



П.Г. Балан, Ю.Г. Вервес, В.П. Полищук

БИОЛОГИЯ

10

Уровень стандарта,
академический уровень



ББК 28.6я721

Б77

*Рекомендовано Министерством образования и науки Украины
(приказ от 03.03. 2010 г. № 177)*

Переведено с издания:

Бюлопя: Шдручн. для 10 кл. загальноосвітн. навч. закл.: рівень стандарту, академічний рівень / П.Г. Балан, Ю.Г. Вервес, В.П. Полицук. - К.: Генеза, 2010. - 288 с.: 1л.

Перевод с украинского *ЮТ. Вервеса*

Психолого-педагогическую экспертизу проводила:

С.Э. Трубачова, канд. педагогических наук, старший научный сотрудник лаборатории дидактики Института педагогики АПН Украины.

Научную экспертизу проводил:

Н.В. Кучук, доктор биологических наук, член-корреспондент НАНУ, и. о. директора Института клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины.

Независимые эксперты, проводившие экспертизу:

Л.А. Тасенко, учитель коммунального учреждения «Учебно-воспитательное объединение “Общеобразовательное учебное заведение I—III ст. № 16 - детский, юношеский центр «Лидер» Кировоградского городского совета”»;

В.В. Юрович, учитель-методист СОШ № 15 г. Львова;

Е.Л. Мазур, методист Барского РМК, Винницкая обл.;

И.Ф. Кедич, заведующая Подгаецким РМК, Тернопольская обл.;

С.Е. Бухальская, старший преподаватель Ровенского областного института последипломного педагогического образования.

Балан, П.Г.

Б77 Биология : 10 кл.; Учебн. для общеобразоват. учебн. заведений : уровень стандарта, академический уровень / П.Г. Балан, Ю.Г. Вервес, В.П. Полицук; пер. с укр. - К.: Генеза, 2010. - 304 с.: илл.

ISBN 978-966-11-0026-7

ББК 28.6я721

© Балан П.Г., Вервес Ю.Г.,
Полицук В.П., 2010
© Издательство «Генеза»,
оригинал-макет, 2010

ISBN 978-966-11-0026-7 (русск.)
ISBN 978-966-504-999-9 (укр.)

На протяжении предыдущих лет обучения вы ознакомились с разнообразным миром организмов: бактерий, растений, грибов, животных. Вы также детально изучали строение и процессы жизнедеятельности человека.

В 10-м классе вы ознакомитесь с достижениями таких биологических наук, как биохимия, цитология, гистология и др. Вы узнаете об общих закономерностях функционирования живой природы на различных уровнях ее организации (молекулярном, клеточном и организменном) и обобщите полученные ранее знания. Эти знания помогут вам лучше сориентироваться в сложном, разнообразном и чрезвычайно интересном мире живых существ, понять их взаимосвязи со средой обитания, единство органического мира. Надеемся, что вы осознаете необходимость беречь окружающую природную среду и улучшать ее состояние, охранять и рационально использовать природные ресурсы.

Важными составляющими урока биологии являются лабораторные и практические работы, которые помогут вам глубже усвоить теоретический материал и приобрести элементарные практические навыки в разных отраслях биологии. Учебник, кроме обязательных для уровня стандарта данных, содержит материал, изучение которого предусмотрено программой для учащихся, осваивающих биологию на академическом уровне. Этот материал особым образом выделен в тексте. Впрочем, эти сведения интересны и полезны и для десятиклассников, изучающих основы биологии на уровне стандарта.

Краткий словарь терминов и понятий облегчит вам работу с учебником.

Жизнь на нашей планете поражает сложностью и разнообразием проявлений. Охватить их все в школьном курсе невозможно, поэтому рассмотрим лишь основные общие закономерности. Надо помнить, что и теперь, когда биология достигла значительных успехов в изучении живой природы, перед этой наукой поставлено много нерешенных вопросов, на которые ученые еще не могут дать аргументированных ответов. Много положений современной биологии являются только предположениями, и, возможно, вы станете свидетелями новых выдающихся открытий.

Итак, успехов вам в познании сложного и интересного мира живых организмов! Надеемся, что полученные при изучении биологии знания пригодятся вам в будущем.



ВВЕДЕНИЕ

- Система биологических наук;
- значение биологии в жизни человека;
- уровни организации живой материи;
- методы исследований в биологии;
- основные достижения современной биологии;
- основные задачи биологических наук на современном этапе.

§ 1. СИСТЕМА БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК. СВЯЗЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК С ДРУГИМИ НАУКАМИ



Вспомните: какие биологические науки вам известны? Каких вы знаете выдающихся ученых-биологов?

• **Биология - комплексная наука о живой природе.** Вы уже знаете, что биология исследует разные проявления жизни. Как самостоятельная естественная наука биология зародилась еще до нашей эры, а ее название предложили в 1802 г. независимо друг от друга французский ученый Жан-Батист Ламарк (1744-1829) и немецкий - Готфрид Рейнхольд Тревиранус (1766-1837).

В течение предыдущих лет обучения вы уже познакомились с основами таких биологических наук, как ботаника, микология, зоология, анатомия и физиология человека и др. В следующем году вы узнаете также о достижениях других наук: биохимии, цитологии, вирусологии, биологии индивидуального развития, генетики, экологии, эволюционного учения, систематики, палеонтологии и др. Данные этих и многих других биологических наук позволяют изучать закономерности, присущие всем живым организмам. Рассмотрите рисунок 1.1 и ознакомьтесь с краткими характеристиками основных биологических наук. (Подумайте, какие из биологических наук, приведенных на схеме, по вашему мнению, тесно связаны между собой.)

Биологию называют ведущей наукой XXI ст. Без достижений биологии в настоящее время невозможны прогресс аграрных наук, здравоохранения, биотехнологии, сохранение окружающей естественной среды и т. п.

• **Взаимосвязи биологии с другими науками.** Биология тесно связана с другими естественными и гуманитарными науками. В результате взаимо-

Биология – система наук о жизни на разных уровнях ее организации; обобщает закономерности, присущие всем организмам; ее задание – познание сути жизни

Биохимия – наука о химическом составе живых организмов и происходящих в них химических процессах

Цитология – наука о строении и процессах жизнедеятельности клеток

Биотехнология – прикладная наука, которая разрабатывает и внедряет в производство промышленные методы по использованию живых организмов и биологических процессов

Биология индивидуального развития – наука о закономерностях индивидуального развития организмов от зарождения до смерти

Экология – наука о взаимосвязях организмов между собой и условиями среды обитания, структуре и функционировании многовидовых систем (экосистем, биосферы). Экологические принципы служат теоретической основой **охраны природы**

Ботаника – наука о растениях

Систематика – наука о видовом разнообразии современных и вымерших организмов. Систематики описывают новые для науки виды, относят их к высшим систематическим единицам – родам, семействам и т. д. и на основе обобщения достижений других областей биологии упорядочивают (классифицируют) знания о живой материи, создавая систему организмов. Ее задача: описание новых для науки видов, распределение их по систематическим единицам – родам, семействам и т. д.

Зоология – наука о животных

Физиология – наука о процессах жизнедеятельности организмов. Подразделы физиологии: физиология растений, животных, человека

Молекулярная биология изучает процессы, происходящие в живых системах на молекулярном уровне

Гистология – наука о строении и функциях тканей животных (ткани растений изучает анатомия растений)

Эмбриология – наука о зародышевом этапе развития организмов

Вирусология – наука о неклеточной форме жизни – вирусах

Генетика – наука о закономерностях наследственности и изменчивости, механизмах передачи наследственной информации от родителей потомству

Селекция – прикладная наука о создании новых штаммов микроорганизмов, сортов растений и пород животных

Эволюционное учение – наука, устанавливающая закономерности исторического развития живой материи на нашей планете

Филогения – наука о конкретных путях и этапах исторического развития живой материи на нашей планете

Палеонтология – наука, которая исследует вымершие организмы

Микология – наука о грибах

Бактериология – наука о прокариотических организмах – архебактериях и зубактериях

Анатомия – наука, которая исследует форму, строение отдельных органов, систем органов и организма в целом. Подразделы анатомии: анатомия животных, человека; морфология и анатомия растений

Рис. 1.1. Краткая характеристика основных биологических наук

действия с химией возникла **биохимия**, а с физикой - **биофизика**. **Биогеография** - комплексная наука о распространении живых организмов на Земле - разработана усилиями нескольких поколений ученых, которые изучали флору, фауну, надвидовые сообщества в различных географических областях нашей планеты. Во всех отраслях биологии применяют математические методы обработки собранного материала.

В результате взаимодействия экологии с гуманитарными науками возникла **социоэкология** (изучает закономерности взаимосвязей человеческого общества и окружающей среды), а биологии человека с гуманитарными науками - **антропология**, которая исследует появление и эволюцию человека как особого биологического вида, человеческие расы и др.

Философия биологии - наука, которая возникла в результате взаимодействия классической философии с биологией. Она изучает проблемы мировоззрения в свете достижений биологии.

Данные биологических наук о человеке (анатомии, физиологии, генетики человека и т. п.) служат теоретической базой **медицины** (науки о здоровье человека и его сохранении, заболеваниях, методах их диагностики и лечения).

Во второй половине XX ст. благодаря успехам разных естественных наук (физики, математики, кибернетики, химии и проч.) сформировались новые направления биологических исследований:

- **космическая биология** - изучает особенности функционирования живых систем в условиях космических аппаратов и Вселенной;
- **бионика** - исследует особенности строения и жизнедеятельности организмов с целью создания разнообразных технических систем и приборов;
- **радиобиология** - наука о влиянии разных видов ионизирующего излучения на живые системы;
- **криобиология** - наука о влиянии на живую материю низких температур.

