловливает особенности каждого из них.

Некоторые гены содержат информацию не о молекуле белка, а о молекуле РНК, выполняющей в клетке специальную функцию. Молекулы белка или РНК, строение которых определяется последовательностью нуклеотидов гена, называют генным **продуктом**.

Для образования генного продукта на соответствующем участке ДНК ферменты сначала синтезируют соответствующую ему по строению молекулу РНК. Далее эта молекула может использоваться в различных клеточных процессах. Или же по информации этой РНК может синтезироваться молекула белка, которая и является генным продуктом (рис. 19.2).

Типы генов

По функциям гены живых организмов можно разделить на две большие группы: структурные и регуляторные. **Структурные** гены содержат информацию о строении молекул белков или РНК, которые входят в состав органелл или цитоплазмы клеток.

Регуляторные гены тоже содержат информацию о структуре молекул белков или РНК. Но их задача — регулировать работу структурных генов. Они могут ее ускорить или замедлить. Или вовсе прекратить синтез генного продукта, который клетке в настоящее время не нужен.



Рис. 19.3. Компоненты генома человека

Геном

Все гены организма входят в состав **генома**. Кроме генов в состав генома организма также входят участки молекулы ДНК, не образующие генных продуктов (рис. 19.3). Именно геном регулирует все процессы в клетке. Это синтез необходимых веществ, взаимодействие клеток между собой, реакция на внешние раздражители и другие процессы.

Размер геномов живых организмов выражается двумя способами. В одном случае считают число генов, а в другом — число пар нуклеотидов в цепях ДНК.

Размер генома некоторых видов живых организмов

Организм	Примерное число генов	Примерное число пар оснований
Кишечная палочка	4 200	4,6 млн
Тополь	73 000	480 млн
Пекарские дрожжи	6 200	12,1 млн
Шелкопряд	14 000	432 млн
Мышь	20 200	2,7 млрд
Человек	20 000	3,2 млрд

Генетический код

Как вы уже знаете, строение молекулы белка определяется последовательностью нуклеотидов в ДНК. Поэтому ученые говорят, что строение белка закодировано в ДНК. Каждая аминокислота кодируется с помощью трех нуклеотидов. Такая тройка (триплет) нуклеотидов, соответствующая определенной аминокислоте, называется **кодоном**. Система записи наследственной информации в молекулах нуклеи-

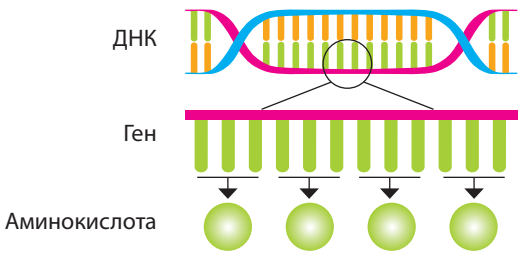


Рис. 19.4. Соответствие между триплетами нуклеотидов и аминокислотами

новых кислот, согласно которой определенная последовательность нуклеотидов в молекулах ДНК и РНК определяет последовательность аминокислот в молекуле белка, называется **генетическим кодом.**

Большинство живых организмов хранит наследственную информацию в молекулах ДНК. Но есть и исключения. Некоторые вирусы хранят наследственную информацию в молекулах РНК, а их гены, соответственно, являются участками РНК.



Информация, которая определяет свойства организма и передается от родителей к потомкам, называется наследственной. Наследственная информация записана в генах — участках ДНК, каждый из которых выполняет одну или несколько функций. Гены делятся на структурные и регуляторные. Всю совокупность генов организма называют геномом. Система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот называется генетическим кодом.

Проверьте свои знания

1. Какое вещество хранит наследственную информацию в клетках живых организмов? 2. Что такое ген? 3. Какие существуют типы генов? 4. Чем отличаются структурные гены от регуляторных? 5. Что такое геном? 6. К каким последствиям для клетки может привести повреждение регуляторного гена, который прекращает синтез одного из ферментов? 7*. На рисунке 19.3 видно, что участки ДНК, кодирующие структуру белковых молекул, составляют очень небольшую часть генома. Составьте список функций, которые могут выполнять другие участки генома. 8*. Почему аминокислоты не могут кодироваться двумя нуклеотидами?

20 Строение генов про- и эукариот



Вспомните, какое вещество является носителем наследственной информации у живых организмов. Повторите, что такое ген. Какие бывают типы генов? В чем разница между структурными и регуляторными генами?

Схема строения гена

У всех генов схема строения одинакова. Они состоят из нескольких участков (рис. 20.1). Главным участком любого гена является тот, который содержит информацию о строении молекулы белка или РНК (генного продукта). Это кодирующая часть гена. Остальные участки гена — некодирующие. Они не содержат информации о строении молекул, синтез которых обеспечивает ген. Но они отвечают за работу гена.

Некодирующими участками гена являются промотор и терминатор. Промотор — это участок гена, откуда начинается синтез РНК, терминатор — участок, где этот синтез заканчивается. Кроме того, в состав гена входят регуляторные участки, которые регулируют его работу.

Гены прокариот

У генов прокариот относительно простая структура. Чаще всего каждый из этих генов содержит информацию только об одной структуре — молекуле белка или РНК.

Гены прокариотических организмов часто организованы в опероны. Оперон — структура, состоящая из нескольких структурных генов (рис. 20.2). Он позволяет прокариотам за один раз синтезировать про-

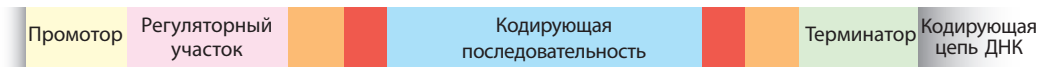


Рис. 20.1. Общая схема строения гена

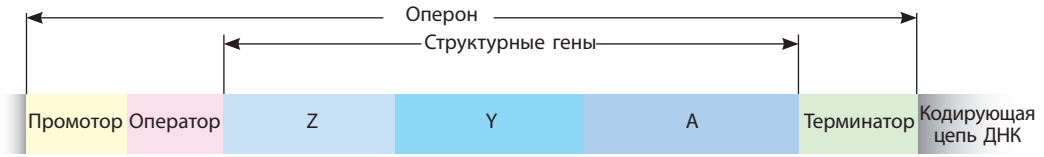


Рис. 20.2. Строение оперона прокариотического организма



Рис. 20.3. Строение эукариотического гена

дукты сразу нескольких генов. Структурные гены в опероне расположены друг за другом и на всех — один общий промотор, один общий терминатор и один общий оператор, который регулирует его работу.

Примером оперона может быть лактозный оперон кишечной палочки. Он содержит гены, кодирующие ферменты, необходимые для синтеза углевода лактозы.

Гены эукариот

В отличие от генов прокариот гены эукариотических организмов не образуют оперонов. У каждого из них — свои собственные промотор и терминатор. Кроме того, строение этих генов более сложное. В их составе есть участки ДНК, которые не содержат информации, необходимой для синтеза генного продукта (молекулы белка или РНК). Такие участки называют интронами. Те участки, которые содержат нужную информацию, называют экзонами. Обычно эукариотический ген содержит несколько интронов и экзонов (рис. 20.3).

Важными компонентами эукариотических генов являются регуляторные участки. С помощью этих участков клетка может ускорять или замедлять синтез генных продуктов. Такое строение позволяет эукариотическим организмам очень тонко регулировать работу генов.

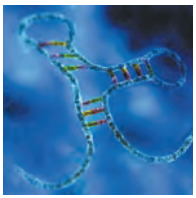


Для функционирования генов живых организмов необходимо наличие специальных участков для старта (промотор), регуляции и завершения (терминатор) считывания информации. Гены прокариотических организмов могут объединяться в специальные группы — опероны, у которых есть общие промотор, оператор и терминатор. Гены эукариотических организмов содержат некодирующие (интроны) и кодирующие (экзоны) участки ДНК. Кроме того, у этих генов есть регуляторные участки, которые изменяют скорость их работы.

Проверьте свои знания

1. Зачем генам нужен промотор? 2. Для чего генам нужен терминатор? 3. Что такое оперон? 4. Что такое интроны? 5. Сравните между собой гены прокариот и эукариот.

21 Геномы. РНК. Реализация наследственной информации



Повторите понятия ген и геном. Какие компоненты отвечают за начало и окончание работы гена? Назовите различия в строении генов у прокариот и эукариот. Вспомните, что такое оперон и у каких живых организмов он встречается.

Особенности геномов прокариот и эукариот

Прокариотические и эукариотические организмы отличаются друг от друга не только строением генов. Их геномы также имеют отличительные особенности.

Особенности геномов прокариот и эукариот

Признак	Прокариоты	Эукариоты
Место расположения большинства генов генома	Бактериальная хромосома (нуклеоид) — большая кольцевая молекула ДНК	Хромосомы расположены в ядре клетки (ядерная часть генома)
Другие места размещения генов	Плазмиды — небольшие кольцевые молекулы ДНК	Небольшие кольцевые молекулы ДНК в пластидах и митохондриях (неядерная часть генома)
Наличие некодирующих участков внутри генов	Отсутствуют	Присутствуют в виде интронов
Наличие некодирующих участков ДНК вне генов	Присутствуют в небольшом количестве, маленького размера	Присутствуют в большом количестве. Составляют большую часть генома
Наличие оперонов	Есть	Нет

Геномы эукариот делятся на две большие части — ядерную и неядерную. Ядерная часть состоит из генов, расположенных в хромосомах ядра клетки, неядерная — из ДНК митохондрий и пластид.

Основные типы РНК

В клетках существует несколько типов РНК. Они выполняют различные функции и синтезируются клетками в разном количестве. Чаще всего в клетках встречаются информационные, рибосомальные, транспортные и малые ядерные РНК.

Характеристика основных типов РНК

Тип РНК	Особенности строения	Функции
Информационная, или матричная, РНК (иРНК, или мРНК)	Одинарная цепочка	Переносит информацию о последовательности аминокислот в белковых молекулах от ДНК к месту синтеза белков
Рибосомальная РНК (рРНК)	Одинарная цепочка имеет сложную форму, образует комплексы с белками (нуклеопротеиды)	Входит в состав рибосом, которые осуществляют синтез белков
Транспортная РНК (тРНК)	Одинарная цепочка, различные участки которой взаимодействуют между собой и образуют сложную пространственную форму (рис. 21.1)	Доставляет к месту синтеза белков аминокислоты, содержащиеся в цитозоле клетки
Малые ядерные РНК (мяРНК)	Одинарные цепочки. Небольшие по размеру молекулы, находящиеся в ядре клетки. Существует несколько их разновидностей. Обычно образуют комплексы с белками	Участвуют в процессах созревания РНК и регуляции процессов транскрипции

Этапы реализации наследственной информации

Наследственная информация, которая хранится в ДНК, используется клеткой в виде синтезированных продуктов (молекул РНК и белков). Реализация этой информации происходит в несколько этапов — транскрипция, созревание РНК и трансляция (рис. 21.2).

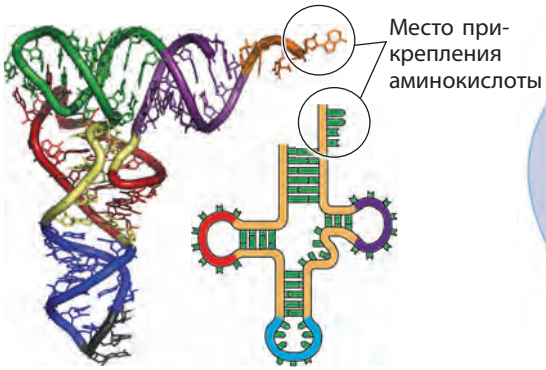


Рис. 21.1. Модель молекулы тРНК

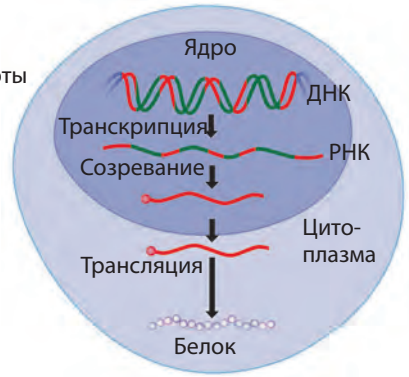


Рис. 21.2. Этапы реализации наследственной информации

Основные этапы реализации наследственной информации

Этап	Где происходит	Какие процессы происходят	Какие структуры участвуют
Транскрипция	У прокариот — в цитоплазме. У эукариот — в ядре, митохондриях и пластидах	Синтез цепи иРНК по образцу одной из цепочек ДНК	ДНК и комплекс ферментов, главным из которых является РНК-полимераза
Созревание РНК (процессинг)	У эукариот — в ядре клеток	Из молекулы иРНК удаляются интроны, а экзоны соединяются в одну молекулу иРНК	Небольшие молекулы мяРНК, белки-ферменты
Трансляция	У прокариот — в цитоплазме. У эукариот — в цитоплазме, на гранулярной эндоплазматической сети, в митохондриях и пластидах	Синтез молекул белка на рибосоме согласно информации молекулы РНК	Рибосомы, молекулы тРНК и иРНК, АТФ

Регуляция реализации наследственной информации

Геном человека состоит из более чем 20 000 генов. Но для жизнедеятельности и выполнения своих функций каждой отдельной клетке требуется гораздо меньше генов. Так, нервной клетке зрительного нерва не надо производить ферменты слюны или половые гормоны. А клетке мышц нет смысла в синтезе гемоглобина. Поэтому большая часть генов в клетках является «выключенной», неактивной.

Но и активные гены не всегда должны работать одинаково. Если есть необходимость в выработке слюны, то гены, которые производят нужные ферменты, работают активно. А когда потребность проходит,

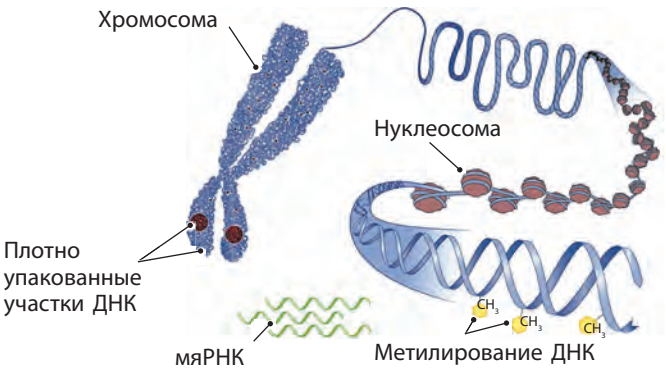


Рис. 21.3. Некоторые способы регуляции работы генов

интенсивность их работы следует уменьшать. Так клетки могут экономить ресурсы организма.

В клетках регуляция реализации генетической информации может происходить с помощью нескольких механизмов (рис. 21.3).

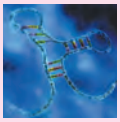
Первый механизм — взаимодействие продуктов регуляторных генов (обычно белков) с определенными структурами генов: оператором, промотором или регуляторными участками. Это позволяет изменять скорость работы генов, «включать» или «выключать» их.

Второй механизм — модификация некоторых нуклеотидов в цепочках ДНК. Если к ним присоединяются метиловые радикалы (CH_3), то считывание информации с такого участка ДНК становится невозможным.

Третий механизм — упаковка определенных участков ДНК с помощью белков таким образом, чтобы из них нельзя было считать наследственную информацию.

Кроме того, регуляция возможна и на более поздних этапах, когда клетка блокирует работу РНК или белков, являющихся продуктами работы гена.

Близнецы млекопитающих, начинающих свое развитие из двух клеток, образованных после деления одной зиготы, получают одинаковые геномы. Поэтому все их клетки содержат одинаковую последовательность нуклеотидов ДНК. Но в течение жизни их геномы приспосабливаются к окружающей среде по-разному. Поэтому с возрастом количество и размещение «выключенных» генов в их геномах отличаются все больше, и они становятся все меньше похожими друг на друга с точки зрения эпигенетики — науки, изучающей механизмы регуляции работы генов.



Основными этапами реализации наследственной информации в клетках являются транскрипция, созревание РНК и трансляция. У живых организмов существует много типов РНК. Наиболее распространенными среди них являются информационная, или матричная, РНК (иРНК, или мРНК), рибосомальная РНК (рРНК), транспортная РНК (тРНК) и ядерные РНК (мяРНК).

Проверьте свои знания

1. Какие типы РНК наиболее распространены в клетках? 2. Какие этапы выделяют в процессе реализации наследственной информации? 3. Что происходит в ходе созревания РНК? 4. Почему в клетке существует несколько типов РНК? 5*. Почему бактериям выгодно объединять свои гены в оперон? 6*. Почему геномы разных организмов различаются размерами?

22 Репликация, транскрипция и созревание РНК



Вы уже ознакомились с особенностями строения молекул нуклеиновых кислот и функциями, которые они выполняют в клетке. Вспомните, какие нуклеотиды входят в состав ДНК и РНК. Какие этапы реализации наследственной информации вам известны?

Репликация

При размножении клеток каждая дочерняя клетка получает от материнской одинаковый набор молекул ДНК. Это возможно благодаря тому, что перед делением клетки молекула ДНК материнской клетки удваивается. Такой процесс удвоения ДНК называют репликацией.

В ходе репликации специальные белки-ферменты раскручивают двойную цепочку ДНК на две одинарные. После этого другие ферменты на каждой из нитей достраивают ее зеркальную копию по принципу комплементарности: тимидиловый нуклеотид — напротив аденилового, а гуаниловый — напротив цитидилового (рис. 22.1). Таким образом организм получает две одинаковые копии ДНК, которые можно распределить между дочерними клетками после деления материнской клетки.

Транскрипция

Как вы уже знаете, на этапе транскрипции происходит синтез молекулы иРНК по образцу одной из цепочек молекулы ДНК. Во время синтеза молекулы РНК нуклеотиды присоединяются к ее цепочке по принципу комплементарности (рис. 22.1). Обратите внимание, что напротив аденилового нуклеотида в цепи ДНК размещается уридиловый в цепи РНК (а не тимидиловый, как при синтезе ДНК).

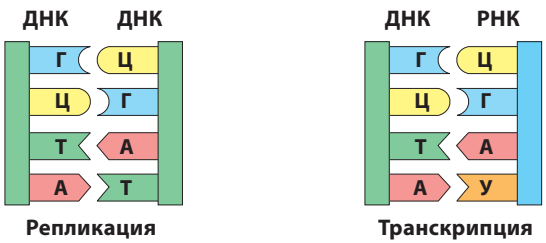


Рис. 22.1. Принцип комплементарности в размещении нуклеотидов в цепях ДНК и РНК

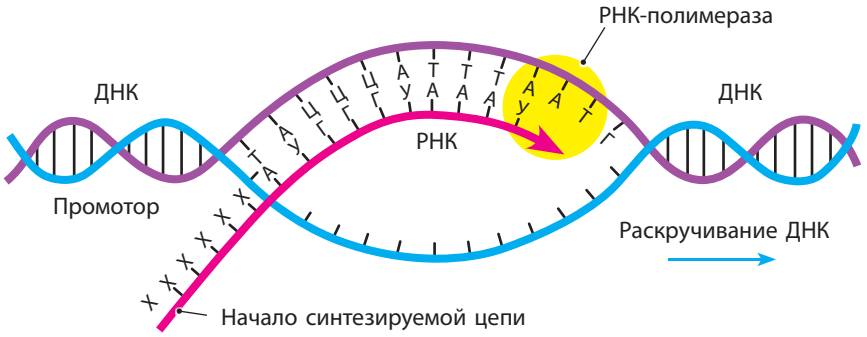


Рис. 22.2. Процесс транскрипции

Транскрипция осуществляется большим комплексом ферментов, главным из которых является ДНК-зависимая РНК-полимераза (рис. 22.2). Такое название означает, что фермент создает полимерную цепочку РНК по образцу молекулы ДНК.

Процесс транскрипции начинается, когда РНК-полимераза обнаруживает на цепи ДНК зону промотора. Она прикрепляется к ДНК в этой зоне и начинает продвигаться вдоль цепи. При этом двойная спираль молекулы ДНК раскручивается, и РНК-полимераза считывает информацию только с одной из цепей ДНК. Она распознает нуклеотиды на цепи ДНК и присоединяет соответствующие нуклеотиды к цепи РНК (по принципу комплементарности). Новые нуклеотиды присоединяются к «хвосту» синтезирующейся цепи РНК. Участок ДНК, с которого фермент уже считал информацию, снова скручивается в спираль. Процесс транскрипции (синтез РНК) заканчивается, когда РНК-полимераза достигает терминатора.

Созревание (процессинг) РНК

Созревание РНК является важным этапом реализации наследственной информации у эукариот. Оно свойственно всем типам РНК и не происходит только в некоторых случаях.

Во время созревания (процессинга) РНК происходит:

— сплайсинг (вырезание интронов и соединение экзонов в синтезированной молекуле РНК с помощью мяРНК) (рис. 22.3);

— добавление к началу молекулы РНК нескольких модифицированных нуклеотидов, которые помогают транспортировать ее в цитоплазму;

— добавление к концу молекулы РНК нескольких адениловых нуклеотидов (полиаденилирование), которые помогают транспортировать ее в цитоплазму.

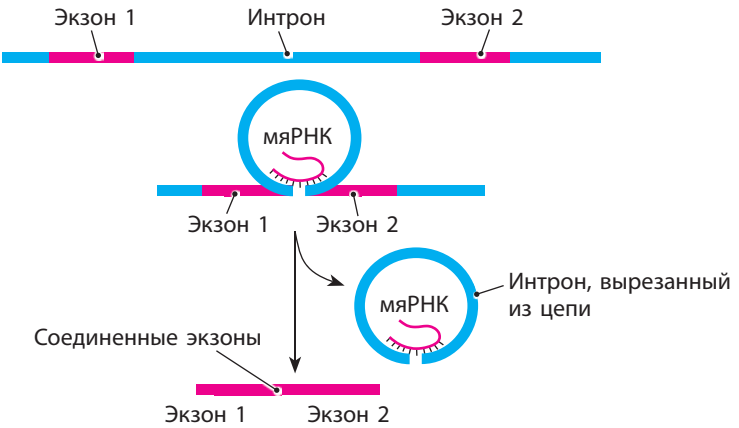


Рис. 22.3. Процесс созревания РНК

Процесс созревания позволяет клеткам эукариот проводить так называемый альтернативный сплайсинг, во время которого из одной молекулы РНК могут образовываться различные комбинации экзонов. При этом из одного исходного варианта образуются разные белки. О масштабе этого процесса свидетельствует тот факт, что в геноме человека чуть больше 20 000 генов, а в клетках насчитывают более 250 тысяч белков.

Обратная транскрипция

Кроме обычной транскрипции в клетках может происходить процесс обратной транскрипции. В этом процессе события происходят в обратном порядке по сравнению с обычной транскрипцией. Осуществляет его комплекс ферментов, главным из которых является *обратная транскриптаза* (ее часто называют *ревертаза*). Это специальный фермент, который строит цепочку ДНК по образцу цепочки РНК.

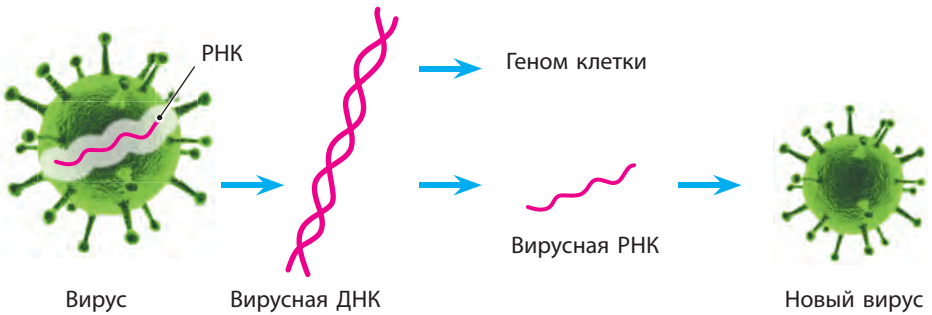


Рис. 22.4. Обратная транскрипция

Принцип построения также базируется на принципе комплементарности. Напротив гуанилового нуклеотида РНК в цепочке ДНК располагается цитидиловий нуклеотид, а напротив цитидилового — гуаниловый. Уридиловый нуклеотид в состав ДНК не входит, поэтому напротив аденилового нуклеотида РНК в цепочке ДНК располагается тимидиловый нуклеотид, а напротив уридилового — адениловый.

Особенно часто этот процесс используют вирусы, в которых нуклеиновая кислота представлена РНК (рис. 22.4). Они проникают в клетки живых организмов и там с помощью фермента ревертазы по своей РНК синтезируют ДНК. А уже эта ДНК встраивается в геном клетки и начинает контролировать процессы, которые в ней происходят.



Для обеспечения дочерних клеток копиями материнской ДНК используется процесс репликации (удвоения ДНК). Синтез нужных клетке органических молекул происходит с использованием информации, хранящейся в ДНК клетки. Первым этапом реализации наследственной информации является транскрипция — процесс синтеза молекулы РНК по образцу одной из цепей молекулы ДНК. Этот процесс осуществляется ферментом РНК-полимераза. Вторым этапом, который происходит в ядре клетки, является созревание РНК. При этом из молекулы РНК удаляются интроны и к ней прикрепляются дополнительные нуклеотиды, которые способствуют транспортировке молекулы из ядра в цитоплазму.

Проверьте свои знания

1. Какие выделяют этапы в процессе реализации наследственной информации? 2. Что такое транскрипция? 3. Объясните, в чем заключается принцип комплементарности в расположении нуклеотидов в молекулах ДНК и РНК. 4. Что происходит в ходе процессинга РНК? 5. Сравните между собой процессы репликации и транскрипции. 6. Используя принцип комплементарности, установите последовательность нуклеотидов на участке ДНК, который образуется при репликации участка ДНК с последовательностью нуклеотидов: а) АГТТАЦГЦГААГТТТЦЦА, б) ЦГААААГТТАЦТЦЦГГТТА. 7. Используя принцип комплементарности, установите последовательность нуклеотидов на участке РНК, который образуется при транскрипции участка ДНК с последовательностью нуклеотидов: а) АГТТАЦГЦГААГТТТЦЦА, б) ТЦЦАААГТЦГАТАЦГАГТТ. 8*. Какие преимущества по сравнению с прокариотами дает эукариотам этап созревания РНК?

23 Трансляция



Вспомните, сколько аминокислот входит в состав белков. А сколько нуклеотидов содержат нуклеиновые кислоты? Как образуются различные уровни организации белковой молекулы? И почему для нормального функционирования белка аминокислоты должны размещаться в определенном порядке? Повторите, что такое кодон, и вспомните особенности строения и основную функцию рибосом.

Биосинтез белка

Как вы уже знаете, следующим этапом реализации наследственной информации является трансляция.

Трансляция, или биосинтез белка, — это этап, во время которого на основе информации, содержащейся в иРНК, синтезируется полипептидная цепь молекулы белка.

Процесс трансляции происходит на рибосомах, которые содержатся в цитоплазме клетки. Следует отметить, что на одной молекуле иРНК одновременно может «работать» несколько рибосом. Каждая из них синтезирует одну молекулу белка. А все они совместно с иРНК образуют структуру, которую называют полирибосомой.

Синтез происходит согласно генетическому коду, то есть каждому триплету нуклеотидов иРНК соответствует определенная аминокислота (см. таблицу генетического кода на втором форзаце). Например, триплету АУГ соответствует аминокислота метионин (Мет), триплету АУЦ — аминокислота изолейцин (Иле), а нуклеотиды УАА, УАГ и УГА являются стоп-кодонами: они сигнализируют о прекращении синтеза полипептидной цепи.

На время синтеза белковой молекулы в цитоплазме обязательно должен присутствовать полный набор необходимых аминокислот. Напомним, что они образуются в результате расщепления белков, попадающих в организм с пищей, или синтезируются самим организмом.

Биосинтез белка, как и все предыдущие этапы реализации наследственной информации, обеспечивается энергией за счет расщепления молекул АТФ.

Процесс трансляции состоит из трех этапов: инициации, элонгации и терминации.

Первый этап трансляции – инициация

Инициация — начало синтеза полипептидной цепи белковой молекулы (рис. 23.1, А). На этом этапе происходит: присоединение малой субъединицы рибосомы к цепи иРНК, распознавание старт-кодона, присоединение большой субъединицы рибосомы и транспорт к рибосоме первой аминокислоты, которая дает начало полипептидной цепи.

Старт-кодоном всегда является кодон АУГ. К нему присоединяется молекула тРНК, несущая аминокислоту метионин, которая и будет первой аминокислотой будущей полипептидной цепи. Молекула тРНК присоединяется к молекуле иРНК с помощью своего триплета, который называется антикодоном, по принципу комплементарности.

Второй этап трансляции – элонгация

Элонгация — наращивание полипептидной цепи белковой молекулы (рис. 23.1, Б). После старт-кодона рибосома анализирует следующий кодон, распознает его и присоединяет к нему соответствующую молекулу тРНК, которая транспортирует к рибосоме следующую аминокислоту.

На рис. 23.1, Б следующим кодоном является ГУЦ, а следующей аминокислотой, которая транспортируется с помощью тРНК, — валин (Вал).

Между двумя аминокислотами образуется пептидная связь. Молекула тРНК при этом освобождается и покидает рибосому.

После этого рибосома перемещается к следующему триплету иРНК, распознает его и присоединяет следующую молекулу тРНК, которая приносит к рибосоме соответствующую аминокислоту. Она присоединяется к предыдущей аминокислоте, и полипептидная цепь удлиняется еще на одну аминокислоту.

Процесс удлинения полипептидной цепи молекулы белка продолжается до тех пор, пока рибосома не «натолкнется» на один из стоп-кодонов — УАА, УАГ или УГА.

Третий этап трансляции – терминация

С распознавания рибосомой стоп-кодона начинается третий этап трансляции — терминация — завершение трансляции (рис. 23.1, В). На этом этапе синтез полипептидной цепи белковой молекулы завершается, рибосома снова распадается на малую и большую субъединицы, молекулы тРНК и иРНК освобождаются.

Субъединицы рибосом после завершения синтеза полипептидной цепи могут присоединиться к новой молекуле иРНК, а молекулы тРНК — захватить новые молекулы аминокислот.

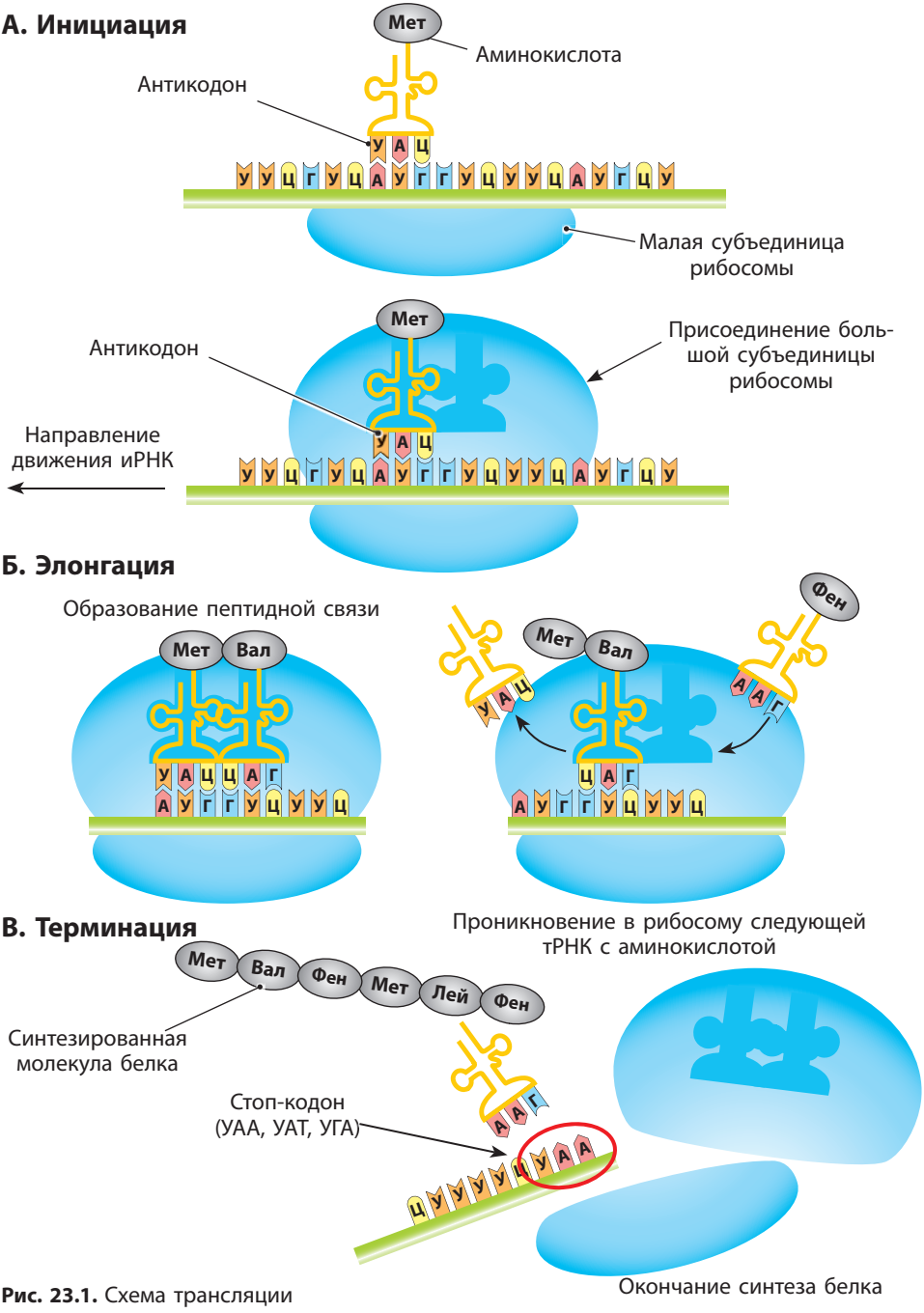


Рис. 23.1. Схема трансляции

Созревание белка

По окончании синтеза может происходить процесс созревания белка. В ходе этого процесса некоторые участки полипептидной цепи могут вырезаться специальными ферментами, белок может менять свою форму, объединяться с другими белками или присоединять к себе небелковую часть.

Созревание необходимо потому, что только что синтезированный белок еще не способен выполнять свои функции. Результатом созревания является удаление некоторых аминокислот, расположенных на концах цепи, и окончательное формирование вторичной, третичной и четвертичной структур молекулы.

Работа с таблицей генетического кода

Для того чтобы установить последовательность аминокислот, закодированную на участке ДНК, следует использовать таблицу генетического кода на форзаце учебника.

Сначала, используя принцип комплементарности, определите строение цепи иРНК, которая образуется на данном участке ДНК.

Например, цепь ДНК: ТАЦГАТ.

Цепь иРНК: АУГЦУА.

Затем определите триплеты, которые входят в состав иРНК: АУГ и ЦУА.

Первый нуклеотид триплета указывает на строку, где следует искать аминокислоту, которую он кодирует, а второй нуклеотид — на столбец. Ячейка, соответствующая выбранным столбцу и строке, содержит четыре названия аминокислот. Соответствующая аминокислота располагается напротив третьего нуклеотида триплета (указан в правой колонке таблицы).

Для триплета АУГ это будет метионин, для триплета ЦУА — лейцин.

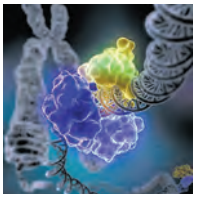


В ходе трансляции информация иРНК переводится в последовательность аминокислот синтезируемого белка в соответствии с генетическим кодом. Происходит этот процесс в рибосомах и состоит из трех этапов — инициации, элонгации и терминации. После трансляции происходит процесс созревания белков.

Проверьте свои знания

1. Что такое трансляция? 2. Из каких этапов состоит трансляция? 3. Какую функцию выполняют стоп-кодоны? 4*. Некоторые антибиотики действуют на трансляцию в клетках прокариот, но не действуют на трансляцию в клетках эукариот. Почему такое возможно?

24 Репарация ДНК



Вы уже ознакомились с особенностями генетического кода. А к каким последствиям может привести нарушение последовательности нуклеотидов в ДНК на участке структурного гена? Может ли это повлиять на строение белковой цепи?

Причины и возможные последствия повреждения ДНК

Молекула ДНК, как и любая другая молекула, может получить повреждения. Они могут быть различными. Может быть поврежден один нуклеотид или сразу пара нуклеотидов. Может произойти разрыв одной из цепей ДНК или даже обеих цепей одновременно.

Причин для таких повреждений может быть множество (рис. 24.1). Нередко ДНК повреждается ультрафиолетовым или радиоактивным излучением. Существенную опасность представляют некоторые химические вещества. Кроме того, причиной дефекта может быть ошибка при репликации. Так, во время репликации вместо одного нуклеотида в цепь случайно может попасть другой.

Последствия таких повреждений для клеток могут быть негативными. Гены, структура которых нарушается, могут перестать производить свои продукты — РНК или белки. Например, если из-за повреждения один из кодонов РНК будет кодировать не аминокислоту, а стоп-кодон. Тогда будет синтезирована только половина молекулы

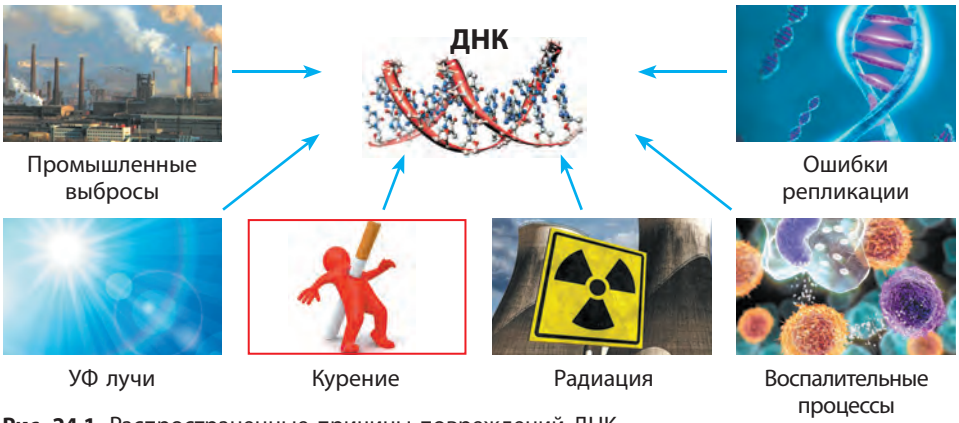


Рис. 24.1. Распространенные причины повреждений ДНК

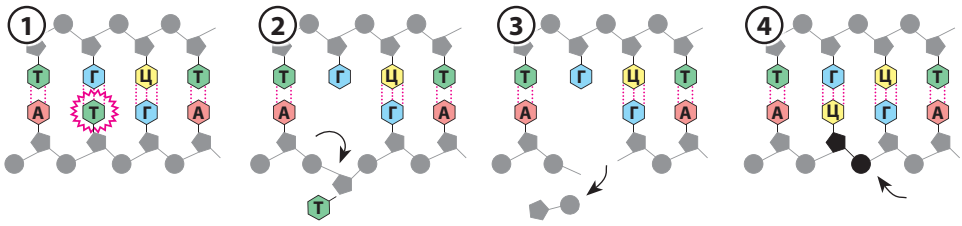


Рис. 24.2. Пример репарации ДНК

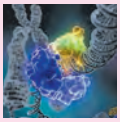
белка. Очевидно, что такая молекула не сможет работать и выполнять свои функции.