Современное общество часто сталкивается с проблемами, находящимися на стыке с другими науками. Например, для оценки последствий антропогенных влияний на живые системы (радиационных, химических и т. п.) необходимы совместные усилия биологов, медиков, физиков, химиков и др. Создание биоинформационных технологий (например, для изучения структуры и функций наборов наследственной информации организмов) невозможно без специальных компьютерных программ. Изучение наследственных болезней человека - также задание для многих наук (генетики, биохимии, медицины и др.).

Ключевые термины и понятия. Биология, система биологических наук.

Кратко
о
главном

▶ Биология - комплекс наук, которые исследуют разные проявления жизни. Название «биология» предложили в 1802 г. французский ученый Ж.-Б. Ламарк и немецкий - Г.Р. Тревиранус.

▶ Биология тесно связана с другими естественными и гуманитарными науками.

Вопросы для
самоконтроля

1. Кто и когда предложил термин «биология»?
2. Какие основные биологические науки вы знаете?
3. Приведите примеры взаимодействия биологии с другими науками.

Подумайте. Прочтите очерк об истории развития биологической науки. Какие изобретения человечества способствовали развитию биологии?



Задание для занятия в группах

Проведите семинарское занятие, на котором, используя разнообразные источники информации, подготовьте краткие сообщения о жизни и деятельности всемирно известных ученых, сделавших весомый вклад в развитие украинской биологической науки: А.О. Ковалевского, И.И. Мечникова, С.Г. Навашина, В.И. Вернадского, И.И. Шмальгаузена, А.В. Фомина, Н.Г. Холодного, Н.Н. Гришко, К.Ф. Кесслера, В.А. Караваева, В.А. Топачевского, А.В. Палладина, С.М. Гершензона, Д.К. Заболотного, А.А. Богомольца, В.Ю. Чаговца, П.Г. Костюка, А.П. Маркевича.

ОЧЕРК ОБ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ

Человек как составная часть природы издавна стремился изучать окружавших его животных и растения, ведь от этого зависело его выживание. Первые попытки упорядочить накопленные данные о строении животных и растений, процессах их жизнедеятельности и разнообразии принадлежат ученым Древней Греции - Аристотелю (рис. 1.2) и Теофрасту. Аристотель создал первую научную систему для приблизительно 500 видов известных на то время животных и заложил фундамент сравнительной анатомии (*попробуйте определить задание этой науки*). Он считал, что живая материя возникла из неживой. Теофраст (372-287 гг. до н. э.) описал разные органы растений и заложил основы ботанической классификации. Системы живой природы этих двух ученых стали основой для европейской биологической науки и существенно не изменялись вплоть до VIII ст. н. э.

В период средневековья (V-XV ст. н. э.) биология развивалась в основном как описательная наука. Накопленные факты в те времена часто были искажены. Так, описывали разных мифических существ, например «морского монаха», который будто являлся морякам перед штормом, или морских звезд с лицом человека и т. п.

В эпоху Возрождения стремительное развитие промышленности, сельского хозяйства, выдающиеся географические открытия поставили перед наукой новые задачи, чем стимулировали ее развитие. Так, становление цитологии связано с изобретением светового микроскопа. Световой микроскоп с окуляром и объективом появился в начале XVII ст., однако его изобретатель точно неизвестен; в частности, великий итальянский ученый Г. Галилей демонстрировал изобретенный им двухлинзовый увеличительный прибор еще в 1609 г. А в 1665 году, изучая с помощью собственноручно усовершенствованного микроскопа тонкие срезы пробки бузины, моркови и др., Роберт Гук (рис. 1.3) открыл клеточное строение растительных тканей и предложил сам термин «клетка». Приблизительно в это же время голландский натуралист Антони ван Левенгук (рис. 1.4) изготовил уникальные линзы с 150-300-кратным увеличением, через которые впервые наблюдал микроскопические организмы (одноклеточных животных и бактерий), сперматозоиды, эритроциты и их движение в капиллярах.

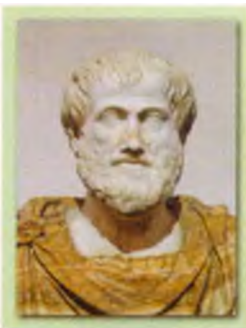


Рис. 1.2. Аристотель
(384–322 гг. до н. э.)



Рис. 1.3. Роберт Гук
(1635–1703)



Рис. 1.4. Антони ван
Левенгук (1632–1723)



Рис. 1.5. Карл Линней (1707–1778)



Рис. 1.6. Теодор Шванн (1810–1882)



Рис. 1.7. Жан-Батист Ламарк (1744–1829)

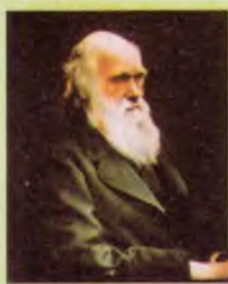


Рис. 1.8. Чарльз Дарвин (1809–1882)

Все накопленные научные факты о многообразии живого обобщил выдающийся шведский ученый XVIII ст. Карл Линней (рис. 1.5). Он акцентировал внимание на том, что в природе существуют группы особей, которые напоминают друг друга по особенностям строения, требованиями к окружающей среде, населяют определенную часть поверхности Земли, способны скрещиваться между собой и давать плодовитых потомков. Такие группы, каждая из которых имеет определенные отличия от других, он считал видами. Линней положил начало современной систематике, а также создал собственную классификацию растений и животных. Он ввел латинские научные названия видов, родов и других систематических категорий, описал свыше 7500 видов растений и около 4000 видов животных.

Важный этап в развитии биологии связан с созданием клеточной теории и развитием эволюционных идей. В частности, было обнаружено клеточное ядро: впервые его в 1828 году наблюдал в растительной клетке английский ботаник Роберт Броун (1773–1858), который впоследствии (1833) предложил сам термин «ядро». В 1830 году ядро яйцеклетки курицы описал чешский исследователь Ян Пуркине (1787–1869). Опираясь на труды этих ученых и немецкого ботаника Маттиаса Шлейдена (1804–1881), немецкий зоолог Теодор Шванн (рис. 1.6) в 1838 году сформулировал основные положения клеточной теории, впоследствии дополненные немецким цитологом Рудольфом Вирховым (1821–1902).

В начале XIX ст. Жан-Батист Ламарк (рис. 1.7) предложил первую целостную эволюционную гипотезу (1809), обратил внимание на роль факторов окружающей среды в эволюции живых существ. Наиболее весомый вклад в последующее развитие эволюционных взглядов внес один из самых выдающихся биологов мира - английский ученый Чарльз Дарвин (рис. 1.8). Его эволюционная гипотеза (1859) положила начало теоретической биологии и значительно повлияла на развитие других естественных наук. Учение Ч. Дарвина впоследствии было дополнено и расширено трудами его последователей и в качестве завершенной системы взглядов под названием «дарвинизм» окончательно сформировалось в начале XX ст. Наибольшую роль в развитии дарвинизма того времени сыграл знаменитый немецкий ученый Эрнст Геккель (рис. 1.9), который, в частности, предложил в 1866 году название науки о взаимосвязях организмов и их сообществ между собой и с условиями окружающей среды - *экология*. Он пытался выяснить и схематически отобразить пути исторического развития разных систематических групп животных и растений, заложив основы *филогении*.

Важный вклад в развитие учения о высшей нервной деятельности и физиологии пищеварения позвоночных животных и человека внесли русские ученые - Иван Михайлович Сеченов и Иван Петрович Павлов (рис. 1.10, 1.11), о чем вам уже известно из курса биологии 9-го класса.



В середине XIX ст. был заложен фундамент науки о закономерностях наследственности и изменчивости организмов - *генетики*. Датой ее рождения считают 1900 год, когда трое ученых, которые проводили опыты по гибридизации растений, - голландец Гуго де Фриз (1848-1935) (ему принадлежит термин *мутация*), немец Карл Эрх Коррейе (1864-1933) и австриец Эрх Чермак (1871-1962) - независимо друг от друга наткнулись на забытую работу чешского исследователя Грегора Менделя (рис. 1.12) «Опыты над растительными гибридами», опубликованную еще в 1865 году. Эти ученые были поражены тем, насколько результаты их опытов совпадали с полученными Г. Менделем. Впоследствии законы наследственности, установленные Г. Менделем, признали ученые разных стран, а тщательные исследования доказали их универсальный характер. Название «генетика» предложил в 1906 г. английский ученый Уильям Бетсон (1861-1926). Огромный вклад в развитие генетики внес американский ученый Томас Хант Морган (рис. 1.13) со своими сотрудниками. Итогом их исследований стало создание хромосомной теории наследственности, которая повлияла на последующее развитие не только генетики, но и биологии в целом. В настоящее время генетика стремительно развивается и занимает одно из центральных мест в биологии.

В конце XIX ст. (1892) русский ученый Дмитрий Иосифович Ивановский (1864-1920) открыл неклоточные формы жизни - вирусы. Это название вскоре предложил голландский исследователь Мартин Виллем Бейеринк (1851-1931). Однако развитие современной вирусологии стало возможно лишь с изобретением электронного микроскопа (30-е годы XX ст.), способного увеличивать объекты в десятки и сотни тысяч раз. Благодаря электронному микроскопу человек смог детально изучить клеточные мембраны, мельчайшие органеллы и включения.

В XX ст. бурно развивались молекулярная биология, генетическая инженерия, биотехнология и т. п. Американский ученый-биохимик Джеймс Уотсон, английский биолог Френсис Крик (рис. 1.14) и биофизик Моррис Уилкинс (1916-2004) в 1953 году открыли структуру ДНК (за

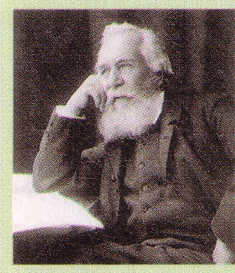


Рис. 1.9. Эрнст Геккель (1834-1919)



Рис. 1.10. И.М. Семенов (1829-1905)

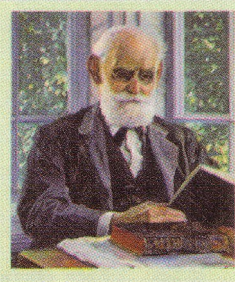


Рис. 1.11. И.П. Павлов (1849-1936)



Рис. 1.12. Грегор Мендель (1822-1884)



Рис. 1.13. Томас Хант Морган (1866-1945)



Рис. 1.14. Джеймс Уотсон (1928 г. р.) (1) и Френсис Крик (1916-2004) (2)



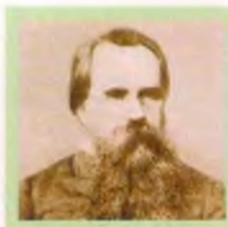


Рис. 1.15.
А.О. Ковалевский
(1840–1901)



Рис. 1.16.
И.И. Шмальгаузен
(1884–1963)



Рис. 1.17.
И.И. Мечников
(1845–1916)



Рис. 1.18.
С.Г. Навашин
(1857–1930)

это всем троим в 1962 году присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине), а впоследствии выяснили роль нуклеиновых кислот в сохранении и передаче наследственной информации.

Два биохимика - испанец Северо Оча (1905-1993) и американец Артур Корнберг (1918-2001) стали лауреатами Нобелевской премии по физиологии и медицине в 1959 г. за открытие механизмов биосинтеза РНК и ДНК. А в течение 1961-1965 годов благодаря работам лауреатов Нобелевской премии по физиологии и медицине 1968 года американских биохимиков Маршалла Ниренберга (1927-2010), Роберта Холли (1922-1993) и индийского биохимика Хара Гобинда Хораны (1922-2010) был расшифрован генетический код и выяснена его роль в синтезе белков.

При разработке биотехнологических процессов часто применяют методы генетической и клеточной инженерии. *Генетическая инженерия* — это прикладная отрасль молекулярной генетики и биохимии, которая разрабатывает методы перестройки наследственного материала организмов исключением или введением отдельных генов или их групп. Вне организма гены впервые синтезировал в 1969 году Х.Г. Хорана. В том же году впервые удалось выделить в чистом виде гены бактерии - кишечной палочки. За последние десятилетия ученые расшифровали структуру наследственного материала разных организмов (мух-дрозофил, кукурузы и др.) и человека в частности. Это позволяет решить много проблем, например лечение разнообразных заболеваний, увеличение срока жизни человека, обеспечение человечества продуктами питания и др.

За свои исследования в отрасли биохимии в 1953 г. получили Нобелевскую премию по физиологии и медицине два биохимика немецкого происхождения - английский Ханс Адольф Кребс (1900-1981) и американский Фриц Альберт Липман (1899-1986) за открытие цикла биохимических реакций во время кислородного этапа энергетического обмена (назван циклом Кребса). Американский химик Мелвин Калвин (1911-1997) изучил этапы превращения оксида углерода в углеводы во время темновой фазы фотосинтеза (цикл Кельвина), за что получил Нобелевскую премию по химии в 1961 году. В 1997 г. американскому врачу-биохимику Стенли Прузинеру (1942 г. р.) была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине за исследование прионов - белковых инфекционных частиц, способных вызывать смертельно опасные заболевания головного мозга человека и сельскохозяйственных животных («коровье бешенство» и др.).

Значительный вклад в развитие биологии сделали украинские ученые. В частности, исследования Александра Онуфриевича Ковалевского (рис. 1.15) и Ивана Ивановича Шмальгаузена (рис. 1.16) сыграли важную роль в развитии сравнительной анатомии и филогении животных, а также эволюционных взглядов. Илья Ильич Мечников (рис. 1.17) открыл явление фагоцитоза и развил теорию клеточного им-



мунитета, за что ему в 1908 году была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине. Он также предложил гипотезу происхождения многоклеточных животных. А.О. Ковалевского и И.И. Мечникова справедливо считают основателями эволюционной эмбриологии. Всемирную славу украинской ботанической школе принес Сергей Гаврилович Навашин (рис. 1.18), который в 1898 году открыл процесс двойного оплодотворения у цветковых растений.

Трудно представить современное развитие экологии без трудов нашего выдающегося соотечественника - Владимира Ивановича Вернадского (рис. 1.19). Он создал учение о *биосфере* - единой глобальной экосистеме планеты Земля, а также *ноосфере* - новом состоянии биосферы, вызванном умственной деятельностью человека. Как это часто бывает, идеи В.И. Вернадского опередили свое время. Лишь теперь его прогнозы о ноосфере рассматривают как своеобразную программу, призванную обеспечить гармоничное сосуществование человека и окружающей естественной среды, которое опирается на экологизацию всех сфер деятельности человека: промышленности, транспорта, животноводства и полеводства. В.И. Вернадский основал новую науку - *биогеохимию*, которая изучает биохимическую деятельность живых организмов по преобразованию геологических оболочек нашей планеты.

Большие достижения в украинской ботанической науке принадлежат Александру Васильевичу Фомину, Николаю Григорьевичу Холодному, Николаю Николаевичу Гришко (1901-1964), зоологической - Карлу Федоровичу Кесслеру (1815-1881), Владимиру Афанасьевичу Караваеву (1864-1939), Вадиму Александровичу Топачевскому (1930-2004), биохимии - Александру Владимировичу Палладину, Николаю Евдокимовичу Кучеренко (1938-2008), гидробиологии - Александру

Рис. 1.19.
В.И. Вернадский
(1863–1945)

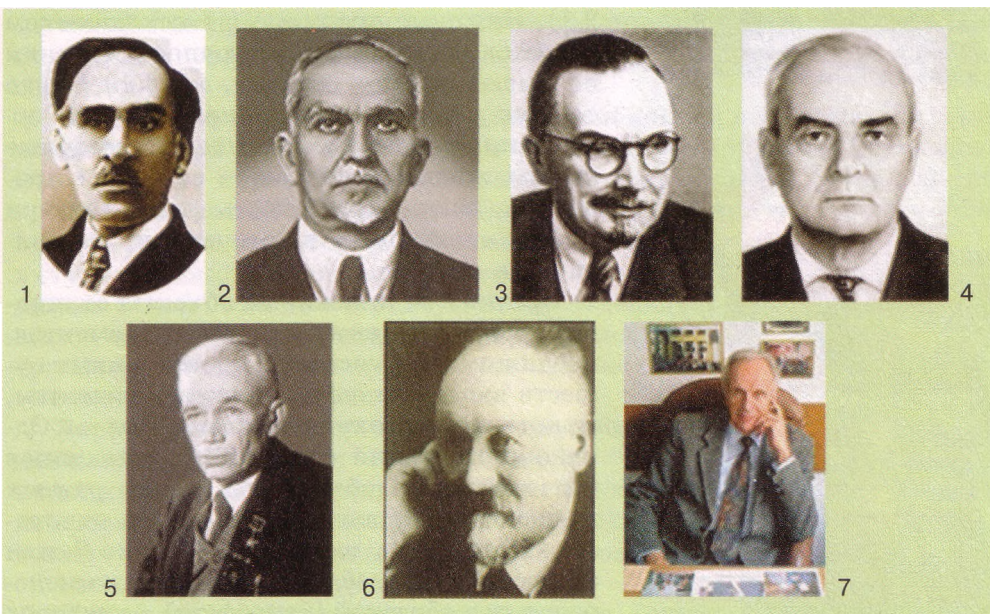
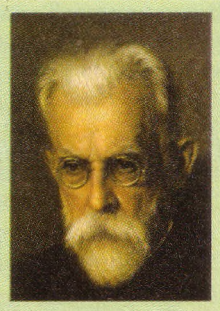


Рис. 1.20. Отечественные ученые-биологи: 1 – А.В. Фомин (1869–1935); 2 – Н.Г. Холодный (1882–1953); 3 – А.В. Палладин (1885–1972); 4 – С.М. Гершензон (1906–1998); 5 – А.А. Богомолец (1881–1946); 6 – Д.К. Заболотный (1866–1929); 7 – П.Г. Костюк (1924–2010)

Викторовичу Топачевскому (1897-1975), радиобиологии - Дмитрию Михайловичу Гродзинскому (в 1929 г. р.), генетике - Сергею Михайловичу Гершензону, микробиологии - Даниилу Кирилловичу Заболотному, физиологии человека и животных - Александру Александровичу Богомольцу, Василию Юриевичу Чаговцу (1873-1941), Платону Григорьевичу Костюку, паразитологии - Александру Прокофьевичу Маркевичу (1905-1999) и многим другим (рис. 1.20).

§ 2. УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ



Вспомните: какие признаки присущи растениям, грибам, бактериям и животным? Что такое раздражимость? Какие организмы называют эукариотами и прокариотами? Что такое регенерация, рефлекс, размножение? Что такое популяция, экосистема, биосфера, круговорот веществ?



Рис. 2.1. Растение и клеточное строение листа (1); животное и клеточное строение его ткани (2)

• **Свойства живой материи.** Хотя биология исследует разные проявления жизни в течение многих столетий, даже на современном этапе ее развития трудно дать четкое и локальное определение понятия «жизнь». Поэтому перечислим основные свойства, присущие живой материи. Большинство из них вам известны из предыдущих разделов курса биологии.

Каждое живое существо, или организм, состоит из отдельных частей - клеток (рис. 2.1). Неживые предметы (за исключением остатков организмов) клеточного строения не имеют. Таким образом, *клетка - это структурно-функциональная единица организации живых организмов*. Неклеточные формы жизни - вирусы — способны проявлять жизнедеятельность лишь внутри клеток организмов, в которых они паразитируют.