Процессы репарации ДНК

Процесс, который позволяет живым организмам устранять повреждения, возникающие в ДНК, называют **репарацией**. Большинство репарационных механизмов основаны на том, что ДНК — это двуцепочечная молекула, то есть в клетке есть две копии генетической информации. Если одна из них повреждается, то ее можно восстановить с помощью второй копии, взяв ее за образец.

Процесс репарации происходит в несколько этапов (рис. 24.2). Для его осуществления клетки используют специальные ферменты.

Повреждения ДНК могут быть разными. Для каждого из них существуют собственные системы репарации. Одни дефекты могут быть исправлены с помощью только одного фермента, другие требуют участия комплекса ферментов.

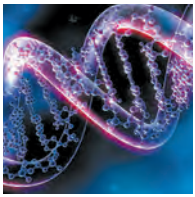


Под действием многих факторов (ультрафиолетовое или радиационное излучение, влияние определенных химических веществ, ошибки репликации и др.) в молекулах ДНК могут возникать повреждения. Для их исправления в клетках существует система репарации ДНК.

Проверьте свои знания

1. Какие факторы могут способствовать повреждению ДНК? 2. Какие типы повреждений могут возникать в ДНК? 3. Что такое репарация ДНК? 4. Объясните, какие процессы осуществляют различные ферменты при репарации ДНК. 5. Почему для проведения репарации ДНК нужен не один фермент, а целый комплекс ферментов? 6*. Почему замена одной аминокислоты другой в молекуле белка может привести к существенному нарушению его работы?

25 Клеточный цикл. Митоз



Вы уже ознакомились с органеллами эукариотических клеток. Вспомните, какие функции выполняет ядро клетки. Какие компоненты входят в состав ядра? Где хранится наследственная информация в клетках прокариот?

Хромосомы эукариотических клеток

Как вы уже знаете, ДНК в ядрах клеток эукариот образует сложный комплекс с белками — *хроматин*. Хроматин имеет вид нити (двойной цепи) ДНК, намотанной вокруг небольших белковых шариков, образованных специальными белками — *гистонами*. Белковые шарики с намотанной нитью ДНК называют нуклеосомами. Они могут скручиваться в пространстве, образуя тонкую спираль. А эта спираль способна скручиваться в спираль большего диаметра, а затем еще большего и еще (рис. 25.1).

Процесс упаковки ДНК называют **спирализацией**, или **конденсацией**, хроматина. Его результатом является то, что очень длинная

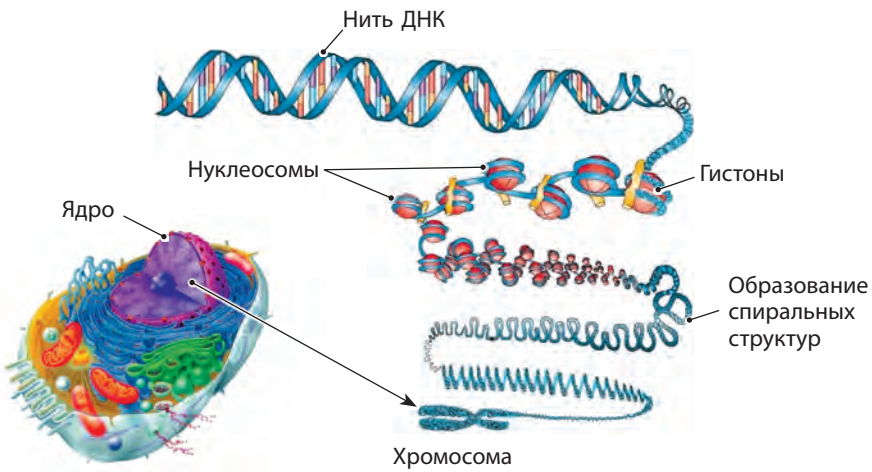


Рис. 25.1. Упаковка ДНК в ядре клетки

нить ДНК оказывается упакованной в очень маленьком объеме. Но если слишком сильно уплотнить ДНК, то из нее невозможно будет считывать наследственную информацию. Поэтому хроматин в ядрах клеток большую часть времени не очень конденсирован: те участки, которые необходимы для работы клетки, почти не спирализованы, в то время как участки, которые в данный момент не используются, спирализованы сильнее.

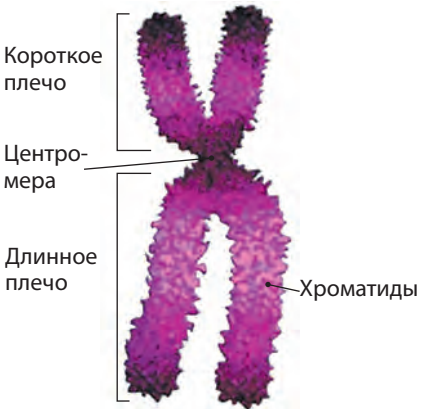


Рис. 25.2. Строение хромосомы в начале деления клетки

Подготовка клетки к делению

Перед делением клетки хроматин сильно спирализуется, потому что в таком виде гораздо легче правильно распределить ДНК между клетками, которые образуются в результате деления. При наивысшей степени спирализации образуются хромосомы — компактные структуры из ДНК и белков. Каждая отдельная нить ДНК с белками имеет вид палочки (это и есть хромосома).

Перед делением клетки происходит очень важный процесс — удвоение всей ДНК клетки. Поэтому каждая хромосома в начале деления клетки состоит из двух одинаковых палочек — *хроматид*, соединенных между собой в зоне специализированных участков ДНК — *центромер*. Центромера есть на каждой хроматиде. По разные стороны от центромеры расположены плечи хромосомы. Поэтому в начале деления у клетки хромосомы Х-образная («Х» читается как «икс») форма (рис. 25.2).

В клетках эукариот каждая хромосома присутствует в ядре в двух копиях. Организм получает по одной копии хромосомы от каждого из своих родителей. Такие хромосомы называют **гомологичными**.

Клеточный цикл

Клеточный цикл — это период жизни клетки от момента ее образования путем деления материнской клетки до собственного деления или гибели.

Он состоит из двух основных частей — процесса деления и интерфазы. Во время интерфазы в клетках происходит много процессов, в частности процесс репликации (удвоения) ДНК, синтез РНК, белков и других веществ. Клетки растут и накапливают вещества, необходимые для будущего деления.

Деление клеток может происходить по-разному. Прокариотические клетки делятся преимущественно путем простого деления. В этом случае их бактериальная хромосома (нуклеоид) удваивается путем репликации. Новая копия прикрепляется к клеточной мембране, после чего между ними формируется новая клеточная стенка.

У эукариот процесс деления более сложный из-за наличия ядра и наследственного материала в виде нескольких хромосом. В большинстве случаев деление эукариотических клеток происходит в форме митоза или мейоза.

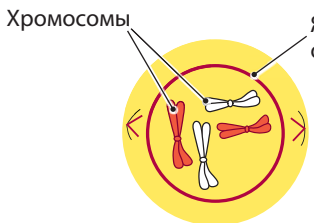
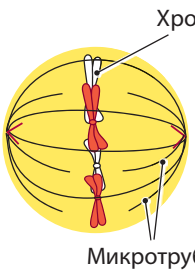
Митотическое деление

Митотическое деление — это деление клеток, которое происходит при бесполом размножении, а также во время роста и развития организмов. Такое деление обеспечивает увеличение числа клеток, а также замещение соматических клеток. Митотическое деление состоит из двух основных этапов — **митоза** (деления ядра) и **цитокинеза** (деления цитоплазмы). А сам митоз разделяют на четыре фазы — профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

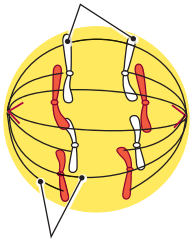
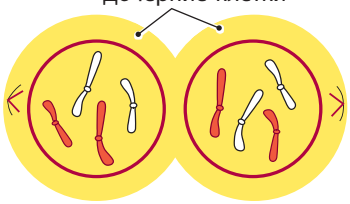
У эукариот в результате митотического деления из одной материнской клетки образуются две дочерние. При этом дочерние клетки получают столько же хромосом, сколько было у материнской клетки.

Другая часть клеточного цикла — интерфаза — обычно длится значительно дольше, чем деление клетки. В этой фазе происходит синтез молекул АТФ и белков, увеличение количества основных органелл цитоплазмы, удвоение молекул ДНК и другие процессы.

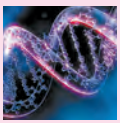
Фазы митоза

Профаза	Метафаза
	
Спирализация и образование Х-образных хромосом. Распад ядерных оболочек на фрагменты и исчезновение ядрышек. Начало образования веретена деления — структуры, которая затем распределит хромосомы между дочерними клетками	Размещение хромосом по экватору клетки и прикрепление микротрубочек веретена деления к центромерам хроматид

Окончание таблицы

Анафаза	Телофаза
Хроматиды  Микротрубочки Расхождение хроматид, их движение к полюсам клетки. С этого момента хроматиды называют дочерними хромосомами	Дочерние клетки  Исчезновение веретена деления. Формирование новых ядерных оболочек и ядрышек, деспирализация хромосом. После завершения телофазы происходит разделение цитоплазмы (цитокинез) и образование дочерних клеток

В некоторых специализированных клетках ряда организмов (например, в слюнных железах некоторых мух и комаров) в период интерфазы образуются гигантские политенные хромосомы. Они состоят из многих нитей ДНК (более 1000), которые после удвоения не расходятся, а остаются вместе. Такие хромосомы позволяют существенно увеличить синтез отдельных белков.
Большое ядро инфузории *Oxytricha trifallax* содержит 16 000 хромосом, каждая из которых представлена большим количеством (до 2000) копий. Таким образом, общее число хромосом в этом ядре составляет несколько миллионов. Но большинство таких хромосом содержат только по одному гену.

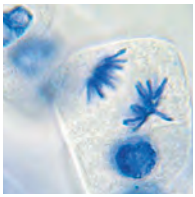


Клеточный цикл любой клетки длится от начала одного деления до начала следующего или гибели клетки. Он состоит из двух основных частей — деления и интерфазы. В большинстве случаев у эукариотических клеток происходит митотическое деление. Клетки, образующиеся в результате этого деления, получают столько же хромосом, сколько было у материнской клетки.

Проверьте свои знания

1. Что такое хромосома? Какие вещества входят в ее состав? 2. Что такое клеточный цикл? 3. Каковы особенности клеточного цикла прокариот? 4. На какие фазы делится митоз? 5. Какие процессы происходят в профазе и метафазе митоза? 6. Какие процессы происходят в анафазе и телофазе митоза? 7. Каким образом во время митоза обеспечивается равное распределение ДНК между дочерними клетками? 8*. Почему прокариотические клетки не нуждаются в таком сложном способе деления, как митоз?

26 Мейоз. Половые клетки и оплодотворение



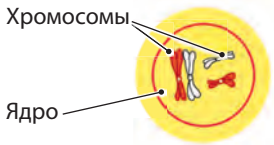
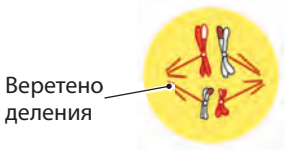
Вы уже ознакомились с процессами размножения растений и животных. Какие способы размножения встречаются у живых организмов? Чем половое размножение отличается от бесполого? Какая система организма отвечает за образование половых клеток (гамет)?

Мейоз

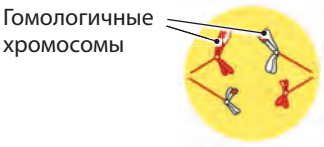
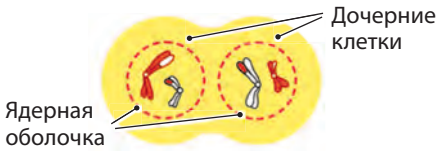
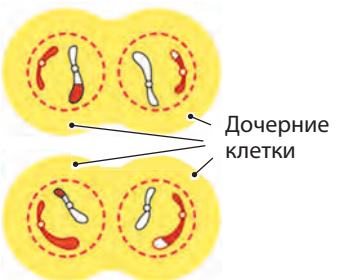
Мейоз — это деление клеток, которое происходит во время гаметогенеза. Результатом мейоза является образование половых клеток (гамет). Во время мейоза происходят два деления, в результате которых из одной материнской клетки образуются четыре дочерние. При этом дочерние клетки получают в два раза меньшее число хромосом и половину генетического материала по сравнению с материнской клеткой. Ученые говорят, что происходит процесс редукции (уменьшения числа) хромосом, и называют мейоз **редукционным делением.**

Деления мейоза обозначают как мейоз I и мейоз II. Фазы обоих делений носят те же названия, что и у митоза. Чтобы различать, о каком из делений идет речь, к названиям фаз добавляют соответствующую цифру. Между двумя делениями есть короткая интерфаза, во время которой удвоения ДНК не происходит.

Фазы мейоза

Мейоз I (первое деление)	
Профаза I	**Метафаза I**
 Спирализация и образование Х-образных хромосом. Соединение гомологичных хромосом в одну структуру, обмен участками ДНК (кроссинговер). Распад ядерных оболочек на фрагменты и исчезновение ядрышек	 Расположение соединенных гомологичных хромосом на экваторе клетки и прикрепление микротрубочек веретена деления к их центромерам

Окончание таблицы

Анафаза I	**Телофаза I**
 Расхождение гомологичных хромосом и их движение к разным полюсам клетки	 Исчезновение веретена деления. Формирование новых ядерных оболочек и ядрышек. Деспирализация хромосом. Разделение цитоплазмы (цитокинез) и образование двух дочерних клеток
Мейоз II (второе деление) Происходит одновременно в обеих клетках, которые образовались после первого деления	
Профаза II	**Метафаза II**
 Распад ядерных оболочек. Спирализация хромосом. Образование веретена деления	 Расположение хромосом по экватору клетки и прикрепление микротрубочек веретена деления к центромерам хроматид
Анафаза II	**Телофаза II**
 Расхождение хроматид, их движение к полюсам клетки. С этого момента хроматиды называют дочерними хромосомами	 Исчезновение веретена деления. Формирование новых ядерных оболочек. Деление цитоплазмы (цитокинез) и образование дочерних клеток

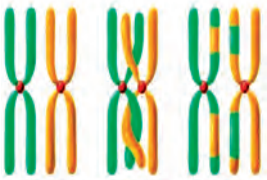


Рис. 26.1. Кроссинговер

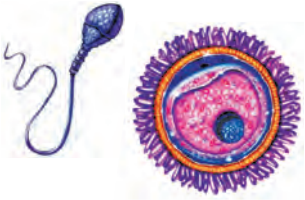


Рис. 26.2. Половые клетки млекопитающих

Рекомбинация ДНК

Рекомбинацией называют процесс, при котором цепочки ДНК разрываются на отдельные фрагменты, которые затем объединяются в другом порядке. В клетках эукариот рекомбинация обычно происходит во время профазы первого деления мейоза и известна под названием «кроссинговер» («перекрест» хромосом).

В кроссинговере участвуют гомологичные хромосомы. Они разрезаются специальными ферментами в нескольких местах, а затем обмениваются одинаковыми участками и снова сшиваются ферментами в целую хромосому.

При кроссинговере происходит рекомбинация генов, которые расположены в гомологичных хромосомах и были получены от обоих родителей (рис. 26.1).

Половые клетки

Половое размножение — это тип размножения, при котором образуются половые клетки (гаметы) и происходит процесс оплодотворения. Половые клетки (рис. 26.2) образуются в результате гаметогенеза. Они содержат только по одной хромосоме из каждой пары гомологичных хромосом. Половые клетки у разных групп живых организмов могут быть различного размера, формы и степени подвижности.

Особенности половых клеток млекопитающих

Характеристика	Сперматозоид	Яйцеклетка
Размер	Малый	Большой
Подвижность	Подвижный	Неподвижная
Особенности строения	Имеет головку, шейку и хвост. Головка почти полностью состоит из ядра, покрытого тонким слоем цитоплазмы. Спереди на головке есть акросома — острый твердый бугорок, который содержит фермент, способствующий проникновению сперматозоида в яйцеклетку	Имеет особый поверхностный слой цитоплазмы и специальные покровные оболочки. Содержит запасные питательные вещества в виде желтка, необходимые для развития нового организма
Функции	Доставляют генетический материал самцов в яйцеклетки самок	Обеспечивают новый организм питательными веществами на начальных этапах развития

Оплодотворение

Оплодотворением называют процесс соединения (слияния) зрелой мужской и женской половых клеток, в результате чего образуется одна клетка (зигота), дающая начало новому организму. В зависимости от особенностей размножения организмов оплодотворение может происходить разными способами. Различают внешнее и внутреннее оплодотворение.

Внешнее оплодотворение распространено среди водных организмов. В этом случае гаметы обоих родителей выделяются в воду и уже там встречаются. Преимуществом внешнего оплодотворения является то, что оно не требует наличия специальных приспособлений для оплодотворения.

При внутреннем оплодотворении встреча гамет происходит внутри тела женской особи. Благодаря тому, что такое оплодотворение происходит в благоприятных условиях, риск гибели половых клеток снижается. Кроме того, развитие потомков происходит внутри организма матери. Это повышает их шансы на выживание.

Иногда кроссинговер может происходить не во время мейоза, а во время митоза. Это явление называют митотическим кроссинговером. Оно было обнаружено у некоторых грибов, млекопитающих и насекомых.



Мейоз — это деление клеток, в результате которого образуются половые клетки (гаметы), содержащие вдвое меньше ДНК, чем обычные клетки. Во время мейоза в клетках эукариот происходит рекомбинация ДНК (кроссинговер). Оплодотворением называют процесс соединения (слияния) зрелой мужской и женской половых клеток, в результате которого образуется одна клетка (зигота), дающая начало новому организму.

Проверьте свои знания

1. Какие клетки называют гаметами? 2. В результате какого процесса образуются гаметы? 3. Какими преимуществами и недостатками обладает внешнее оплодотворение? 4. Почему редукционным считают первое деление мейоза? 5. Объясните, каким образом количество ДНК в клетке во время мейоза уменьшается вдвое. 6*. Какие преимущества дает разный размер мужских и женских гамет по сравнению с одинаковым размером? 7*. Каково биологическое значение рекомбинации ДНК?

27 Закономерности индивидуального развития



В предыдущем курсе биологии вы уже ознакомились с особенностями развития различных групп растений и животных. Вспомните, как происходят эти процессы. Какие типы развития характерны для животных? Чем они отличаются друг от друга?

Периоды онтогенеза растений

Как вам известно, **онтогенез** — это индивидуальное развитие организма от момента его зарождения половым или бесполым способом до смерти. Онтогенез делится на несколько периодов. Хотя общая последовательность событий в онтогенезе живых организмов схожа, эти периоды различны для разных систематических групп. Так, очень разнообразны варианты онтогенеза у водорослей. У них часто встречаются сложные жизненные циклы. У наземных растений разнообразие вариантов онтогенеза не так велико. Наибольшей наземной группой растений являются цветковые (покрытосеменные). У них выделяют четыре основных периода онтогенеза.

Периоды онтогенеза покрытосеменных растений

Период онтогенеза	Когда начинается	Что происходит
Латентный	С момента отделения семени от материнской особи	Семя находится в состоянии покоя с минимальной интенсивностью процессов жизнедеятельности
Прегенеративный	С момента прорастания зародыша	Рост растения и накопление питательных веществ
Генеративный	С момента начала формирования генеративных органов	Генеративные органы функционируют. Растения цветут и плодоносят
Постгенеративный	С момента окончания функционирования генеративных органов до гибели растения	Процессы отмирания начинают преобладать над процессами новообразования

Периоды онтогенеза животных

Онтогенез животных обычно делят на два основных периода — эмбриональный и постэмбриональный. *Эмбриональный период* (эмбрио-



С метаморфозом **Прямое**

Рис. 27.1. Постэмбриональное развитие животных

генез) длится от момента оплодотворения до рождения (выхода из яйцевых оболочек). *Постэмбриональный* — от момента рождения до смерти животного.

Постэмбриональное развитие животных может быть прямым или сопровождаться превращением — метаморфозом (рис. 27.1).

Этапы постэмбрионального развития млекопитающих

Этап	Когда начинается	Что происходит
Ювенильный	С момента рождения	Рост и развитие организма
Зрелость	С момента наступления половой зрелости	Образования и роста новых органов не происходит. Обмен веществ сбалансирован. Происходит размножение животных
Старение	С момента, когда процессы отмирания начинают преобладать над процессами новообразования, до гибели животного	Происходят изменения, которые снижают адаптационные возможности



Онтогенез растений делят на несколько периодов — латентный, прегенеративный, генеративный и постгенеративний. Онтогенез животных обычно делят на два главных периода — эмбриональный и постэмбриональный. В постэмбриональном периоде выделяют несколько этапов — ювенильный, зрелость, старение. Развитие организма в этот период может происходить с метаморфозом или быть прямым.

Проверьте свои знания

1. Что такое онтогенез? 2. Какие этапы выделяют в онтогенезе растений? 3. Объясните значение разных периодов онтогенеза животных. 4*. У насекомых жизненный цикл с метаморфозом требует существенной перестройки организма в один из периодов жизни. Это создает много сложностей. Почему же такой тип жизненного цикла является очень распространенным?

Обобщающие задания к теме «Сохранение и реализация наследственной информации»

В заданиях 1–12 выберите один правильный ответ.

1 **Самый маленький размер генома среди приведенных организмов:**

а) у шелкопряда
б) у кишечной палочки
в) у тополя
г) у человека

2 **Участок гена, с которого начинается синтез молекулы РНК:**

а) промотор
б) терминатор
в) РНК-полимераза
г) ДНК-полимераза

3 **Какая фаза митоза является предпоследней?**

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

4 **Число нуклеотидов, входящих в состав кодона:**

а) 1 **б)** 2 **в)** 3 **г)** 4

5 **Ген в клетках эукариот выполняет функцию:**

а) накопления питательных веществ
б) реализации наследственной информации
в) организации хромосом в митозе
г) образования клеточной стенки бактерий

6 **Количество последовательных делений клетки, которые происходят в процессе мейоза:**

а) 1 **б)** 2 **в)** 3 **г)** 4

7 **В процессе созревания молекулы РНК удаляется:**

а) терминатор **б)** промотор **в)** экзон **г)** интрон

8 **Интроны присутствуют:**

а) в хромосоме петуха
б) в рибосоме эвглены
в) в хлоропласте клетки ржи
г) в геноме холерного вибриона

9 **Этап, во время которого по информации, содержащейся в иРНК, синтезируется полипептидная цепь молекулы белка:**

а) транскрипция **в)** репарация
б) репликация **г)** трансляция

10 **В процессе транскрипции происходит синтез молекулы:**

а) РНК **б)** ДНК **в)** белка **г)** липида

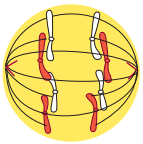
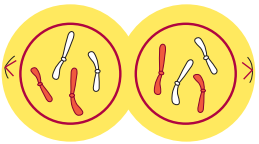
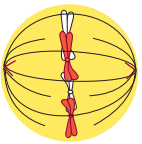
11 **Водородная связь в тРНК соединяет:**

а) цепи двух молекул РНК
б) различные участки одной молекулы РНК
в) молекулы РНК и белка
г) различные участки одной молекулы белка

12 **У яйцеклеток млекопитающих:**

а) нет жгутиков **в)** два жгутика
б) один жгутик **г)** много жгутиков

13 **Напишите названия фаз митоза:**

			
а)	**б)**	**в)**	**г)**

14 **Определите продукты, которые образуются в результате транскрипции и последующей трансляции участка ДНК: ТАЦААГГГТТГАТЦ.**

15 **Определите продукты, которые образуются в результате транскрипции и последующей трансляции участка ДНК: ТАЦААААГГАТТЦАЦТ.**

16 **Установите соответствие между типами РНК и функциями, которые они выполняют.**

Типы РНК	**Функции**
1 иРНК	**а)** Транспорт аминокислот
2 тРНК	**б)** Образование пептидной связи
3 рРНК	**в)** Перенос информации о структуре белка
4 мяРНК	**г)** Регуляция процессов транскрипции

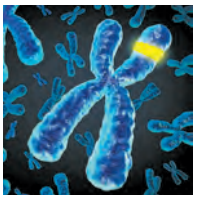
Проверьте свои знания по теме «Сохранение и реализация наследственной информации».



Тема 5

Закономерности наследования признаков

28 Генотип и фенотип. Аллели. Методы генетических исследований



Из предыдущей темы вы узнали, что существует наука генетика. А что изучает генетика? Вы уже знаете, что такое ген. Вспомните определение гена. В каких структурах клетки находятся гены?



Достаточное увлажнение



Недостаточное увлажнение

Рис. 28.1. Влияние условий среды на развитие признаков организма: рост в различных условиях увлажнения

Генотип и фенотип

Важными понятиями в генетике являются понятия генотипа и фенотипа. **Генотип** — это система генов организма, которые проявляются в фенотипе. Словосочетание «система генов» используется потому, что большинство признаков возникают в результате взаимодействия генов. Генотип является наследственной основой организма. Он контролирует формирование всех его признаков, то есть его фенотипа.

Фенотип — это система внешних и внутренних признаков организма, сформировавшихся в результате реализации наследственной информации в конкретных условиях среды (рис. 28.1). Границы, в которых меняются фенотипические проявления генотипа, называются **нормой реакции**.

Аллели

Очень важным для понимания основ генетики является понятие аллеля. С точки зрения генетики, **аллель** является одним из возможных вари-

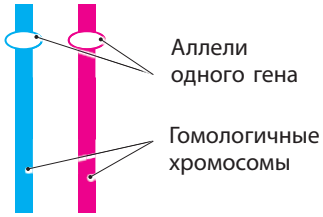


Рис. 28.2. Размещение аллелей одного гена в гомологичных хромосомах



BB или *Bb*

Особь, гомозиготная по доминантному аллелю, или гетерозиготная особь



bb

Особь, гомозиготная по рецессивному аллелю

Рис. 28.3. Внешнее проявление действия доминантного и рецессивного аллелей у особей с разным генотипом

антов проявления гена. К примеру, у гена, отвечающего за окраску семян гороха, два варианта (аллеля). Один из них обеспечивает желтую окраску семян, а другой — зеленую. Существуют гены, которые представлены только одним вариантом (аллелем). Есть также гены с двумя, тремя или многими аллелями.

Как вы знаете, каждый ген расположен в определенном участке одной из хромосом (этот участок называют *локусом* этого гена). В конкретной хромосоме может располагаться только один из вариантов (аллелей) этого гена. Но, как вы знаете, в ядрах эукариот содержатся по две одинаковые (гомологичные) хромосомы. Поэтому в каждой клетке есть по два экземпляра каждого гена (рис. 28.2).

Если гомологичные хромосомы особи содержат одинаковые аллели определенного гена, ее называют **гомозиготой** по этому гену (от греч. *gomo* — одинаковый), если разные — **гетерозиготой** (от греч. *getero* — разный). Например, если оба аллеля гена обеспечивают желтую окраску семян гороха, то такое растение будет гомозиготным по гену окраски семян. Если один аллель обеспечивает желтую окраску, а второй — зеленую, то такое растение будет гетерозиготным по этому гену.

Аллели одного гена могут взаимодействовать между собой. При этом один из них может не проявлять свое действие в присутствии другого или проявлять неполностью. Различают два типа аллелей — доминантный и рецессивный.

Доминантный аллель — это аллель, который проявляется в фенотипе гетерозиготного организма. **Рецессивный аллель** — это аллель, который не проявляется в фенотипе гетерозиготного организма. Например, если растение является гетерозиготой по гену окраски цветка, то есть содержит два аллеля гена окраски цветка — сиреневый и белый, и аллель сиреневого цвета является доминантным, то цветок

будет иметь сиреневую окраску. А если растение будет гомозиготой по рецессивному аллелю, то цветок будет белым (рис. 28.3, с. 111).

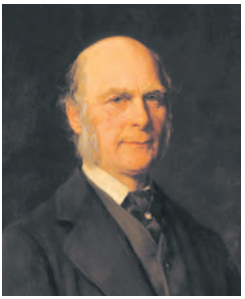
Методы генетических исследований

Генетика использует много методов для проведения исследований. У некоторых из них очень давняя история, а некоторые возникли совсем недавно.

Методы генетических исследований

Метод исследования	Особенности метода
Гибридологический	Заключается в скрещивании (гибридизации) организмов, которые различаются между собой по одному или нескольким наследственным признакам. Например, по окраске семян, форме крыльев, длине ног и т. п. Потомков, полученных от такого скрещивания, называют гибридами. Гибридизация является основой гибридологического анализа — исследования характера наследования признаков с помощью системы скрещиваний
Генеалогический	Заключается в изучении родословных организмов. Это позволяет проследить характер наследования различных признаков в ряду поколений. С его помощью можно вычислять вероятность проявления определенного признака у будущих потомков. Например, можно вычислить вероятность рождения ребенка с голубыми глазами в семье, если у мужчины и женщины карие глаза, а у их матерей — голубые
Популяционно-статистический	Заключается в изучении частоты различных аллелей в популяциях организмов. Кроме генетики популяций его применяют и в медицинской генетике для изучения наследственных заболеваний
Цитогенетический	Заключается в изучении набора хромосом (кариотипа) организмов. Позволяет выявлять наследственные заболевания. Этот метод также применяют и в систематике организмов (кариосистематика). Так у человека 23 пары хромосом, а у дрозофилы — 4 пары
Биохимический	Заключается в изучении особенностей биохимических процессов у организмов с различными генотипами. Используется для диагностики наследственных заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ
Близнецовый	Заключается в изучении близнецов. Исследуя близнецов, можно выяснить роль факторов окружающей среды в формировании фенотипа: разный характер их влияния обусловливает расхождение в проявлении тех или иных признаков
Методы генетической инженерии	Технологии, с помощью которых ученые выделяют из организмов отдельные гены или синтезируют их искусственно, перестраивают определенные гены, вводят их в другие клетки или организмы

Гибридологический метод исследований люди использовали задолго до появления генетики как науки. Еще до нашей эры на Ближнем Востоке существовала практика искусственного опыления финиковых пальм. Применяли этот метод и позже. До открытия законов Менделя было выведено много пород животных и сортов растений. И во многих случаях для их создания применяли гибридизацию.



Мал 28.4. Фрэнсис Гальтон (1822–1911)

У генеалогического метода также давняя история. В период средневековья в странах Европы было накоплено много материала по родословным лошадей и собак различных пород.

Близнецовый метод был предложен Ф. Гальтоном (рис. 28.4) во второй половине XIX века. А биохимический, цитогенетический и популяционно-статистический методы вошли в научную практику уже в XX веке, после того как появились соответствующие технологии биохимического и математического анализа и окрашивания хромосом. Методы генетической инженерии начали разрабатывать во второй половине XX века.



Система генов организма, которые проявляются в фенотипе, называется генотипом, а система внешних и внутренних признаков организма, сформировавшихся в результате реализации наследственной информации в конкретных условиях среды, — фенотипом. Гены могут проявляться в нескольких различных вариантах (аллелях). Различают два типа аллелей — доминантный (проявляется в гетерозиготном состоянии) и рецессивный (не проявляется в гетерозиготном состоянии). В генетических исследованиях используют следующие методы: гибридологический, генеалогический, цитогенетический, биохимический и другие.

Проверьте свои знания

1. Что такое генотип и фенотип? 2. Чем различаются между собой понятия «геном» и «генотип»? 3*. У растения аллель одного из генов обеспечивает синтез фермента, который катализирует реакцию выработки пигмента, окрашивающего околоцветник в пурпурный цвет. Другой аллель этого гена приводит к синтезу молекулы, которая имеет другое пространственное строение и она не может осуществлять катализ. Какой из этих аллелей и почему будет доминантным?

29 Законы Менделя



Вы уже знаете, что такое ген. Где в клетке расположены гены? Вспомните, каково строение гена. Что такое аллели гена? Какими бывают аллели? Чем генотип отличается от фенотипа? Какие хромосомы называют гомологичными?

Скрещивание организмов

Для проведения опытов по генетике и селекции ученые скрещивают организмы и исследуют родителей и потомков первого, второго и последующих поколений. В зависимости от числа анализируемых генов различают моногибридное (один ген), дигибридное (два гена) и полигибридное (много генов) скрещивания. Результаты опытов записывают в виде схем скрещивания. Для этого используют специальные символы (см. с. 118).

Потомки, полученные в результате скрещивания, могут отличаться друг от друга как по фенотипу, так и по генотипу. В таком случае говорят, что произошло **расщепление** признака у потомков по генотипу и фенотипу (см. с. 118).

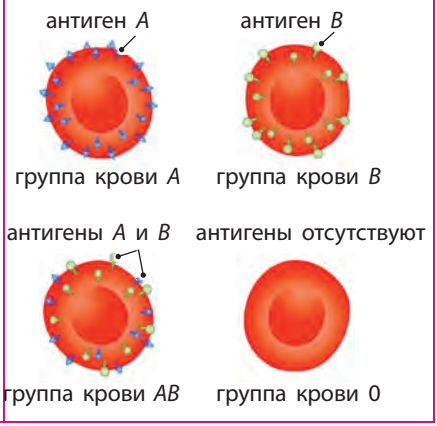
Доминирование аллелей

Как вы уже знаете, доминантный аллель — это аллель, который проявляется в фенотипе гетерозиготного организма. Но степень доминирования может быть различной.

Виды доминирования

Название и особенности вида доминирования	Схема взаимодействия аллелей
Полное доминирование У гетерозиготы проявляется действие только доминантного аллеля, и признак выглядит так же, как у доминантной гомозиготы	 *AA* красный + *aa* белый = *Aa* красный
Неполное доминирование Промежуточное проявление признака у гетерозиготы по сравнению с таковыми у доминантной и рецессивной гомозигот	 *AA* красный + *aa* белый = *Aa* розовый

Окончание таблицы

Название и особенности вида доминирования	Схема взаимодействия аллелей
Кодоминирование Оба варианта признака проявляются одновременно. Например, гетерозигота по группе крови содержит на мембранах эритроцитов и антиген А, и антиген В, которые являются продуктом работы соответствующих аллелей (аллели А и В являются кодоминантными). Аллель 0 этого гена является рецессивным по отношению к другим аллелям и не образует антигена. Гетерозиготы, содержащие этот аллель, имеют на мембранах или антиген А, или антиген В	

Исследования Грегора Менделя

Грегор Мендель (рис. 29.1) был чешским священником, но увлекался ботаникой. Исследуя наследование различных признаков гороха, он создал основы современного гибридологического метода, который используют генетики.

В своих опытах Г. Мендель убедился, что каждый из родителей обязательно передает один из аллелей каждого своего гена потомкам. Он смог установить закономерности наследования признаков, подсчитав число различных вариантов признаков у потомков, и сформулировал законы наследования признаков.

Законы единообразия гибридов первого поколения и расщепления наследственных признаков у потомков гибридов были сформированы по результатам моногибридных скрещиваний. А закон независимого комбинирования наследственных признаков — по результатам ди- и полигибридных.

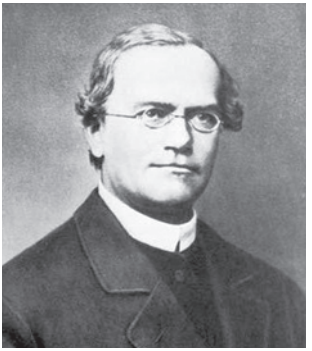


Рис. 29.1. Грегор Мендель (1822–1884)

Закон единообразия гибридов первого поколения

Потомки первого поколения от скрещивания устойчивых форм (организмов, у которых данный признак проявлялся неизменно на протяжении многих поколений), отличающихся по одному признаку, обладают одинаковым генотипом и фенотипом по этому признаку (рис. 29.2, с. 116).

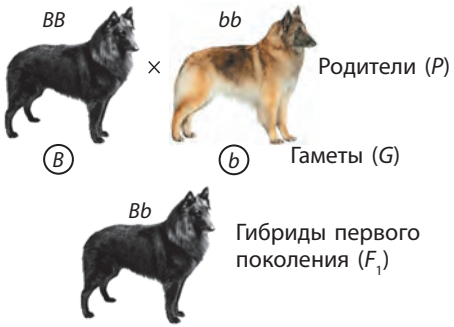


Рис. 29.2. Проявление закона единообразия гибридов при скрещивании собак

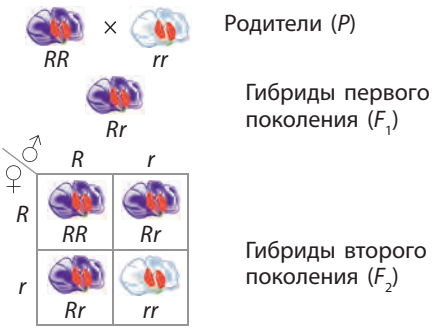


Рис. 29.3. Проявление закона расщепления наследственных признаков при скрещивании растений

Закон расщепления наследственных признаков у потомков гибридов

При скрещивании гибридов первого поколения между собой среди гибридов второго поколения в определенных соотношениях появляются особи с фенотипами исходных родительских форм и гибридов первого поколения (рис. 29.3).