Организмы и неживые объекты отличаются соотношением химических элементов, входящих в их состав. В состав живых существ входят те же химические элементы, из которых состоят и неживые объекты. Однако химический состав всех организмов более-менее подобен, тогда как у разных компонентов неживой природы он отличается. Например, в водной оболочке Земли (гидросфере) преобладают водород и кислород, в газообразной (атмосфере) - кислород и азот, в твердой (литосфере) - кремний, кислород и т. п. В составе всех живых существ преобладают четыре химических элемента: водород, углерод, азот и кислород.

Живой материи присущ обмен веществами и энергией с окружающей средой. Организмы способны создавать органические соединения, причем многие из них синтезируют эти вещества из неорганических (растения, цианобактерии, некоторые бактерии и одноклеточные животные). Питательные вещества (а также H_2O , CO_2 , O_2) живые существа получают из окружающей среды, то есть питаются и дышат. Соединения, которые поступили в живые организмы, изменяются. Часть из них используется для обеспечения собственных потребностей организма в энергии, а другая часть - в качестве строительного материала, необходимого для роста и обновления отдельных клеток и организма в целом. Напомним, что энергия освобождается в результате расщепления органических соединений.

Обмен веществ (метаболизм) - это совокупность физических и химических процессов, которые происходят как в отдельных клетках, так и в целостном многоклеточном организме. Конечные продукты обмена веществ организмы выводят в окружающую среду. Туда же выделяется и часть энергии. Следовательно, любой организм является **открытой системой**. Это значит, что он может длительное время функционировать лишь при условиях поступления извне энергии, питательных и других веществ.

Каждая биологическая система способна к саморегуляции. Обмен веществ обеспечивает одно из самых главных условий существования живых существ - поддержание гомеостаза - способности биологических систем сохранять относительное постоянство своего состава и свойств при изменении условий окружающей среды. Поддержание гомеостаза обеспечивают системы, регулирующие жизненные функции. У многих животных к регуляторным системам относятся нервная, иммунная и эндокринная, у растений — отдельные клетки, которые выделяют биологически активные вещества (фитогормоны, фитонциды и др.). Все процессы жизнедеятельности клетки или организма согласованы между собой.

Биологическим системам присуща способность к поддержанию своей специфической структуры. Например, многие многоклеточные организмы способны к **регенерации** - восстановлению потерянных или поврежденных частей. Иногда способность к регенерации может быть очень

ярко выражена: некоторые губки можно растереть в ступке до кашцеобразного состояния; при помещении такой «кашки» в водную среду отдельные клетки опять объединяются, формируя целостный организм. Из прикопанного небольшого побега ивы со временем вырастает новое дерево.

Характерная черта организмов - способность к движениям. Движения свойственны не только животным, но и растениям (рис. 2.2). Различные микроскопические одноклеточные водоросли, животные или бактерии двигаются в воде с помощью органелл движения - жгутиков.

Живой материи присуща раздражимость - способность воспринимать раздражители внешней и внутренней (то есть те, которые возникают внутри живой системы) среды и определенным образом на них реагировать. Например, прикосновение к ли-



Рис. 2.2. Круговые движения лиан вокруг ствола дерева

сту мимозы стыдливой (произрастает в Крыму) вызывает его провисание. У животных реакции на раздражители, осуществляемые при участии нервной системы, называют **рефлексами**.

Все биологические системы способны к самовоспроизведению (производить себе подобных). Организмы могут воспроизводить себе подобных, то есть размножаться. Благодаря способности к размножению существуют не только отдельные виды, но и жизнь в целом.

Живые организмы способны к росту и развитию. Благодаря росту они увеличивают свои размеры и массу. При этом одни организмы (например, растения, рыбы) растут в течение всей жизни, другие (например, птицы, млекопитающие, человек) - на протяжении лишь определенного времени. Рост обычно сопровождается развитием — качественными изменениями, связанными с приобретением новых черт строения и особенностей функционирования.

Существование организмов тесно связано с сохранением наследственной информации и ее передачей потомству при размножении. Это обеспечивает стабильность существования видов, ведь потомки обычно похожи на своих родителей. В то же время живым существам присуща также **изменчивость** - способность приобретать новые признаки во время индивидуального развития. Благодаря изменчивости организмы способны приспосабливаться к изменениям окружающей среды. Изменчивость — необходимая предпосылка как для возникновения новых видов, так и для

исторического развития жизни на нашей планете, то есть эволюции.

Биологические системы способны к адаптациям. Напомним, что **адаптациями** называют появление приспособлений у живых систем в ответ на изменения, происходящие в их внешней или внутренней среде. На рисунке 2.2 показаны две формы зайца-беляка - летняя и зимняя. Смена темной летней расцветки на белую зимнюю - приспособление к обитанию на фоне снежного покрова, которое делает животное менее заметным для врагов. Адаптации могут быть связаны с изменениями особенностей строения (вспомните плавательные перепонки у водоплавающих птиц или крокодилов), процессов жизнедеятельности (зимняя спячка бурых медведей), поведения (перелеты птиц) и т. д. Адаптации определяют возможность обитания живых существ в разнообразных условиях окружающей среды.

Таким образом, **организмы и надорганизменные формы организации живой материи — это целостные биологические системы, способные к самообновлению, саморегуляции и самовоспроизведению.**

Живая материя может находиться на разных уровнях организации, которые сформировались в процессе ее исторического развития.



Рис. 2.3. Зимний (1) и летний (2) «наряд» зайца-беляка

• **Уровни организации живой материи.** Различают такие уровни организации живой материи: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный, или биогеоценотический, и биосферный (рис. 2.4).

На молекулярном уровне (рис. 2.4, 1) происходят химические процессы и превращение энергии, а также сохраняется, изменяется и реализуется наследственная информация. Взаимодействия молекул неорганических (вода, соли, неорганические кислоты) и органических (белки, липиды, углеводы, нуклеиновые кислоты и т. п.) соединений лежат в основе процессов жизнедеятельности организмов, в частности обмена веществ. На молекулярном уровне существуют элементарные биологические системы, например вирусы. Этот уровень организации живой материи исследуют *молекулярная биология, биохимия, генетика, вирусология*.

Клеточный уровень организации живой материи (рис. 2.4, 2) характеризуется тем, что в каждой клетке как одноклеточных, так и многоклеточных организмов происходят обмен веществ и превращение энергии, сохраняется и реализуется наследственная информация. Клетки способны к размножению и передаче наследственной информации дочерним клеткам. Следовательно, клетка является элементарной единицей строения, жизнедеятельности и развития живой материи. Клеточный уровень организации живой материи изучают *цитология, гистология, анатомия растений*.

Организменный уровень (рис. 2.4, 3). У многоклеточных организмов во время индивидуального развития клетки специализируются по строению и выполняемым функциям, часто формируя ткани. Из тканей формируются органы. Разные органы взаимодействуют между собой в составе определенной системы органов (например, пищеварительной, кровеносной). Этим обеспечивается функционирование целостного организма как интегрированной биологической системы (у одноклеточных организмов организменный уровень совпадает с клеточным).

Организменный уровень организации живой материи изучают много наук. Отдельные группы организмов исследуют *ботаника* (объект исследования - растения), *зоология* (объект исследования - животные), *микология* (объект исследования - грибы), *бактериология* (объект исследования - бактерии). Строение организмов изучает *анатомия*, а процессы жизнедеятельности — *физиология*.

Популяционно-видовой уровень. Все живые организмы относятся к определенным биологическим видам. Организмы одного вида имеют общие особенности строения и процессов жизнедеятельности, экологические требования к среде обитания. Они способны оставлять плодотворных потомков. Особи одного вида объединяются в группы - популяции, которые обитают на определенных частях территории распространения данного вида (рис. 2.4, 4). Популяции одного вида более или менее отграничены от других. Популяции являются не только элементарными единицами вида, но и эволюции, поскольку в них происходят все самые элементарные эволюционные процессы, способные обеспечить формирование новых видов. Это поддерживает биологическое многообразие нашей планеты. На нашей планете обитает почти 2,5 млн видов бактерий, цианобактерий, растений, грибов, животных.

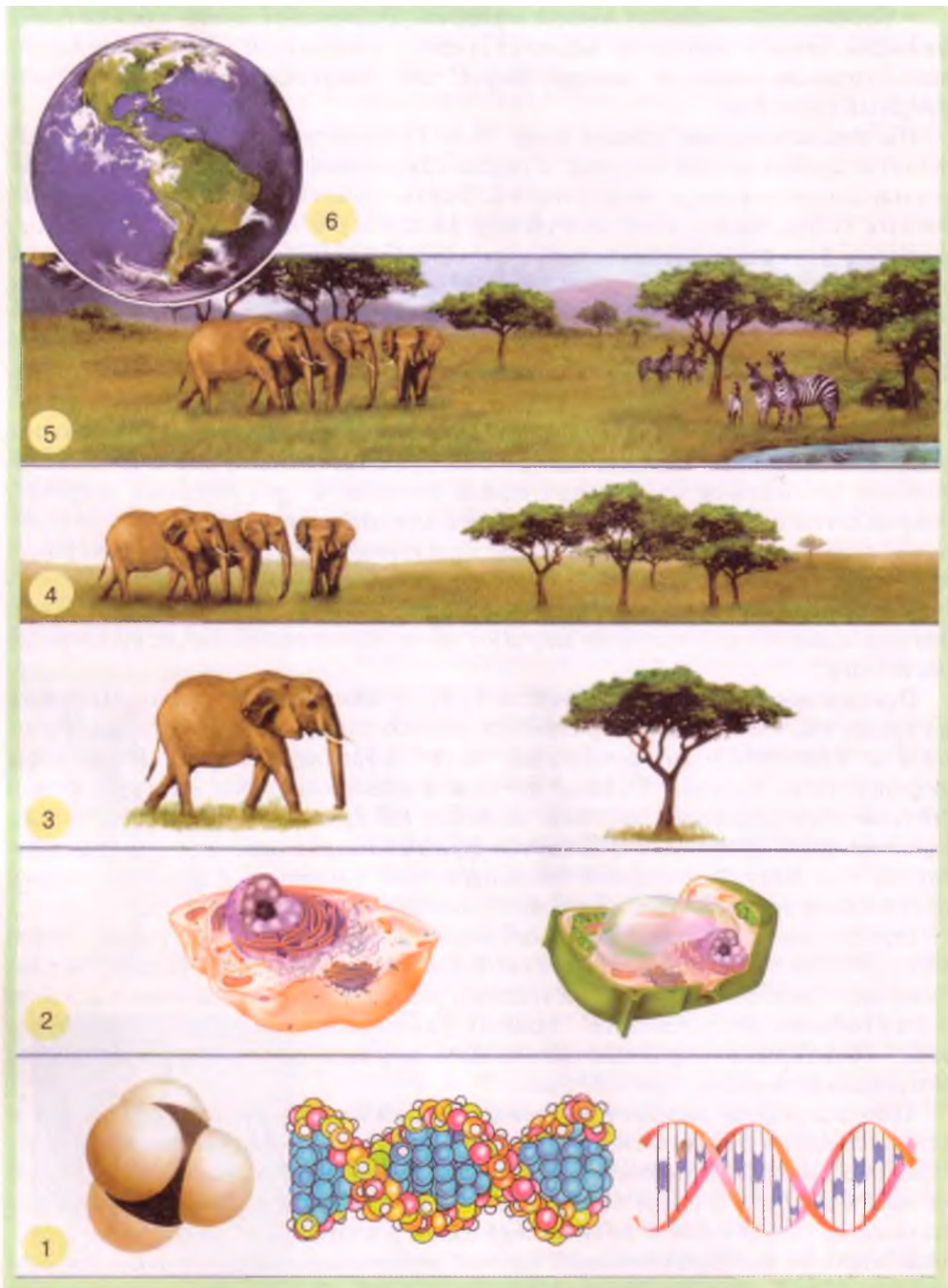


Рис. 2.4. Уровни организации живой материи: 1 – молекулярный (происходят биохимические реакции, кодируется наследственная информация); 2 – клеточный (клетки состоят из молекул); 3 – организменный (многоклеточные организмы состоят из клеток); 4 – популяционно-видовой (виды состоят из популяций, а популяции – из отдельных особей); 5 – экосистемный, или биогеоценотический (состоит из разных видов); 6 – биосферный (биосфера – совокупность всех экосистем планеты)



Экосистемный, или биогеоценотический, уровень. Популяции разных видов, которые населяют общую территорию, взаимодействуют между собой и с факторами неживой природы, входят в состав надвидовых биологических систем - **экосистем** (рис. 2.4, 5). Напомним, что экосистемы, которые занимают территорию с подобными физико-климатическими условиями, называют также биогеоценозами. Биогеоценозы способны к самовоспроизведению. Для них характерны постоянные потоки энергии между популяциями разных видов, а также постоянный обмен веществом между живой и неживой частями биогеоценоза, то есть круговорот веществ.

Биосферный уровень. Отдельные экосистемы нашей планеты в совокупности образуют **биосферу** - часть оболочек Земли, населенную живыми организмами (рис. 2.4,6). Биосфера - это целостная экосистема нашей планеты. Биосферный уровень организации живой материи характеризуется глобальным круговоротом веществ и потоками энергии, которые обеспечивают функционирование биосферы. Надорганизменные уровни организации живой материи - популяции, экосистемы и биосферу в целом — изучает *экология*.

Запомните: все уровни организации живой материи взаимосвязаны между собой: низшие уровни входят в состав более высоких.

Ключевые термины и понятия. *Гомеостаз, открытая система, адаптация, биологическая система, популяция, круговорот веществ.*

Основные свойства живой материи:

- ▶ Каждое живое существо, или организм, состоит из отдельных структурно-функциональных единиц - клеток. Неклеточные формы жизни - вирусы - паразитируют внутри клеток других организмов.
- ▶ Живые организмы и неживые объекты отличаются соотношением химических элементов, входящих в их состав. В живых организмах преобладают четыре химических элемента: водород, углерод, азот и кислород.
- ▶ Живые системы открыты, то есть способны к обмену веществ и энергией с окружающей средой.
- ▶ Каждая биологическая система способна к саморегуляции путем поддержания гомеостаза.
- ▶ Характерная черта большинства живых организмов - способность к движениям.
- ▶ Живой материи присуща раздражимость, то есть способность воспринимать раздражители внешней и внутренней среды и определенным образом на них реагировать. Для всех биологических систем характерна способность к самовоспроизведению.
- ▶ Организмам свойственны рост и развитие.
- ▶ Существование организмов тесно связано с сохранением наследственной информации и ее передачей потомкам во время размножения.

**Кратко
о
главном**

- ▶ Биологические системы способны к адаптациям - приспособлениям к изменениям, которые происходят во внешней или во внутренней средах.
- ▶ Различают такие уровни организации живой материи: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный, или биогеоценотический, и биосферный.



Вопросы для самоконтроля

1. Какие химические элементы наиболее распространены в живых организмах? 2. Почему биологические системы относятся к открытым? 3. Что такое гомеостаз? 4. Какие вы знаете уровни организации живой материи? 5. Как соотносятся разные уровни организации живой материи между собой? 6. Чем обеспечивается функционирование биосферы?

Подумайте.

1. Чем можно объяснить наличие разных уровней организации живой материи? 2. Пользуясь материалом параграфа, попробуйте сформулировать понятие «жизнь». Можно ли считать его полным?

§ 3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В БИОЛОГИИ. ЗНАЧЕНИЕ ДОСТИЖЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА



Вспомните: с помощью каких методов исследуют одноклеточные организмы?

• **Основные методы биологических исследований.** Живую материю на разных уровнях организации изучают с помощью различных методов, основные из которых - сравнительно-описательный, экспериментальный мониторинг и моделирование. Полученные результаты обрабатывают математически с помощью методов статистического анализа.

Сравнительно-описательный метод служит для описания организмов, процессов или явлений. Его основал древнегреческий ученый Аристотель. Однако часто недостаточно просто описать новый вид организмов, процесс, ранее неизвестное явление и т. п. Чтобы установить своеобразие объекта исследований, его необходимо сравнить с другими подобными объектами, процессами или явлениями. Например, открытие новых для науки видов невозможно без анализа их сходства и отличия относительно близки? форм. То же касается органических соединений, биохимических процессов, строения и функций клеток, тканей, организмов, экосистем и т. п.

Для научного исследования любой биологический объект нужно **классифицировать**, то есть определить его принадлежность к той или иной группе (например, органических веществ - к белкам, липидам, углеводам или нуклеиновым кислотам и т. п., живых существ - к соответствующему виду, роду, семейству и т. д.). Сравнение объектов исследования возможно лишь в пределах определенного уровня организации (например, сравнение определенной молекулы с другими молекулами, клетки — с другими клетками, вида - с другими видами и т. п.).

Экспериментальный метод заключается в том, что исследователи активно вмешиваются в строение объектов исследований, ход естественны?



Рис. 3.1. Современные биологические лаборатории

процессов или явлений и наблюдают результаты такого вмешательства. Эксперименты бывают полевые и лабораторные. **Полевые эксперименты** проводят в естественных условиях: на экспериментальных участках изучают действие определенных веществ на рост растений, испытывают методы борьбы с вредителями, исследуют влияние хозяйственной деятельности человека на естественные экосистемы и т. п. **Лабораторные эксперименты** проводят в специально оборудованных помещениях (лабораториях) (рис. 3.1). В таких исследованиях часто используют подопытные организмы, которых ученые размножают и содержат также в искусственных условиях (лабораторные культуры). Некоторые лабораторные культуры дали начало промышленным культурам, которые используют для получения необходимых человеку продуктов. Это одно из направлений исследований в биотехнологии (например, использование дрожжей в хлебопекарском деле; бактерий и грибов - для получения антибиотиков и т. п.).

Мониторинг - постоянное наблюдение за ходом определенных процессов в отдельных популяциях, экосистемах, биосфере в целом или за состоянием определенных биологических объектов. Его осуществляют в основном на популяционно-видовом, биогеоценотическом или биосферном уровнях. Мониторинг позволяет не только определять состояние определенных объектов, но и прогнозировать возможные изменения, анализировать их последствия. Например, изменения в климате нашей планеты возможны в связи с накоплением в атмосфере углекислого газа. Осуществляя мониторинг этого явления, можно предположить, как оно будет влиять на изменения климата отдельных частей нашей планеты. Таким образом, мониторинг помогает своевременно обнаруживать и спрогнозировать негативные изменения в структуре и функционировании отдельных популяций, экосистем или биосфере и вовремя разработать мероприятия по устранению таких изменений.

Моделирование - метод исследования и демонстрации структур, функций, процессов с помощью их упрощенной имитации. Моделирование является обязательным этапом многих научных исследований, потому что позволяет изучать объекты и процессы, которые невозможно непосредственно наблюдать или воспроизводить экспериментально. Любая модель неминуемо упрощена. Она не может показать всю сложность объектов,



Рис. 3.2. Аквариум в качестве модели водной экосистемы

процессов или явлений, наблюдаемых в природе, а отображает лишь их общие черты или вероятный ход. С помощью моделирования ученые прогнозируют возможные последствия тех или иных процессов или явлений, создают определенные идеальные объекты или явления и сравнивают с ними реальные. Например, для исследования многих опасных болезней человека имитируют модели этих процессов у подопытных животных.

Модели могут быть статическими и динамическими. Примеры **статических моделей** вам не раз демонстрировали на уроках биологии, например модели строения цветка, головного мозга или других органов. Их можно рассматривать, не вмешиваясь в их структуру. А вот с помощью аквариума (рис. 3.2) можно создать **динамическую модель** водной экосистемы. Изменяя видовой состав организмов, химические показатели воды, концентрацию отдельных растворенных в ней веществ и т. п., можно наблюдать за результатами такого вмешательства.