В этом случае во втором поколении мы наблюдаем расщепление по генотипу 1 (*RR*) : 2 (*Rr*) : 1 (*rr*), а за фенотипом — 3 (фиолетовые) : 1 (белые).

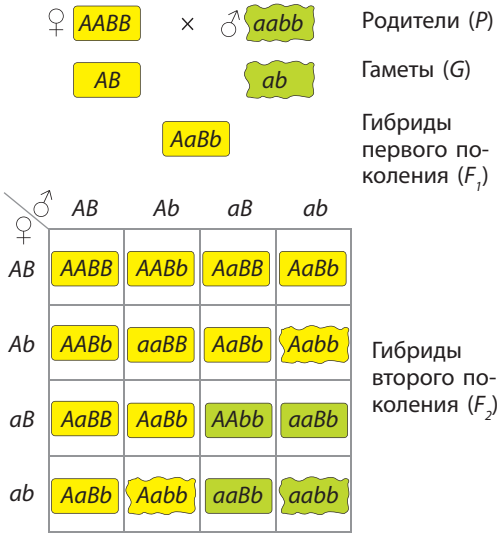


Рис. 29.4. Проявление закона расщепления наследственных признаков при скрещивании гороха с семенами разного цвета и формы

Закон независимого комбинирования наследственных признаков

Гены, определяющие различные признаки и находящиеся в разных хромосомах, наследуются независимо друг от друга. В результате при скрещивании гомозигот среди потомков второго поколения в определенных соотношениях появляются особи с новыми (относительно родителей) комбинациями признаков (рис. 29.4).

В этом случае во втором поколении мы наблюдаем расщепление по генотипу:

1 (*AABB*) : 4 (*AaBb*) :
2 (*AABb*) : 2 (*AaBB*) :
1 (*aaBB*) : 2 (*aaBb*) : 1 (*AAbb*) :
2 (*Aabb*) : 1 (*aabb*),

а по фенотипу:

9 *(желтые гладкие)* : 3 *(зеленые гладкие)* : 3 *(желтые морщинистые)* : 1 *(зеленые морщинистые)*.

Генотипы *AABB*, *AaBb*, *AABb* и *AaBB* обладают одинаковым фенотипом, так как в них содержится хотя бы по одному доминантному аллелю обоих генов. Какой аллель будет содержаться в другой хромосоме, в этом случае не имеет значения. В этом случае расщепление по генотипу будет таким:

9 (*A*–*B*–) : 3 (*aaBB*) : 3 (*AAbb*) : 1 (*aabb*).



Законы наследования признаков названы в честь Г. Менделя, который сформулировал их в середине XIX в. К ним относятся закон единообразия гибридов первого поколения, закон расщепления наследственных признаков у потомков гибридов и закон независимого комбинирования наследственных признаков. Для обозначения генов и их аллелей в схемах скрещиваний используют буквы латинского алфавита. Большими буквами обозначают доминантные аллели, а малыми — рецессивные.

Проверьте свои знания

1. Какие обозначения используют для схем скрещиваний? 2. Назовите законы Г. Менделя и составьте схемы скрещивания, иллюстрирующие их. 3. *Решите генетическую задачу*. У томатов ген *R* определяет окраску плодов. Доминантный аллель R обеспечивает красную окраску, а рецессивный аллель *r* — желтую. Какие признаки будут у гибридов первого и второго поколений от скрещивания доминантной и рецессивной гомозиготных особей? 4. *Решите генетическую задачу*. У пшеницы красную окраску колоса вызывает доминантный аллель *B*, а белую — рецессивный аллель *b*. Какие генотипы и фенотипы будут у потомков от скрещивания двух гетерозиготных по этому гену особей? 5. *Решите генетическую задачу*. У томатов ген *R* определяет окраску плодов. Доминантный аллель *R* обеспечивает красную окраску, а рецессивный аллель *r* — желтую. Другой их ген отвечает за рост растений. Доминантный аллель *H* обеспечивает высокорослость растений, а рецессивный аллель *h* — карликовость. Какие потомки и в каком соотношении будут получены при скрещивании дигетерозиготной особи и особи с генотипом *hhrr*?

Схемы скрещивания

Основные обозначения

Родительский организм	*P*
Гибриды первого поколения	F_1
Гибриды второго поколения	F_2
Гаметы	*G*
Знак скрещивания	×
Материнская особь	♀
Отцовская особь	♂
Аллель определенного гена — латинские буквы	*A, B, a, b*
Аллели одного гена — одинаковые буквы	*Aa, AA, Bb*
Доминантные аллели — большие буквы	*A, B, R*
Рецессивные аллели — маленькие буквы	*a, b, r*
Генотипическая формула особи	*Ab, aa, AaBb, AArr*
Любой аллель (доминантный или рецессивный, если это не имеет значения) в формуле генотипа	– (например, *A–B–*)

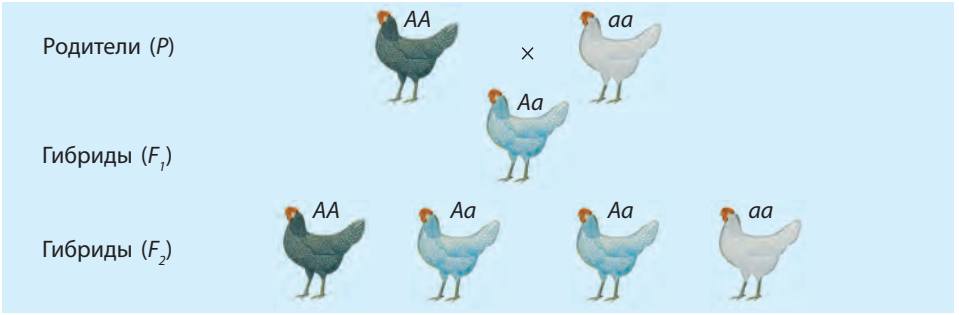
Если генов несколько, то в записи они располагаются в алфавитном порядке. Доминантный аллель всегда пишут перед рецессивным аллелем того же гена.

Пример записи схемы скрещивания

Родители (*P*)	*AAbb* × *aaBB*	— формулы генотипов родителей
Гаметы (*G*)	*Ab* *aB*	— типы их гамет
Гибриды (F_1)	*AaBb*	— генотипы первого поколения

Расщепление по генотипу

Генотип *AA* — черная, *Aa* — серая, *aa* — белая окраска



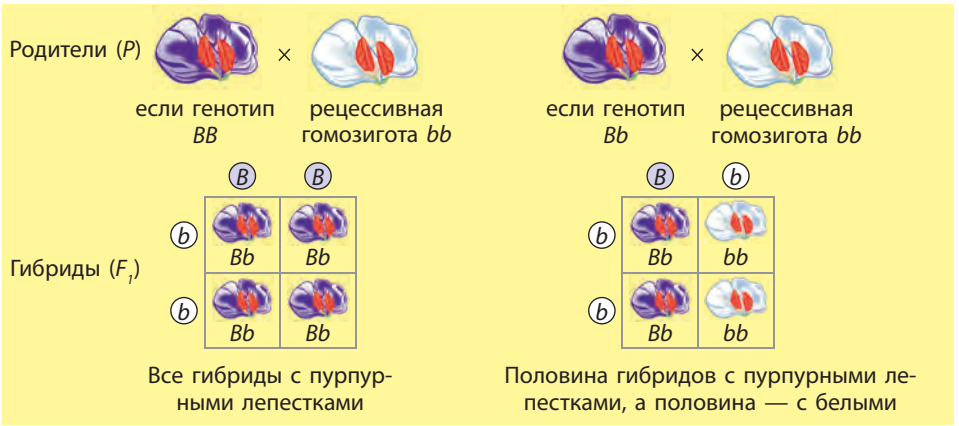
Запись расщепления по генотипу:
1 (*AA*) : 2 (*Aa*) : 1 (*aa*).

Эта запись означает, что всех потомков можно разделить на 4 части. Из них одна часть будет обладать генотипом *AA*, две части — генотипом *Aa* и еще одна — генотипом *aa*.

Анализирующее скрещивание

Анализирующее скрещивание — это скрещивание особи с неизвестным генотипом с особью, гомозиготной по рецессивным аллелям всех исследуемых генов.

Пурпурные лепестки — признак, который определяется доминантным аллелем *P*. Белые лепестки — признак, который определяется рецессивным аллелем *p*



30 Признак как результат взаимодействия генов



Вы уже знаете, что такое ген и знакомы с понятиями генотипа и фенотипа. Вспомните, какое строение имеет ген. Что такое аллели гена? Как происходит наследование признаков по законам Менделя?

Формирование признаков

Для того чтобы у организма проявился определенный признак, должно осуществиться несколько различных процессов. Например, у мухи дрозофилы (классического объекта исследований ученых-генетиков) окраска глаз обусловлена наличием в них двух пигментов — ярко-красного и коричневого. Для выработки каждого из них должно произойти несколько биохимических реакций. Каждую из этих реакций катализирует отдельный фермент, кодируемый отдельным геном. И нарушение любого из них сказывается на окраске глаз дрозофилы (рис. 30.1).

Взаимодействие генов

Признаки, которые определяются одним геном, называют **моногенными**. Но даже они могут образовываться в результате взаимодействия. Вы уже ознакомились с этим явлением, когда рассматривали понятие неполного доминирования аллелей.



Рис. 30.1. Разнообразие окраски глаз у дрозофил

Известно много случаев, когда признак или свойства организма определяются двумя или более различными генами, которые взаимодействуют между собой. Но следует помнить, что взаимодействуют не сами гены, а молекулы белков или РНК, которые являются их продуктами. При взаимодействии неаллельных генов происходит отклонение от менделевских закономерностей расщепления по фенотипу у потомков.

Различают следующие основные типы взаимодействия генов: компле-

ментарность, эпистаз и полимерия. Кроме того, отдельно рассматривают модифицирующее действие гена (плейотропию), при котором одним геном определяются различные признаки.



Рис. 30.2. Комплементарное взаимодействие генов

Комплементарность

При комплементарном взаимодействии генов признак проявляется только в том случае, если каждый из неаллельных генов имеет хотя бы по одному доминантному аллелю.

Например, в определении формы плода у тыквы участвуют два гена — *A* и *B*. Если у растения в каждом из этих генов присутствует хотя бы один доминантный аллель, то форма плодов будет дискообразной. А образуется такая форма вследствие взаимодействия доминантных аллелей двух генов. То есть дискообразные плоды формируются у особей с генотипом *A–B–*.

Если по одному из генов особь будет рецессивной гомозиготой, а по второму будет иметь хотя бы один доминантный аллель (генотипы *aaB–* и *A–bb*), то комплементарного взаимодействия не произойдет, и плоды будут иметь сферическую форму. Особь, являющаяся рецессивной гомозиготой по обеим генам, будет иметь продолговатые плоды (рис. 30.2).

Эпистаз

При эпистатическом взаимодействии генов доминантный или рецессивный аллель одного гена подавляет проявление доминантного аллеля другого гена. Соответственно, различают доминантный и рецессивный эпистаз.

Например, у собак доминантный аллель гена *A* обеспечивает черную окраску, а рецессивный — коричневую. А доминантный аллель гена *I* полностью блокирует синтез соответствующих ферментов и вызывает появление палевой окраски.

Поэтому особи с генотипами *A–ii* будут иметь черную шерсть, с генотипами *A–I–* или *aaI–* — палевую, а с генотипом *aaii* — коричневую (рис. 30.3, с. 122).



Рис. 30.3. Эпистатическое взаимодействие генов

Полимерия

При полимерном взаимодействии генов для проявления признака необходимо наличие хотя бы одного доминантного аллеля у любого из нескольких генов. Эти гены выполняют одну функцию (например, обеспечивают синтез одного пигмента), но могут располагаться в разных хромосомах. Их называют *полимерными генами*.

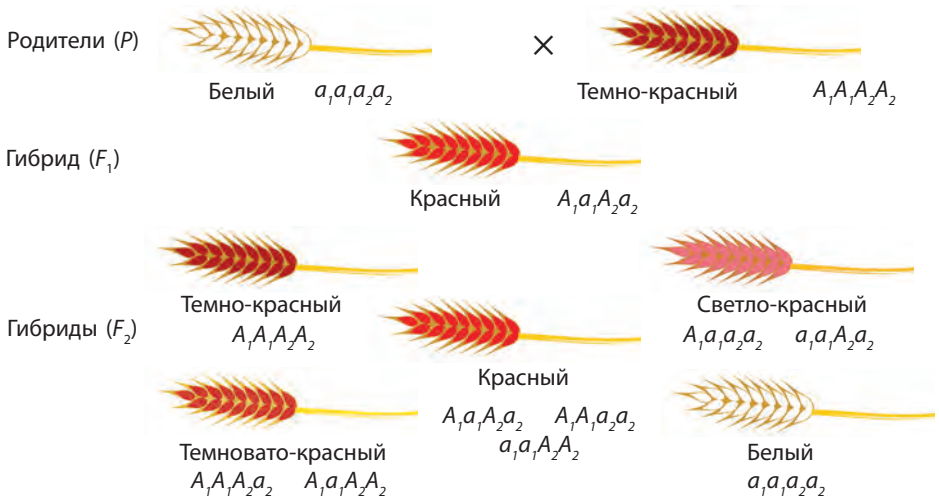


Рис. 30.4. Полимерное взаимодействие генов

Полимерные гены обычно определяют количественные признаки (размер, окраску и т. п.). Они действуют дополняя друг друга, поэтому их обычно обозначают одинаковыми буквами латинского алфавита, добавляя нижний числовой индекс для того, чтобы различать гены между собой. Например, $A_1A_1a_2a_2$ или $A_1a_1A_2A_2$.

По такому механизму происходит наследование окраски семян у пшеницы и цвета кожи у человека. Так, в случае наследования окраски семян пшеницы взаимодействуют два полимерных гена, каждый из которых имеет по два аллеля. А окраска семян обусловлена числом доминантных аллелей этих генов. Чем больше доминантных аллелей, тем интенсивнее красный цвет. У рецессивных гомозигот семена белые, а у особей с генотипом $A_1A_1A_2A_2$ — темно-красные (рис. 30.4).

Цвет кожи у человека определяется несколькими генами. Но главную роль в этом процессе играют четыре полимерных гена. Чем больше у них доминантных аллелей, тем больше вырабатывается пигмента меланина, придающего коже соответствующий цвет. Самую темную кожу имеют люди с генотипом $A_1A_1A_2A_2A_3A_3A_4A_4$, а самую светлую — с генотипом $a_1a_1a_2a_2a_3a_3a_4a_4$.



Признаки живых организмов в большинстве случаев определяются не одним геном, а несколькими. Даже взаимодействие аллелей одного гена может повлиять на формирование нового признака, например, при неполном доминирования аллеля. Взаимодействие неаллельных генов также определяет формирование признаков. Примерами таких взаимодействий являются комплементарность, эпистаз и полимерия.

Проверьте свои знания

1. Почему в природе существует множество вариантов окраски глаз у дрозофилы? 2. В каком случае новый признак может сформироваться при взаимодействии аллелей одного гена? 3. Как происходит взаимодействие генов в случае: а) комплементарности; б) эпистаза; в) полимерии? 4. Почему большинство признаков контролируется не одним геном, а несколькими? 5. *Решите генетическую задачу*. У растения ген *А* определяет окраску околоцветника. Доминантный аллель *А* обеспечивает красную окраску, а рецессивный аллель *а* — белую. Доминирование является неполным, и у гетерозигот околоцветник имеет розовую окраску. Какие генотипы и фенотипы будут у гибридов от скрещивания двух гетерозиготных особей? 6*. Почему при взаимодействии различных генов происходит отклонение от менделевских закономерностей?

31 Сцепленное наследование и кроссинговер



В предыдущих параграфах вы уже ознакомились с хромосомами и рассмотрели их строение. Какое строение имеют хромосомы? Где именно они расположены в клетке? Чем различаются между собой диплоидный и гаплоидный наборы хромосом? Вспомните, что такое кроссинговер и когда он происходит.

Хромосомы и группы сцепления

После открытия законов Менделя в науке постепенно начали накапливаться факты о том, что в некоторых случаях расщепление признаков происходит не так, как предполагалось. Оказалось, что гены, расположенные на одной хромосоме, наследуются вместе (сцепленно). Такие гены назвали **сцепленными генами**. А все гены, расположенные в одной хромосоме, образуют **группу сцепления**.

Число групп сцепления у организмов определенного вида равно числу хромосом в одинарном (гаплоидном) наборе, который содержится в половых клетках. Например, у дрозофилы их 4.

Образование гамет в случае сцепленного наследования

Примером сцепленного наследования генов может быть наследование двух признаков у мушки дрозофилы — цвета тела и формы крыльев. Черный цвет (*a*) и зачаточные крылья (*b*) определяются рецессивными аллелями, а серое тело (*A*) и длинные крылья (*B*) — доминантными. Гены, определяющие эти признаки, расположены рядом в одной хромосоме.

Что будет в случае, если мы скрестим самку дрозофилы, которая является рецессивной гомозиготой по этим признакам (генотип *aabb*), с самцом, у которого в одной хромосоме находятся два доминантных аллеля, а в другой — два рецессивных (генотип *AaBb*)? Если бы эти признаки наследовались независимо, то у гетерозиготной мухи должны были бы образоваться четыре типа гамет: *Ab*, *aB*, *AB* и *ab*. Но признаки наследуются сцепленно, и поэтому образуется только два типа гамет: *AB* и *ab* (у самцов кроссинговер не происходит). Соответственно, потомки от этого скрещивания будут иметь только два фенотипа: серое тело с длинными крыльями и черное тело с зачаточными крыльями (рис. 31.1).

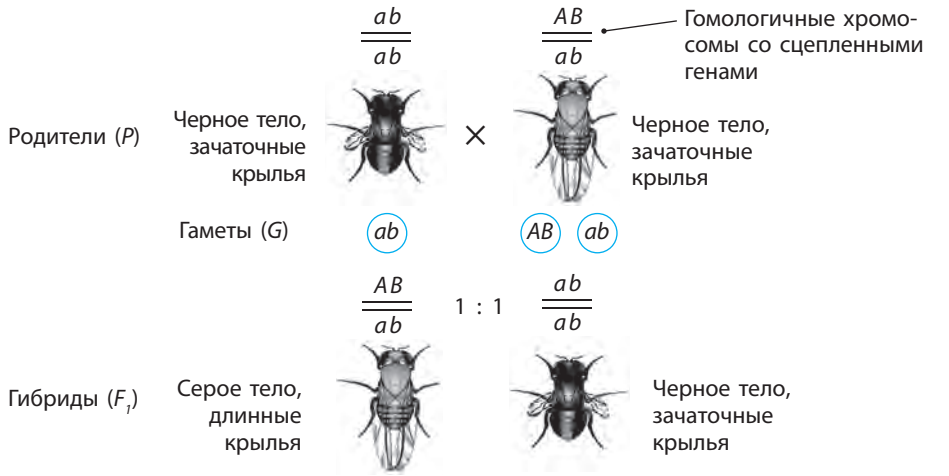


Рис. 31.1. Сцепленное наследование генов у дрозофилы

Хромосомная теория наследственности

Как наследуются признаки, если гены, контролирующие их, расположены в одной хромосоме? Ответ на этот вопрос дает хромосомная теория наследственности. Она была сформулирована в начале XX века в Европе, но обосновал и сформулировал ее в современном виде американский генетик Т. Х. Морган (рис. 31.2) со своими учениками.

В основу хромосомной теории наследственности был положен факт существования групп сцепления, которыми и были хромосомы. Эта теория объяснила отклонения от законов Менделя при расщеплении у потомков тех признаков, которые наследуются сцепленно.

Следует отметить, что Т. Х. Морган удачно выбрал объект для своих исследований. Он работал с мухой дрозофилой, которая впоследствии стала классическим объектом для генетических экспериментов. Дрозофил легко содержать в лабораториях, они отличаются высокой плодовитостью, быстрой сменой поколений (при оптимальных условиях содержания каждые полторы-две недели рождается новое поколение) и небольшим числом хромосом, что упрощает наблюдение.



Рис. 31.2. Томас Хант Морган (1866–1945)

Исследователи определяли, как наследуются длина крыльев и цвет тела у дрозофилы. Они скрестили дрозофил с генотипами

AaBb и *aabb*, в результате чего получили мух с двумя вариантами фенотипов, образованных от гамет *AB* и *ab*, вместо четырех прогнозируемых. Это было возможно только в том случае, если эти два гена располагались рядом на одной хромосоме.

Основные положения хромосомной теории наследственности

— Материальной основой наследственности являются хромосомы.

— Гены расположены в хромосомах в линейной последовательности.

— Гены, локализованные в одной хромосоме, образуют одну группу сцепления и передаются потомкам вместе.

— Число групп сцепления равно гаплоидному числу хромосом.

— Гаплоидное число хромосом является постоянным для каждого вида.

— Признаки, определяемые сцепленными генами, наследуются тоже сцепленно.

— Между гомологичными хромосомами могут происходить кроссинговер и обмен участками.

— Частота кроссинговера прямо пропорциональна расстоянию между генами.

Механизм кроссинговера

В экспериментах Моргана и его сотрудников по изучению наследования сцепленных признаков было выявлено, что среди гибридов дрозофил есть определенная часть мух с рекомбинацией этих признаков и имеет место нарушение сцепленного наследования. Это явилось следствием кроссинговера.

Вы уже знаете, что кроссинговер — это обмен участками гомологичных хромосом в процессе мейоза. Именно из-за кроссинговера не существует абсолютно полного сцепления генов, при котором они передавались бы всегда вместе. Чем дальше друг от друга они расположены на хромосоме, тем чаще между ними происходит кроссинговер.

Перекрест хроматид гомологичных хромосом может происходить одновременно в нескольких точках. Кроссинговер, происходящий только в одном месте, называют *одиночным*, в двух точках одновременно — *двойным*, в трех — *тройным*. На самом деле в живых клетках кроссинговер всегда *множественный* (рис. 31.3). Гаметы, в которых произошел кроссинговер, называют **кроссоверными**.

Хромосомные карты

Опираясь на положения хромосомной теории наследственности и используя механизмы кроссинговера, ученые создали генетические

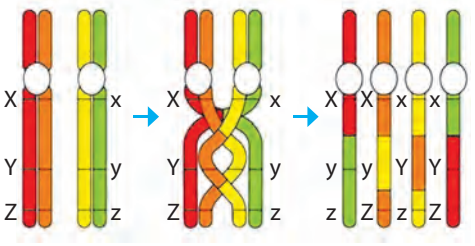


Рис. 31.3. Множественный кроссинговер

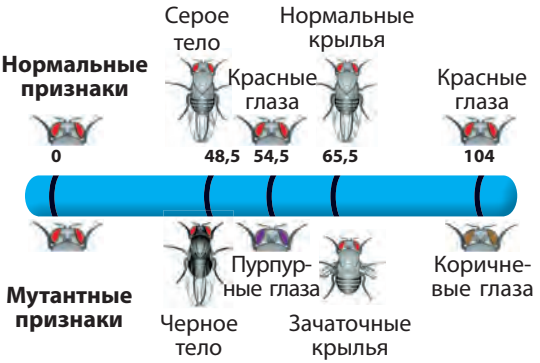


Рис. 31.4. Карта одной из хромосом дрозофилы

карты хромосом. Генетической картой хромосомы называют ее графическое изображение с расположением генов. На карте обозначаются названия генов, расстояние между генами и местоположение центромеры. На картах могут показывать не только обычные аллели соответствующих генов, но и их мутантные формы (рис. 31.4).

Генетические карты хромосом особенно подробно составлены для хромосом дрозофилы и кукурузы, с которыми генетики работают уже много лет. Составлены они и для хромосом человека, а также многих животных и культурных растений. Эти карты имеют большое значение для селекционной работы и диагностики тяжелых наследственных заболеваний человека.



Особенности расположения генов в хромосомах и механизмы их сцепленного наследования описывает хромосомная теория наследственности. Гены, содержащиеся в одной хромосоме, образуют группу сцепления и наследуются вместе. Обычно сцепление не является полным. Нарушение сцепления объясняется процессом кроссинговера.

Проверьте свои знания

1. Что такое группа сцепления? 2. Каковы основные положения хромосомной теории наследственности? 3. Что такое кроссинговер? 4. Почему дрозофила оказалась удобным объектом для генетических исследований? 5*. Некоторые гены гороха содержатся в одной хромосоме, но их наследование происходит по законам Менделя, то есть независимо. Объясните, почему это возможно.

32 Генетика пола и наследование, сцепленное с полом



Вы уже изучали особенности строения и образования половых клеток. Представители какого пола образуют сперматозоиды, а какого — яйцеклетки? Вспомните, какие преимущества дает наличие у живых организмов разных по строению половых клеток и, соответственно, двух полов.

Способы определения пола

У живых организмов существует несколько способов определения того, какого пола особь разовьется из зиготы. Будущий пол может определяться внешними условиями (если личинка червя бонеллия находится на дне океана, то из нее развивается самка, а если на хоботке самки — самец), плоидностью организма (у пчел и муравьев гаплоидные особи — самцы, а диплоидные — самки) или специальными половыми хромосомами, как у дрозофил (остальные хромосомы в этом случае называют аутосомами) (рис. 32.1).

Половые хромосомы

Если пол организма определяется с помощью половых хромосом, то таких хромосом одна или две. Если половых хромосом две, то они, как правило, отличаются по размеру (одна большая, а вторая маленькая). А особи разного пола имеют или две большие хромосомы (*гомогаметный пол*), или одну большую и одну маленькую (*гетерогаметный пол*). Обозначают такие хромосомы буквами латинского алфавита.



Бонеллия — внешние условия



Пчела — плоидность



Дрозофила — специальные половые хромосомы

Рис. 32.1. Факторы, определяющие пол будущей особи

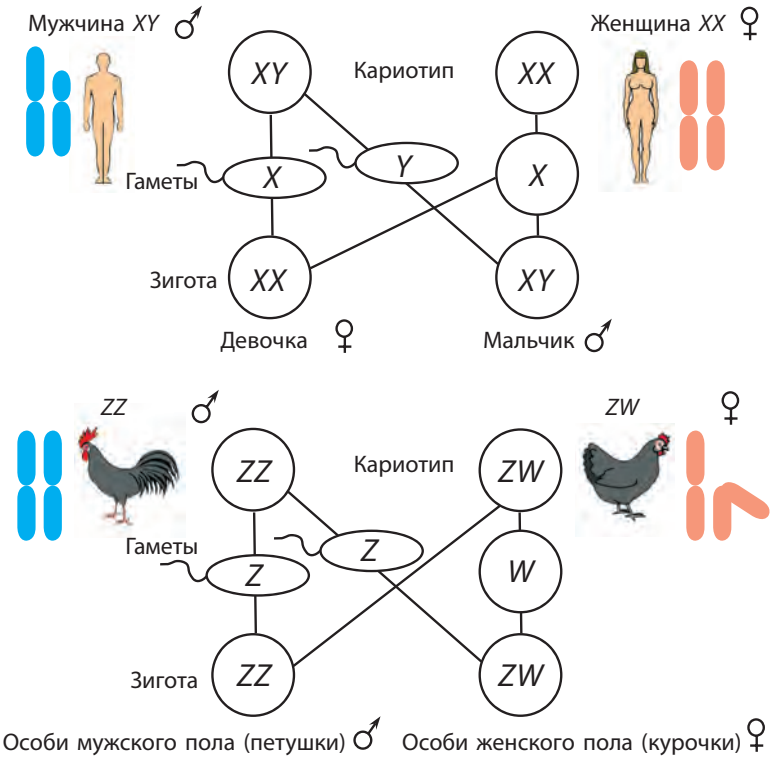


Рис. 32.2. Образование гамет различными типами гомо- и гетерогаметного пола

У разных организмов гомогаметным может быть как женский, так и мужской пол. Например, у млекопитающих и мух гомогаметным является женский пол (его представители имеют по две *X*-хромосомы, генотип — *XX*), а гетерогаметным — мужской (его представители имеют одну *X*- и одну *Y*-хромосому, генотип — *XY*). У большинства птиц и бабочек, наоборот, гомогаметным полом является мужской (его представители имеют по две одинаковые хромосомы, но обозначаются они уже другой латинской буквой — *Z*, генотип — *ZZ*), а гетерогаметным — женский (генотип — *ZW*) (рис. 32.2).

Гены, сцепленные с полом

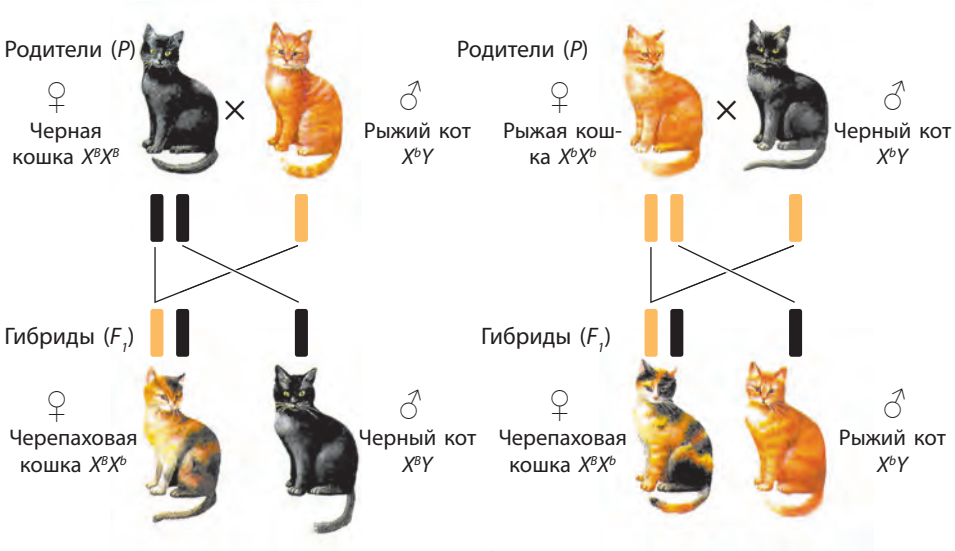
Гены, расположенные в половых хромосомах, называются генами, **сцепленными с полом**. Примерами таких генов являются гены окраски глаз в *X*-хромосоме дрозофилы, гены дальтонизма и гемофилии в *X*-хромосоме человека и гены гипертрихоза и ихтиоза в *Y*-хромосоме человека.

Особенностью генов, которые сцеплены с полом, является то, что они могут находиться в состоянии гемизиготы. **Гемизигота** — это диплоидная особь, имеющая только один аллель данного гена. Это состояние возникает потому, что особи одного из полов имеют две разные половые хромосомы. Например, у котов в *X*-хромосоме генов много, а в *Y*-хромосоме мало. Из-за этого даже рецессивные аллели генов *X*-хромосомы будут проявляться в фенотипе, потому что нет второй *X*-хромосомы с доминантным аллелем.

Наследование генов половых хромосом

Рассмотрим особенности наследования генов, сцепленных с полом, на примере млекопитающих. С генами, которые расположены в *Y*-хромосоме самцов, все просто. Они передаются только самцу и у самок проявляться не могут. Они всегда находятся в состоянии гемизиготы, потому что в норме эта хромосома в ядре клетки только одна.

Наследование генов, расположенных на *X*-хромосомах, более сложное. В организме самок они ведут себя как обычные гены аутосом (неполовых хромосом), так как *X*-хромосом здесь две. А в организме самцов эти гены проявляют себя в состоянии гемизиготы. Поэтому признаки, которые определяются рецессивными аллелями таких генов, проявляются у самцов всегда. А получают они их от своих матерей (рис. 32.3).



B — черный окрас, *b* — рыжий окрас

Рис. 32.3. Схема наследования признака, ген которого расположен в *X*-хромосоме

У некоторых животных половые хромосомы представлены только одним типом, при этом один из полов имеет только одну половую хромосому, а второй — две одинаковые. Так, среди клопов, ящериц и некоторых птиц встречаются виды с генотипами мужского и женского пола — *ZZ* и *Z0*, *X0* и *XX* соответственно (цифра 0 записи означает отсутствие второй пары хромосомы).

У утконоса пять пар половых хромосом. В его гаметах содержится или пять X-хромосом, или пять *Y*-хромосом. Эти хромосомы образуют один комплекс и при делении клетки всегда расходятся вместе.
У общего предка однопроходных и других млекопитающих, жившего около 165 млн лет назад, половых хромосом еще не было.



У живых организмов существует несколько способов определения будущего пола. Один из самых распространенных — с помощью половых хромосом. У млекопитающих набор половых хромосом самцов — *XY*, самок — *XX*. Гены, расположенные в половых хромосомах, называются генами, сцепленными с полом. Признаки, определяемые рецессивными аллелями генов *X*-хромосомы, проявляются у самцов, но передаются через самок. Гены, расположенные в *Y*-хромосоме, передаются напрямую по линии самцов.

Проверьте свои знания

1. Какими способами определяется будущий пол живых организмов? 2. Что такое гомогаметный пол? Приведите примеры. 3. Что такое гетерогаметный пол? Приведите примеры. 4. В каких случаях организм может быть гемизиготой? 5. Сравните механизм определения пола у бабочек и млекопитающих. 6. *Решите задачу*. Ген, определяющий окраску шерсти у кошек, расположен в *X*-хромосоме. Один из его аллелей определяет черную окраску, а другой — рыжую. Если организм гетерозиготный по этому гену, то его окраска будет черепаховой (часть волосков имеет черную окраску, а часть — рыжую). Какой цвет шерсти будет у потомков от скрещивания рыжего кота и черной кошки? 7. *Решите задачу*. Ген, определяющий окраску шерсти у кошек, расположен в *X*-хромосоме. Один из его аллелей определяет черную окраску, а другой — рыжую. Если организм гетерозиготный по этому гену, то его окраска будет черепаховой (часть волосков имеет черную окраску, а часть — рыжую). Какой цвет шерсти будет у потомков от скрещивания черного кота и черепаховой кошки? 8*. Сравните наследование генов, расположенных на *X*- и *Y*-хромосомах.

33 Формы изменчивости. Модификационная (фенотипическая) и комбинативная изменчивость



Вы уже ознакомились с такой наукой, как генетика. Вспомните, что изучает генетика. Какие закономерности описывают законы Г. Менделя? Как гены взаимодействуют друг с другом? К каким последствиям приводит кроссинговер?

Разнообразие форм изменчивости

Вы уже знаете, что изменчивость — это способность живых организмов меняться. Такие изменения могут происходить как с конкретным организмом на протяжении определенного периода времени, так и при смене поколений у каждого из видов живых организмов.

Генетики выделяют две основные формы изменчивости — *наследственную* (генотипическую) и *ненаследственную* (модификационную, или фенотипическую). Изменения, возникающие в случае наследственной изменчивости, передаются потомкам. А изменения, возникающие в случае ненаследственной изменчивости, потомкам не передаются.

Наследственная изменчивость подразделяется на *комбинативную* и *мутационную*. При комбинативной изменчивости структура ДНК не меняется. Происходит лишь перекомбинирование аллелей различных генов. При мутационной изменчивости структура ДНК может меняться (об этом вы узнаете из следующего параграфа).

Модификационная (фенотипическая) изменчивость

Ненаследственную изменчивость также называют фенотипической, или модификационной. **Модификации** — это фенотипические изменения, возникающие под влиянием условий среды. Модификационные изменения признака не наследуются, но их диапазон (норма реакции) генетически обусловлен и наследуется. Модификации не приводят к изменениям генотипа. Они соответствуют условиям существования, являются приспособительными.

В основе этой изменчивости лежит изменение интенсивности ферментативных реакций, «включение» или «выключение» определенных генов, вызванное действием на организм факторов окружающей среды. Характерной чертой модификационной изменчивости является





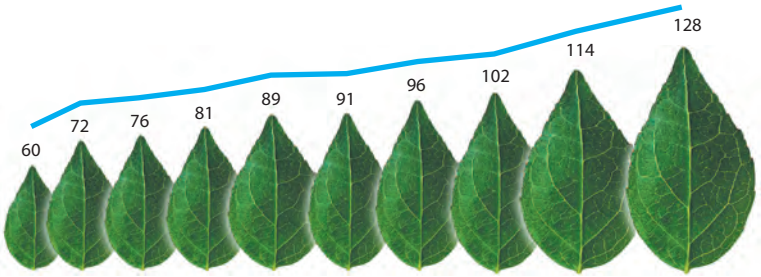


Рис. 33.1. Модификационная изменчивость у животных и растений

ее *обратимость* — все изменения исчезают, если прекращается действие специфических условий среды.

Примерами модификационной изменчивости являются:

— изменение массы тела животных при изменении количества пищи;

— изменение окраски меха у зайца беляка к зиме (рис. 33.1);

— разный размер листьев на одном дереве (рис. 33.1);

— появление загара на коже человека под воздействием солнечных лучей.

Комбинативная изменчивость

Комбинативная изменчивость приводит к новым сочетаниям генов в генотипе. Вы уже хорошо знакомы с этим типом изменчивости на примере законов Г. Менделя и взаимодействия генов.

У эукариот, которые размножаются половым путем, комбинативная изменчивость возникает в результате трех процессов:

— независимого расхождения хромосом во время мейоза;

— случайного сочетания гамет при оплодотворении;

— рекомбинации генов благодаря кроссинговеру.

Сами гены при этом не изменяются, но возникают новые их сочетания, что приводит к появлению организмов с другими генотипами и фенотипами.