Теоретические основы математических моделей биологических процессов и явлений разрабатывает **математическая биология**. **Математическая модель** - это численное выражение парных связей (в виде системы дифференциальных уравнений) в пределах определенного объекта, процесса или явления. Изменяя числовое значение одного из показателей, введенных в модель, можно наблюдать, как будут изменяться и другие, то есть, как поведет себя данная система при определенных условиях. Например, можно создать модель пищевых связей в экосистеме, описывая связи между отдельными видами: растение - травоядный вид, травоядный вид - хищник и т. д. (рис. 3.3).

Математическое моделирование в биологии - **совокупность математических методов анализа сложных количественных взаимосвязей и закономерностей в биологических системах**. Его осуществляют с помощью компьютерной техники, которая позволяет хранить огромные объемы данных и быстро их обрабатывать с помощью специальных программ. Математическое моделирование дает возможность наблюдать за возмож-



Рис. 3.3. Пищевые связи между организмами можно описать с помощью математической модели. (Решите задачу. Зайцу, для того чтобы увеличить массу на 5 кг, надо съесть 50 кг растений. Лисица, если съест одного зайца массой 5 кг, увеличит свою массу только на 500 г. Определите, какая часть пищи усваивается в организме, а какая - теряется)

ными вариантами хода событий, выделять отдельные связи, комбинировать их и т. д. Предпосылкой создания правильной математической модели служит накопление базы данных наблюдений или экспериментов об определенных явлениях или процессах.

Математическую модель создают в несколько этапов. Последовательно выдвигают рабочую гипотезу и формулируют вопросы, ответы на которые должна предоставить модель; разрабатывают соответствующий математический аппарат; на его основе высчитывают определенные данные; сравнивают их с результатами наблюдений и экспериментов, проверяя правильность модели. В случае существенных расхождений результатов моделирования с реальными данными модель основательно переделывают или отбрасывают, поскольку это свидетельствует об ошибочности рабочей гипотезы или неправильном применении математического аппарата.

Математические модели, например, позволяют определять оптимальное количество особей промысловых животных, которое можно изымать из естественных популяций, чтобы не подорвать их численность; прогнозировать массовые размножения вредителей; последствия антропогенного влияния на отдельные экосистемы и биосферу (например, как увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере влияет на отдельные группы организмов и климат планеты в целом) и т. п.

Статистический метод. Любой накопленный материал, полученный в результате наблюдений, экспериментов или моделирования, нуждается в статистической (математической) обработке. Масса собранных фактов, не проанализированных и не обработанных статистически, не позволяет обнаружить весь объем информации, установить определенные закономерности. Перед обработкой результатов исследователи определяют задания, которые нужно решить, и в зависимости от этого избирают метод математической статистики. Математическая обработка необходима для определения степени достоверности и правильного обобщения полученных результатов.

Статистически достоверную закономерность в биологии можно считать **правил**ом либо **научным законом**. **Биологические законы** - это статистически выверенные закономерности, которые обычно не имеют исключений и могут быть истолкованы лишь определенным образом (**вспомните законы, какие вы изучали по другим предметам**). Со временем вы ознакомитесь с основными биологическими законами, в частности эволюционными, наследственности и др.

• **Знамени© биологии в жизни человека.** Бурное развитие наук о жизни во второй половине XX ст. способствовало многим открытиям в различных направлениях биологии. Это, в частности, открытие и расшифровка генетического кода, главных звеньев синтеза белка, многих процессов обмена веществ в живой клетке; продолжается интенсивная работа по расшифровке наследственной информации человека, растений и животных.

С участием ученых-биологов достигнут значительный прогресс в своевременном установлении причин (диагностике) разнообразных заболеваний человека, домашних животных и культурных растений, их профилактики и лечении. На основе биологически активных веществ, которые вырабатывают различные организмы, исследователи создают эффективные лекарственные препараты. Современные ученые способны искус-

ственно изменять наследственный материал организмов. Например, в геном клетки бактерии кишечной палочки введены гены, которые отвечают за образование гормонов, необходимых для лечения ряда заболеваний человека (карликовость, сахарный диабет и др.) (*вспомните о причинах этих заболеваний*). Раньше эти вещества добывали из животных в небольших количествах, а теперь их можно получать в микробиологических лабораториях соответственно потребностям.

Организмы с измененным наследственным материалом (их называют *генетически модифицированными организмами*, или ГМО) отличаются устойчивостью к заболеваниям, высокой продуктивностью и т. п. Однако применение этих организмов для производства продуктов питания в настоящее время ограничено, поскольку еще недостаточно исследовано влияние их потребления на здоровье человека и домашних животных.

Современные исследования в областях молекулярной биологии и генетики позволяют обнаруживать дефектные гены, которые приводят к наследственным заболеваниям, и заменять их нормальными копиями.

Экология - наука, призванная своими исследованиями убедить людей в необходимости заботливого отношения к природе, жить по ее законам, а не пытаться их изменить любым способом. Поэтому она служит теоретической базой для планирования и осуществления охраны окружающей природной среды. На базе экологических исследований создаются новые направления охраны как отдельных видов организмов, так и их сообществ.

• **Задачи современной биологии** в первую очередь заключаются в решении важнейших проблем человечества: увеличение продовольственного потенциала планеты; улучшение экологического состояния среды обитания человека, сохранения его здоровья и долголетия; получение альтернативных источников энергии. Поэтому актуальными в ближайшем будущем будут такие направления исследований:

- установление контроля над самовоспроизведением биоресурсов;
- создание искусственных биологических систем с нужными человеку компонентами, без нарушения экологического равновесия;
- изучение сложных физиолого-генетических функций организма для лечения и предупреждения онкологических и других опасных заболеваний человека;
- использование генетически модифицированных организмов для получения от них белков, антител, ферментов, гормонов, вакцин для нужд пищевой промышленности, медицины и ветеринарии;
- изучение энергетических и синтетических процессов в клетке для внедрения их в промышленные биотехнологии.

Ключевые термины и понятия. Мониторинг, моделирование.

Живую материю на разных уровнях организации исследуют различными методами, основные из которых — сравнительно-описательный, экспериментальный, мониторинг и моделирование. Полученные в результате исследований результаты обрабатывают с помощью математико-статистического анализа.



Вопросы для самоконтроля

1. Какие вы знаете методы исследований в биологии?
2. Для чего применяют сравнительно-описательный метод исследования?
3. Чем характеризуется экспериментальный метод?
4. Какое значение имеет мониторинг?
5. Что собой представляет математическое моделирование?

Подумайте.

1. Какие возможности открывает компьютерная графика в биологических исследованиях?
2. Ознакомьтесь с коротким очерком развития биологической науки (с. 7-12). Какие современные достижения биологической науки, по вашему мнению, помогут решить такие главные проблемы настоящего, как обеспечение человечества продовольствием и энергией?

ТЕСТ НА ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗНАНИЙ

I. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ПРАВИЛЬНЫЙ

1. Укажите, как называют совокупность процессов поступления питательных веществ из внешней среды, их превращения в организме и выделения продуктов жизнедеятельности: а) фагоцитоз; б) метаболизм; в) гомеостаз; г) раздражимость.
2. Определите, как называют способность биологических систем сохранять относительное постоянство состава и свойств своей внутренней среды: а) фагоцитоз; б) метаболизм; в) гомеостаз; г) адаптация.
3. Отметьте биологические системы, которые находятся на молекулярном уровне организации живой материи: а) грибы; б) растения; в) цианобактерии; г) вирусы.
4. Определите наивысший уровень организации живой материи: а) популяционно-видовой; б) биосферный; в) организменный; г) экосистемный.

II. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ДВА ПРАВИЛЬНЫХ

1. Укажите биологические системы, способные к саморегуляции: а) популяция в дикой природе; б) порода животных; в) поле пшеницы; г) биогеоценоз.
2. Назовите объекты, которые относятся к надорганизменным биологическим системам: а) экосистема; б) хлоропласт; в) популяция; г) митохондрия.
3. Укажите особенности биологических систем, которые отличают их от неживых объектов: а) способность к саморегуляции; б) способность к росту; в) наличие особых химических элементов; г) способность к восприятию раздражителей.
4. Укажите, какие надвидовые уровни организации живой материи изучает экология: а) клеточный; б) популяционно-видовой; в) экосистемный; г) биосферный.

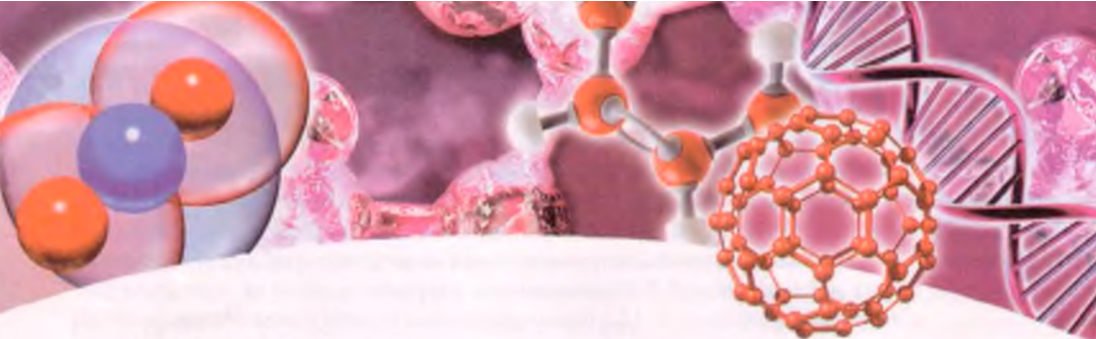
III. ЗАДАНИЕ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Установите соответствие между объектами, процессами, явлениями и уровнями организации живой материи, которым они отвечают.

Объекты, процессы и явления	Уровни организации живой материи
1 Деление клетки	А Молекулярный
2 Глобальный круговорот веществ	Б Клеточный
3 Лягушка остромордая	В Популяционно-видовой
4 Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ)	Г Экосистемный
	Д Биосферный

IV. ВОПРОС ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

Что общего и отличного в проявлениях раздражимости у многоклеточных растений и многоклеточных животных?



РАЗДЕЛ 1. **МОЛЕКУЛЯРНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ**

ТЕМА 1. **НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА ОРГАНИЗМОВ**

- Химический состав живых организмов и особенности молекулярного уровня организации живой материи;
- свойства и функции неорганических соединений живых организмов;
- необходимость контроля химического состава питья и еды человека;
- нормы употребления воды человеком в различных условиях окружающей среды;
- возможности устранения заболеваний человека, возникших из-за недостатка или избытка в его рационе некоторых химических элементов.

§ 4. **ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМОВ**



Вспомните: что общего между живыми и неживыми системами? Какие гормоны выделяет щитовидная железа? Какая их биологическая роль?

Вы уже знаете, что науку, изучающую химический состав живых организмов, строение, свойства и роль обнаруженных в них соединений, пути их возникновения и превращения, называют биологической химией, или **биохимией**. Она исследует процессы обмена веществ и превращение энергии в организмах на молекулярном уровне. Одна из основных задач биохимии - выяснение механизмов регуляции жизнедеятельности клеток и организма в целом, которые обеспечивают единство процессов обмена веществ и превращение энергии в организме.



• **Элементный состав живых организмов.** Химический состав организмов, в отличие от объектов неживой природы, относительно постоянный. Из более 100 разных типов атомов химических элементов и их изотопов в живых организмах обнаружено почти 60. Одни из них являются обязательными для всех без исключения организмов, другие - лишь для отдельных видов. Вместе с тем в живых организмах не обнаружен ни один из химических элементов, какого бы не было в неживой природе. Это одно из свидетельств единства живой и неживой природы.

Более всего в организмах так называемых **макроэлементов**, то есть химических элементов, суммарная доля которых составляет около 99,9 % массы организма. К ним относятся водород, углерод, азот, кислород, кальций, калий, натрий, железо, магний, сера, хлор, фосфор. Первые четыре из них относят к **органогенным элементам**, поскольку их суммарная доля составляет почти 98 % массы живых существ. Кроме того, эти элементы являются основными составляющими органических соединений.

Трудно переоценить роль органогенных элементов в обеспечении нормального функционирования организмов. Например, из атомов **водорода** и **кислорода** состоят молекулы воды. Стоит вспомнить роль **кислорода** (O_2) в процессе дыхания организмов. Поступая в организм живого существа во время дыхания, он окисляет разные органические соединения. В результате этих процессов высвобождается энергия, которая обеспечивает разнообразные процессы жизнедеятельности. Лишь некоторые организмы, преимущественно бактерии и паразитические одноклеточные животные, могут существовать при отсутствии кислорода; их называют анаэробными.

Атомы **азота** входят в состав минеральных соединений, которые потребляют из почвы растения. Соединения азота способствуют росту растений, повышению их холодоустойчивости. Азот (N_2) преобладает среди других атмосферных газов (около 79 %). И хотя для большинства живых существ этот газ инертен, его могут усваивать из атмосферы некоторые организмы (азотфиксирующие бактерии, цианобактерии). Они поставляют соединения азота в почву, повышая ее плодородие (рис. 4.1).

Поскольку азот входит в состав белков и других органических веществ, его соединения необходимы для нормального роста организмов. А еще вспомните, что азот входит в состав хитина - составляющего компонента клеточной стенки грибов и внешнего скелета членистоногих (рис. 4.2), который придает им дополнительную прочность.

Углерод в составе углекислого газа (CO_2) обеспечивает воздушное питание растений и некоторых других организмов, способных к фотосинтезу (пурпурные и зеленые серобактерии, цианобактерии, некоторые одноклеточные животные). Эти автотрофные организмы фиксируют CO_2 и используют углерод для синтеза собственных органических веществ. А далее по цепям питания созданные ими органические соединения передаются гетеротрофным организмам, например грибам и животным.

Соединения **кальция** входят в состав раковин моллюсков, некоторых одноклеточных животных (фораминифер), панцирей раков, костей и зубов позвоночных животных и др. Важное значение имеет достаточное поступление соединений кальция в организм детей и беременных женщин. Недостаток соединений кальция у детей может привести к искривлению

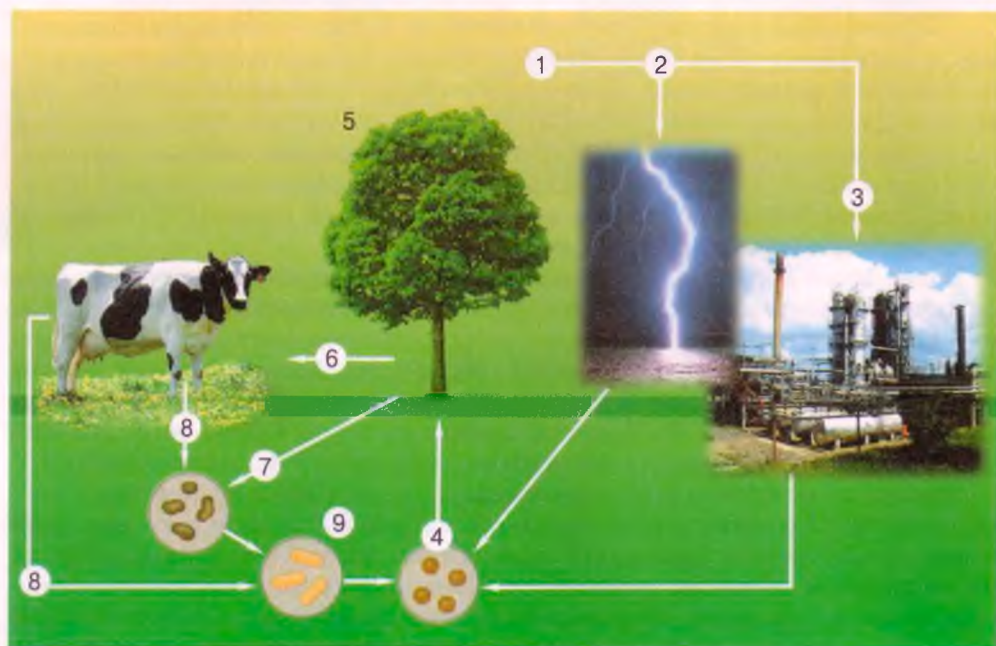


Рис. 4.1. Круговорот азота в природе: атмосферный азот (1) в результате ряда химических реакций (2, 3) превращается в нитрат-ионы (4); растения (5) поглощают их с помощью корневой системы и синтезируют молекулы, которые потребляют животные (6); останки растений (7) и животных (8) разлагают бактерии (9), возвращая соединения азота в виде нитрат-ионов в почву (4)



Рис. 4.2. Азот входит в состав хитина – компонента клеточных стенок грибов (1) и внешнего скелета членистоногих (2)

костей - рахиту. Повышенный расход соединений кальция в организме беременных женщин связан с тем, что в это время формируется скелет зародыша. Кальций содержится в куриных яйцах, молочных продуктах.

Соединения калия необходимы для нормальной деятельности нервной и сердечно-сосудистой систем, мускулатуры. Важная роль калия и кальция в регуляции работы сердца: повышенная концентрация ионов Ca^{2+} ускоряет работу сердца, а ионов K^{+} - замедляет. Эти особенности влияния ионов K^{+} используют для создания лекарств, которые замедляют сокращения сердечной мышцы. Много калия содержится в картофеле, фруктах (абрикосах, сливах и др.).

Соединения калия и меди повышают холодоустойчивость растений, что помогает им лучше пережить зимний период.

Вы уже знаете, что атом железа входит в состав дыхательного пигмента - гемоглобина (рис. 4.3, 2). Гемоглобин способен связывать газы (**вспомните, какие**) и транспортировать их по организму. Поэтому при недостатке железа в организме



или при недостаточном усвоении этого химического элемента могут нарушаться процессы синтеза гемоглобина, возникает заболевание - малокровие, или *анемия*. Соединения железа, необходимые для кроветворения, содержатся в яблоках и других продуктах растительного происхождения (абрикосах, зелени петрушки и др.), а также печени и яйцах.

Соединения железа и **магния** необходимы растениям для того, чтобы в их клетках образовывался пигмент хлорофилл. Атом магния входит в состав молекулы хлорофилла, а железо необходимо для синтеза этого соединения. При недостатке или отсутствии этих химических элементов листья растений становятся бледно-зелеными или вообще теряют зеленый цвет. В результате процессы фотосинтеза нарушаются или прекращаются, и растение в конечном итоге погибает. Такое заболевание получило название *хлороз* (рис. 4.3, 2).

Фосфор способствует работе головного мозга, участвует в формировании скелета и т. п. Соединения фосфора в значительных количествах нужны и растениям. В частности, они способствуют более быстрому созреванию плодов и обеспечивают холодоустойчивость. Соединения фосфора поступают в наш организм с молоком и молочными продуктами, рыбой, яйцами и др.

Свыше **50** химических элементов относятся к группе **микроэлементов** (йод, кобальт, марганец, медь, молибден, цинк и т. д.), ведь их количество составляет 10^{-12} – 10^{-3} % массы живых существ. Среди них выделяют *группу ультрамикроэлементов* (свинец, бром, серебро, золото и др.), процентное содержание которых еще ниже. Микроэлементы клетки входят в состав органических и неорганических соединений или находятся в виде ионов.