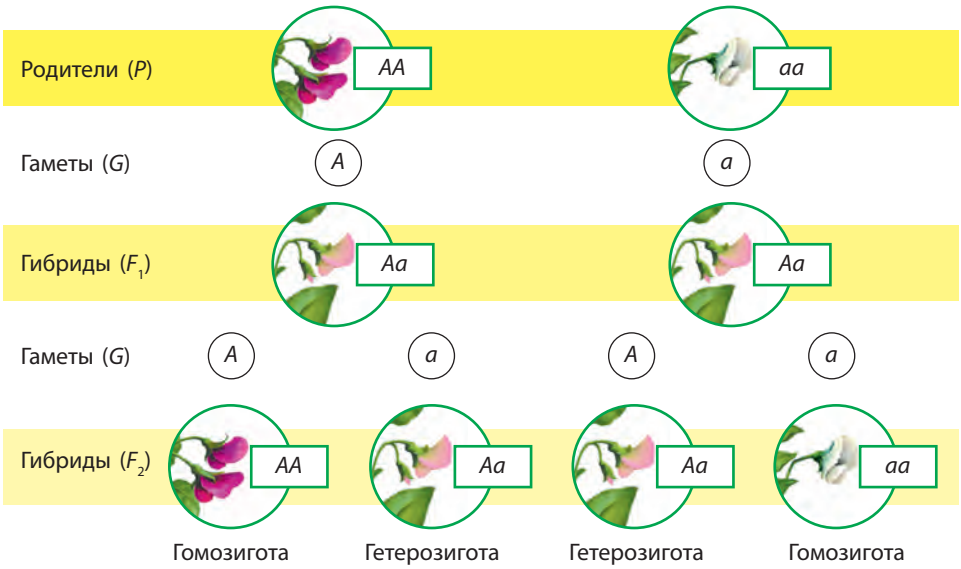


Рис. 33.2. Комбинативная изменчивость у растений гороха

Примерами комбинативной изменчивости являются:

— появление растений с розовыми цветками при скрещивании растений с белыми и красными цветками при неполном доминировании (рис. 33.2);

— появление растений гороха с желтыми морщинистыми семенами во втором поколении потомков от скрещивания растений с зелеными морщинистыми и желтыми гладкими семенами.

Комбинативная изменчивость у прокариот

Комбинационная изменчивость существует не только у эукариот, у которых она возможна благодаря половому размножению. У микроорганизмов, размножающихся бесполым путем, тоже возникли специальные механизмы комбинативной изменчивости. Это конъюгация, трансдукция и трансформация.

Конъюгация — это непосредственный контакт между двумя бактериальными клетками с помощью специальных полых трубочек (F-пили), во время которого генетический материал из одной клетки переносится в другую. Обычно конъюгация контролируется генами, расположенными в плазмиде.

Трансформация — это перенос ДНК из одних бактериальных клеток в другие. Чаще всего она происходит после гибели бактериальных клеток. После того как погибшие клетки разрушаются,

отдельные фрагменты их ДНК могут поглощаться другими бактериями. Затем бактерии встраивают эти фрагменты в свою кольцевую молекулу ДНК.

Трансдукция — это перенос бактериальных генов из одной клетки в другую с помощью бактериофага. Когда бактериофаги размножаются в клетке, то в некоторые из вирусных частиц попадает ДНК не вируса, а бактерии. Вирусная частица переносит эту ДНК в другую бактериальную клетку, где последняя встраивается в бактериальную хромосому.

С помощью таких процессов бактерии могут, например, обмениваться генами устойчивости к антибиотикам.

Часто ученые выделяют как отдельный вид изменчивости онтогенетическую изменчивость. Она наблюдается в течение жизни особи и происходит под контролем генов. Именно эта изменчивость отвечает за то, что один и тот же человек в возрасте одного, шести, двадцати, семидесяти лет выглядит совершенно по-разному.

Следствием комбинативной изменчивости является гетерозис. Гетерозис (греч. *heterosis* — видоизменение, преобразование) или «гибридная сила», может наблюдаться в первом поколении при гибридизации между представителями разных видов или сортов. Выделяют три основные формы гетерозиса: репродуктивный (повышается урожайность), соматический (увеличиваются линейные размеры организма) и адаптивный (повышается устойчивость к воздействию факторов среды).



Изменчивость разделяют на наследственную и ненаследственную. Изменения, возникшие в результате ненаследственной (модификационной) изменчивости, не передаются потомкам. Изменения, возникшие в результате наследственной изменчивости, потомкам передаются. Наследственная изменчивость подразделяется на комбинативную и мутационную. При комбинативной изменчивости структура ДНК не меняется, а при мутационной может меняться.

Проверьте свои знания

1. Что такое изменчивость? 2. Что такое модификационная изменчивость? 3. Приведите примеры модификационной изменчивости у растений и животных. 4. Составьте список характерных особенностей комбинативной изменчивости. 5. Приведите примеры комбинативной изменчивости у живых организмов. 6. Сравните наследственную и ненаследственную изменчивость. 7*. Составьте список факторов, которые могут влиять на изменчивость живых организмов.

34 Мутации



Вы уже узнали, как может нарушаться структура ДНК и как клетки этому противостоят. Какие виды нарушений структуры ДНК вам известны? Какие существуют механизмы репарации ДНК? Почему для клетки важно сохранять ДНК неповрежденной?

Мутационная изменчивость

Мутации возникают как изменения структуры, количества или расположения молекул ДНК. Вы уже ознакомились с причинами этих нарушений и механизмами репарации ДНК, позволяющими такие нарушения исправлять. Но если механизмы репарации не справляются с этой задачей, то возникают изменения ДНК, которые передаются потомкам. Возникает мутация. Следует отметить, что многоклеточные организмы передают потомкам только те мутации, которые возникают в половых клетках.



Сергей Иванович Коржинский (1861–1900)



Гуго де Фриз (1848–1935)

Рис. 34.1. Ученые, посвятившие свои работы мутационной изменчивости

Мутации

Мутацией (латин. *mutatio* — изменение) называют изменение признака, обусловленное изменением наследственных структур, перестройкой генетического аппарата. Мутации меняют генотип особи. Они возникают случайно и иногда приводят к значительным отклонениям от исходной формы.

Ученым такие изменения были известны давно. Мутационной изменчивости посвятили свои работы С. И. Коржинский и Г. де Фриз (рис. 34.1). Последнему принадлежит термин «мутация». Кроме того, он сформулировал основные положения **мутационной теории** (1901–1903):

— Мутации возникают случайно как дискретные (прерывные) изменения признаков.

— Новые формы устойчивы.

— В отличие от ненаследственной изменчивости, мутантные признаки не образуют непре-

рывных рядов и не концентрируются вокруг некоего среднего типа. Мутации являются качественными изменениями в организмах.

— Мутации проявляются по-разному. Они могут быть и вредными, и полезными.

— Вероятность обнаружения мутаций зависит от числа исследуемых особей.

— Одни и те же мутации могут возникать повторно.

Разнообразие мутаций

Сейчас известны мутации во всех группах живых организмов. Описано множество мутаций и у человека. Именно мутациями обусловлено разнообразие (полиморфизм) в популяциях человека: по пигментации кожи и волос, цвету глаз, форме носа, ушей, подбородка и многим другим признакам.

Нормальные и мутантные формы живых организмов

Живые организмы	Нормальная форма	Мутантная форма
Картофель	Мелкие клубни дикой формы картофеля 	Крупные клубни культурных сортов 
Ворона	Черно-серая окраска перьев 	Белая окраска перьев 
Человек	Пять пальцев на руке 	Шесть пальцев на руке 

Классификация мутаций

Существует несколько вариантов классификации мутаций. По характеру проявления признака в гетерозиготе мутации разделяют на *доминантные* (проявляются в гетерозиготе) и *рецессивные* (не проявляются в гетерозиготе). По локализации в клетке различают *ядерные* (затрагивают гены, находящиеся в ядре клетки) и *цитоплазматические* (затрагивают гены, расположенные в цитоплазматических структурах — митохондриях и пластидах) мутации. В зависимости от причины возникновения выделяют *спонтанные* (причина возникновения не установлена) и *индуцированные* (причиной возникновения является действие установленного фактора — физического, химического или биологического) мутации.

Важно также то, в каких именно клетках возникают мутации. Если они возникают в соматических клетках — *соматические* мутации, то могут передаваться потомкам только при вегетативном размножении. Если же они возникают в гаметах — *генеративные* мутации, то могут передаваться потомкам в ходе обычного полового размножения.

Генные, хромосомные и геномные мутации

Одна из наиболее распространенных классификаций мутаций основана на уровне организации наследственного материала, на котором происходит мутация. Если мутация изменяет только один ген (замена, потеря или добавление пары нуклеотидов), это является примером **генной** мутации. В случае, когда затрагивается комплекс генов на хромосоме (замена, потеря, добавление или изменение местоположения участка хромосомы), это является примером **хромосомной** мутации. А когда изменения происходят на уровне генома (изменение числа отдельных хромосом или целого хромосомного набора), это является примером **геномной** мутации.

К геномным мутациям относятся полиплоидия и гетероплоидия (анеуплоидия). **Полиплоидия** — увеличение числа хромосом путем добавления целых хромосомных наборов из-за нарушений мейоза.

Гетероплоидия — это изменение числа хромосом, не кратное гаплоидному набору. Явление, когда какая-либо из хромосом в генотипе имеет не две, а три гомологичные хромосомы, называется трисомией. Случается и потеря одной из гомологичных хромосом — моносомия.

Мутагенные факторы

Факторы, которые способны вызывать мутационный эффект, называют **мутагенными**. Установлено, что любые факторы внешней и внутренней среды, которые могут нарушить гомеостаз, способны


Физические


Химические


Биологические

Рис. 34.2. Мутагенные факторы

вызывать мутации. Традиционно их делят на физические (рентгеновское и другие излучения, ультразвук, температура и т. д.), химические (химические вещества) и биологические (вирусы, токсины) (рис. 34.2).

Значительную мутагенную угрозу для человека представляют вредные привычки. И курение, и алкоголь, и наркотики являются достаточно сильными мутагенными факторами. Они приводят к повышению риска возникновения мутаций у потомков.

Мутагенные факторы широко применяют в селекционной практике с целью получения новых сортов растений и пород животных.

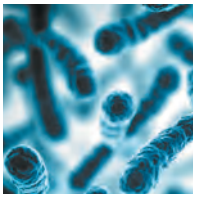


Мутации меняют генотип особи. Они возникают случайно и изменяют ДНК организма. Существует несколько вариантов классификации мутаций. По уровню организации наследственного материала, который повреждается, различают генные, хромосомные и геномные мутации. Мутации вызываются действием мутагенных факторов — физических, химических или биологических. Значительную мутагенную угрозу для человека представляют курение, употребление алкоголя и наркотических веществ.

Проверьте свои знания

1. Что такое мутация? 2. Приведите примеры мутаций. 3. Какие существуют типы мутаций? 4. Какие факторы являются мутагенными? 5. У мужчин гаметы образуются в течение всей жизни после периода полового созревания. У женщин они формируются во время эмбрионального развития. Каким образом это может влиять на риск появления мутаций у потомков в случае, когда возраст родителей превышает 40–45 лет? 6*. Объясните, в чем заключается риск для потомства, если человек употребляет наркотические вещества. 7*. Предложите и обоснуйте меры защиты от воздействия мутагенных факторов.

35 Наследственные заболевания человека. Генетическое консультирование



В предыдущем параграфе вы ознакомились с мутационной изменчивостью. Какие типы мутаций вам известны? Какие факторы называют мутагенными? Какие мутагенные факторы представляют угрозу для человека?

Генетика человека и наследственные заболевания

Генетика человека изучает наследственность и изменчивость в популяциях человека, особенности наследования нормальных и патологических признаков, зависимость заболевания от генетической предрасположенности и факторов среды.

Очень важной задачей генетики человека является выяснение механизмов возникновения наследственных заболеваний. Это трудная работа, но в отдельных случаях генетики уже достигли значительных успехов. Как и у других живых организмов, генетические нарушения у человека могут происходить на разных уровнях организации наследственного материала. Соответственно, встречаются геномные, хромосомные и генные заболевания.

Геномные и хромосомные заболевания человека

Геномные и хромосомные заболевания человека обычно очень тяжелы и редко бывают совместимы с жизнью. Так, в случае образования триплоидной зиготы зародыш погибает на ранних стадиях развития. Изменения числа хромосом в отдельных парах (трисомии и моносомии) также известны. Однако в большинстве случаев зародыши с такими нарушениями тоже погибают.

Существует только несколько исключений. Так, до рождения доживают младенцы с трисомиями по 13-й (синдром Патау), 18-й (синдром Эдвардса) и 21-й (синдром Дауна) хромосомам. Однако больные с синдромами Патау и Эдвардса имеют серьезные аномалии развития различных систем организма, и живут они очень недолго. Больные с синдромом Дауна (рис. 35.1) живут дольше, но имеют проблемы со здоровьем.

Примером хромосомного заболевания у человека является синдром Лежена, который возникает из-за потери фрагмента хромосомы 5. Его еще называют синдромом кошачьего крика, так как плач детей с этим синдромом напоминает этот звук.

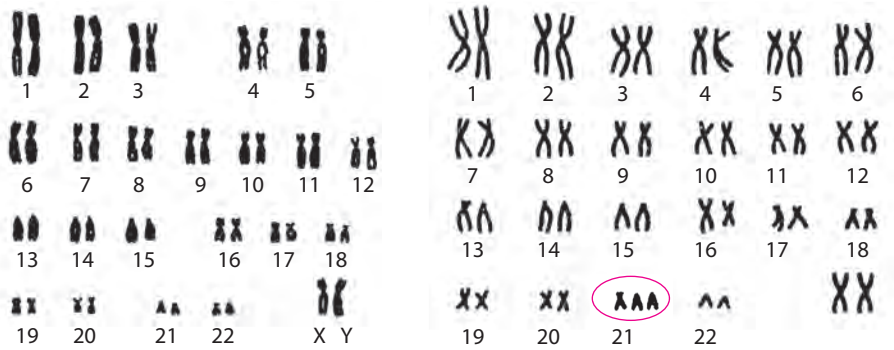


Рис. 35.1. Хромосомы здорового человека и человека с синдромом Дауна. Три экземпляра хромосомы 21 обведены красным

Хромосомными заболеваниями могут быть и синдромы Патау, Эдвардса и Дауна (рис. 35.2). В некоторых случаях они возникают не вследствие полной трисомии, а из-за переноса короткого плеча определенной хромосомы на какую-либо другую хромосому.

Чаще, чем по аутосомам, встречаются нарушения по числу половых хромосом. Генотипы *XYY* и *XXX* особых внешних проявлений не вызывают, но при дальнейшем увеличении числа половых хромосом проблемы возникают.

Наследственными заболеваниями являются синдром Клайнфельтера (генотип *XXY*) (рис. 35.2) и синдром Шерешевского — Тернера (в геноме есть только одна *X*-хромосома).



Рис. 35.2. Человек с синдромом Дауна может вести нормальную жизнь

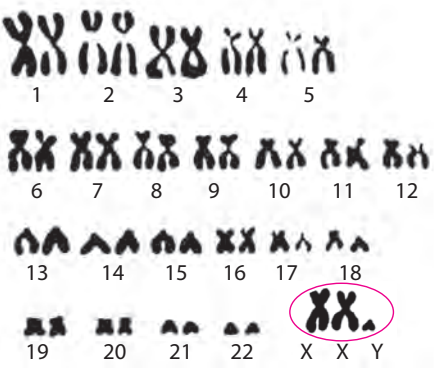


Рис. 35.3. Хромосомы человека с синдромом Клайнфельтера

Генные заболевания человека

С помощью современных методов исследований открыто уже около 5000 молекулярных заболеваний, являющихся следствием проявления мутантных генов. Некоторые из таких заболеваний пока лечить не удается, но для некоторых способы лечения найдены.

Примеры генных заболеваний человека

Заболевания	Сведения о заболеваниях
Муковисцидоз	Возникает из-за повреждения гена, расположенного на хромосоме 7. Приводит к загустению секретов желез внешней секреции. Приводит к серьезным нарушениям в работе пищеварительной и дыхательной систем
Фенилкетонурия	Возникает из-за повреждения гена, расположенного на хромосоме 12. Приводит к невозможности переработки аминокислоты фенилаланина. При отсутствии лечения приводит к поражению нервной системы
Дальтонизм	Возникает из-за повреждения одного из трех генов, отвечающих за синтез белка опсина, который воспринимает соответствующий цвет. Ген синего опсина расположен на хромосоме 7, а гены красного и зеленого — на *X*-хромосоме. Приводит к невозможности восприятия соответствующего цвета
Гемофилия	Возникает из-за повреждения одного из генов, отвечающих за процесс свертывания крови. Эти гены расположены на Х-хромосоме. Приводит к нарушению свертывания крови

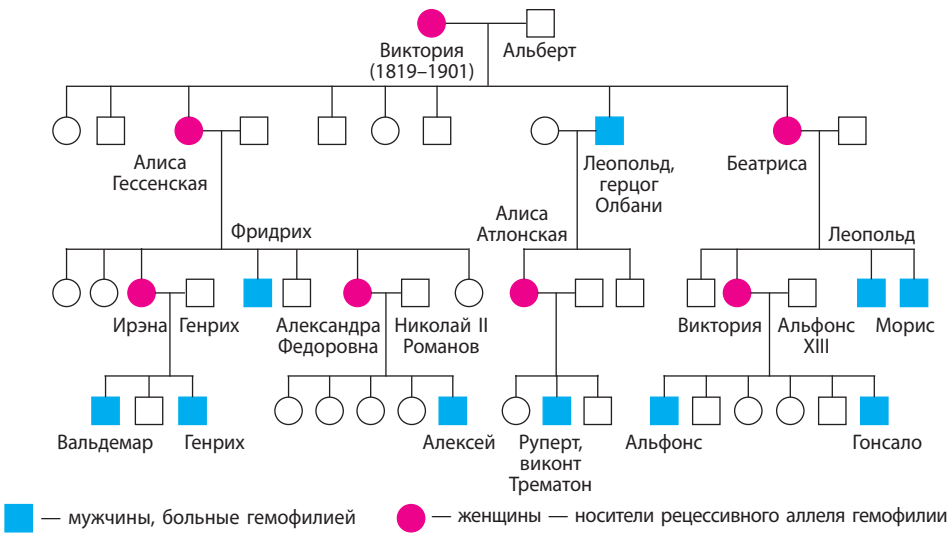


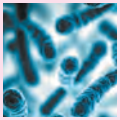
Рис. 35.4. Родословная потомков королевы Виктории

Гемофилия является примером сцепленного с полом генного заболевания. Она стала хорошо известной после того, как было установлено наследование этой болезни у потомков английской королевы Виктории (рис. 35.4). Сама королева гемофилией не болела, но от одного из своих родителей получила *X*-хромосому с дефектным вариантом соответствующего гена.

Генетическое консультирование

Сейчас известны сотни заболеваний, для которых достаточно подробно изучены механизмы биохимических нарушений. Однако наследственные заболевания человека гораздо проще предупредить, чем вылечить. Поэтому для их профилактики создана система генетического консультирования. В генетических консультациях можно проанализировать родословные родителей и рассчитать риск рождения ребенка с наследственным заболеванием.

Можно сделать анализы и выявить заболевания зародыша еще в теле матери. Очень важно обследование новорожденных. С помощью несложного теста можно на ранней стадии выявить заболевание фенилкетонурию. Это позволяет предупредить развитие данного заболевания путем перевода ребенка на особую диету. Очень перспективным является также использование молекулярно-генетических методов диагностики наследственных заболеваний.



У человека встречаются такие наследственные заболевания, связанные с изменением числа хромосом, как синдромы Патау, Эдвардса, Дауна, Клайнфельтера. Существуют также генные заболевания, вызванные повреждением отдельных генов. Это фенилкетонурия, муковисцидоз, дальтонизм, гемофилия и др. Для предупреждения наследственных заболеваний создана система генетического консультирования.

Проверьте свои знания

1. Что изучает генетика человека? 2. Какие геномные и хромосомные заболевания встречаются у человека? 3. Какие генные заболевания встречаются у человека? 4. Для чего необходимо генетическое консультирование? 5. Как можно уменьшить риск возникновения наследственных заболеваний у человека? 6*. Почему нарушение числа половых хромосом приводит к менее негативным последствиям, чем нарушение числа аутосом? 7*. Какие трудности могут возникать при генетических исследованиях человека по сравнению с обычными модельными объектами генетики, как, например, дрозофила?

36 Методы генетических исследований. Современные методы молекулярной генетики



Изучая эту тему, вы ознакомились с основными закономерностями наследования и изменчивости живых организмов. Вспомните, какие вещества и структуры являются материальной основой наследственности. Как работают механизмы защиты ДНК от повреждений?

Преимущества современных молекулярно-генетических методов

Молекулярно-генетические методы имеют дело в основном с молекулами ДНК и белков. Эти молекулы не так изменчивы, как морфологические признаки. Кроме того, изменчивость морфологических признаков может быть интерпретирована значительно шире. Например, можно спорить, какой из морфологических признаков является более важным — форма уха или длина рогов. А вот с важностью рибосомальной РНК споров не возникает.

Сравнивая ДНК и белки различных организмов, можно воспроизводить их эволюцию в прошлом, даже если не осталось ископаемых остатков для исследований.

Разнообразие современных молекулярно-генетических методов

Современные молекулярно-генетические методы можно условно разделить на несколько групп. Это методы выделения и очистки биологических молекул, методы амплификации (копирования) ДНК, методы гибридизации, анализ данных и моделирование. Обычно все методы исследований используются в комплексе.

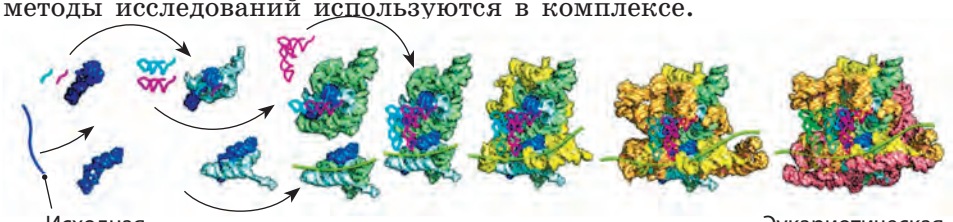


Рис. 36.1. Модель эволюции рибосомы

Некоторые группы методов молекулярно-генетических исследований

Группа методов	Особенности	Что дают в результате
Методы выделения и очистки ДНК	Заключаются в выделении хотя бы небольшого количества материала, содержащего ДНК	Позволяют выделять ДНК из небольших фрагментов организмов или очень древних костей
Методы амплификации (копирования) ДНК	Многократно копируют молекулы ДНК или их фрагменты, используя обычные механизмы репликации. Основой таких методов обычно является полимеразная цепная реакция	Позволяют из очень незначительного количества ДНК получить достаточно материала для анализа
Методы гибридизации	С помощью специальных молекул-зондов распознают определенные молекулы ДНК. Используют свойство цепей ДНК образовывать двойные цепочки с молекулами, которые имеют комплементарные последовательности нуклеотидов	Позволяют распознавать присутствие в образцах ДНК определенных нуклеотидных последовательностей
Анализ данных и моделирование	Создают базы данных о последовательностях ДНК разных видов и анализируют информацию с помощью специальных компьютерных программ	Создают модели, по которым проверяются гипотезы относительно эволюционных связей организмов



Современные молекулярно-генетические методы имеют существенные преимущества перед традиционными методами исследований. Они предоставляют намного бóльшие возможности для исследований и повышения надежности результатов. К таким методам относятся методы выделения нужных молекул из образцов тканей, методы амплификации ДНК, методы гибридизации, анализ информации и т. д.

Проверьте свои знания

1. Что изучает генетика? 2. Какие методы исследований использует генетика? 3. В чем заключается генеалогический метод исследований? Что он позволяет определить? 4. В чем заключается гибридологический метод исследований? Что он позволяет определить? 5. Какие молекулярно-генетические методы исследований существуют? 6. Для чего нужны методы амплификации ДНК? 7. Какими преимуществами обладают современные методы исследований по сравнению с классическими? 8*. Почему молекулярные методы диагностики важны для современной генетики человека?

Обобщающие задания к теме «Закономерности наследования признаков»

Ознакомьтесь с условиями задания 1 и ответьте на вопросы 1–3. В каждом задании только один правильный ответ.

Задание 1

У растения окраска лепестков кодируется одним геном. Доминантный аллель *A* обеспечивает красную окраску лепестков, а рецессивный *a* — белую. Доминирование неполное, и гетерозиготные растения имеют розовую окраску лепестков. Скрестили два растения, одно из которых — с красными лепестками, а второе — с белыми.

1 Среди гибридов первого поколения:

а) все — с белыми лепестками
б) все — с красными лепестками
в) все — с розовыми лепестками
г) 50 % — с белыми лепестками, а 50 % — с красными

2 Среди гибридов второго поколения:

а) все — с розовыми лепестками
б) 50 % — с красными лепестками, а 50 % — с розовыми
в) 25 % — с розовыми лепестками, 50 % — с красными, 25 % — с белыми
г) 25 % — с белыми лепестками, 50 % — с розовыми, 25 % — с красными

3 Если гибриды первого поколения скрестить с особями с генотипом *aa*, то среди их потомков:

а) все — с розовыми лепестками
б) 50 % — с будут красными лепестками, а 50 % — с розовыми
в) 50 % — с белыми лепестками, а 50 % — с розовыми
г) 50 % — с красными лепестками, а 50 % — с белыми

Ознакомьтесь с условиями задания 2 и ответьте на вопросы 4–6. В каждом задании только один правильный ответ.

Задание 2

У растения один ген определяет высоту растения (доминантный аллель *A* — высокое растение, рецессивный аллель *a* — карликовое растение), а второй ген — окраску плодов (доминантный аллель *B* — красные плоды, рецессивный аллель *b* — желтые плоды). В обоих слу-

чаях доминирование полное. Скрестили два растения, одно из которых имеет генотип *AAbb*, а второе — генотип *aaBB*.

4 **Среди гибридов первого поколения все будут:**

а) высокими с красными плодами
б) карликовыми с желтыми плодами
в) высокими с желтыми плодами
г) карликовыми с красными плодами

5 **Среди гибридов второго поколения карликовые растения с желтыми плодами будут составлять:**

а) 9/16 **б)** 8/16 **в)** 3/16 **г)** 1/16

6 **Если гибриды первого поколения от этого скрещивания скрестить с особями с генотипом aabb, то среди их потомков высокие растения с желтыми плодами будут составлять:**

а) 1/2 **б)** 1/4 **в)** 3/16 **г)** 1/16

В заданиях 7–11 выберите один правильный ответ.

7 **Свойство организма изменять свою организацию, а также приобретать новые признаки в процессе развития — это:**

а) фенотип б) изменчивость в) генотип г) наследственность

8 **Г. Мендель сформулировал свои законы, проведя опыты:**

а) с кукурузой
б) с дрозофилой
в) с рожью
г) с горохом

9 **Особь с генотипом *AaBb* образует гаметы:**

а) только *AB*
б) *AB* и *ab*
в) *AB*, *ab* и *Ab*
г) *AB*, *ab*, *Ab* и *aB*

10 **У дрозофилы в соматических клетках имеется по четыре пары хромосом. Поэтому число групп сцепления у дрозофилы равно:**

а) 2 **б)** 4 **в)** 8 **г)** 16

11 **Наименьшее число генов у человека содержит**

а) *Y*-хромосома
б) *X*-хромосома
в) хромосома 21-й пары
г) хромосома 22-й пары

12 **Объясните, какое значение имеют знания о наследственности и изменчивости в жизни человека.**

Проверьте свои знания по теме «Закономерности наследования признаков».



Тема 6

Эволюция органического мира

37 Развитие эволюционных взглядов. Доказательства эволюции



Вспомните основные группы растений и животных, которые вы изучали в предыдущих классах. Существует ли связь между особенностями строения и жизнедеятельности этих организмов? Какие из них представлены наибольшим количеством видов?

Развитие взглядов на происхождение видов

Вопрос о происхождении видов живых организмов всегда интересовал людей. Сначала его пытались решить в рамках религиозных взглядов. Но с формированием научной системы знаний было предложено несколько теорий, объясняющих это явление.

Автором первой научной теории, объясняющей происхождение различных видов живых организмов, стал Ж.-Б. Ламарк. Но в его теории было довольно много недостатков. Теория Дарвина была создана позже, и она была обоснована намного лучше.



Рис. 37.1. Жан-Батист Ламарк (1744–1829)

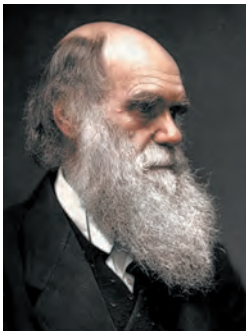


Рис. 37.2. Чарльз Дарвин (1809–1882)

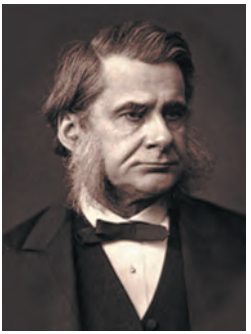


Рис. 37.3. Томас Гексли (1825–1895)



Рис. 37.4. Джей Стивен Гулд (1941–2002)

Исторические этапы развития эволюционных представлений

Период	Ученые, работавшие в этот период	События в науке
Древние времена — эпоха средневековья	Демокрит, Гераклит, Лукреций	Появление первых эволюционных взглядов, идей о возможности эволюционных процессов
1500–1800	К. Линней, К. Вольф, П. Паллас, Ж. Бюффон	Накопление материалов о разнообразии живых организмов. Формирование современной науки. Создание современной систематики
1800–1858	Ж.-Б. Ламарк (рис. 37.1), Ж. Кювье, Э. Дарвин, Ж. Сент-Илер	Создание первых научных эволюционных теорий. Активные дискуссии креационистов и эволюционистов
1859–1940	Ч. Дарвин (рис. 37.2), А. Уоллес, Т. Гексли (рис. 37.3), Г. Мендель, Г. де Фриз, Н. Вавилов	Период становления и развития классического дарвинизма. Эволюция, по Дарвину, состоит в непрерывных приспособительных (адаптационных) изменениях видов. Открытие и переоткрытие законов менделевской генетики
1940 — настоящее время	С. Четвериков, Ф. Добжанский, Дж. Холдейн, Н. Тимофеев-Ресовский, Р. Фишер, Дж. Гулд (рис. 37.4)	Создание и развитие синтетической теории эволюции, развитие молекулярной биологии, изучение жизнедеятельности организмов на молекулярном и субклеточном уровнях, множество новых палеонтологических находок

Процесс эволюции и эволюционные теории

Говоря об эволюционных теориях, следует помнить один важный момент. Эволюция и эволюционная теория не являются тождественными понятиями. **Эволюция** — это процесс изменения живых организмов, приводящий к появлению их новых форм. И этот процесс мы можем наблюдать и воспроизводить в экспериментах.

Эволюционная теория — это объяснение механизмов данного процесса. Так, теория Ж.-Б. Ламарка объясняла эволюционные изменения внутренним стремлением организмов к прогрессу. А по теории Дарвина, причиной этих изменений был естественный отбор. Обе теории объясняли реальные факты изменений живых организмов, но разными способами.

Палеонтологические доказательства эволюции

Палеонтология — это наука, изучающая вымершие организмы, которые когда-то жили на нашей планете. За триста лет своего существования она подробно изучила историю жизни предыдущих эпох.

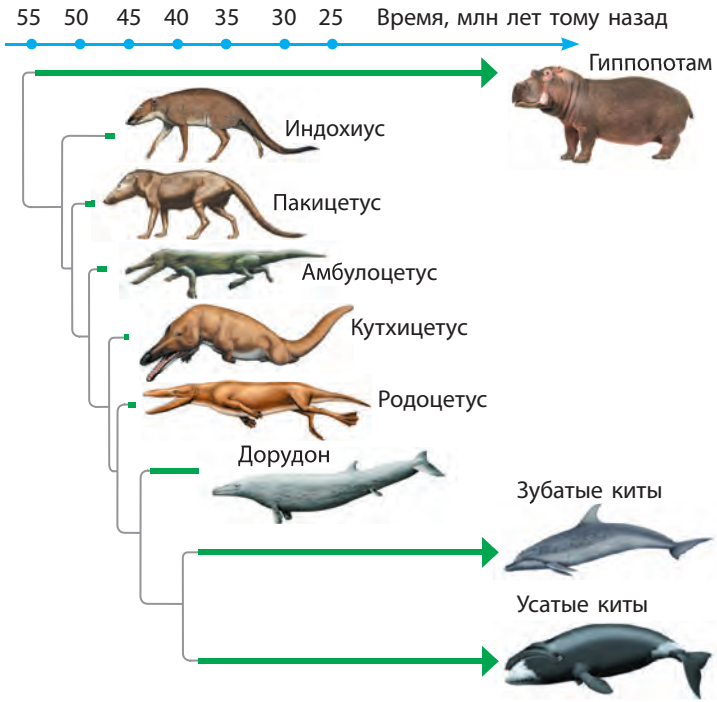


Рис. 37.5. Эволюция китообразных по данным палеонтологии

Сначала удалось установить последовательность развития жизни, а затем и время, когда происходили эти события.

Все данные палеонтологии свидетельствуют, что чем древнее геологические породы, тем более примитивные останки организмов в них обнаруживаются. То есть со временем живые организмы на нашей планете усложнялись. Палеонтологам удалось проследить эволюционное развитие всех основных групп живых организмов (рис. 37.5).

Молекулярно-генетические доказательства эволюции

Появление современных молекулярно-генетических методов позволило проследить эволюционные события, которые не оставили следов в палеонтологической летописи. Органические молекулы не сохраняются в ископаемом виде длительное время, но они воспроизводятся в живых организмах. Таким образом информация о прошедших событиях сохраняется в живых клетках.

Для выявления этой информации берут разные организмы и сравнивают молекулы, которые они синтезируют (нуклеиновые кислоты и белки). Оценив степень различий и сходства, можно выяснить, как

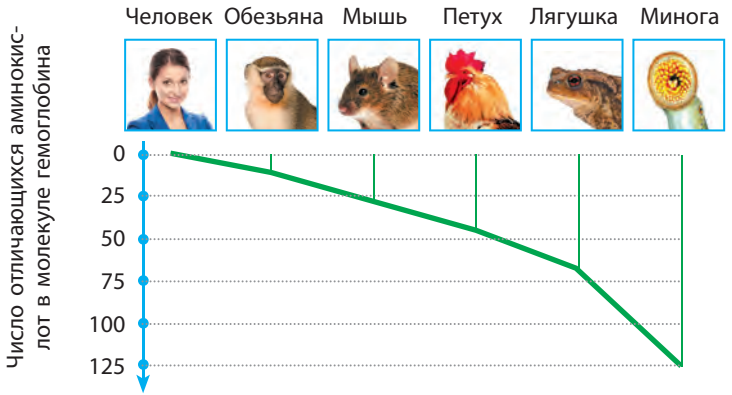


Рис. 37.6. Дендрограмма эволюционных связей человека, построенная на основе анализа молекул гемоглобина

выглядели молекулы общего предка этих организмов. Также можно построить дендрограмму — схему, отражающую родственные связи организмов и время существования их общего предка (рис. 37.6).

Кроме молекулярно-генетических и палеонтологических доказательств эволюции, существуют и другие. Это анатомо-морфологические и эмбриологические (сходство строения и индивидуального развития организмов в пределах одной систематической группы). А единство химического состава и основных процессов обмена веществ в клетках является прекрасным биохимическим доказательством.



Эволюция — это объективный процесс, который мы наблюдаем в природе и можем воспроизвести в эксперименте. Эволюционные теории предлагают объяснения для механизмов этого процесса. Существует много палеонтологических и молекулярно-генетических доказательств эволюции. Результатом эволюционных процессов стало разнообразие современных живых организмов.

Проверьте свои знания

1. В чем разница между эволюцией и эволюционной теорией? 2. Приведите примеры палеонтологических доказательств эволюции. 3. Приведите примеры молекулярно-генетических доказательств эволюции. 4*. Найдите следы эволюционных изменений в вашем организме. 5*. Предложите объяснение того, что до сих пор значительная часть видов живых организмов не описана учеными.

38 Популяции живых организмов



Вспомните, какие группы живых организмов вы изучили в курсе биологии. Чем они между собой отличаются? В каких средах живут эти организмы? Каким образом они питаются?

Популяции и их характеристики

Популяция — это совокупность особей одного вида, которые на протяжении многих поколений воспроизводят себя, длительное время занимают определенную территорию, функционируя и развиваясь в одном или нескольких сообществах живых организмов.

Каждой популяции свойственны определенные характеристики, с помощью которых можно определить ее состояние. Это плотность, соотношение особей по возрасту и полу, характер распределения в пределах местообитания, тип роста и другие.

Численность и плотность популяции

Численность популяции — это общее количество особей, относящихся к одной популяции, на определенной территории. Для популяций мелких организмов (особенно водных) численность рассчитывают на определенный объем (воды, почвы, воздуха). Численность популяции со временем может меняться.

Если считать не общее количество особей, а среднее количество на единицу площади или объема, то можно определить плотность популяции. Например, если численность популяции ящериц на острове площадью 12,8 гектара составляет 256 особей, то плотность этой популяции — 20 особей на гектар.

Половая и возрастная структуры популяции

Соотношение мужского и женского полов в популяции имеет важное экологическое значение. Оно непосредственно связано с потенциалом ее размножения. Соотношение полов определяется как отношение количества самцов к количеству самок или количества самцов к общей численности самцов и самок.

Очень важным показателем для популяции является ее возрастная структура. Это соотношение численности особей из разных возрастных

классов и поколений. Популяция не обязательно должна состоять из особей разного возраста. Например, в популяциях однолетних растений все особи одного возраста.

Половая и возрастная структуры популяции отражают ее способность к размножению (рис. 38.1). Например, если в популяции преобладают старые особи или очень мало самок, численность популяции не будет расти быстро.

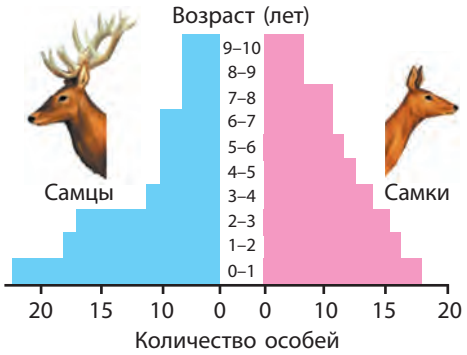


Рис. 38.1. Возрастная и половая структуры одной из популяций оленей

Популяция как единица эволюции

Популяции являются теми компонентами, из которых составляются виды живых организмов. Совокупность генов всех особей популяции составляет ее **генофонд**. Когда некий фактор вызывает гибель части особей, то меняется соотношение различных генных вариантов в генофонде популяции. А изменение генофонда со временем может привести к эволюционным изменениям. Именно поэтому популяции, а не отдельные организмы являются участниками эволюционного процесса и элементарными единицами эволюции.



Популяция — это совокупность особей одного вида, которые на протяжении многих поколений воспроизводят себя и длительное время занимают определенную территорию. Популяции описываются рядом характеристик, по которым можно оценивать их состояние: плотность, соотношение особей по возрасту и полу, распределение в пределах местообитания и др.

Проверьте свои знания

1. Что такое популяция? 2. Что такое: а) половая структура популяции; б) возрастная структура популяции? 3. Всегда ли животные из популяции, населяющей определенную территорию, будут распределены по этой территории равномерно? Объясните на конкретных примерах. 4*. Почему популяцию можно считать элементарной единицей эволюции? Объясните на конкретном примере.

39 Эволюционные факторы. Естественный отбор



В предыдущем параграфе вы узнали о популяции и ее структуре. Почему популяцию считают элементарной единицей эволюции? Что такое генофонд популяции? Может ли он меняться?

Эволюционные факторы

Эволюционные факторы — это явления и процессы, которые изменяют генофонд популяции. Изменения в популяционном генофонде со временем могут накапливаться, отчего особи в популяции начинают все больше отличаться от своих предков. Так и происходит эволюция. Существует несколько факторов эволюции.

Эволюционные факторы

Фактор	Описание фактора	Пример действия
Мутации (мутационный процесс)	Естественный процесс постоянных изменений наследственной информации в результате действия мутагенных факторов	У предков человека в результате мутации две хромосомы объединились в одну. Поэтому у человека 23 пары хромосом, а у шимпанзе, как и у нашего общего предка, — 24 пары
Популяционные волны (волны жизни)	Колебания численности природных популяций, происходящие постоянно под действием климатических, биологических или других факторов	Периодически происходит интенсивное размножение насекомых (например, вспышки численности саранчи). При этом животные могут распространяться далеко за пределы своих обычных местообитаний
Дрейф генов	Изменение частоты аллелей определенных генов из-за случайных процессов, например, извержения вулкана, наводнения или расселения небольшой группы особей на новой территории (рис. 39.1)	Когда люди попали на американский континент, среди первопроходцев случайно не оказалось людей с геном, отвечающим за формирование III и IV групп крови. Поэтому до прибытия европейцев у коренных жителей Америки были только I или II группы крови
Изоляция	Разделение популяций одного вида из-за возникновения между ними каких-либо барьеров (физических или экологических)	Популяции, обитающие на островах, часто не могли контактировать с материковыми популяциями и постепенно образовывали новые виды, как вьюрки на Галапагосских островах

Окончание таблицы

Фактор	Описание фактора	Пример действия
Миграция	Перемещение особей из одной популяции в другую или на новые территории	Рыба-игла из Черного моря мигрировала в р. Днепр, а оттуда по каналу Днепр — Донбасс попала в р. Северский Донец
Естественный отбор	Дифференцированное выживание особей, наиболее приспособленных к определенным условиям существования	Когда больные используют антибиотики, выживают только те бактерии, которые имеют к ним устойчивость

Стабилизирующий отбор

Выделяют три основные вида естественного отбора: дизруптивный (разрывающий), движущий (направленный) и стабилизирующий (рис. 39.2).

Стабилизирующий отбор поддерживает признаки в неизменном состоянии. Он действует тогда, когда наиболее выгодным является среднее значение какого-то признака. Это происходит, когда среда обитания практически не меняется и организмы к ней хорошо приспособлены.

Так, представители ракообразных щитни остаются неизменными со времен мезозоя. У них короткий срок жизни, и живут они в лужах. Условия жизни в лужах и сейчас, и во времена динозавров одинаковы. А период пересыхания луж щитни переживают на стадии яйца, которое у них очень устойчиво к любым внешним воздействиям.



Рис. 39.1. Иллюстрация действия дрейфа генов (эффекта основателя) на генофонд популяции

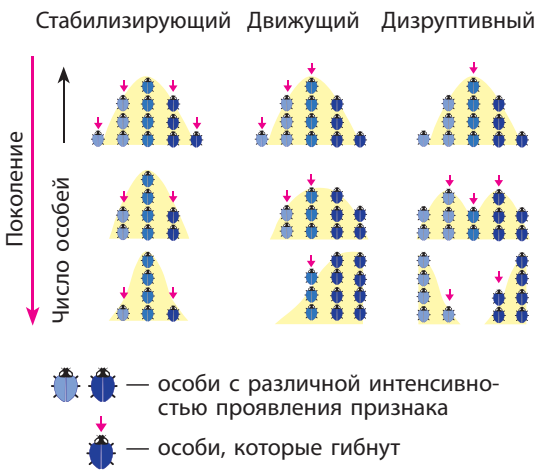


Рис. 39.2. Виды естественного отбора

Движущий отбор

Движущий (направленный) отбор способствует изменению признака в определенном направлении. Так, насекомые, ящерицы и ряд других видов, которые прячутся среди листьев растений, имеют зеленый или бурый цвет, а обитатели пустынь — цвет песка. А у бабочек, обитавших в Англии в XIX столетии, движущий отбор привел к преимущественному выживанию особей с темной окраской. Это произошло потому, что развитие промышленности привело к загрязнению стволов деревьев угольной пылью и копотью. В результате стволы потемнели, и на их фоне хищники меньше замечали темных бабочек.

У хищников защитная окраска закрепилась потому, что ее владелец мог незаметно подкрасться к добыче, а у жертвы она является следствием того, что ее обладатель становится менее заметным для хищников. Те особи, у которых не было защитной окраски в качестве приспособления к условиям обитания, погибали и не оставляли потомков.

Дизруптивный отбор

Дизруптивный (разрывающий) отбор происходит тогда, когда преимущества имеют животные, признаки которых отклоняются от средних в ту или иную сторону. Например, среди насекомых, населяющих небольшие океанические островки, большинство видов или очень хорошо летают, или вообще не имеют крыльев. Такая ситуация сложилась из-за сильных ветров, которые могут сдуть насекомых в океан. Для того чтобы этого не произошло, следует либо очень хорошо летать, либо не летать вообще.

Ярким примером дизруптивного отбора является ситуация с разделением предков человека и шимпанзе. Общий предок этих видов жил в Африке примерно 8 млн лет назад. Он лазил по деревьям, но мог передвигаться и по земле. Поэтому он смог заселить и небольшие лесные массивы, расположенные на границе саванны. Он обитал на деревьях, а между лесными массивами передвигался пешком.

После очередного цикла похолодания площадь лесов на планете уменьшилась, размеры лесных массивов на границе саванны сократились, а расстояния между ними увеличились. Поэтому передвигаться пешком нужно было уже гораздо дальше. В таких условиях преимущество получали особи, которые или лучше ходили и жили преимущественно в саванне, или же обитали в глубине леса и передвигались по деревьям.

Дизруптивный отбор привел к тому, что особи, оставшиеся в лесу, стали предками шимпанзе, а особи, вышедшие в саванну, стали предками человека.



Рис. 39.3. Примеры полового диморфизма

Половой отбор

В качестве одной из форм отбора рассматривают также **половой** отбор, который влияет на признаки только одного пола. К такому отбору приводит соперничество между особями одного пола за право вступить в размножение с особями другого пола.

Эта форма отбора способствует появлению полового диморфизма, при котором особи одного вида, но разного пола существенно различаются между собой по внешнему виду. Половой диморфизм явно выражен на примере таких видов, как олени, куры и некоторые насекомые (рис. 39.3).



Элементарными факторами эволюции являются мутации (мутационный процесс), популяционные волны (волны жизни), дрейф генов, изоляция, миграция и естественный отбор. Выделяют такие виды естественного отбора, как стабилизирующий, движущий, дизруптивный, половой. Только естественный отбор является направленным фактором. Все остальные факторы эволюции являются ненаправленными.

Проверьте свои знания

1. Что такое факторы эволюции? 2. На конкретном примере объясните, что такое популяционные волны. 3. На конкретном примере объясните, что такое мутационный процесс. 4. На конкретном примере объясните, что такое миграция. 5. Почему дрейф генов является ненаправленным фактором эволюции? 6. Какие существуют формы естественного отбора? 7. На конкретных примерах объясните действие полового отбора. 8. При каких условиях происходит стабилизирующий отбор? 9. При каких условиях происходит дизруптивный отбор? 10*. Почему утверждение, что в ходе естественного отбора выживает сильнейший, является грубой ошибкой?

40 Вид. Критерии вида. Механизмы видообразования



Вспомните факторы эволюции, с которыми вы ознакомились. Назовите их. Почему эти факторы действуют именно на популяции? Что такое естественный отбор и чем он отличается от других эволюционных факторов?

Вид

Эволюционные процессы, которые происходят на уровне популяций и ведут к образованию нового вида, называют **микроэволюцией**.

Конечным результатом микроэволюции является формирование нового вида. **Вид** — это совокупность популяций особей, сходных между собой по строению, функциям, месту в природных сообществах, населяющих определенный ареал и свободно скрещивающихся между собой.

В природе встречаются виды-двойники, которые очень похожи друг на друга по внешнему строению. Поэтому, чтобы не ошибиться, для определения вида используют не какой-либо один признак, а целый комплекс критериев вида.

Критерии вида

Критерий	Что характеризует
Морфологический	Сходство внешнего и внутреннего строения организмов одного вида
Генетический	Число и структуру хромосом вида, то есть его кариотип. Каждый вид имеет четко определенный набор хромосом
Физиологический	Сходство процессов жизнедеятельности и возможность скрещивания
Биохимический	Возможность различать виды по биохимическим параметрам (строению белков и нуклеиновых кислот)
Географический	Зону распространения вида (ареал). Существуют виды с разорванным ареалом и виды с очень обширным ареалом
Экологический	Условия обитания вида, его место в биоценозе, взаимоотношения с другими видами

Способы видообразования

Существует несколько способов образования нового вида. Важнейшим условием образования вида является изоляция его отдельных популяций. Классификация способов видообразования построена именно на способах изоляции между разными популяциями вида.

Способы и механизмы видообразования

Способ видообразования	Механизмы видообразования
Географическое (аллопатрическое)	Новые формы организмов возникают вследствие разрыва ареала и изоляции отдельных популяций. В каждой изолированной популяции из-за дрейфа генов и отбора меняется генофонд. Далее наступает репродуктивная изоляция (невозможность скрещивания особей), что ведет к образованию новых видов. Причинами разрыва ареала могут быть горообразование, ледники, появление рек и другие геологические процессы
Экологическое (симпатрическое)	Новые формы организмов занимают разные экологические ниши в пределах одного ареала. Изоляция происходит вследствие несоответствия времени и места скрещиваний, поведения животных, потребления различной пищи, приспособления к различным способам опыления у растений и т. д.
Гибридизация	Новая форма организмов образуется при скрещивании двух видов. Примером такого видообразования является слива (гибрид терна и алычи)
Полиплоидия	Новая форма организмов образуется из старой путем полиплоидизации (кратного увеличения числа хромосом). Этот способ видообразования распространен у растений



Разные виды организмов различают с помощью специальных критериев вида. Новые виды организмов могут образовываться разными способами: географическим, экологическим, гибридизацией, полиплоидизацией или движущим отбором.

Проверьте свои знания

1. Какие существуют способы видообразования? 2. Могут ли образовываться новые виды путем скрещивания? 3. По каким критериям можно распознать виды-двойники? 4*. Разновидностью какого видообразования — симпатрического или аллопатрического — можно считать видообразование путем полиплоидизации?

41 Адаптации. Основные положения современной теории эволюции



В предыдущих классах вы ознакомились с особенностями строения и жизнедеятельности многих групп живых организмов. Вспомните, существует ли связь между особенностями строения и жизнедеятельности растений и животных.

Адаптация организмов к условиям среды

Адаптация — это приспособление живых организмов к определенным условиям среды обитания. Все адаптации являются результатом эволюционного процесса на основе естественного отбора. Адаптации могут возникать к различным факторам как живой, так и неживой природы. Но все они направлены на повышение устойчивости живых организмов.

Способы адаптации могут быть разными:

— морфологические адаптации (защитная окраска, колючки, толстая кутикула, волосяной покров, жировой слой и т. д.) (рис. 41.1);

— физиологические адаптации (устойчивость физиологических параметров: постоянная температура тела, содержание кислорода, углекислого газа, содержание сахара в крови и т. д.);

— биохимические адаптации (устойчивость биохимических процессов, выработки определенных ферментов);

— этологические адаптации (поведенческие реакции во избежание опасных ситуаций, например, страх змей и уход от контактов с ними из-за опасений ядовитых укусов).



Ящерица молох (строение кожи позволяет собирать и употреблять росу)



Саксаул (листья превращены в чешуйки)



Верблюд (жир в горбах — запас питательных веществ и воды)

Рис. 41.1. Морфологические адаптации к жизни в пустыне


Кашалот


Бегемот


Лось

Рис. 41.2. Дивергенция. Животные, которые происходят от общего предка

Конвергенция, дивергенция, параллелизм

Следствием адаптации организмов к условиям среды стали процессы конвергенции, дивергенции и параллелизма.

При попадании родственных видов в разные условия существования возникает явление **дивергенции**. Это процесс, в результате которого одни и те же органы у разных организмов внешне различаются, хотя и сохраняют схожие черты внутреннего строения (так называемые гомологичные органы). При дивергенции родственные виды становятся непохожими (как киты, бегемоты и лоси, которые происходят от общего предка) (рис. 41.2).

Когда далекие друг от друга систематические группы организмов начинают приспосабливаться к одинаковым условиям, возникает явление **конвергенции**. Это процесс формирования сходных признаков у далеких по родству групп организмов. Таким путем возникают так называемые аналогичные органы. В случае конвергенции виды становятся похожими (рис. 41.3).



Рис. 41.3. Конвергенция у водоплавающих и летающих организмов



Морж



Настоящие тюлени



Ушастые тюлени

Рис. 41.4. Животные, которые независимо приспособились к жизни в воде

Параллелизм возникает тогда, когда к подобным условиям приспосабливаются довольно близкие по происхождению виды. При внешнем и внутреннем сходстве такие организмы могут по-разному адаптироваться к условиям жизни. Примером параллелизма являются моржи, настоящие и ушастые тюлени. Эти три группы приспособились к жизни в воде независимо и несколько разными способами (рис. 41.4). Но все они являются представителями одного отряда.

Различия в приспособлении к обитанию в воде хорошо видны на примере настоящих и ушастых тюленей. Обе эти группы при переходе к водному образу жизни стали использовать для плавания конечности, которые превратились в ласты. Но ушастые тюлени движутся в воде в основном за счет передних конечностей, поэтому они у них очень большие. А задние конечности преимущественно выполняют функцию руля. Кроме того, задние конечности активно используются во время движения по земле. У настоящих тюленей наоборот, движение в воде главным образом обеспечивают задние конечности вместе с задней частью тела. Эти конечности не сгибаются и участия в передвижении по земле не принимают.

Современная эволюционная теория

Наиболее распространенной в наше время является синтетическая теория эволюции. Хотя существуют и другие теории, объясняющие механизмы процессов эволюции. Синтетическая теория эволюции сформировалась в 20–50 годах XX века при слиянии положений классического дарвинизма и генетики. Наиболее важными для формирования теории разделами генетики были теория мутаций и популяционная генетика.

Значительный вклад в разработку синтетической теории эволюции внесли ученые Дж. Холдейн, Р. Фишер, Ф. Добжанский, Н. Вавилов, С. Четвериков (рис. 41.5), А. Северцов, И. Шмальгаузен, Дж. Симпсон.



Джон Бёрдон Сандерсон Холдейн (1892–1964)



Феодосий Григорьевич Добжанский (1900–1975)



Сергей Сергеевич Четвериков (1880–1959)

Рис. 41.5. Некоторые из основателей синтетической теории эволюции

Основные положения синтетической теории эволюции:

— Материалом для эволюции являются наследственные изменения — мутации (как правило, генные) и их комбинации.

— Основным движущим фактором эволюции является естественный отбор, возникающий на основе борьбы за существование.

— Наименьшей единицей эволюции является популяция.

— Эволюция носит постепенный и длительный характер. Видообразование как этап эволюционного процесса является последовательной сменой одной популяции рядом следующих популяций.

— Эволюция носит ненаправленный характер, то есть не идет в направлении любой конечной цели.

— Эволюция является необратимым процессом.



Адаптация — это приспособление живых организмов к определенным условиям среды обитания. Следствием адаптации организмов к условиям среды стали процессы конвергенции, дивергенции и параллелизма. В современной биологии наиболее разработанной является синтетическая теория эволюции, объединяющая идеи классической теории эволюции, предложенные Чарльзом Дарвином, и достижения современной генетики.

Проверьте свои знания

1. Что такое адаптация? 2. Какие бывают адаптации? 3. Каковы основные положения синтетической теории эволюции? 4. На конкретном примере объясните образование гомологичных органов. 5. Какими органами — гомологичными или аналогичными — являются крылья бабочек и птиц? Обоснуйте свою точку зрения.

42 Эволюция человека. Этапы эволюции человека



Изучая биологию животных, вы узнали, что человек относится к позвоночным животным и является представителем млекопитающих. Какие характерные признаки присущи этой группе? Кто из млекопитающих является ближайшим родственником человека?

Человек – представитель приматов

Человек относится к отряду Приматы, классу Млекопитающие. Приматы появились в Северной Америке еще во времена динозавров и распространились на другие континенты. А вот в Северной Америке они вымерли. Из современных приматов ближайшими родственниками человека являются представители человекообразных обезьян — шимпанзе и гориллы. Их последний общий предок накалипитек жил в Африке 9,9–9,8 млн лет назад. С предками шимпанзе предки человека разошлись еще позже — от 8 до 5 млн лет назад. Еще одни человекообразные обезьяны — орангутаны — живут в Азии и являются более отдаленными родственниками человека. К этой эволюционной линии относятся такие вымершие виды, как рамапитек и гигантопитек.

Ранние представители семейства Люди

Современный человек (*Homo sapiens L.*) является представителем отдельного семейства *Люди* (*Hominidae*). Эволюция этого семейства изучена очень хорошо. К ней относят 7 родов и около 30 видов. За исключением современного человека, все они являются вымершими.



Рис. 42.1. Ардипитек

Древнейшим представителем семейства является сахельантроп, живший около 6–7 млн лет назад. Не сильно от него отличались *ороррин* и *ардипитек* (рис. 42.1), жившие 4–6 млн лет назад. Все ранние представители семейства обитали только на территории Африки — главным образом на границе леса и саванны, хотя большую часть времени проводили в лесу и хорошо лазили по деревьям. Однако у них уже существовали определенные адаптации к прямохождению. Их можно считать первым этапом эволюции человека.

Австралопитеки и их потомки

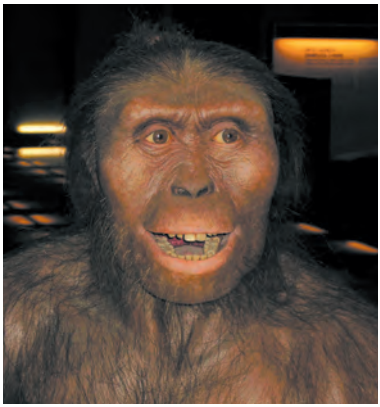


Рис. 42.2. Австралопитек

Австралопитеки представляют следующий этап эволюции человека. Они уже хорошо приспособлены к жизни в саванне и прямохождению (рис. 42.2), но еще довольно много времени проводят на деревьях. Жили они 4–2,5 млн лет назад в Африке.

От австралопитеков отделились две эволюционные линии. Представители первой специализировались на потреблении растительной пищи и увеличении размеров тела. В результате возникли парантропы (жили 2,5–0,9 млн лет назад) (рис. 42.3). Однако переход на вегетарианское питание привел к конкуренции парантропов с представителями копытных. Выдержать эту конкуренцию они не смогли, из-за чего и вымерли.

Представители второй эволюционной линии остались всеядными и увеличили потребление мяса. Эта линия обусловила появление первых представителей рода *Человек* (*Homo*).

Род Человек

Род *Человек* сформировался примерно 2,4 млн лет назад в Африке. К его ранним представителям относятся, например, *Человек умелый* (*Homo habilis*) (рис. 42.4) и *Человек работающий* (*Homo ergaster*) (рис. 42.5). *Человек умелый* первым начал создавать каменные орудия. Потомок первых людей — *Человек прямоходящий* (*Homo erectus*)



Рис. 42.3. Парантроп



Рис. 42.4. Человек умелый (*Homo habilis*)



Рис. 42.5. Человек работающий (*Homo ergaster*)



Рис. 42.6. Человек прямоходящий (*Homo erectus*)



Рис. 42.7. Неандерталка

(рис. 42.6) — жил уже не только в Африке, но и в Азии и на юге Европы.

Гейдельбергский человек (*Homo heidelbergensis*), который сменил Человека прямоходящего, тоже жил в Африке, Европе и Азии. В дальнейшем пути различных его популяций разошлись. Европейские популяции стали предками неандертальцев (рис. 42.7), азиатские — *денисовцев*, а африканские эволюционировали в *Человека разумного* (*Homo sapiens*).

Около 70–80 тыс. лет назад наши предки вышли из Африки и постепенно заселили все континенты. Другие виды этого рода вымерли. Но наши предки как минимум несколько раз с ними скрещивались, и небольшая доля их генов осталась и у нас.

Природные факторы в эволюции человека

Природные факторы существенно влияли на эволюцию человека. Еще во время жизни в лесах у наших предков усовершенствовалось цветовое зрение, поскольку так было легче находить спелые фрукты. Поэтому в структуре нашего глаза сейчас есть три типа колбочек (воспринимают синий, красный и зеленый цвета), а у большинства обезьян их два (воспринимают синий и красный).

Сам выход наших предков в саванну был вынужденным: площадь лесов в мире серьезно уменьшилась из-за оледенения (влага из атмосферы ушла на формирование ледников).

Социальные факторы в эволюции человека

Крайне важными для эволюции человека стали социальные факторы. Одинокий примат в саванне — это жертва. А вот у группы приматов есть неплохие шансы на выживание. Поэтому все приматы, перешедшие к жизни в саванне, существуют только в сравнительно крупных группах. Их социальность усилилась.

Но формы социальности у различных приматов отличаются. У павианов стая — очень жесткая структура с четкой иерархией. А вот у наших непосредственных предков такой строгой системы не было. Отношения между ними были более миролюбивыми, а иерархия — не такой жесткой. Это хорошо видно по развитию клыков. У всех приматов с высокой агрессивностью клыки развиты очень хорошо


Павиан


Шимпанзе


Человек

Рис. 42.8. Хорошо развитые клыки — признак большей агрессивности у приматов

(рис. 42.8). У человека они маленькие. Основой эволюционного успеха нашего вида явно была не агрессия.

После выхода из Африки значение социальных факторов еще более возросло. Успех вида определяли умение передавать опыт, обучать и обучаться, взаимодействовать в сложных ситуациях, развитие речи. Именно они и позволили нашему виду выжить.

К виду Человек прямоходящий (*Homo erectus*) относят останки, которые их первооткрыватели назвали питекантропом и синантропом. Эти древние люди жили на территории Азии.

Традиционно представителей *Homo erectus* называют архантропами, неандертальцев — палеоантропами, а ранних представителей нашего вида — неоантропами.



Человек является представителем отряда *Приматы*. Семейство *Люди* возникло на территории Африки примерно 7 млн лет назад. Около 2,5 млн лет назад сформировался род *Человек*, представители которого начали изготавливать сложные орудия труда. На эволюцию человека существенно влияли как природные, так и социальные факторы.

Проверьте свои знания

1. Какие из современных видов обезьян являются ближайшими родственниками человека? 2. Когда и где жили первые представители семейства *Люди*? 3. Какие особенности присущи австралопитекам? 4. Где сформировался вид *Человек разумный*? 5. Сравните представителей рода *Человек* и австралопитеков. 6*. Продолжается ли эволюция человека сейчас? Обоснуйте свою точку зрения.

43 Мировоззренческие и научные взгляды на происхождение жизни



Вы изучили особенности строения и функции органических веществ живых организмов. Какие из них являются биополимерами? Из каких мономеров образованы эти биополимеры? Могут ли клетки обходиться без каких-то из этих биополимеров?

Теории возникновения жизни на Земле

Существуют четыре группы теорий, объясняющих появление жизни на Земле. Это креационизм, теория стационарного состояния, теория панспермии и теории биогенеза (химической эволюции). Основное положение любой **креационистской теории** — это появление жизни в результате божественного события.

Сторонники **теории стационарного состояния** считают, что Земля существует вечно. И жизнь на ней существовала всегда. Эта теория допускает вымирание видов, но считает, что новые виды не образуются. А отсутствие останков современных видов в осадочных породах древних эпох она объясняет незначительной численностью этих видов в те эпохи.

Теория панспермии утверждает, что жизнь во Вселенной возникала один или несколько раз (как вариант — существовала вечно). Но она возникла не на Земле, а была занесена случайно (с помощью метеоритов, других космических объектов) либо же намеренно.

Биогенные теории возникновения жизни

Наиболее обоснованными в наше время являются теории, объясняющие возникновение жизни путем химической эволюции из неорганических веществ — **теории абиогенеза**. Одной из старейших среди них является теория Опарина — Холдейна, выдвинутая еще в начале XX века. В этой гипотезе основное внимание уделялось образованию белков из простых органических соединений. И очень важную роль играли коацерваты (коацерватные капли) — пузырьки из липидов, которые образуются в воде.

Значительный вклад в развитие теории биогенеза внес эксперимент, который провели американские ученые С. Миллер и Г. Юри (рис. 43.1). В герметичном стеклянном устройстве они воссоздали условия, характерные для начальных стадий существования планеты



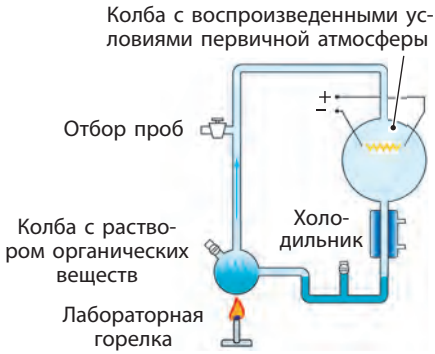


Рис. 43.1. Схема эксперимента С. Миллера и Г. Юри

(атмосфера с метаном, аммиаком и водородом, электрические разряды и т. п.). И через несколько дней получили аминокислоты, которые возникли путем абиогенного синтеза.

Теория РНК-мира

Долгое время среди сторонников абиогенеза продолжался спор относительно того, что появилось раньше: ДНК или белок. ДНК хранит наследственную информацию, а белки являются катализаторами, без которых обмен веществ невозможен. Лишь после открытия рибозимов (молекул РНК, работающих как катализаторы реакций) была сформирована теория РНК-мира.

Согласно этой теории, сначала сформировалась система самовоспроизведения молекул РНК, которые могли быть и носителями наследственной информации, и катализаторами. Затем эта система создала симбиоз с биохимическими циклами синтеза белковых молекул, которые возникли независимо и в других условиях. Это произошло потому, что белки являются лучшими катализаторами, а нуклеиновые кислоты лучше сохраняют наследственную информацию. А уже потом к этой системе присоединилась ДНК, хранящая наследственную информацию более надежно, чем РНК. Не обходится современная теория и без коацерватов (рис. 43.2). Именно они стали основой для формирования клеточных мембран.

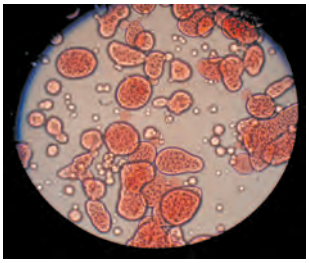


Рис. 43.2. Коацерваты — основа для формирования клеточных мембран

Время и место зарождения жизни

Большинство теорий абиогенеза считают наиболее вероятным периодом зарождения жизни время от 3,7 до 4,1 млрд лет назад. Относительно



Рис. 43.3. Гарячие пресные водоемы



Рис. 43.4. Гидротермальные источники на дне океана

возможного места, где зародилась жизнь, гипотез существует немало. Очевидно только, что жизнь зародилась в растворе. Но в каком? Открытый океан или море почти не имеют шансов на это: достичь высокой концентрации необходимых веществ в таких водоемах невозможно. Из современных теорий наиболее популярны такие варианты:

— горячие пресные водоемы (рис. 43.3);
— гидротермальные источники на дне океана (рис. 43.4);
— поверхность и полости кристаллов пирита;
— глины.

Этапы возникновения жизни

Основные этапы возникновения жизни по теории Опарина — Холдейна и современным теориям отличаются. По теории Опарина — Холдейна они таковы:

— возникновение углеводных соединений и их производных;
— возникновение белков;
— формирование белковых тел внутри коацерватов.

Современные теории, рассматривая этапы возникновения жизни, уже учитывают необходимость включения нуклеиновых кислот. Поэтому выделяется больше этапов, хотя некоторые из них могли происходить параллельно:

— возникновение углеводных соединений и их производных;
— образование полиароматических углеводов;
— формирование циклов реакций, которые способны поддерживаться длительное время и основываются на преобразовании веществ, образованных нуклеотидами или аминокислотами;
— формирование РНК-мира;
— использование белков как лучших катализаторов реакций в процессах воспроизводства РНК;
— появление ДНК как формы более надежного хранения информации, чем РНК;

— объединение на базе коацерватов биохимических циклов с участием РНК и белков;

— формирование клеточных форм жизни.

Последний универсальный общий предок

В конце XX века ученые пришли к выводу о возможном существовании единого общего предка всех ныне существующих клеточных организмов. Его предложили называть последним универсальным общим предком (на английском языке last universal common ancestor, сокращенно LUCA).

Такая гипотеза возникла вследствие того, что все ныне существующие домены организмов (бактерии, архебактерии и эукариоты) обладают целым рядом общих свойств. Это хранение наследственной информации в молекулах ДНК, наличие клеточной мембраны, синтез белка на рибосомах, существование процессов транскрипции, трансляции и репликации, сходство основных биохимических процессов и т. д.

Считают, что такой организм мог существовать 3,6–4,1 млрд лет назад. Но он точно не был единственным организмом в те времена и до своего появления прошел долгий путь эволюции из более простых структур. К тому же, возможно, такого организма в качестве отдельного вида не существовало. А современные живые организмы получили свое генетическое наследство от всего сообщества древних организмов, которые обменивались между собой наследственной информацией путем горизонтального переноса генов.



Существует несколько теорий происхождения жизни на Земле. Наиболее обоснованной в настоящее время является теория абиогенеза, которая считает, что первоначальные условия на нашей планете обеспечили возникновение жизни из неорганических веществ путем химической эволюции.

Проверьте свои знания

1. Какие существуют теории происхождения жизни на Земле? 2. В чем заключается сущность теории панспермии? 3. Какой путь происхождения жизни предлагает теория абиогенеза? 4. Как возникла жизнь согласно теории Опарина — Холдейна? 5. В каких местах могла возникнуть жизнь? 6. Почему в теории Опарина — Холдейна не уделено значительного внимания проблеме возникновения нуклеиновых кислот? 7*. Составьте перечень преимуществ и недостатков теории «РНК-мира».

Обобщающие задания к теме «Эволюция органического мира»

В заданиях 1–12 выберите один правильный ответ.

1 **Общее количество особей на определенной территории, относящихся к одной популяции, — это:**

а) структура **б)** ареал **в)** плотность **г)** численность

2 **Среднее число особей, относящихся к одной популяции, на единицу площади или объема на определенной территории — это:**

а) структура **б)** ареал **в)** плотность **г)** численность

3 **Колебания численности природных популяций, происходящие постоянно вследствие действия климатических, биологических или других факторов, — это:**

а) мутации
б) популяционные волны
в) дрейф генов
г) естественный отбор

4 **Перемещение особей из одной популяции в другую или на новые территории — это:**

а) естественный отбор
б) изоляция
в) миграция
г) дрейф генов

5 **Образование большого красного гребешка у самцов кур является примером отбора:**

а) стабилизирующего
б) полового
в) дизруптивного
г) движущего

6 **Образование на соседних островах двух видов птиц от общего предка является примером видообразования:**

а) аллопатрического
б) симпатрического
в) путем гибридизации
г) путем полиплоидии

7 **Критерий вида, характеризующий сходство внешнего и внутреннего строения организмов одного вида:**

а) экологический
б) биохимический
в) морфологический
г) генетический

8 **Критерий вида, характеризующий число и структуру хромосом вида, его кариотип:**

а) экологический
б) биохимический
в) морфологический
г) генетический

9 **Приспособление живых организмов к определенным условиям среды обитания — это:**

а) адаптация
б) конвергенция
в) дивергенция
г) параллелизм

10 **В Африке 7 млн лет назад жили:**

а) ардипитеки
б) парантропы
в) сахельантропы
г) неандертальцы

11 **В Европе 100 тысяч лет назад жили:**

а) ардипитеки
б) парантропы
в) сахельантропы
г) неандертальцы

12 **Теория, сторонники которой считают, что жизнь была занесена на Землю из космоса:**

а) креационизм
б) панспермии
в) абиогенез
г) стационарного состояния

13 **Напишите названия представителей семейства Люди, которые изображены на рисунках:**

			
а)	**б)**	**в)**	**г)**

14 **Установите соответствие между признаками и условиями жизни живых организмов, к которым они адаптировались с помощью этих признаков.**

Признаки	**Условия жизни**
1 листья, превращенные в колючки	**а)** песчаная пустыня с жарким климатом
2 плотный кожный покров, покрытый роговыми щитками	**б)** тропический дождевой лес
3 широкие листья с отверстиями на листовой пластинке	
4 увлажненная кожа, богатая железами	

15 **Сравните экологическое и географическое видообразование.**

16 **Объясните, какую роль сыграли социальные факторы в эволюции человека.**

Проверьте свои знания по теме «Эволюция органического мира».



Тема 7

Биоразнообразие

44 Основы эволюционной филогении и систематики



Когда вы изучали биологию растений и животных, то узнали об основных принципах систематики организмов, принадлежащих к этим группам. Вспомните, существуют ли различия в систематике растений и животных. На какие группы делят царства растений и животных?

Биологическая систематика

Биологическая систематика — это раздел биологии, формирующий единую систему живого мира на основе выделения биологических таксонов (систематических единиц) и соответствующих названий, составленных по определенным правилам (биологической номенклатуры).

Основные систематические категории ввел в науку шведский ученый Карл Линней. Основной систематической категорией является вид. Видовое название состоит из двух латинских слов, первое из которых является названием рода, а второе — видовым эпитетом. Родственные виды объединяются в более высокую таксономическую категорию — род, роды — в семейства, а те — в еще более высокие категории. Таким образом и строится систематика определенных групп организмов.

Основные таксоны царства Растения

Вид → Род → Семейство → Порядок → Класс → → Отдел → Царство Растения

Основные таксоны царства Животные

Вид → Род → Семейство → Отряд → Класс → → Тип → Царство Животные



Рис. 44.1. Филогения позвоночных

Филогения

Филогения — это наука, которая изучает исторический процесс развития органического мира (филогенез). Для филогенетических исследований современная биология широко использует новейшие технологии. Особенно эффективны методы из области молекулярной биологии и генетики, а также микроскопических исследований. Кроме того, широко используется математическое моделирование и построение филогенетических деревьев.

Филогенетическое дерево — это схема, отражающая эволюционные связи между таксонами, для которых она строится (рис. 44.1). Филогенетические деревья могут строиться не только для таксонов живых организмов. Их можно создавать, например, для определенных биополимеров — таких как белки или нуклеиновые кислоты.

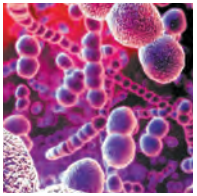


Биологическая систематика — это раздел биологии, который формирует единую систему живого мира на основе выделения биологических таксонов. Основные систематические категории ввел в науку Карл Линней.

Проверьте свои знания

1. Что такое систематика? 2. Что такое филогения? 3*. Можно ли получить результаты, полезные для борьбы с вирусом гриппа, анализируя его филогенетическое дерево? 4*. Используя дополнительные материалы из Интернета и биологической литературы, составьте филогенетическое дерево для какой-либо группы организмов.

45 Основные группы организмов: вирусы, бактерии, археи, эукариоты



Вы уже ознакомились с представителями растений, животных, вирусов и бактерий. Вспомните характерные черты этих групп. Каких представителей этих групп вы знаете? Какая из этих групп является крупнейшей по числу видов?

Система трех доменов

В 1990 году Карл Воуз, основываясь на анализе последовательности нуклеотидов рРНК и некоторых других молекулярных характеристиках, предложил новый вариант систематики живых организмов. Согласно ему, организмы делились на большие систематические группы — домены. **Домен** — это таксон наивысшего ранга, включающий несколько царств живых организмов.

Клеточные формы жизни разделили на три домена — Бактерии, Архебактерии и Эукариоты. Вирусы выделили как отдельный таксон *Vira*.

Такая классификация наиболее точно отражает современные представления о происхождении и эволюции основных групп живых организмов (рис. 45.1).

Особенности основных групп живых организмов

Для сравнения основных групп живых организмов используют такие характеристики, как наличие клеточного строения, особенности организации генетического материала, наличие ядра и мембранных органелл в клетке, развитие цитоскелета.

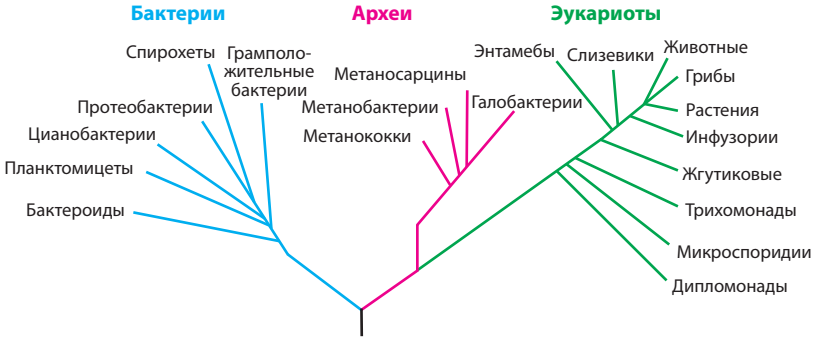
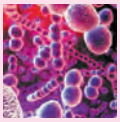


Рис. 45.1. Филогения (исторический процесс развития) живых организмов

Сравнительная характеристика основных групп живых организмов

Группа	Какие организмы включает	Особенности строения и жизнедеятельности
Таксон *Vira*	Вирусы	Неклеточные формы жизни. Могут размножаться только в клетках других организмов. Содержат в своем составе только одну нуклеиновую кислоту — или РНК, или ДНК
Домен Бактерии	Бактерии, цианобактерии	Клеточные организмы. В клетках нет ядра и мембранных органелл. Отличаются высоким разнообразием биохимических процессов в клетках. Генетический материал обычно представлен большой кольцевой молекулой ДНК (бактериальной хромосомой). Могут иметь плазмиды. Гены не содержат интронов
Домен Археи	Архебактерии	Клеточные организмы. Существенно отличаются от других доменов по составу липидов и белков. В клетках нет ядра и мембранных органелл. Генетический материал обычно представлен большой кольцевой молекулой ДНК (бактериальной хромосомой). Могут иметь плазмиды. Часть генов содержат интроны
Домен Эукариоты	Растения, животные, грибы, одноклеточные эукариотические организмы	Клеточные организмы. В клетках есть ядра и другие мембранные органеллы и цитоскелет. Генетический материал содержится в хромосомах и имеет вид линейных молекул ДНК. В митохондриях и пластидах присутствуют небольшие молекулы кольцевой ДНК. Гены содержат интроны

Кроме системы трех доменов иногда используются другие системы, хотя их считают устаревшими. Это система двух империй, которая разделяет организмы на империи (надцарства) Прокариоты и Эукариоты, и система пяти царств — выделяет царства Прокариоты, Протисты, Грибы, Растения и Животные.



Согласно современной классификации, клеточные формы жизни делятся на три домена — Бактерии, Архебактерии и Эукариоты. Вирусы выделяют в отдельный таксон *Vira*, объединяющий неклеточные формы жизни и по рангу соответствующий домену.

Проверьте свои знания

1. Что такое домен? 2. Какие особенности присущи вирусам? 3. Какое значение в жизни человека имеют представители бактерий и вирусов? 4. Сравните домены Бактерии и Архебактерии. 5*. Используя дополнительные материалы из интернета и биологической литературы, подготовьте сообщение о представителях Архебактерий.

46 Обзор основных эукариотических таксонов



В предыдущих классах вы изучали особенности строения и жизнедеятельности многих групп эукариотических организмов. Какие из представителей эукариот являются одноклеточными? Чем они отличаются от многоклеточных организмов?

Система эукариот

Эукариоты составляют крупнейший по числу видов домен клеточных организмов. Их систематика до сих пор является предметом дискуссий. Некоторые исследователи предлагают выделять среди эукариот до 20 царств. Например, одни ученые объединяют всех простейших в одну группу. В этом случае амебы, инфузории и эвглены считаются представителями одного царства Протисты. А другие ученые разделяют простейших на несколько групп. В этом случае амебы, инфузории и эвглены будут представителями различных царств. Связано это с особенностями происхождения эукариот.

В процессе эволюции они неоднократно включали в свои клетки внутриклеточных симбионтов. Эти симбионты стали такими органеллами, как митохондрии и пластиды. А пластидами могли становиться не только различные цианобактерии, но и разного рода эукариотические водоросли. Поэтому часто довольно трудно определиться с систематической принадлежностью некоторых групп эукариот.

Особенности основных групп эукариот

Для сравнения групп эукариот используют такие характеристики, как наличие и состав клеточной стенки, число ядер в клетке, наличие пластид, одно- или многоклеточность, тип питания.

Сравнительная характеристика некоторых групп эукариот

Царство	Представители	Особенности
Инфузории	Инфузория-туфелька, дидиний, трубач 	Нет клеточной стенки. Есть плотный покров — пелликула, поддерживающая форму клетки. В клетках по два ядра — маленькое (микронуклеус) и большое (макронуклеус). Гетеротрофы. Одноклеточные организмы

Окончание таблицы

Царство	Представители	Особенности
Грибы	Настоящие грибы 	Есть клеточная стенка, содержащая хитин и, в некоторых случаях, другие вещества. В клетках ядер обычно два, но бывает и одно ядро, и много ядер. Гетеротрофы. Необходимые для жизни вещества поглощают из окружающей среды через поверхность тела. Преимущественно многоклеточные организмы
Растения	Водоросли, высшие споровые, семенные растения 	Есть клеточная стенка, содержащая целлюлозу и лигнин. В клетках обычно одно ядро. Автотрофы. Необходимые для жизни вещества поглощают из окружающей среды через поверхность тела. Многоклеточные, колониальные или одноклеточные организмы
Животные	Членистоногие, моллюски, черви, позвоночные и другие животные  *Тихоходка*	Нет клеточной стенки. В клетках обычно одно ядро. Гетеротрофы. Необходимые для жизни вещества поглощают из окружающей среды путем поедания других живых организмов, их частей, останков или продуктов жизнедеятельности. Многоклеточные организмы



Эукариоты составляют крупнейший по количеству видов домен клеточных организмов. В процессе эволюции они неоднократно включали в свои клетки внутриклеточных симбионтов. Эти симбионты стали такими органеллами, как митохондрии и пластиды.

Проверьте свои знания

1. Кто такие эукариоты? 2. Какие группы эукариот вы знаете? 3. Какие особенности присущи животным? 4. Сравните между собой грибы и растения. 5*. Какое значение для человека имеют представители домена Эукариоты? 6*. Почему систематика эукариот вызывает много споров между учеными?

Обобщающие задания к теме «Биоразнообразие»

В заданиях 1–12 выберите один правильный ответ.

1 **Основные систематические категории предложил:**

а) Ч. Дарвин **б)** Ж.-Б. Ламарк **в)** Г. Мендель **г)** К. Линней

2 **Таксону животных *отряд* соответствует таксон растений:**

а) порядок **б)** класс **в)** отдел **г)** семейство

3 **Таксону животных *тип* соответствует таксон растений:**

а) порядок **б)** класс **в)** отдел **г)** семейство

4 **Схема, отражающая эволюционные связи между таксонами, для которых она строится, — это:**

а) генеалогическое дерево **в)** филогенетическое дерево
б) схема скрещивания **г)** филогения

5 **Систему трех доменов предложил:**

а) К. Воуз **в)** Ч. Дарвин
б) К. Линней **г)** Г. Мендель

6 **К домену Эукариоты относится возбудитель:**

а) гриппа **б)** холеры **в)** чумы **г)** малярии

7 **Неклеточной формой жизни является:**

а) хламидия **в)** вирус гриппа
б) гриб пеницилл **г)** дизентерийная амеба

8 **Организмы, клетки которых содержат плазмиды:**

а) только бактерии
б) только бактерии и архебактерии
в) только архебактерии и эукариоты
г) бактерии, архебактерии и эукариоты

9 **Организмы, гены которых содержат интроны:**

а) только бактерии
б) только бактерии и архебактерии
в) только архебактерии и эукариоты
г) бактерии, архебактерии и эукариоты

10 **Организмы, клетки которых НЕ содержат ядра:**

а) только бактерии
б) только бактерии и архебактерии
в) только архебактерии и эукариоты
г) бактерии, архебактерии и эукариоты

11 **Организмы, клетки которых содержат два ядра и не имеют клеточной стенки:**

а) инфузории **б)** грибы **в)** растения **г)** животные

12 **Организмы, клетки которых имеют обычно одно ядро и клеточную стенку, содержащую целлюлозу:**

а) инфузории **б)** грибы **в)** растения **г)** животные

13 **Напишите названия групп эукариот, к которым относятся организмы, изображенные на рисунках:**

			
а)	**б)**	**в)**	**г)**

14 **Установите соответствие между возбудителями заболеваний и группами, к которым они относятся.**

Возбудители	**Группы**
1 туберкулеза	**а)** бактерии
2 бешенства	**б)** вирусы
3 аскаридоза	**в)** эукариоты
4 ботулизма	
5 оспы	
6 сонной болезни	

15 **Объясните, почему вирусы выделены в отдельную группу и не входят в домены бактерий или архебактерий.**

16 **Сравните между собой грибы и растения. Укажите черты сходства и различия.**

Проверьте свои знания по теме «Биоразнообразие».

Тема 8



Надорганизменные биологические системы

47 Экосистема. Разнообразие природных экосистем



Вы уже знакомы с различными группами живых организмов. Вспомните, как живые организмы получают необходимые им органические вещества. Чем различаются автотрофные и гетеротрофные организмы?



Клубника — автотрофный организм



Крот — гетеротрофный организм

Рис. 47.1. Автотрофный и гетеротрофный организмы

Экосистемы

Экосистема — это совокупность живых организмов, населяющих конкретное местообитание и образующих с ним единое целое. Любая экосистема содержит в своем составе два основных компонента — биотический и абиотический. **Биотический** компонент экосистемы — это все живые организмы, которые входят в ее состав (животные, растения, бактерии и т. д.). А **абиотический** — это компоненты неживой природы (камни, вода, воздух и т. п.). Биотический компонент экосистемы называют **биоценозом**.

Биотический компонент экосистем представлен автотрофными и гетеротрофными организмами (рис. 47.1). Автотрофные организмы способны синтезировать органические вещества из неорганических или с помощью фотосинтеза (фотоавтотрофы), или с помощью энергии химических реакций (хемоавтотрофы). Гетеротрофные организмы получают нужные им органические вещества из других организмов.

Разнообразие природных экосистем

Размеры экосистем бывают разными — от капли воды до целой планеты. Но в пределах нашей планеты выделяют три основные группы природных экосистем. Это наземные, пресноводные и морские (солоноводные) экосистемы. Каждая из этих групп делится на более мелкие экосистемы ландшафтно-географических зон (для суши) или гидрологических и физических особенностей (для водоемов).

Среди наземных экосистем выделяют тундру, широколиственные леса, тайгу, степь, пустыню и другие. Пресноводные экосистемы представлены проточными и стоячими водоемами и болотами. К морским экосистемам относятся пелагические (открытый океан), эстуарии (устья рек) (рис. 47.2), прибрежные, рифтовые (глубоководные) и др. Существуют и переходные типы экосистем, например лесотундра и лесостепь. В свою очередь, эти экосистемы делятся на меньшие по размеру. Например, экосистемы отдельных лесных массивов, или озер, или бассейнов рек.



Рис. 47.2. Примеры основных групп экосистем

Биоценозы

Биоценозы — это не просто совокупность обитателей определенной экосистемы. Живые организмы, входящие в состав биоценоза, активно взаимодействуют друг с другом и с абиотическими компонентами экосистемы. Образуются как внутривидовые, так и межвидовые группировки живых организмов.

Каждому биоценозу присущ определенный видовой состав. Под **видовым составом** биоценоза понимают комплекс растений, животных, микроорганизмов, которые представлены в определенном биоценозе, включая все группы организмов (виды всех доменов). Некоторые биоценозы чрезвычайно богаты по своему видовому составу (тропический лес), а другие — бедны (тундры, пустыни).

Структура биоценозов

В большинстве случаев биоценозы обладают пространственной структурой. То есть живые организмы размещены в пределах экосистемы не случайно, а в определенной закономерности. Каждый организм из группировки занимает место, присущее только ему, соответствующее требованиям организма и его взаимоотношениям с другими компонентами экосистемы.

Обычно организмы распределяются в пространстве в соответствии с количеством солнечной энергии, которая им необходима для жизнедеятельности. Ярким примером такого распределения является ярусность леса (рис. 47.3).

Например, в широколиственном лесу выделяют 5–6 ярусов: первый (верхний) ярус образуют деревья первого размера (дуб, липа), второй — деревья второго размера (рябина, дикие яблони); третий



Рис. 47.3. Ярусы растений в лесу в соответствии с потребностями в солнечной энергии

ярус — подлесок; четвертый и пятый ярусы, соответственно, составляют высокие и низкие травы и кустарники; в шестом ярусе растут низкие травянистые растения.

Ярусность можно наблюдать и под землей, поскольку корни растений также проникают на различную глубину (рис. 47.4). К определенным ярусам растительности приспосабливаются и животные, которые входят в состав биоценоза. Так, белки живут преимущественно на растениях верхних ярусов, а кроты ведут подземный образ жизни.

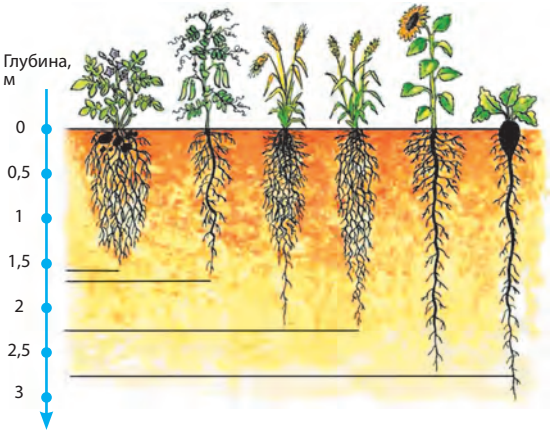


Рис. 47.4. Корни растений проникают на разную глубину в поисках влаги и минеральных веществ

В биоценозе можно выделить и горизонтальную структуру. Связано это с тем, что в любой экосистеме можно найти отдельные участки, которые будут отличаться от других. Это, например, солончаки, места выхода родников на поверхность почвы, группы скал и т. п.

В лесных экосистемах сосредоточено 80 % фитомассы Земли. Они занимают 4 млрд га, или 30 % площади суши. Ежегодно в процессе фотосинтеза лес образует 100 млрд тонн органического вещества.



Экосистема — это совокупность живых организмов, населяющих конкретное местообитание и образующих с ним единое целое. Любая экосистема состоит из двух основных компонентов — биотического и абиотического. Биотический компонент экосистемы называют биоценозом. В условиях нашей планеты выделяют три основные группы экосистем — наземные, пресноводные и морские (солоноводные).

Проверьте свои знания

1. Что такое экосистема? 2. Какие компоненты входят в состав экосистемы? 3. Какие существуют типы экосистем? 4. Какие экосистемы входят в состав наземных экосистем? 5. Почему у соснового леса, растущего на песчаных почвах, меньше ярусов, чем у дубравы? 6*. Сравните богатую видами (тропический лес) и бедную (тундра) экосистемы. В чем их различие, а в чем — сходство?

48 Пищевые связи, потоки энергии и круговорот веществ в экосистемах



Вы уже знакомы с особенностями жизнедеятельности многих групп живых организмов. Вспомните, чем и как питаются разные организмы. Чем отличаются способы питания автотрофных и гетеротрофных организмов?

Экологические группы живых организмов

Все живые организмы должны питаться, так как для построения своего организма им постоянно нужны органические вещества и энергия, которую они получают из этих веществ. Автотрофные организмы синтезируют эти вещества самостоятельно, а гетеротрофные получают различными способами. Они могут поедать автотрофные или другие гетеротрофные организмы или питаться мертвой органикой. Но, что бы они ни ели, первичным источником всех органических веществ и энергии в экосистемах являются автотрофы.

В зависимости от способа получения органических веществ живые организмы в экосистемах разделяют на экологические группы продуцентов, консументов и редуцентов (рис. 48.1). **Продуценты** — это автотрофные организмы, которые производят органические вещества. К ним относятся, например, деревья, водоросли и другие растения.

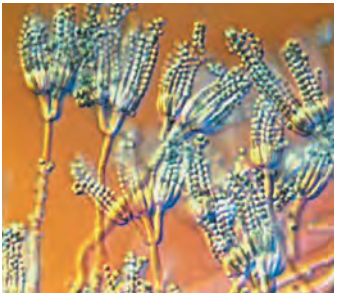
Консументы являются гетеротрофными организмами экосистем, которые получают органические вещества, питаясь другими живыми организмами. Они могут употреблять в пищу как продуценты (на-



Продуцент (ель)



Консумент (кабан)



Редуцент (гриб пеницилл)

Рис. 48.1. Представители экологических групп организмов

пример, травоядные животные), так и другие консументы (хищники, поедающие травоядных).

Редуценты — это гетеротрофные организмы экосистем, которые получают органические вещества, питаясь остатками живых организмов или продуктами их жизнедеятельности. Редуценты превращают мертвую органику в простые органические и неорганические вещества.

Пищевые связи в экосистемах

Поедая друг друга, живые организмы становятся звеньями пищевых цепей. **Пищевая цепь** — это взаимоотношения между организмами при переносе энергии пищи от ее источника (автотрофного организма) через ряд организмов, который происходит при поедании одних организмов другими (рис. 48.2).

В пищевых цепях каждый вид представляет определенное звено. Связи между видами в пищевой цепи называются **трофическими**, а звенья — *трофическими уровнями*. В начале цепей питания, как правило, находятся продуценты, то есть автотрофные организмы, которые производят органические вещества. Следующие звенья цепи представлены консументами. В зависимости от позиции звена различают консументов разного порядка. Так, травоядные, потребляющие продуцентов, являются консументами I порядка. Хищники, поедающие травоядных, — консументами II порядка. А паразиты, живущие в организме хищников, — консументами III порядка. Редуценты разрушают мертвые остатки и продукты жизнедеятельности организмов всех трофических уровней.

В органических веществах автотрофные организмы запасают энергию, которую и используют гетеротрофы. При переносе этой энергии от звена к звену пищевой цепи подавляющая ее часть (80–90 %) теряется в виде теплоты.

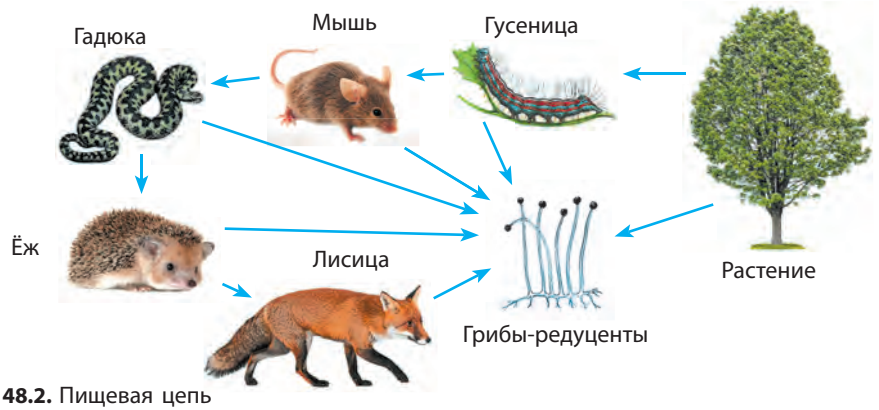


Рис. 48.2. Пищевая цепь

В конце пищевой цепи энергия, которая еще сохраняется в мертвой органике, окончательно рассеивается в виде тепла, когда ее разрушают редуценты.

Потоки энергии в экосистеме

Энергия в экосистемах может поступать из двух источников. Первый — от живых организмов-продуцентов. Второй — от мертвой органики. Соответственно, существуют цепи питания двух типов — пастбищная (цепь выедания) и детритная (цепь разложения) (от латин. *детритус* — измельченный). Последняя начинаются с измельченных остатков мертвых организмов.

В любом биогеоценозе разные цепи питания существуют не отдельно друг от друга, а пересекаются между собой. Это происходит потому, что организмы определенного вида могут быть звеньями разных цепей питания. Например, головастики лягушек питаются водорослями и являются консументами I порядка, а взрослые особи этого вида едят насекомых и являются консументами II порядка. Переплетаясь, различные цепи питания формируют трофическую сеть экосистемы.

Правило экологической пирамиды

Различные биогеоценозы отличаются по своей продуктивности. Вы уже знаете, что есть разные цепи питания, но всем им свойственны определенные соотношения продукции, то есть биомассы с энергией, затрачиваемой и запасаемой на каждом из трофических уров-



Рис. 48.3. Экологическая пирамида

ней. Эти закономерности получили название **правила экологической пирамиды**: на каждом предыдущем трофическом уровне количество биомассы и энергии, запасаемых организмами за единицу времени, значительно больше, чем на следующем (в среднем в 5–10 раз).

Графически это правило можно изобразить в виде пирамиды (рис. 48.3), составленной из отдельных блоков. Каждый блок такой пирамиды соответствует производительности организмов на каждом из трофических уровней. Итак, экологическая пирамида является графическим отображением трофической структуры цепи питания.

Круговорот веществ

Биологический круговорот — это многократное участие химических элементов в процессах, происходящих в биосфере. Причина круговорота — ограниченный резерв элементов, из которых строятся тела организмов.

В биосфере происходит постоянный круговорот элементов, которые переходят от организма к организму, в неживую природу и снова в организм. Элементы, которые высвобождаются микроорганизмами при гниении, поступают в почву и атмосферу, а затем снова включаются в круговорот веществ биосферы, поглощаясь живыми организмами.

Для функционирования экосистем важнейшими являются круговороты веществ, которые относятся к основным компонентам живых организмов, — Карбона, Нитрогена, Оксигена, Сульфура, Фосфора.



В зависимости от способа получения органических веществ живые организмы в экосистемах делят на экологические группы: продуценты, консументы и редуценты. Пищевая цепь — это взаимоотношения между организмами при переносе энергии пищи от ее источника (автотрофного организма) через ряд организмов. Экологическая пирамида является графическим отображением трофической структуры цепи питания.

Проверьте свои знания

1. На какие экологические группы делят живые организмы в экосистемах? 2. Что такое консументы? 3. Что такое пищевая цепь? 4. Какими бывают цепи питания? 5. В океанических впадинах на глубине нескольких километров также существуют экосистемы. Откуда они могут получать органические вещества для своих пищевых цепей? 6*. Какое значение имеет круговорот веществ для нормального функционирования экосистем?

49 Биотические, абиотические и антропогенные факторы



Вспомните живые организмы, которые живут в определенной экосистеме, например в пустыне. К действию каких факторов им приходится приспосабливаться? Приведите примеры таких адаптаций для живых организмов из разных групп.

Экологические факторы

Организмы подвергаются действию различных факторов среды — **экологических факторов**, которые по своей природе могут быть абиотическими, биотическими и антропогенными (рис. 49.1). Для того чтобы адаптироваться к соответствующей среде обитания, живым организмам необходимо выработать приспособления, предотвращающие негативное влияние таких факторов.

Экологические факторы

Тип факторов	Характеристика факторов
Абиотические	Факторы неживой природы — физические и химические условия среды. К ним относятся температура, влажность, свет, движение воздушных масс (ветер), течение и соленость воды, осадки, снежный покров, магнитное поле Земли
Биотические	Под биотическими факторами среды понимают взаимное влияние живых организмов друг на друга. Условно биотические факторы можно разделить на внутривидовые и межвидовые. Внутривидовые факторы проявляются во взаимодействии особей определенного вида друг с другом и конкуренции за различные ресурсы (территорию, пищу, полового партнера). Межвидовые факторы очень разнообразны. В процессе эволюции сформировалось несколько типов межвидовых взаимоотношений (конкуренция, хищничество, паразитизм, комменсализм и др.)
Антропогенные	Это факторы, обусловленные деятельностью человека. К ним относятся загрязнение среды, неограниченная охота, разрушение среды обитания, интродукция новых видов и др.

Влияние экологических факторов на живые организмы

Относительно любого фактора среды живые организмы обладают так называемым **диапазоном устойчивости (толерантности).** Если ин-


Абиотический (низкая температура)


Биотический (хищник)


Антропогенный (загрязнение)

Рис. 49.1. Экологические факторы

тенсивность фактора выходит за пределы толерантности, живые организмы погибают. Так, если слон попадет в местность с температурой воздуха −20 °С, то он достаточно быстро погибнет. Поэтому организмы стремятся жить в условиях, к которым они лучше приспособлены и где факторы не выходят за пределы толерантности. Такие условия называют **биологическим оптимумом** для определенного вида организмов.

Большинство экологических факторов меняются независимо друг от друга. И довольно трудно подобрать место обитания так, чтобы все факторы были в пределах биологического оптимума. Поэтому нередко какие-то из факторов влияют на живые организмы критичнее других. Фактор, который больше всего влияет на выживание, называют **ограничивающим (лимитирующим)**. Лимитирующими факторами могут быть температура, давление, соленость воды, хищники и др.



Организмы подвержены влиянию различных факторов среды — экологических факторов, которые по своей природе могут быть абиотическими, биотическими и антропогенными. Организмы стремятся избегать воздействия негативных факторов и жить в условиях, к которым они лучше приспособлены. Такие условия называют биологическим оптимумом для определенного вида организмов.

Проверьте свои знания

1. Что такое экологические факторы? 2. На какие группы делят экологические факторы? 3. На конкретных примерах объясните, как влияют антропогенные факторы на экосистемы. 4*. Какие условия будут биологическим оптимумом для вида организмов? Объясните на конкретном примере. 5*. На конкретном примере покажите, что такое лимитирующие факторы.

50 Стабильность экосистем и причины ее нарушения



Из предыдущих параграфов вы уже узнали, что существуют различные группы экосистем. Какие это группы? Какие компоненты входят в состав экосистем? Каким образом экологические факторы влияют на экосистемы?

Целостность и саморегуляция экосистем

Природные экосистемы содержат большое количество видов живых организмов. Эти организмы взаимодействуют между собой, образуя единую трофическую сеть. Все организмы в экосистеме связаны между собой. Хотя часто такая связь является не прямой, а опосредованной, через другие виды. Например, дождевые черви и непарные шелкопряды друг с другом напрямую не связаны, но шелкопряды при массовом размножении поедают листья деревьев. Соответственно, листья не опадают на почву, что уменьшает кормовую базу для дождевых червей.

Совместно все организмы экосистемы образуют сложную целостную систему, которая находится в состоянии динамического равновесия. Иными словами, при условии изменения какого-либо элемента системы другие элементы компенсируют эти изменения и исправляют положение. Так, в случае массового размножения какого-то вида резко возрастает численность хищников и паразитов, которые им питаются, и довольно быстро численность вида уменьшается до нормальных величин. Такая способность системы восстанавливать свое состояние после нарушения называется **саморегуляцией**.

Взаимосвязи организмов в экосистемах

Большое значение для поддержания стабильности экосистемы имеют разные формы взаимодействия живых организмов. В биоценозах наблюдаются различные виды симбиоза (сосуществования видов).

Наиболее распространенными формами взаимодействия являются конкуренция, хищничество, мутуализм, паразитизм и комменсализм. Даже на примере человека можно продемонстрировать все возможные варианты взаимодействия. Например, человек конкурирует с вредителями сельского хозяйства за пищевые ресурсы. А городские ласточки по отношению к человеку являются комменсалами, так как используют постройки для размещения своих гнезд.

Формы взаимодействия живых организмов в экосистемах

Форма взаимодействия	Описание формы	Примеры
Мутуализм 	Взаимовыгодное сосуществование двух видов	Муравьи и тли. Отношения термитов и микроорганизмов их кишечника, расщепляющих целлюлозу
Паразитизм 	Сосуществование двух видов, при котором один вид использует другой как среду обитания и источник питания	Гусеница и личинки наездников. Паразиты человека, как наружные (вши, клопы), так и внутренние (аскарида, острицы, цепни, эхинококк)
Комменсализм 	Сосуществование двух видов, при котором один вид использует другой вид или жилье другого вида как среду обитания, но не наносит ему вреда	Клещи, которые питаются выпавшей шерстью грызунов в их норах
Конкуренция 	Сосуществование особей одного (внутривидовая конкуренция) или разных (межвидовая конкуренция) видов, при котором они борются за ресурсы среды обитания	Борьба самцов за самок, конкуренция зебр и антилоп за траву, которой они питаются
Хищничество 	Тип отношений между популяциями двух видов организмов (хищника и жертвы), при котором организмы-хищники питаются организмами, нападая на живую жертву	Волки и зайцы, скворцы и насекомые, дельфины и рыбы



Абиогенный



Антропогенный



Биогенный

Рис. 50.2. Примеры факторов, обусловливающих нарушение стабильности экосистем

Причины нарушения стабильности экосистем

Способность к саморегуляции экосистем имеет определенные границы. Если влияние какого-то фактора слишком сильное, динамическое равновесие в экосистеме нарушается. Это может привести к разрушению экосистемы и вымиранию многих видов (рис. 50.1).

Причиной таких нарушений может быть воздействие любого из экологических факторов — абиотического, биотического или антропогенного. Например, извержение вулкана может уничтожить экосистему отдельной территории. Так, в 1883 году извержение вулкана Кракатау уничтожило экосистему острова, на котором он расположен.

Биотическими факторами, нарушающими равновесие в экосистемах, часто становились новые группы, возникающие в процессе эволюции. Так, появление голосеменных растений привело к тому, что в конце палеозойской эры они заселили значительные площади суши, где из-за недостатка влаги не могли расти их предшественники — споровые растения. Формирование растительного покрова и прекращение эрозии почв привело к резкому уменьшению поступления минеральных веществ в реки и моря. Это вызвало разрушение водных экосистем и массовое вымирание организмов.

Действие антропогенных факторов часто связано с завозом человеком в экосистему новых видов организмов. Например, в древности моряки часто оставляли на островах коз, чтобы на обратном пути иметь возможность пополнять запасы мяса, но без контроля хищников козы быстро размножались и выедали всю растительность.

Природные и искусственные экосистемы

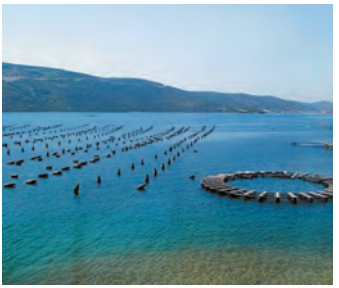
Экосистемы, которые рассматривались до этого, являются естественными. Они возникли и развивались без участия человека. Чело-



Кукурузное поле



Пастбище коров



Ферма моллюсков

Рис. 50.2. Искусственные экосистемы

век и сейчас является составной частью этих экосистем. Но он также формирует и собственные экосистемы — искусственные.

Искусственные экосистемы часто рассматривают как отдельный тип экосистем (агроценозы). Они создаются человеком и используются для хозяйственных целей (рис. 50.2).

Существовать без поддержки человека такие экосистемы не могут. В них преобладают организмы одного вида. Регуляцию этих систем осуществляет человек. Он также постоянно изымает из систем вещества (когда потребляет выращенную в них продукцию). Поэтому эти вещества приходится постоянно обновлять (вносить удобрения).



Совместно все организмы экосистемы образуют сложную целостную систему, которая находится в состоянии динамического равновесия. Если влияние какого-то фактора слишком сильно, динамическое равновесие в экосистеме нарушается. Искусственные экосистемы часто рассматривают как отдельный тип экосистем (агроценозы).

Проверьте свои знания

1. Почему незначительные воздействия на экосистему не приводят к ее разрушению? 2. Какие типы взаимодействия существуют между организмами в экосистемах? 3. Что такое паразитизм? 4. Сравните агроценоз и природный биоценоз на конкретных примерах. 5*. На конкретном примере покажите, как действие антропогенного фактора может нарушить равновесие в экосистеме. 6*. На конкретном примере поясните, почему человек должен постоянно регулировать процессы в искусственной экосистеме.

51 Биосфера как целостная система



Рассматривая тему биоразнообразия, вы ознакомились с доменами живых организмов. Какой из этих доменов содержит наибольшее количество видов? Где живут представители этих доменов? Существуют ли на нашей планете места, где нет живых организмов?

Биосфера

Понятие «биосфера» (от греч. *bios* — жизнь) предложил в 1875 году австрийский геолог Э. Зюсс. Учение о биосфере как особой части Земли, населенной живыми организмами, создал украинский ученый В. И. Вернадский, хотя, по его мнению, впервые к этой идее приблизился французский биолог Ж.-Б. Ламарк.

Биосфера не образует отдельной оболочки Земли, а является частью геологических оболочек земного шара, заселенных живыми организмами. Она занимает верхнюю часть литосферы, всю гидросферу и нижний слой атмосферы. Это единственная глобальная экосистема высшего порядка.

Компоненты биосферы

Биосфера состоит из четырех компонентов, которые важны для ее нормального функционирования.

Компоненты биосферы

Вещество	Описание	Примеры
Живое	Вся совокупность организмов на планете Земля	Бактерии, растения, животные, грибы
Биогенное	Вещество, созданное и переработанное живыми организмами за всю историю биосферы	Уголь, торф, осадочные породы (мел), кислород и углекислый газ атмосферы
Косное	Продукты и вещества, образованные без участия живых организмов	Базальт, гранит, нефрит
Биокосное	Создается одновременно под влиянием как неорганических факторов, так и живых организмов. Живые организмы играют в этом процессе главную роль	Почва, ил



Рис. 51.1. Владимир Иванович Вернадский (1863–1945)

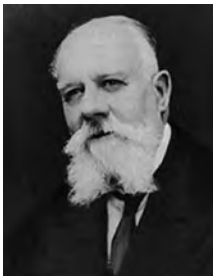


Рис. 51.2. Эдуард Леруа (1870–1954)



Рис. 51.3. Пьер Тейяр де Шарден (1881–1955)

Ноосфера

В. И. Вернадский (рис. 51.1) еще в первой половине XX века предсказал, что биосфера разовьется в ноосферу (термин предложили в 1927 году французские ученые Э. Леруа (рис. 51.2) и П. Т. де Шарден (рис. 51.3). Сначала В. И. Вернадский рассматривал ноосферу (от греч. *noos* — разум) как особую «разумную» оболочку Земли, которая развивается вне биосферы. Однако впоследствии он пришел к выводу, что ноосфера — это определенное состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится определяющим фактором ее развития.

Характерной чертой ноосферы является экологизация всех сфер человеческой жизни. К решению любых проблем человек должен подходить с позиции экологического мышления, то есть сохранения и улучшения состояния природной среды.



Биосфера — это совокупность всех биогеоценозов Земли, единственная глобальная экосистема высшего порядка. Ноосфера — это определенное состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится определяющим фактором ее развития. Основными компонентами биосферы являются живое, биогенное, косное и биокосное вещества.

Проверьте свои знания

1. Что такое биосфера? 2. Что такое ноосфера? 3. Какие компоненты входят в состав биосферы? 4*. Попытки создать абсолютно изолированную от биосферы искусственную экосистему пока заканчивались неудачей. Такие экосистемы могли существовать только достаточно короткое время. Какие факторы могли вызвать такие неудачи?

52 Защита и охрана биосферы



Вспомните, как живые организмы связаны друг с другом в экосистемах. Какие факторы могут влиять на стабильность экосистем? Почему видам целесообразно жить в условиях биологического оптимума?

Биоразнообразие

По определению Всемирного фонда дикой природы (1989), **биологическое разнообразие** — это «все разнообразие форм жизни на Земле, миллионов видов растений, животных, микроорганизмов с их наборами генов и сложных экосистем, образующих живую природу».

Таким образом, биологическое разнообразие следует рассматривать на трех уровнях. Биологическое разнообразие на видовом уровне охватывает всю совокупность видов на Земле. В более мелком масштабе биологическое разнообразие включает генетическое разнообразие видов, как между географически удаленными популяциями, так и между особями одной и той же популяции. Биоразнообразие включает также разнообразие биологических сообществ и экосистем и взаимодействие между ними.

Значение биологического разнообразия

Видовое разнообразие служит для человека источником всевозможных природных ресурсов. Например, влажные тропические леса с их богатым комплексом видов представляют собой прекрасное разнообразие растительных и животных продуктов, которые могут использоваться в пищу, в строительстве и медицине.

Генетическое разнообразие необходимо любому виду для сохранения репродуктивной жизнеспособности, устойчивости к заболеваниям, способности к адаптации в меняющихся условиях. Генетическое разнообразие домашних животных и культурных растений особенно ценно для тех, кто работает над селекционными программами по поддержке и улучшению современных сельскохозяйственных видов.

Способы защиты и охраны биосферы

Для защиты и охраны биосферы используют ряд технологий. На разных уровнях (научном, законодательном, хозяйственном

и т. п.) принимают целый ряд мероприятий по охране как отдельных видов, так и целых экосистем. Проводят активную общественную работу. Создают так называемые Красные книги. Красная книга — это утвержденный перечень редких и исчезающих видов, содержащий краткие сведения об их биологии, распространении и мерах охраны. А для охраны экосистем выделяют природоохранные территории.

Природоохранные территории Украины

Тип природоохранной территории	Характеристика
Заповедники	Территории, на которых запрещены любые виды хозяйственной деятельности и туризм. На территории Украины расположено 20 заповедников: Дунайские плавни, Карпатский, Аскания-Нова, Медоборы (Тернопольская обл.), Полесский (Житомирская обл.) и др.
Заказники	Территории, на которых охраняются определенные виды животных и растений и допускается ограниченная хозяйственная деятельность. Могут быть постоянными или временными
Национальные парки	Территории, на которых в оговоренных пределах разрешены организованный туризм и экскурсии. Национальные парки в Украине: Шацкий (Волынская обл.), Синевир (Закарпатская обл.) и др.
Заповедно-охотничьи хозяйства	Территории, на которых созданы условия для размножения промысловых животных и разрешена охота на основании лицензии
Памятники природы	Отдельные природные объекты с заповедным режимом, имеющие научное, культурное, историческое или эстетическое значение



Видовое разнообразие является для человека источником всевозможных природных ресурсов. Для защиты и охраны биосферы проводят активную общественную работу, создают Красные книги, выделяют природоохранные территории. Природоохранными территориями Украины является заповедники, заказники, национальные парки, заповедно-охотничьи хозяйства, памятники природы.

Проверьте свои знания

1. Что такое биоразнообразие? 2. Зачем охранять биоразнообразие? 3. Какие природоохранные территории есть в Украине? 4. Составьте список природоохранных территорий вашего региона. 5*. Какие меры можно принять для сохранения биоразнообразия в вашем регионе?

Обобщающие задания к теме «Надорганизменные биологические системы»

В заданиях 1–12 выберите один правильный ответ.

1 **Совокупность живых организмов, населяющих конкретное местообитание и образующее с ним единое целое, — это:**

а) вид **б)** популяция **в)** экосистема **г)** биоценоз

2 **Морской экосистемой является:**

а) тайга **б)** эстуарий **в)** болото **г)** тундра

3 **Пресноводной экосистемой является:**

а) тайга **б)** эстуарий **в)** болото **г)** риф

4 **Наземной экосистемой является:**

а) риф **б)** эстуарий **в)** болото **г)** тундра

5 **Ярус широколиственного леса, к которому относятся старые дубы:**

а) первый **б)** второй **в)** третий **г)** четвертый

6 **В экосистеме леса продуцентом является:**

а) мухомор **б)** мышь **в)** липа **г)** лиса

7 **Опенок осенний, паразитирующий на сосновых деревьях, является:**

а) продуцентом
б) редуцентом
в) консументом I порядка
г) консументом II порядка

8 **Вешенка обыкновенная, разрушающая древесину мертвых тополей, является:**

а) продуцентом
б) редуцентом
в) консументом I порядка
г) консументом II порядка

9 **Абиотическим фактором для мыши, обитающей в широколиственном лесу, является:**

а) лиса
б) температура воздуха
в) другая мышь того же вида
г) клещ

10 **Примером хищничества является взаимодействие между:**

а) мышью и клещом
б) муравьями и тлей
в) мышью и совой
г) двумя мышами одного вида

11 **Примером мутуализма является взаимодействие между:**

а) мышью и клещом
б) мышью и совой
в) двумя мышами одного вида
г) муравьями и тлей

12 **Примером конкуренции является взаимодействие между:**

а) мышью и клещом
б) двумя мышами одного вида
в) мышью и совой
г) муравьями и тлей

13 **Напишите названия компонентов биосферы, к которым относятся указанные списки объектов.**

Бактерии, растения, животные, грибы	Базальт, гранит	Почва, ил	Уголь, торф, мел, кислород и углекислый газ атмосферы
а)	**б)**	**в)**	**г)**

14 **Установите соответствие между экосистемами и группами, к которым они относятся.**

Экосистемы	Группы
1 пшеничное поле	**а)** искусственные экосистемы
2 пустыня	**б)** природные экосистемы
3 Черное море	
4 огород	
5 тундра	
6 ферма по выращиванию мидий	

15 **Объясните, почему охрана природных группировок важна для сохранения биосферы.**

16 **Сформулируйте и обоснуйте правила, которые вы будете соблюдать для сохранения окружающей среды.**

Проверьте свои знания по теме «Надорганизменные биологические системы».



Тема 9

Биология как основа биотехнологии и медицины

53 Одомашнивание растений и животных



Когда вы знакомились с различными группами живых организмов, то рассматривали их значение для человека. Вспомните виды культурных растений и домашних животных, с которыми вы ознакомились, изучая биологию.

Одомашнивание растений

Одомашнивание — это процесс изменения популяций растений или животных, вследствие которого они становятся приспособленными к содержанию в неволе и использованию человеком. Одомашнивание осуществляют с целью получения от растений и животных продуктов питания, промышленной продукции или в других целях (транспорт, охрана и т. д.).



Рис. 53.1. Николай Иванович Вавилов (1887–1943)

Одомашнивание растений человеком в разных регионах нашей планеты происходило независимо друг от друга. Сами регионы, в которых происходило одомашнивание, обладали определенными особенностями. Кроме благоприятных климатических условий необходимо было также наличие определенных видов растений с достаточно крупными плодами, проживание многочисленного населения, наличие социальных условий для образования оседлых поселений. Поэтому существовало только несколько центров происхождения растений. Выявил эти центры ученый, генетик и селекционер Н. И. Вавилов (рис. 53.1).

Основные центры происхождения культурных растений

Название центра	Место расположения	Растения, происходящие из этого центра
Восточноазиатский	Китай	Просо, соя, мандарин, лещина, грецкий орех
Индо-Малайский	Малайский архипелаг, Филиппины, Индокитай	Банан, кокосовая пальма, апельсин, черный перец, рис
Индийский	Индия, Бирма	Баклажан, лимон, манго, гречка, огурец
Среднеазиатский	Часть Пакистана, Афганистан, Таджикистан, Узбекистан	Дыня, лук огородный, чеснок, конопля
Переднеазиатский	Малая Азия, Закавказье, Иран, часть Туркменистана	Пшеница, рожь, ячмень, горох, слива, груша, финиковая пальма
Средиземноморский	Балканы, Греция, Италия	Оливковое дерево, виноград, горчица, капуста, морковь, свекла, укроп
Эфиопский	Эфиопия, Судан, Эритрея	Сорго, кофе, арбуз, кола, кунжут
Центральноамериканский	Центральная Америка, Антильские острова	Кукуруза, какао, батат, подсолнечник, табак
Американский	Горные районы Колумбии, Эквадора, Перу, Боливии	Картофель, помидор, арахис, ананас, гевея

Одомашнивание животных

Процесс одомашнивания животных мог происходить двумя способами. Первый — образование мутуалистических взаимоотношений между двумя видами. Такие связи часто возникают в природных экосистемах. Второй — целенаправленное приручение человеком животных для получения от них определенных продуктов (мяса, шерсти и т. д.).

Первым способом происходило одомашнивание собак и котов. Современные домашние собаки прошли процесс одомашнивания примерно 10 000 лет назад на территории Азии.

Коты стали домашними чуть позже. Они заняли нишу «охотников на грызунов», когда в Переднеазиатском центре происхождения растений стали создавать запасы зерна. Эти запасы стали объектом нападения грызунов и, соответственно, причиной одомашнивания кошек.

Другие домашние животные приручались человеком целенаправленно в период от 8 до 2 тысяч лет назад. Большинство домашних животных были одомашнены на территории Евразии. Только индюки, морские свинки и ламы были одомашнены в Америке (рис. 53.2, с. 204).

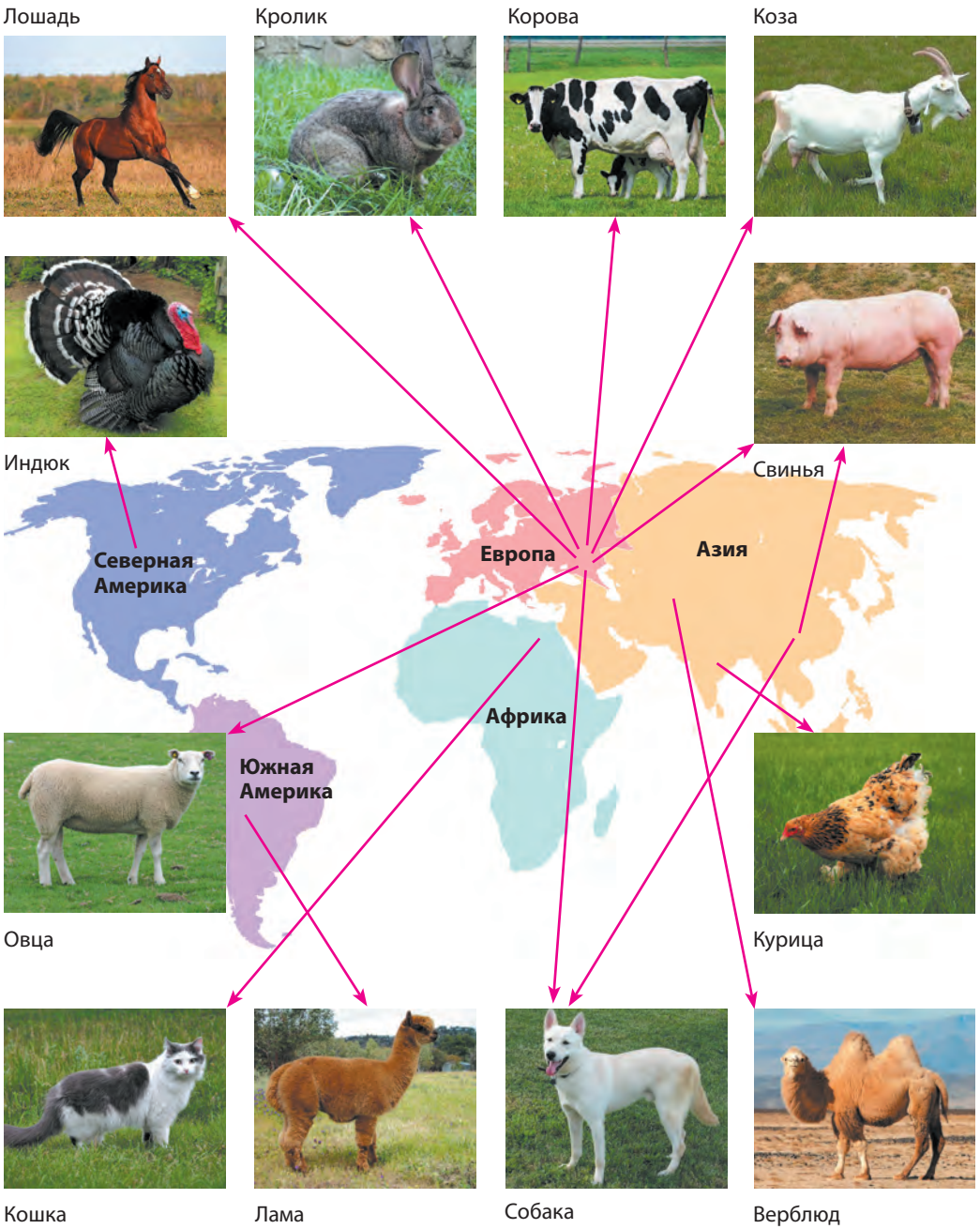


Рис. 53.2. Места одомашнивания животных

Закономерности одомашнивания

Если присмотреться к тому, где и какие животные одомашнивались, то можно заметить странные расхождения. Так, 10 тысяч лет назад в Евразии жили 72 вида млекопитающих с массой тела более 30 кг. Из них человек одомашнил 13 видов. В Африке в эти времена существовал 51 такой вид, но не был одомашнен ни один из них. В Америке из 24 подходящих видов одомашнили один-единственный вид — ламу. В Австралии единственным претендентом был один из видов кенгуру (все остальные были слишком маленькими), который так и не стал домашним.

Дело в том, что для успешного одомашнивания вида он должен соответствовать определенным требованиям. Животные должны достаточно быстро расти, быть неприхотливыми к пище, образовывать в естественных условиях группы с определенной социальной структурой (стада или стаи), не проявлять к человеку чрезмерной агрессивности и т. д. И если хоть одно из требований не выполняется, одомашнивание вида является крайне сомнительным. Так, одомашнивания зебр не произошло именно из-за чрезмерной агрессивности этих животных. А одомашниваниее слонов было невыгодным из-за слишком длительного периода их выращивания, хотя приручение диких слонов не вызывает трудностей.



Растения и животные одомашнивались человеком в период от 2 до 10 тысяч лет назад. Существует несколько центров происхождения культурных растений и домашних животных. Важнейшие виды культурных растений были одомашнены на территории Евразии, Центральной и Южной Америки. Большая часть домашних животных была одомашнена на территории Евразии. Для успешности процесса одомашнивания виды животных должны были соответствовать определенным требованиям.

Проверьте свои знания

1. Какие существуют виды культурных растений и домашних животных? 2. Какие существуют центры происхождения культурных растений? 3*. Составьте список культурных растений, которые выращивают в вашей местности, и распределите их на группы по месту происхождения. 4*. Зебры чрезвычайно трудно поддаются одомашниванию. Предложите гипотезу, которая объясняет этот факт.

54 Понятие селекции



Вспомните законы наследственности, сформулированные Г. Менделем. С какими объектами он работал? В каких случаях признаки живых организмов наследуются с нарушением законов Г. Менделя?



Першерон (тяжеловоз)



Шотландский пони (потребляет меньше корма, вынослив)



Ахалтекинская порода (хорошие скаковые качества)

Рис. 54.1. Породы лошадей

Селекция

Селекция — это наука о методах создания новых сортов и гибридов растений, пород животных и штаммов (генетически одинаковых) микроорганизмов. Благодаря селекции удалось получить большое разнообразие форм одомашненных организмов.

История селекции начинается с одомашнивания первых животных и растений. Тогда она была еще стихийной и не имела научной базы. Современная селекция основывается на достижениях классической генетики и молекулярной биологии.

В процессе селекции живые организмы развивают признаки, которые нужны человеку (рис. 54.1), например большую урожайность, больший размер зерна, быстрый рост, увеличенное отложение подкожного жира. Однако достигается это путем перераспределения ресурсов организма, поэтому одомашненные формы часто имеют меньшую устойчивость к заболеваниям и неблагоприятным погодным условиям.

Методы селекции

Методы селекции растений, животных и микроорганизмов довольно разнообразны. Но используются они с учетом особенностей биологии каждой из групп. Методы селекции

можно разделить на классические и методы с использованием молекулярно-биологических технологий.

Классические методы селекции организмов

Метод селекции	Сущность метода	Где применяется
Массовый отбор	Отбор многочисленных особей с нужными признаками без учета признаков родителей. Древнейший и самый простой метод селекции	Преимущественно в селекции растений и микроорганизмов, в селекции животных очень редко из-за небольшого числа потомков
Индивидуальный отбор	Отбор единичных особей с нужными признаками с учетом признаков родителей и составлением родословных (в селекции животных)	Во всех отраслях селекции
Создание чистых линий	Выведение гомозиготных особей с одинаковым генотипом по большому числу генов	В селекции растений, животных и микроорганизмов
Гибридизация:	Искусственное скрещивание особей с различными признаками	
— отдаленная гибридизация	Скрещивание особей — представителей разных видов	Преимущественно в селекции растений. У животных большая часть таких гибридов является бесплодной
— родственное скрещивание (инбридинг)	Скрещивание особей одной породы или даже из одной семьи	В селекции животных
— неродственное скрещивания (аутбридинг)	Скрещивание особей разных пород	В селекции животных и растений



Селекция — это наука о методах создания новых сортов и гибридов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов. Методами селекции является массовый и индивидуальный отбор, гибридизация, отдаленная гибридизация, родственные и неродственные скрещивания.

Проверьте свои знания

1. Что такое селекция? 2. Какие существуют методы селекции? 3. Зачем нужно создавать чистые линии? 4*. Какие особенности присущи селекции микроорганизмов? 5*. На конкретных примерах объясните, почему методы селекции растений и животных отличаются.

55 Традиционные и современные биотехнологии



Вспомните, как человек использует домашних животных и культурные растения. Какие предметы, полученные в результате этого использования, вы применяете в повседневной жизни? Как человек применяет способность живых организмов вызывать процессы брожения?

Биотехнология

Биотехнология (от греч. *bios* — жизнь, *techne* — искусство, мастерство, *logos* — слово, учение) — это совокупность промышленных методов, которые применяют для производства различных веществ с использованием живых организмов, биологических процессов или явлений. Сам термин «биотехнология» появился в 70-х годах XX века.

Но на самом деле биотехнологические принципы человек разработал уже давно. Использование микроорганизмов для выпечки хлеба, изготовления сыра и других молочных продуктов, виноделия, пивоварения продолжается уже не одну тысячу лет (рис. 55.1). Просто люди раньше не знали, что все эти процессы осуществляют микроорганизмы.

Биотехнологию условно разделяют на два раздела — традиционная и современная.

Традиционная биотехнология

Традиционная биотехнология основана на явлении ферментации — использовании в производственных процессах ферментов микроорганизмов. Именно на этом явлении основано производство хлеба, пива, вина, кисломолочных продуктов, уксуса. Результатом деятельности микроорганизмов являются такие продукты, как кефир,

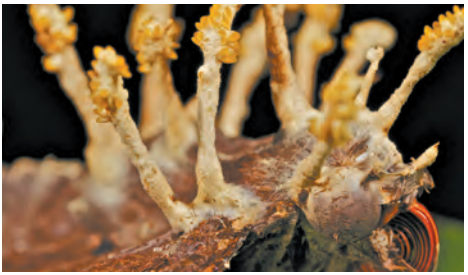




Рис. 55.1. Продукты, полученные методами биотехнологии



Хищное насекомое



Паразитические грибы

Рис. 55.2. Биологические методы защиты растений

ряженка, йогурты, кумыс. Без процесса ферментации невозможно, например, изготовить сыр.

В этой отрасли используют микроскопические грибы и бактерии. Это пекарские дрожжи (для изготовления хлеба), аспергиллы (для изготовления сыров), термофильные стрептококки и болгарская молочная палочка (для изготовления йогуртов и других кисломолочных продуктов), а также другие микроорганизмы.

Современное использование традиционных биотехнологий

Традиционные области применения микроорганизмов сейчас расширяются. С помощью микроорганизмов получают ряд лекарственных препаратов (например, препараты группы стероидов). Вся лимонная кислота, которая продается в наших магазинах, произведена микроорганизмами. Таким же способом получают и глутамат натрия, который является усилителем вкуса и широко применяется как пищевая добавка.

Живые организмы используются и как средство борьбы с вредителями и болезнями растений (рис. 55.2). Использование естественных возбудителей заболеваний у вредителей намного безопаснее, чем обработка ядохимикатами. Хотя у этого метода есть недостатки — медленное действие, например.

И еще одна новейшая отрасль — производство ферментов для бытовой химии. Каждый раз, когда вы покупаете, скажем, стиральный порошок с ферментами, вы пользуетесь продуктами биотехнологии.

Новые направления биотехнологии

Новые методы биотехнологии включают такие направления, как клеточная и генная инженерия. Они начали развиваться с 60-х годов XX века, когда была установлена роль ДНК в наследственности и раскрыты механизмы реализации наследственной информации.

Клеточная инженерия — это отрасль биотехнологии, которая разрабатывает и использует технологии культивирования клеток и тканей вне организма в искусственных условиях. Кроме того, в рамках клеточной инженерии разрабатывают и используют технологии гибридизации клеток.

Генетическая инженерия — это отрасль биотехнологии, которая разрабатывает и использует технологии выделения генов из организмов и отдельных клеток, их видоизменения и введение в другие клетки или организмы.

Клеточная инженерия

Существует несколько направлений практического использования технологий, разработанных в области клеточной инженерии.

Перспективные направления технологий клеточной инженерии

Направление	Сфера применения
Получение промышленным путем ценных биологически активных веществ растительного происхождения	Фармация, бытовая химия, пищевая промышленность
Использование тканевых и клеточных культур для быстрого клонального микроразмножения и оздоровления растения	Сельское и лесное хозяйство
Получение гибридом (рис. 55.3) путем слияния различных клеток, например раковой клетки и лимфоцита в одну клетку	Фармация, медицина, биотехнологическая промышленность

Одним из направлений клеточной инженерии является клонирование животных и растений. Клонирование растений, например, позволяет очень быстро размножать наиболее ценные особи растений. Особенно важно это при выращивании деревьев, так как значительно повышает скорость их размножения (рис. 55.4).

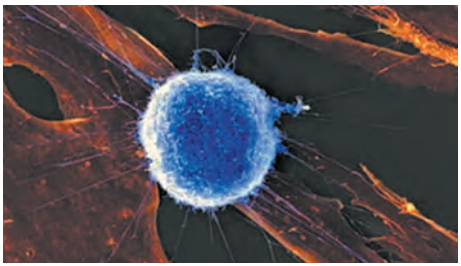


Рис. 55.3. Гибридома

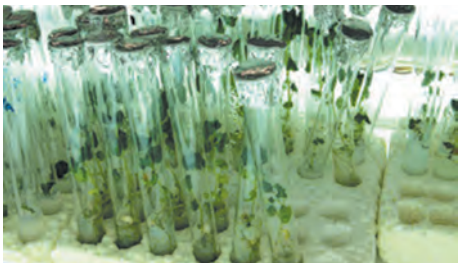


Рис. 55.4. Клонирование растений

Генетическая инженерия

Суть генетической инженерии заключается в искусственном создании генов с нужными свойствами и введение их в соответствующую клетку. Перенос гена осуществляет **вектор** (рекомбинантная ДНК) — специальная молекула ДНК, сконструированная на основе ДНК вирусов или плазмид, которая содержит нужный ген, транспортирует его в клетку и обеспечивает его встраивание в генетический аппарат клетки.



Рис. 55.5. Использование маркировки клеток организмов с помощью гена GFP

Для маркировки определенных клеток организмов в молекулярно-генетических исследованиях используют ген GFP, выделенный из медузы. Он обеспечивает синтез флуоресцентного белка, который светится в темноте (рис. 55.5).

Генетическая инженерия широко используется как в научных исследованиях, так и в новейших методах селекции.



Биотехнология — это совокупность промышленных методов, которые применяют для производства различных веществ с использованием живых организмов, биологических процессов или явлений. Традиционная биотехнология основана на явлении ферментации — использовании в производственных процессах ферментов микроорганизмов.

Клеточная инженерия — это отрасль биотехнологии, которая разрабатывает и использует технологии культивирования клеток и тканей вне организма в искусственных условиях. Генетическая инженерия — это отрасль биотехнологии, которая разрабатывает и использует технологии выделения генов из организмов и отдельных клеток, их видоизменение и введение в другие клетки или организмы.

Проверьте свои знания

1. Что такое биотехнология? 2. Что такое генетическая инженерия? 5. Для чего используют технологии клеточной инженерии? 3. В каких отраслях современного производства используют традиционную биотехнологию? 4*. Составьте перечень продуктов и вещей, являющихся продуктами биотехнологии, которые вы использовали в течение дня. 5*. Какие биологические и экологические проблемы могут возникать при использовании технологий генетической инженерии?

56 Генетически модифицированные организмы



Вспомните, какие способы обмена генетической информацией характерны для бактерий. В каких структурах клеток хранится наследственная информация? Почему бактерии легко приспосабливаются к появлению новых антибиотиков? Что такое плазмиды?

Что такое генетически модифицированные организмы

Генетически модифицированные организмы (ГМО) — это организмы, генотип которых был изменен с помощью методов генетической инженерии с использованием технологии рекомбинантных ДНК (рис. 56.1). Другое название генетически модифицированных организмов — трансгенные организмы.

Трансгенные организмы могут иметь огромное значение для повышения эффективности сельского хозяйства и для исследований в области молекулярной биологии. Первые генетически модифицированные организмы, полученные с помощью методов молекулярной биологии, появились в мире лишь в 80-х годах XX века.

Генетическая модификация организмов в природе

Но человек не может считаться первооткрывателем технологии рекомбинантных ДНК. Такие процессы являются очень древними и распространенными среди живых организмов. Вирусы поражают все группы живых организмов и иногда случайно переносят гены от одних видов в другие. Этот процесс называется **горизонтальным переносом генов**. Он играет важную роль в эволюции.

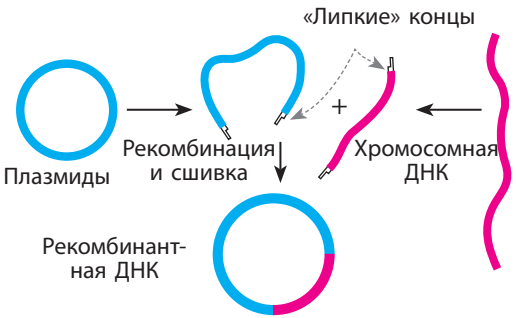


Рис. 56.1. Схема получения рекомбинантной ДНК

Первыми перенос генов начали использовать бактерии. Этот процесс у них известен как **трансдукция** — перенос бактериальных генов другим бактериям с помощью бактериофагов. Трансдукция является одним из основных ме-

ханизмов обмена генами у прокариот. Существует она не менее трех миллиардов лет.

История эукариот также не обошлась без этой технологии. Происхождение цитоскелета, без которого невозможна жизнедеятельность всех эукариот (в том числе человека), тоже связывают с горизонтальным переносом генов от бактерий с помощью вирусов.

Процесс продолжается и сейчас. Недавние исследования обнаружили обмен генами между рисом и просом, и человек не имел к этому никакого отношения. Также был обнаружен перенос генов от паразитической бактерии вольбахия в геном ее хозяев — насекомых и червей. А в одной из групп коловраток горизонтальный перенос генов вообще заменил половой процесс.

В эволюции человека такие переносы генов также случались неоднократно. Подробный анализ показал, что 1 % генома человека — это гены вирусов. Но в большинстве случаев они являются генетическим мусором, поскольку были обезврежены системами защиты нашего генома. А некоторые из этих «посторонних» генов стали для нас крайне необходимыми. Именно гены ретровирусов, встроенные в наш геном, обеспечивают работу плаценты и позволяют нам (как и другим млекопитающим) вынашивать ребенка в организме матери.

В начале 90-х годов XX века в Китае было проведено первое коммерческое испытание генетически модифицированных сортов табака и томатов, устойчивых к вирусам.



Генетически модифицированные организмы — это организмы, генотип которых был изменен с помощью методов генной инженерии с использованием технологии рекомбинантных ДНК.

Процессы, аналогичные технологиям создания генетически модифицированных организмов, нередко происходят в природе и существуют уже несколько миллиардов лет.

Проверьте свои знания

1. Что такое генетически модифицированные организмы? 2. Происходит ли генетическая модификация организмов в естественных условиях? 3. Попадали ли в процессе эволюции гены других организмов в геном человека? 4*. Какие морально-этические проблемы может вызвать использование ГМО?

57 Роль генетической инженерии в современной биотехнологии и медицине



Вы уже знаете, что такое биотехнологии. Как давно люди используют биотехнологии? Какие методы применяют в этой отрасли? Какое значение в жизни человека играют производства, применяющие методы биотехнологии?

Сравнение технологий

Очень интересно провести сравнение технологий создания ГМО и технологий классической селекции.

Сравнение классических и современных биотехнологий

Классическая селекция	Создание ГМО
Основывается на естественном процессе, который используется человеком	Основывается на естественном процессе, который используется человеком
Используется не менее 10 тысяч лет (с применением искусственного мутагенеза не менее 80 лет)	Используется более 30 лет
Работает сразу с несколькими тысячами генов	Работает с одним геном
Создает организмы, генетически значительно отличающиеся от природных форм	Создает организмы, генетически значительно отличающиеся от природных форм
Требует значительного времени для вывода новых форм	Требует немного времени для вывода новых форм

Проблемы и перспективы использования технологий генетической инженерии

Вопрос о перспективе использования генной инженерии для выращивания сельскохозяйственного сырья продолжает вызывать серьезные споры среди исследователей и потребителей. Среди положительных аргументов — повышенная урожайность, экологические преимущества, защита от вредителей. С другой стороны — неуверенность части потребителей в безопасности новых технологий.

Теоретически негативное влияние трансгенных растений на другие организмы возможно, например, из-за наличия в организме рас-

тений биологически активных веществ (инсектицидов, фунгицидов и др.). Влияние этих веществ может быть прямым или опосредованным, через трофические цепи. Однако до сих пор достоверных экспериментальных данных о негативном влиянии трансгенных растений, устойчивых к вредителям, на нецелевые организмы не получено.

Также за 30 лет исследований не было выявлено достоверных экспериментальных данных о негативном влиянии ГМО при употреблении в пищу.



Рис. 57.1. Золотой рис (генетически модифицированный сорт, который содержит много бета-каротина) в сравнении с обычным рисом

В Европе модифицированные растения сои и кукурузы для изготовления пищевых продуктов разрешены с 1997 года, а пищевые ферменты, добавки, полученные в результате генной инженерии, используют более двадцати лет. Следует отметить, что ГМО-продукты являются более дешевыми, чем продукты обычной селекции, и могут содержать полезные для людей соединения. Так, генетически модифицированный сорт риса (золотой рис) содержит значительное количество бета-каротина (рис. 57.1).

Применение в научных исследованиях

Генетическая инженерия очень широко применяется в современной биологии и медицине. Она стала одним из главных инструментов как науки, так и производства. В научных исследованиях генетическая инженерия позволяет целенаправленно «выключать» нужные гены. Это помогает исследовать их функции. Также можно вводить в организм ген, которого у него не было раньше, и тестировать последствия применения новых технологий.

С помощью этой методики можно получить важные результаты при анализе путей и способов реализации генетической информации. Большинство генов эукариот может синтезировать несколько вариантов белков, и разобраться в работе этого механизма можно только с помощью генетической инженерии.

Производство лекарственных препаратов

Без генетически модифицированных организмов, которые производят лекарственные препараты, трудно представить современную медицину. Некоторые препараты просто невозможно получить другим способом. Используют такие лекарства уже достаточно давно. С 1982 года началось массовое применение инсулина, производимого

генетически модифицированной бактерией. Ген человеческого инсулина этой бактерии был введен искусственно.

Кроме инсулина с помощью генетически модифицированных организмов производят гормон роста, интерферон, препараты для лечения инфаркта миокарда, препараты для лечения муковисцидоза, ряда форм рака и других заболеваний.

Диагностика заболеваний

Технологии генетической инженерии активно используют для диагностики заболеваний. Диагностировать таким образом можно инфекционные и наследственные заболевания, а также различные формы рака.

Эта диагностика основана на распознавании специфических участков нуклеиновых кислот — ДНК или РНК. Такой метод характеризуется большой чувствительностью и высокой надежностью.

Генная терапия

Генная терапия — это совокупность технологий, изменяющих генетический аппарат соматических клеток человека. Главное ее назначение — лечение наследственных заболеваний. Основная идея — заменить дефектный ген нормальным. Для этого из организма сначала выделяют клетки, вводят в них здоровый ген и помещают их назад (рис. 57.2). Такую терапию проводят, например, для гена тимидинкиназы у людей с тяжелой формой иммунодефицита.

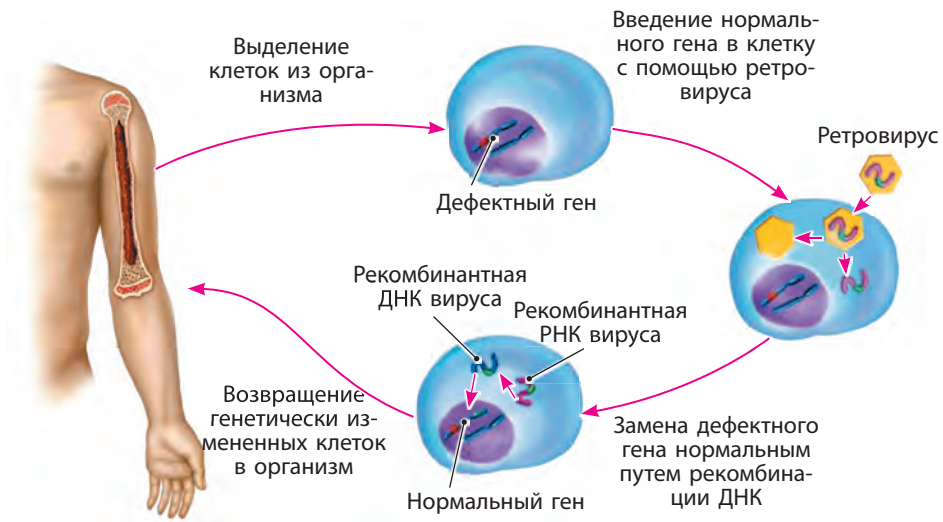


Рис. 57.2. Схема генной терапии

Генная терапия уже успешно применяется, но пока все эти исследования проводят как экспериментальные. Ведь технология является сложной и требует тщательного изучения возможных рисков и негативных последствий.

Использование в сельском хозяйстве

В сельском хозяйстве генетически модифицированные растения в коммерческих масштабах используют с 1994 года. Основное направление — получение растений с повышенной устойчивостью к заболеваниям, вредителям или природным условиям. Важным направлением является также получение плодов с улучшенной способностью к хранению. А наиболее перспективным направлением в животноводстве является получение молока от генетически модифицированных животных. Это молоко может содержать дорогие или редкие белки, которые применяют в медицине, но которые невозможно получить с помощью бактерий.



Наиболее перспективными направлениями использования генетической инженерии в современной биотехнологии и медицине являются производство лекарственных препаратов, генная терапия, диагностика заболеваний и производство сельскохозяйственной продукции. Трансгенные организмы могут иметь большое значение для повышения эффективности сельского хозяйства и для исследований в области молекулярной биологии. За 30 лет исследований не было получено достоверных данных относительно негативного влияния ГМО на человека и другие виды живых организмов.

Проверьте свои знания

1. Как достижения генетической инженерии используют: а) в научных исследованиях; б) в медицине; в) в сельском хозяйстве? 2. Какими преимуществами по сравнению с классической селекцией обладает технология получения ГМО? 3. Сравните технологии классической селекции и технологии создания ГМО. 4*. Какие биологические и экологические проблемы могут возникнуть ввиду использования ГМО? 5*. Какие морально-этические проблемы могут возникнуть при использовании технологий генетической инженерии? 6*. Может ли человек обойтись без использования технологий генетической инженерии? Ответ обоснуйте.

Обобщающие задания к теме «Биология как основа биотехнологии и медицины»

В заданиях 1–12 выберите один правильный ответ.

1 **Центры происхождения культурных растений выявил:**

а) Н. Вавилов **б)** Ч. Дарвин **в)** Г. Мендель **г)** Т. Морган

2 **Центром происхождения риса является:**

а) Средиземноморский
б) Эфиопский
в) Центральноамериканский
г) Индо-Малайский

3 **Центром происхождения картофеля является:**

а) Индийский
б) Южноамериканский
в) Центральноамериканский
г) Среднеазиатский

4 **Животное, одомашненное в Америке:**

а) овца **б)** лошадь **в)** индюк **г)** курица

5 **Животное, одомашненное раньше других:**

а) кошка **б)** собака **в)** лошадь **г)** верблюд

6 **С помощью микроорганизмов производят:**

а) молоко
б) сало
в) кофе
г) хлеб

7 **Методы создания новых сортов растений разрабатывает наука:**

а) биотехнология
б) селекция
в) генетика
г) цитология

8 **Совокупность промышленных методов, которые применяют для производства различных веществ с использованием живых организмов, биологических процессов или явлений, — это:**

а) искусственный отбор
б) молекулярная биология
в) селекция
г) биотехнология

9 **Отрасль биотехнологии, которая разрабатывает и использует технологии культивирования клеток и тканей вне организма в искусственных условиях, — это:**

а) генетическая инженерия
б) селекция
в) клеточная инженерия
г) генная терапия

10 **Генетически модифицированные организмы — это организмы, генотип которых был изменен с помощью методов:**

а) радиационного мутагенеза **в)** клеточной инженерии
б) генетической инженерии **г)** классической селекции

11 **Процесс изменения популяций растений или животных, вследствие которого они становятся приспособленными к содержанию в неволе и использованию человеком, — это:**

а) конвергенция **в)** генная терапия
б) естественный отбор **г)** одомашнивание

12 **Молекула ДНК, содержащая нужный ген, транспортирующая его в клетку и встраивающая в генетический аппарат клетки, — это:**

а) оперон **б)** ген **в)** вектор **г)** экзон

13 **Напишите названия центров происхождения растений, в которых были одомашнены перечисленные виды.**

Сорго, кофе, арбуз, кола, кунжут	Кукуруза, какао, батат, подсолнечник, табак	Пшеница, рожь, ячмень, горох, слива, груша, финиковая пальма	Баклажан, лимон, манго, гречка, огурец
а)	**б)**	**в)**	**г)**

14 **Установите соответствие между процессами и технологиями, к которым они относятся.**

Процессы	**Технологии**
1 генная терапия	**а)** технологии получения рекомбинантных ДНК
2 производство сыра	**б)** технологии клеточной инженерии
3 производство кефира	**в)** технологии с использованием процессов брожения
4 получение ГМО	
5 получение гибридом	
6 производство хлеба	

15 **Сравните классическую селекцию и технологии с использованием рекомбинантной ДНК.**

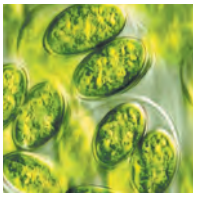
16 **Объясните, каковы перспективы использования ГМО в медицине.**

Проверьте свои знания по теме «Биология как основа биотехнологии и медицины».



Обобщение

58 Основные общие свойства живых систем



Вспомните уровни организации живых организмов, которые вы изучали. Какие особенности присущи молекулам живых организмов, их клеткам? Как происходит передача наследственной информации? Как живые организмы связаны между собой в экосистемах?

Основные общие свойства живых систем

Живые системы довольно разнообразны (рис. 58.1). Но все они обладают общими свойствами. К таким свойствам относятся единство химического состава, наличие обмена веществ и энергии, способность к саморегуляции, самовоспроизведению, росту и развитию, изменчивость.

Единство химического состава

Живые системы построены на основе органических молекул. В состав этих молекул входят Карбон, Оксиген, Гидроген, Нитроген, Фосфор и Сульфур. Другие элементы в живых системах встречаются в меньшем количестве. Органические вещества представлены нуклеиновыми кислотами, белками, липидами и углеводами.



Клетка



Одноклеточный организм



Многоклеточный организм



Экосистема

Рис. 58.1. Живые системы

Обмен веществ

Живые системы являются открытыми. То есть они могут существовать только при условии постоянного обмена веществом, энергией и информацией с окружающей средой. Кроме того, внутри живых систем также происходит интенсивный обмен веществ, энергии и информации между отдельными частями системы (органеллами клеток, органами организма, организмами в экосистеме).

Способность к саморегуляции, росту и развитию

Живые системы благодаря непрерывному обмену веществ и энергии постоянно находятся в состоянии динамического равновесия. Процессы, происходящие в них, уравновешивают друг друга. Наличие обмена веществ также делает возможным рост и развитие живых систем. Благодаря потоку энергии, проходящему через них, они могут расти и увеличивать свою сложность (развиваться).

Способность к самовоспроизведению, изменчивость

Уникальной способностью живых систем является самовоспроизведение. Даже неклеточные формы жизни (вирусы) способны с помощью клеток-хозяев производить свои копии. А с процессами воспроизводства клеток и многоклеточных организмов вы подробно ознакомились в предыдущих разделах учебника.

Но если бы живые системы были только самовоспроизводящимися, их развитие и эволюция были бы невозможны. Поэтому изменчивость — еще одно важное свойство живых систем. Каждый раз, когда живая система самовоспроизводится, ее копия не является абсолютно тождественной. Эти небольшие (а в случае мутаций и большие) различия являются материалом для эволюции.



К основным общим свойствам живых систем относятся единство химического состава, обмен веществ и энергии, способность к саморегуляции, способность к самовоспроизведению, изменчивость, способность к росту и развитию.

Проверьте свои знания

1. Какие объекты можно отнести к живым системам? 2. Какие преимущества дает живым системам способность к саморегуляции? 3. Какие преимущества дает живым системам способность к изменчивости? 4. Почему некоторые ученые не считают вирусы живыми организмами?

Практикум

Лабораторное исследование

Тема. Свойства ферментов

Цель: исследовать свойства ферментов и влияние на них физических факторов.

Оборудование и материалы: учебник; небольшие кубики сырого и вареного картофеля, пробирки, гидроген пероксид комнатной температуры, гидроген пероксид из холодильника.

Теоретический минимум

В этом исследовании свойства ферментов рассматриваются на примере пероксидазы, содержащейся в клетках картофеля. При контакте пероксидазы с гидроген пероксидом происходит разложение перекиси на воду и кислород, который выделяется в виде небольших пузырьков газа.

Ход исследования

1. Возьмите три пробирки и поместите в них небольшие кубики картофеля. В первые две — кубики сырого картофеля, а в третью — вареного.
2. Влейте в первую пробирку раствор гидроген пероксида, который перед этим был охлажден в холодильнике.
3. Понаблюдайте, выделяются ли пузырьки газа. Отметьте интенсивность их выделения.
4. Влейте во вторую и третью пробирки раствор гидроген пероксида комнатной температуры.
5. Понаблюдайте, выделяются ли пузырьки газа. Отметьте интенсивность их выделения.
6. Сделайте вывод, в котором укажите результаты наблюдений и объясните, повлияла ли низкая температура и тепловая обработка на активность фермента пероксидазы.

Практическая работа

Тема. Решение элементарных упражнений по структуре белков и нуклеиновых кислот

Цель: усовершенствовать навыки решения элементарных упражнений по структуре белков и нуклеиновых кислот.

Оборудование и материалы: учебник, тетрадь.

Теоретический минимум

Определение массы и длины аминокислот

• Массы нуклеотидов, аминокислот, белков и нуклеиновых кислот измеряют в дальтонах (Да). Средняя молекулярная масса одной аминокислоты равна 110 Да. Средняя молекулярная масса одного нуклеотида ДНК равна 330 Да, а одного нуклеотида РНК — 345 Да.

• Линейный размер нуклеотидов, аминокислот, белков и нуклеиновых кислот измеряют в нанометрах (нм). Средняя длина одной аминокислоты — 0,35 нм. Средняя длина одного нуклеотида — 0,34 нм.

Примеры решения задач

Элементарное упражнение по структуре белка

Задача

Масса белка — 22 000 Да. Какова длина этой молекулы в нанометрах?

Решение:

1. Сначала определяем число аминокислот в молекуле:
   22 000 Да (общая масса молекулы) / 110 Да (средняя масса аминокислоты) = 200 аминокислот
2. Далее определяем длину молекулы:
   200 аминокислот × 0,35 нм = 70 нм

Ответ: длина молекулы белка составляет 70 нм.

Элементарное упражнение по структуре ДНК

Задача

В состав фрагмента ДНК входит 300 нуклеотидов (это число включает нуклеотиды из обеих цепей двойной спирали). Определите длину и массу этого фрагмента ДНК. Учитывая, что из этих 300 нуклеотидов 50 являются гуаниловыми, определите число адениловых, тимидиловых и цитидиловых нуклеотидов в этом фрагменте.

Решение:

1. Сначала определяем длину молекулы ДНК. Молекула состоит из двух цепей, соединенных друг с другом. Соответственно, длина каждой цепи (и всей молекулы в целом) составляет 150 пар нуклеотидов.

Тогда длина молекулы в нанометрах будет равна:

150 (число нуклеотидов в одной цепи) × 0,34 нм (средняя длина одного нуклеотида) = 51 нм.

2. Далее определяем массу молекулы:

300 нуклеотидов × 330 Да (средняя масса одного нуклеотида) = = 99 000 Да.

3. Затем определяем число нуклеотидов.

В молекуле ДНК количество адениловых нуклеотидов равно количеству тимидиловых, а количество гуаниловых — количеству цитидиловых, ведь эти нуклеотиды образуют только такие пары. Если в молекуле 50 гуаниловых нуклеотидов, то цитидиловых также 50.

Рассчитываем количество тимидиловых и адениловых нуклеотидов.

300 (общее количество нуклеотидов) − 50 (количество гуаниловых) − − 50 (количество цитидиловых) = 200 (общее количество адениловых и тимидиловых нуклеотидов)

Количество адениловых и тимидиловых нуклеотидов одинаково, поэтому количество каждого из них будет равно:

200 / 2 = 100

Ответ: длина молекулы ДНК составляет 51 нм, масса — 99 000 Да, она содержит по 50 гуаниловых и цитидиловых нуклеотидов и по 100 адениловых и тимидиловых.

Ход работы

1. Ознакомьтесь с информацией рубрики «Теоретический минимум».
2. Используя эту информацию, решите задачи:

   1. Масса белка — 71 500 Да. Какова длина этой молекулы в нанометрах?

   2. В состав фрагмента ДНК входит 200 нуклеотидов (это число включает нуклеотиды из обеих цепей двойной спирали). Определите длину и массу этого фрагмента ДНК. Учитывая, что из этих 200 нуклеотидов 40 являются гуаниловыми, определите количество адениловых, тимидиловых и цитидиловых нуклеотидов в этом фрагменте.
3. Сделайте вывод, указав в нем основные особенности ДНК и белков.

Лабораторная работа

Тема. Изучение структурно-функционального разнообразия клеток

Цель: ознакомиться со структурно-функциональным разнообразием клеток на примере клеток различных тканей животных и растений.

Оборудование и материалы: микропрепараты, электронные микрофотографии и изображения клеток мышечной, эпителиальной и нервной тканей животных, клеток зоны деления, покровной, проводящей и основной тканей растений.

Ход работы

1. Рассмотрите на рисунках и микропрепаратах изображения клеток мышечной ткани животных. Зарисуйте их в тетради и запишите, какие функции выполняют эти клетки.
2. Рассмотрите на рисунках и микропрепаратах изображения клеток нервной ткани животных. Зарисуйте их в тетради и запишите, какие функции выполняют эти клетки.
3. Рассмотрите на рисунках и микропрепаратах изображения клеток эпителиальной ткани животных. Зарисуйте их в тетради и запишите, какие функции выполняют эти клетки.
4. Рассмотрите под увеличением микроскопа 64× препарат корешка лука. Найдите зону деления клеток. Рассмотрите под увеличением микроскопа 160× меристематические (образовательные) клетки. Зарисуйте их в тетради и запишите, какие функции выполняют эти клетки.
5. Рассмотрите под увеличением микроскопа 64× препарат стеблей липы. Зарисуйте увиденные проводящие ткани. Отметьте на рисунке ксилему и флоэму. Зарисуйте их в тетради и запишите, какие функции выполняют эти клетки.
6. Рассмотрите под увеличением микроскопа 64× препарат эпидермиса листа подсолнечника. Обратите внимание на устьица. Рассмотрите под увеличением микроскопа 160× клетки устьиц и окружающие клетки. Зарисуйте их в тетради и запишите, какие функции выполняют эти клетки.
7. Рассмотрите под увеличением микроскопа 64× срез листа. Найдите основную ткань и рассмотрите ее клетки под увеличением микроскопа 160×. Зарисуйте их в тетради и запишите, какие функции выполняют эти клетки.
8. На основании рассмотренных микропрепаратов и электронных микрофотографий сделайте выводы относительно связи особенностей строения тканей животных и растений с функциями, которые они выполняют.

Лабораторное исследование

Тема. Исследование фаз митоза (на примере клеток корня лука)
Цель: научиться различать фазы митоза в растительных клетках.
Оборудование и материалы: микроскоп, микропрепарат корня лука, фотографии митотических клеток.


профаза


метафаза


анафаза


телофаза

Ход исследования

1. Под увеличением микроскопа 64× рассмотрите препарат корешка лука и найдите на нем три зоны корня: корневой чехлик, зону деления клеток и зону роста.
2. Под увеличением микроскопа 160× рассмотрите зону деления клеток (если невозможно использовать такое увеличение, можно рассмотреть фотографии митотических клеток).
3. Найдите клетку на стадии интерфазы. Зарисуйте клетку, обозначьте на рисунке ядро и клеточную оболочку.
4. Найдите клетку на стадии профазы. Зарисуйте клетку, обозначьте на рисунке хромосомы.
5. Найдите клетку на стадии метафазы. Зарисуйте клетку, обозначьте на рисунке хромосомы и веретено деления.
6. Найдите клетку на стадии анафазы. Зарисуйте клетку, обозначьте на рисунке хромосомы и полюса клетки.
7. Найдите клетку на стадии телофазы. Зарисуйте клетку, обозначьте на рисунке хромосомы и новую клеточную стенку, которая начала формироваться.
8. Сделайте выводы, в которых укажите характерные признаки фаз митоза.

Практическая работа

Тема. Решение элементарных упражнений по репликации, транскрипции и трансляции

Цель: усовершенствовать навыки решения элементарных упражнений по репликации, транскрипции и трансляции.

Оборудование и материалы: таблица генетического кода, учебник, тетрадь.

Алгоритм решения упражнений

По правилу комплементарности, в двойной цепи ДНК каждому гуаниловому нуклеотиду (Г) соответствует цитидиловый (Ц), а тимидиловому (Т) — адениловый (А). Поэтому при установлении последовательности нуклеотидов во второй цепи по образцу первой цепи в процессе репликации следует придерживаться правила: Г ↔ Ц, А ↔ Т.

Например:

ДНК (1-я цепь): АТГЦГАГТ

ДНК (2-я цепь): ТАЦГЦТЦА

В процессе транскрипции по образцу цепи ДНК образуется цепь РНК. В этом случае по правилу комплементарности нуклеотидам в цепи ДНК будут соответствовать такие нуклеотиды РНК: гуаниловому (Г) соответствует цитидиловый (Ц), цитидиловому (Ц) — гуаниловый (Г), тимидиловому (Т) — адениловый (А), а адениловому (А) — уридиловый (У).

Например:

ДНК: АТГЦГАГТ

РНК: УАЦГЦУЦА

Ход работы

1. Рассмотрите последовательность нуклеотидов в одной цепи фрагмента ДНК:

а) АТГТАЦТЦГГЦГАТААЦА в) ААЦАГТГТТТЦТГТЦАТТ

б) ГЦААЦЦГАТТГТЦТТАЦТ г) ТАЦТАГЦАГЦГТЦГГАЦТ

Выполните упражнение по репликации, достроив к ней комплементарную цепь ДНК.

2. Рассмотрите последовательность нуклеотидов в одной цепи фрагмента ДНК:

а) ТАЦТЦАЦТАЦЦАТЦГЦТГ в) ТАЦТААЦАААЦГАТЦААТТ

б) ТАЦЦЦГТЦТЦТТЦЦТАЦТ г) ТАЦАТГТЦГАЦЦГЦГАТЦ

Используя таблицу генетического кода, определите продукты, образующиеся в результате транскрипции и последующей трансляции участков ДНК.

3. Сделайте вывод, в котором укажите основные свойства генетического кода, и запишите его в тетрадь.

Лабораторное исследование

Тема. Изменчивость у растений и животных

Цель: ознакомиться с модификационной и мутационной изменчивостью у растений и животных, научиться строить вариационный ряд, ознакомиться с нормальными и мутантными формами дрозофил и сравнить их.

Оборудование и материалы: учебник, рабочая тетрадь; коллекции листьев или хвоинок, коллекция насекомых, фотографии или рисунки нормальных и мутантных (три-четыре линии) форм дрозофилы, линейка, лупы.

Ход исследования

1. Рассмотрите коллекцию листьев или хвоинок, отберите 15 листьев или хвоинок.
2. Измерьте длину всех листьев (хвоинок) и запишите результаты в тетради.
3. Постройте вариационную кривую, упорядочив по горизонтали листья в последовательности от меньшего к большему, а по вертикали отметьте их длину.
4. Рассмотрите коллекцию насекомых, отберите насекомых одного вида.
5. Измерьте длину тела всех насекомых и запишите результаты в тетради.
6. Постройте вариационную кривую, расположив по горизонтали результаты измерений насекомых в последовательности от меньшего к большему, а по вертикали отметьте длину их тела.
7. Рассмотрите изображения нормальных экземпляров дрозофил (дикая форма). Определите и запишите характерные признаки: окраска тела, форма крыльев, цвет глаз.
8. Рассмотрите изображения мутантных экземпляров дрозофил (всех имеющихся форм). Определите и запишите характерные признаки: окраска тела, форма крыльев, цвет глаз.
9. Запишите особенности каждой из мутантных форм, по которым она отличается от нормальных особей.
10. Сделайте вывод, в котором укажите, с какими характерными особенностями модификационной и мутационной изменчивости вы ознакомились.

Практическая работа

Тема. Составление схем скрещивания

Цель: усовершенствовать навыки составления схем скрещивания и решения элементарных генетических задач.

Оборудование и материалы: таблицы со схемами законов Г. Менделя, раздаточные карточки с задачами, учебник, тетрадь.

Алгоритм составления схемы скрещивания

1. Определение и запись генотипов родителей исходя из условий задачи.

2. Определение гамет, которые образуют родительские генотипы. При этом следует учитывать, что количество типов гамет, которые образует особь, определяют по формуле $X = 2^n$, где X — количество типов гамет, которые образует особь, а n — количество гетерозиготных генов в генотипе этой особи.

3. Построение решетки Пеннета. При этом следует учитывать, что количество столбцов и строк в таблице равно количеству типов гамет, которые образуют материнская и отцовская особи.

4. Определение генотипов и фенотипов потомков, которые образуются в результате скрещивания, путем анализа генотипов, которые образовались в результате сочетания гамет в соответствующих ячейках решетки Пеннета.

Ход работы

1. Задача на моногибридное скрещивание.

Составьте схему скрещивания и запишите решение задачи.

У фасоли аллель черной окраски семян (*A*) доминирует над аллелем белой окраски (*a*). Определите генотипы и фенотипы потомков в скрещивании *Aa* × *Aa*.

2. Задача на дигибридное скрещивание.

Составьте схему скрещивания и запишите решения задачи.

У растения один ген определяет высоту растения (доминантный аллель *A* — высокое растение, рецессивный аллель *a* — карликовое растение), а второй ген — окраску плодов (доминантный аллель *B* — красные плоды, рецессивный аллель *b* — желтые плоды). В обоих случаях доминирование полное. Скрестили растения с генотипами *AaBb* и *aaBb*. Определите генотипы и фенотипы потомков первого поколения.

3. Задача на скрещивание, сцепленное с полом.

Составьте схему скрещивания и запишите решения задачи.

У дрозофилы ген, определяющий цвет тела, расположен в *X*-хромосоме. Его доминантный аллель (*B*) обусловливает серую окраску тела, а рецессивный аллель (*b*) — желтую окраску тела. Скрестили самку с телом желтого цвета с самцом, тело которого обладает серой окраской. Какие генотипы и фенотипы будут у потомства от этого скрещивания?

4. Сделайте вывод, указав особенности составления схем скрещивания для каждого из типов задач.

Практическая работа

Тема. Сравнение строения и размножения клеточных и неклеточных форм жизни

Цель: сравнить особенности строения и процессы размножения клеточных и неклеточных форм жизни на примере вирусов и бактерий.

Оборудование и материалы: учебник, тетрадь; схемы строения клетки бактерий и вирусов, схема деления бактериальной клетки, схема размножения вирусов, микрофотографии клеток бактерий и вирионов вирусов.

Ход работы

1. Рассмотрите схему строения бактериальной клетки на рисунке или фотографии.
2. Зарисуйте схему строения клетки в тетради. Укажите на ней цитоплазму, бактериальную хромосому и клеточную стенку.
3. Рассмотрите схему строения вириона на рисунке или фотографии.
4. Зарисуйте схему строения вириона в тетради. Укажите на ней белковую оболочку и нуклеиновую кислоту.
5. Рассмотрите схему деления бактериальной клетки и схему размножения вируса.
6. Укажите черты сходства и различия между делением бактериальной клетки и размножением вируса.
7. Сделайте вывод, в котором укажите, какие особенности строения и размножения присущи клеточным и неклеточным формам жизни.

Словарь*

А

Адаптация (от латин. *adapto* — приспосабливаю) — приспособление живых организмов к определенным условиям среды обитания. Все адаптации являются результатом эволюционного процесса на основе естественного отбора.

Аллель (от латин. *allelos* — противоположный) — одно из возможных состояний (вариантов) гена, определяющего альтернативные варианты развития определенного признака.

Б

Биологическая систематика (от греч. *sistematicos* — упорядоченный, относящийся к системе) — раздел биологии, формирующий единую систему живого мира на основе выделения биологических таксонов (систематических единиц) и соответствующих названий, составляющихся по определенным правилам (биологической номенклатуры).

Биотехнология — совокупность промышленных методов, применяемых для производства различных веществ с использованием живых организмов, биологических процессов или явлений.

В

Вектор (от латин. *vector* — несущий) — специальная молекула ДНК, созданная на основе ДНК вирусов или плазмид, содержащая нужный ген, транспортирующая его в клетку и встраивающая в ее генетический аппарат.

Вид — совокупность популяций особей, сходных между собой по строению, функциям, месту в сообществах организмов, населяющих определенный ареал и свободно скрещивающихся между собой в природе.

Г

Ген (от греч. *henos* — род) — отдельный участок ДНК, отвечающий за формирование одного или нескольких признаков организма.

Генетика (от латин. *genetica* — происхождение) — наука, изучающая наследственность и изменчивость живых организмов.

Генетический код — соответствие между всеми возможными вариантами триплетов РНК и аминокислотами, которые они кодируют.

Генетически модифицированные организмы (ГМО) — организмы, генотип которых был изменен с помощью методов генетической инженерии с использованием технологии рекомбинантных ДНК.

Геном (от нем. *genom* — род) — совокупность всей генетической информации организма, включающий как гены, так и некодирующие участки ДНК.

Генотип — совокупность всех генов организма, расположенных в ядрах клеток (в хромосомах) или в структурах цитоплазмы (пластидах, митохондриях, плазмидах). Генотип является наследственной основой организма. Он является носителем генетической информации, контролирующей формирование всех признаков организма, то есть его фенотипа.

* На сайте interactive.ranok.com.ua размещен расширенный вариант словаря.

Гидрофильность (от греч. *hydro* — вода и *philia* — любовь, дружба) — способность некоторых веществ хорошо взаимодействовать с водой.

Гидрофобность (от греч. *hydro* — вода и *phobos* — страх) — свойство некоторых веществ плохо взаимодействовать с водой.

D

Домен — таксон наивысшего ранга, включающий несколько царств живых организмов.

E

Естественный отбор — дифференцированное выживание и размножение особей, наиболее приспособленных к определенным условиям существования.

И

Изменчивость — свойство живых организмов меняться.

K

Консументы — гетеротрофные организмы экосистем, которые получают органические вещества, питаясь другими живыми организмами.

Л

Локус (от латин. *locus* — место) — место расположения аллелей определенного гена на хромосоме.

M

Метаболизм (от греч. *metabole* — изменение, превращение) — закономерный порядок превращения веществ и энергии в клетке, направленный на ее рост, сохранение и самовоспроизведение.

Модификации — фенотипические изменения, возникающие под влиянием условий среды. Модификационные изменения признака не наследуются, но их диапазон (норма реакции) генетически обусловлен и наследуется.

Мутуализм (от латин. *mutuus* — взаимный) — взаимовыгодное сосуществование двух видов (простейшие, способные переваривать клетчатку, и растительноядные животные, в кишечнике которых они живут).

H

Наследственность (способность живых организмов передавать особям следующего поколения морфоанатомические, физиологические, биохимические особенности своей организации, а также характерные черты становления этих особенностей в процессе онтогенеза.

Ноосфера (от греч. *noos* — ум, *sphera* — сфера) — определенное состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится определяющим фактором ее развития.

O

Органеллы (от слова «орган» и греч. *elos* — вид) — относительно постоянная структура в составе клеток живых организмов, имеющая характерное строение и выполняющая определенные функции.

П

Паразитизм — сосуществование двух видов, при котором один вид использует другой как среду обитания и источник питания.

Популяция (от латин. *populus* — народ) — это совокупность особей одного вида, воспроизводящих себя на протяжении большого числа поколений, длительное время занимающих определенную территорию, функционирующих и развивающихся в одном или нескольких сообществах живых организмов.

Продуценты — автотрофные организмы экосистем, продуцирующие органические вещества.

Р

Редуценты — гетеротрофные организмы экосистем, которые получают органические вещества, питаясь остатками живых организмов или продуктами их жизнедеятельности. Редуценты превращают мертвую органику в простые органические и неорганические вещества.

Рекомбинация — процесс, когда цепочки ДНК разрываются на отдельные фрагменты, которые затем объединяются в другом порядке. Чаще всего рекомбинация происходит в клетках эукариот во время мейоза. Проходит она в профазе первого деления и известна под названием «кроссинговер» (перекрест хромосом).

Репликация (от латин. *replicatio* — отражать) — процесс удвоения ДНК перед делением клеток.

С

Селекция (от латин. *selectio* — выбор, отбор) — наука о методах создания новых сортов и гибридов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов.

Созревание белка — процесс, при котором некоторые участки синтезированных белков могут вырезаться специальными ферментами, а сам белок может менять свою форму, объединяться с другими белками или присоединять к себе небелковую часть.

Т

Транскрипция (от латин. *transcriptio* — переписывание) — процесс синтеза цепи иРНК по образцу одной из цепей ДНК.

Трансляция (от латин. *translatio* — перенос) — процесс синтеза белковой молекулы из аминокислот согласно информации молекулы РНК.

Ф

Фенотип (от греч. *phaino* — обнаруживаю, *typos* — отпечаток, образ,— совокупность свойств и признаков организма, сформировавшихся на основе взаимодействия генотипа с условиями внешней среды.

Филогенетическое дерево — схема, отражающая эволюционные связи между таксонами, для которых она строится.

Х

Хемосинтез (от латин. *chemo* — химия, *synthesis* — сочетание) — процесс образования органических веществ из неорганических, происходящий за счет энергии химических реакций.

Ц

Центры происхождения культурных растений — районы, в которых происходил процесс одомашнивания культурных растений.

Э

Эволюционная теория — научное объяснение механизмов эволюции.

Эволюционные факторы — явления и процессы, изменяющие генофонд популяции.

Эволюция (от латин. *evolutio* — развертывание) — процесс изменения живых организмов, приводящий к появлению их новых форм

Экосистема — совокупность живых организмов, населяющих определенное местообитание и образующих с ним единое целое.

Ученые-биологи Украины *

Алексеева Елена Семеновна (1926–2006)



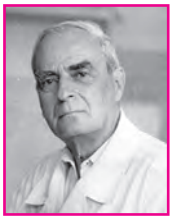
Выдающийся украинский ученый-селекционер. Работала в области селекции гречихи. Доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Заслуженный деятель науки и техники Украины. Награждена орденом Трудового Красного Знамени и медалями. А. С. Алексеева опубликовала более 350 научных работ, подготовила 27 кандидатов наук и четырех докторов наук. Создала мировую коллекцию генофонда гречихи в Украине. Является основателем научной школы ученых по селекции, семеноводству и технологии выращивания гречихи. При участии А. С. Алексеевой основана Тернопольская научно-производственная система «Гречка», выведены и переданы на сортоиспытания 30 сортов гречихи, 12 из которых районированы.

Вернадский Владимир Иванович (1863–1945)



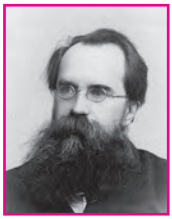
Украинский естествоиспытатель, основатель геохимии, биогеохимии и радиогеологии, учения о биосфере. Профессор Московского университета, один из основателей и первый президент Украинской академии наук. Организатор Комиссии по изучению вечной мерзлоты, инициатор создания Международной комиссии по определению абсолютного возраста горных пород радиоактивным методом. В своих исследованиях выдвинул проблемы роли организмов в геохимических процессах.

Гершензон Сергей Михайлович (1906–1998)



Известный ученый, доктор биологических наук, профессор, академик НАН Украины, Герой Социалистического Труда. Работал в области генетики. Проводил исследования химического мутагенеза, мобильных генетических элементов, обратной транскрипции. Активно работал в области популяционной и молекулярной генетики. Исследовал механизмы наследственной изменчивости в природных популяциях.

Ковалевский Александр Онуфриевич (1840–1901)



Выдающийся биолог и эмбриолог. Один из основателей эволюционной эмбриологии и физиологии. Был профессором в университетах Казани, Киева, Одессы и Санкт-Петербурга. Основатель (вместе с И. И. Мечниковым) теории зародышевых листков. Один из основателей Севастопольской морской биологической станции. Долгое время (1892–1901) был ее директором.

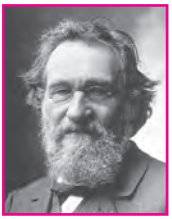
* На сайте interactive.ranok.com.ua размещен расширенный справочник с информацией об ученых-биологах Украины и мира.

Липский Владимир Ипполитович (1863–1937)



Выдающийся украинский ученый-флорист, систематик растений, ботанико-географ, член Киевского общества естествоиспытателей. Изучал флору Бессарабии, Кавказа. Одним из первых описал флору Индонезии, Туниса, Алжира и Средней Азии. Открыл и описал четыре новых для науки рода и более 220 видов растений, собрал огромные коллекции для естественных музеев, написал более 100 научных трудов.

Мечников Илья Ильич (1845–1916)



Всемирно известный биолог и патолог, зоолог и эмбриолог, бактериолог и иммунолог, основатель эволюционной эмбриологии и геронтологии, автор теории иммунитета и воспаления. В 1882 г. ученый сделал открытие в области фагоцитоза, за что в 1908 г. получил Нобелевскую премию.

Навашин Сергей Гаврилович (1857–1930)



Ботаник, цитолог и эмбриолог растений, работал в Киевском университете. Заложил основы морфологии хромосом и кариосистематики, открыл в 1898 г. двойное оплодотворение у покрытосеменных растений, создал отечественную школу цитологии и эмбриологии растений.

Палладин Александр Владимирович (1885–1972)



Известный ученый, профессор, академик НАН Украины и АН СССР. Работал в области биохимии. Основатель украинской школы биохимиков. В 1946–1962 гг. — президент АН Украины. Первым начал изучение биохимии нервной системы. Впервые в СССР начал биохимические исследования витаминов. Является основателем ряда научных направлений. Среди них нейрохимия, биохимия питания, сравнительная и эволюционная биохимия, биохимия спорта.

Ремесло Василий Николаевич (1907–1983)



Выдающийся украинский ученый-селекционер. Работал в области селекции пшеницы. Лауреат Ленинской и Государственных премий. Дважды Герой Социалистического Труда. Большой заслугой ученого является разработка и внедрение в селекционную практику метода получения высокоурожайных сортов озимой пшеницы с повышенной устойчивостью к экстремальным условиям. Создал и районировал 20 сортов озимой пшеницы, в том числе известный сорт «Мироновская-808». Автор более 200 научных работ, в том числе 5 монографий.

Симиренко Лев Платонович (1855–1920)



Выдающийся украинский ученый, работавший в области помологии. Член-корреспондент Бельгийского общества садоводов, почетный член Французского национального помологического общества. Автор издания «Помология» в трех томах. Акклиматизировал и вывел новые сорта плодовых деревьев. Автор известного сорта яблони Ренет Симиренко. Создал один из крупнейших в Европе помологических питомников, который включал 900 сортов яблонь, 889 сортов груш, 350 сортов вишни и черешни и другие виды плодовых деревьев.

Черненко Семен Федорович (1877–1974)



Выдающийся украинский ученый-селекционер. Герой Социалистического труда. Автор около 50 научных статей и 2 книг. Вывел более 60 сортов яблонь и 10 сортов груш. Селекцией занимался с 1902 г. Работал в Воздвиженском сельскохозяйственном училище. На территории Украины вывел 16 сортов яблонь и 1 сорт груш. Затем работал в Институте плодово-ягодных культур (г. Козлов, ныне г. Мичуринск).

Шмальгаузен Иван Иванович (1884–1963)



Один из величайших ученых XX века, профессор Петербургского и Киевского университетов. Написал более 200 научных работ по эволюционной морфологии, эмбриологии, экспериментальной биологии, экологии, генетике и теории эволюции, занимался разработкой математических методов биологических исследований, теоретик эволюционного учения. Труды И. И. Шмальгаузена вошли в золотой фонд отечественной и мировой науки.

Юрьев Василий Яковлевич (1879–1962)



Выдающийся украинский ученый-селекционер. Автор около 100 научных публикаций. Занимался вопросами методики и организации селекции, сортоиспытания и наследственности сельскохозяйственных культур. Вывел много сортов озимой и яровой пшеницы, проса, кукурузы и других культур.

Содержание

Знакомство с учебником 3

Вступление

1. Биология как наука.
Уровни организации биологических систем 4

Тема 1. Химический состав клетки и биологические молекулы

2 Вещества живых организмов. Неорганические соединения 8
3 Органические молекулы. Биополимеры 12
4 Белки. Структурная организация белков 16
5 Функции белков. Ферменты 20
6 Углеводы 24
7 Липиды 28
8 Нуклеиновые кислоты. АТФ 32

Тема 2. Строение клетки

9 Цитология — наука о клетках.
Методы исследования клеток 40
10 Строение клетки. Клеточные мембраны 44
11 Цитоплазма, цитоскелет и немембранные органеллы 48
12 Мембранные органеллы 52
13 Разнообразие клеток 56

Тема 3. Принципы функционирования клетки

14 Обмен веществ и энергии 62
15 Второй этап клеточного дыхания 66
16 Фотосинтез. Значение фотосинтеза и дыхания 68
17 Хемосинтез 72
18 Синтетические процессы в клетках и организмах.
Нарушение обмена веществ 74

Тема 4. Хранение и реализация наследственной информации

19 Гены и геномы 78
20 Строение генов про- и эукариот 82
21 Геномы. РНК. Реализация наследственной информации 84
22 Репликация, транскрипция и созревание РНК 88
23 Трансляция 92
24 Репарация ДНК 96
25 Клеточный цикл. Митоз 98
26 Мейоз. Половые клетки и оплодотворение 102
27 Закономерности индивидуального развития 106

Тема 5. Закономерности наследования признаков

28 Генотип и фенотип. Аллели.
Методы генетических исследований 110
29 Законы Менделя 114
30 Признак как результат взаимодействия генов 120
31 Сцепленное наследование и кроссинговер 124
32 Генетика пола и наследование, сцепленное с полом 128
33 Формы изменчивости. Модификационная (фенотипическая) и комбинационная изменчивость 132
34 Мутации 136
35 Наследственные заболевания человека.
Генетическое консультирование 140
36 Методы генетических исследований.
Современные методы молекулярной генетики 144

Тема 6. Эволюция органического мира

37 Развитие эволюционных взглядов.
Доказательства эволюции 148
38 Популяции живых организмов и их основные характеристики. Популяция как единица эволюции 152
39 Эволюционные факторы. Механизмы первичных эволюционных изменений. Естественный отбор 154
40 Вид. Критерии вида. Механизмы видообразования 158

41 Адаптации — результат эволюционного процесса. Основные положения современной теории эволюции 160
42 Эволюция человека. Этапы эволюции человека 164
43 Мировоззренческие и научные взгляды на происхождение жизни 168

Тема 7. Биоразнообразие

44 Основы эволюционной филогении и систематики 174
45 Основные группы организмов: вирусы, бактерии, археи, эукариоты 176
46 Обзор основных эукариотических таксонов 178

Тема 8. Надорганизменные биологические системы

47 Экосистема. Разнообразие природных экосистем 182
48 Пищевые связи, потоки энергии и круговорот веществ в экосистемах 186
49 Биотические, абиотические и антропогенные факторы 190
50 Стабильность экосистем и причины ее нарушения 192
51 Биосфера как целостная система 196
52 Защита и охрана биосферы 198

Тема 9. Биология как основа биотехнологии и медицины

53 Одомашнивание растений и животных 202
54 Понятие селекции 206
55 Традиционные и современные биотехнологии 208
56 Генетически модифицированные организмы 212
57 Роль генетической инженерии в современной биотехнологии и медицине 214

Обобщение

58 Основные общие свойства живых систем 220

Практикум 222
Словарь 231
Ученые-биологи Украины 234

Сведения о пользовании учебником

№ з/п	Фамилия и имя ученика/ученицы	Учебный год	Состояние учебника	
			в начале года	в конце года
1				
2				
3				
4				
5				

Навчальне видання

ЗАДОРОЖНИЙ Костянтин Миколайович

«БІОЛОГІЯ»
підручник для 9 класу загальноосвітніх навчальних закладів з навчанням російською мовою
(російською мовою)

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Редактор *І. Г. Шахова*. Технічний редактор *А. В. Пліско*.
Комп'ютерна верстка *А. О. Цибань*. Коректор *Н. В. Красна*.
Художник *О. С. Юхтман*. Художнє оформлення *В. І. Труфен*.

В оформленні підручника використані зображення,
розміщені в мережі Інтернет для вільного використання

Підписано до друку 17.07.2017. Формат 70×90/16.
Папір офсетний. Гарнітура Шкільна. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 17,55. Обл.-вид. арк. 22,82. Тираж 17363. прим. Зам. № 1706291.

ТОВ Видавництво «Ранок»,
вул. Кібальчича, 27, к. 135, Харків, 61071.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5215 від 22.09.2016.
Адреса редакції: вул. Космічна, 21а, Харків, 61145.
E-mail: office@ranok.com.ua. Тел. (057) 701-11-22, тел./факс (057) 719-58-67.

Надруковано у друкарні ТОВ «Інститут сучасної поліграфії»,
вул. Киргизька, 21, Харків, 61105.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ХК № 279 від 18.05.2011 р.
Тел. +38 (057) 357-12-63; E-mail: druk_isp@i.ua

Генетический код

Первое основание	Второе основание: У	Второе основание: Ц	Второе основание: А	Второе основание: Г	Третье основание
У	УУУ Фен	УЦУ Сер	УАУ Тир	УГУ Цис	У
	УУЦ	УЦЦ	УАЦ	УГЦ	Ц
	УУА Лей	УЦА	УАА Стоп*	УГА Стоп*	А
	УУГ	УЦГ	УАГ Стоп*	УГГ Три	Г
Ц	ЦУУ	ЦЦУ	ЦАУ Гис	ЦГУ	У
	ЦУЦ	ЦЦЦ	ЦАЦ	ЦГЦ	Ц
	ЦУА Лей	ЦЦА Про	ЦАА Глн	ЦГА Арг	А
	ЦУГ	ЦЦГ	ЦАГ	ЦГГ	Г
А	АУУ	АЦУ	ААУ Асн	АГУ Сер	У
	АУЦ Иле	АЦЦ Тре	ААЦ	АГЦ	Ц
	АУА	АЦА	ААА Лиз	АГА Арг	А
	АУГ Мет	АЦГ	ААГ	АГГ	Г
Г	ГУУ	ГЦУ	ГАУ Асп	ГГУ	У
	ГУЦ	ГЦЦ	ГАЦ	ГГЦ	Ц
	ГУА Вал	ГЦА Ала	ГАА Глу	ГГА Гли	А
	ГУГ	ГЦГ	ГАГ	ГГГ	Г

Основные свойства генетического кода

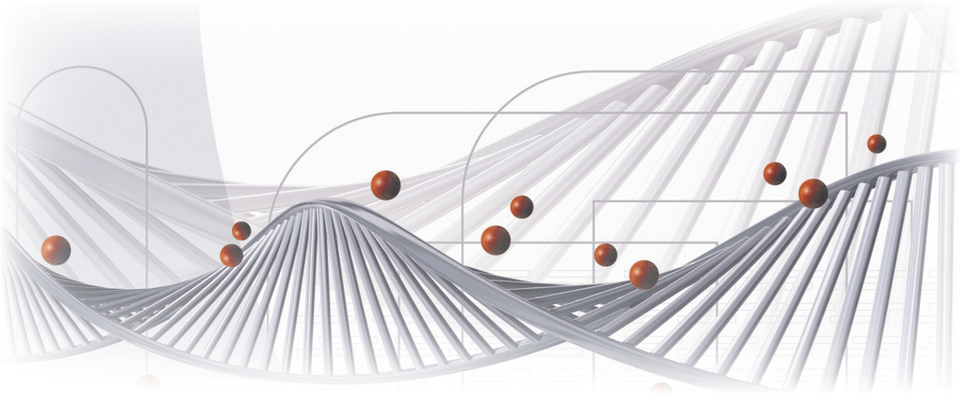
1) Каждая аминокислота кодируется последовательностью из трех нуклеотидов, называемой *триплетом*, или кодоном.

2) Во всех организмах одни и те же аминокислоты кодируются одними и теми же кодонами, то есть код *универсален*.

3) Код является *вырожденным* — одна аминокислота кодируется более чем одним триплетом (исключение – метионин и триптофан).

4) Код *однозначен* — каждый кодон (триплет) кодирует только одну аминокислоту.

5) Код *не перекрывается*: кодоны считываются один за одним. Например, считывание последовательности АУГГЦАЦГА происходит только таким образом: АУГ/ГЦА/ЦГА. Считывание АУГ/УГГ/ГГЦ или АУГ/ГГЦ/ЦАЦ невозможно.



ОСОБЕННОСТИ УЧЕБНИКА:

- размещение параграфов на одном-двух разворотах
- подача материала небольшими блоками для облегчения его восприятия
- задания для обобщения знаний в конце каждой темы
- компетентностно ориентированные задания
- алгоритмы выполнения всех лабораторных исследований, а также лабораторных и практических работ
- украиноведческий материал

ИНТЕРНЕТ-ПОДДЕРЖКА ПОЗВОЛИТ:

- осуществить онлайн-тестирование по каждой теме
- посмотреть интересные видеоролики по темам
- ознакомиться с дополнительными материалами к параграфам

ИЗДАТЕЛЬСТВО
РАНОК

ISBN 978-617-09-3508-3

2270975

9 786170 935083

Интернет-поддержка
interactive.ranok.com.ua