Хотя содержание микроэлементов в организмах незначительно, их роль в обеспечении нормального функционирования может быть огромной. Вспомните, **йод** необходим для того, чтобы щитовидная железа производила гормоны (тироксин, трийодтиронин). Недостаточное поступление йода в организм человека с едой или водой может повлечь нарушение синтеза этих гормонов. Как вы помните из курсов *Основы здоровья* и *Биология* 9-го класса, это может привести к тяжелым заболеваниям человека, связанным с нарушением обмена веществ, например *микседеме*,

Рис. 4.3. Роль железа в жизни организмов: 1 – эритроциты, в состав которых входит пигмент гемоглобин; 2 – молекула гемоглобина, в состав которой входит атом железа; 3 – недостаток железа в почве вызывает хлороз растений

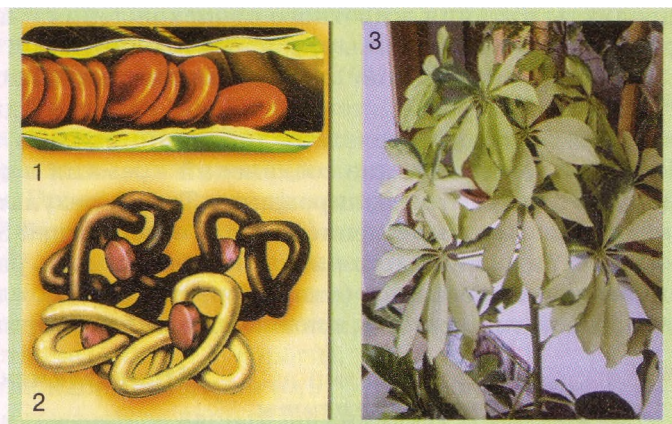




Рис. 4.4. Эндемический зоб – следствие недостатка йода в воде и пище



Рис. 4.5. Недостаток фтора приводит к кариесу – разрушению эмали зубов

кретинизму. У людей, проживающих в местностях, где вода и почва содержат мало йода, часто развивается заболевание **эндемический зоб** (эндемический в переводе из греческого - местный, присущий данной местности), когда разрастаются ткани щитовидной железы (рис. 4.4). При этом железа синтезирует меньше нормы гормона тироксина. Для профилактики йододефицита в таких местностях йодируют соль: к поваренной соли добавляют йодид калия. Много соединений йода содержат бурые водоросли, например ламинария, или морская капуста.

Вы уже знаете, что в состав эмали зубов входит фтор, который придает ей прочность. Недостаток этого элемента в организме ведет к разрушению эмали. Это заболевание называют **кариесом** (рис. 4.5). Поэтому, выбирая зубную пасту, обращайте внимание на содержание в ней фтора и кальция, которые укрепляют зубы. Эти элементы есть и в продуктах питания: молоке, сырах, шпинате и др. Цинк необходим для образования гормонов поджелудочной железы, бром - гормонов гипофиза. (Вспомните, какие гормоны производят эти железы.)

Кобальт и медь необходимы для процессов кроветворения (вспомните, в состав дыхательных пигментов каких животных входит медь). Кобальт - составляющая витамина B_{12} (цианкобаламина), недостаток которого в организме приводит к злокачественному малокровию (анемии). Для человека основным источником поступления витамина B_{12} служат продукты питания животного происхождения - печень крупного рогатого скота, почки, мясо, сыр, рыбные продукты и т. п.

Соединения кремния входят в состав опорных структур некоторых организмов: клеточных стенок хвощей, панцирей диатомовых водорослей, внутриклеточного скелета радиолярий, скелета некоторых губок и др. Вместе с тем попадание соединений кремния в органы дыхания может нарушить их функционирование. Так, в результате продолжительного вдыхания производственной пыли, содержащей SiO_2 , возникает опасное заболевание легких - **силикоз**. Поэтому людям, работа которых связана с промышленной пылью (например, шахтерам), следует защищать дыхательные пути марлевыми повязками или респираторами.

Ключевые термины и понятия. Макроэлементы, микроэлементы, органогенные элементы.

Химический состав живых организмов, в отличие от объектов неживой природы, относительно постоянный. В зависимости от содержания в организмах химические элементы делят на макро- (свыше 99,9 %) и микроэлементы (меньше чем 0,1 %).

Водород, углерод, азот, кислород относят к органогенным элементам, поскольку их суммарная доля составляет почти 98 % химического состава живых существ.

1. На какие группы разделяют химические элементы в зависимости от их процентного содержания в составе живых существ? **2.** Какие химические элементы относят к макроэлементам? Приведите примеры их биологических функций. **3.** Какие химические элементы называют органогенными и почему? **4.** Какие химические элементы относят к микроэлементам? Какова их роль в организмах?

Вопросы для самоконтроля

Подумайте. О чем может свидетельствовать тот факт, что в организмах отсутствуют химические элементы, которые не найдены в неживой природе?

§ 5. РОЛЬ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗМОВ

Вспомните: какие основные классы неорганических соединений обнаруживают в живых организмах? Каковы их функции? Что такое радионуклиды, изотопы?

Вам уже известно, что все химические вещества делят на органические и неорганические. Общее содержание неорганических веществ (кроме воды) в разных клетках варьирует в пределах от одного до нескольких процентов. Среди неорганических веществ важную роль в обеспечении функционирования отдельных клеток и целостных организмов играют вода, неорганические кислоты, щелочи и соли.

*** Соли неорганических кислот** внутри живых организмов растворены в воде (в виде ионов) или находятся в твердом состоянии (например, соли кальция и фосфора в составе скелета человека и большинства позвоночных животных) (рис. 5.1).

Ионы образованы катионами металлов (калия, натрия, кальция, магния и др.) и анионами неорганических кислот (Cl^- , HSO_4^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} и др.).

Разная концентрация ионов Na^+ и K^+ снаружи и внутри клеток приводит к возникновению разницы электрических потенциалов на окружающих клетки мембранах. Это обеспечивает транспорт веществ через мембраны, а также передачу нервных импульсов. В состав многих ферментов входят ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , которые обеспечивают их активность. Присутствие в плазме крови ионов Ca^{2+} — необходимое условие свертывания крови. При недостатке солей кальция нарушается работа сердечной и скелетных мышц (в частности, возникают судороги).

Постоянное содержание хлорида натрия (0,9 %) в плазме крови необходимо для поддержания гомеостаза нашего организма. Раствор хлорида

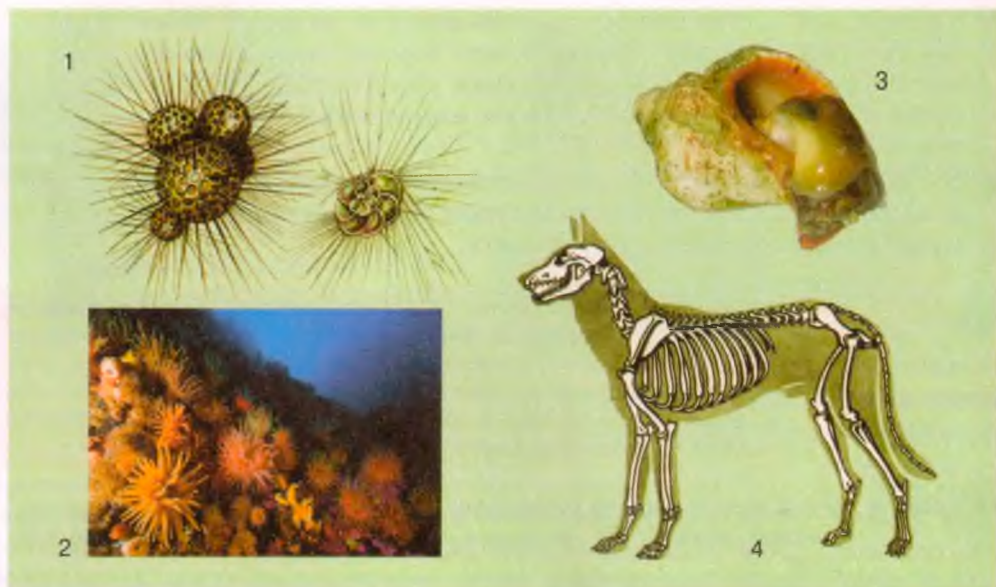


Рис. 5.1. Соли кальция входят в состав: 1 – раковин фораминифер; 2 – колоний коралловых полипов; 3 – раковин моллюсков; 4 – внутреннего скелета позвоночных животных

натрия такой концентрации называют **физиологическим**. Его используют при инъекциях определенных лекарств или вводят при незначительных кровопотерях (**вспомните, с какой целью**). Ежедневно в организм человека должно поступать 12-15 г поваренной соли (NaCl).

Всасывание солей начинается еще в желудке, а завершается в кишечнике. Рецепторы, расположенные в стенках кровеносных сосудов и тканях, способны определять концентрацию солей. Импульсы от этих рецепторов поступают к гипоталамусу, который, в свою очередь, регулирует деятельность желез внутренней секреции. В зависимости от содержания солей в организме в результате нейрогуморальной регуляции изменяется их содержание в моче.

Из-за нарушения обмена веществ соли могут откладываться в суставах, что приводит к тяжелым заболеваниям - **остеохондрозу** и **подагре**. Эти заболевания могут привести к снижению подвижности суставов и позвоночника и потере работоспособности. Чтобы избежать этого, необходимо вести активный образ жизни, не злоупотреблять мясными и жирными блюдами, солью и другими приправами, отказаться от алкоголя.

В полостях органов или их выводных протоков могут формироваться плотные образования - «камни». Чаще всего они образуются в желчном пузыре, почечных лоханках и мочевом пузыре при откладывании там солей органических (мочевой) или неорганических (угольной и фосфорной) кислот. В результате развивается мочекаменная болезнь.

Важные функции выполняют в организме и неорганические кислоты. Мы уже вспоминали, что соляная кислота создает кислую среду в желудке позвоночных животных и человека, обеспечивая активность ферментов желудочного сока. У людей, клетки стенки желудка которых производят недостаточное количество соляной кислоты, нарушаются процессы

переваривания белков, увеличивается риск размножения большого количества вредных бактерий и т. п. Увеличение секреции соляной кислоты также опасно для организма человека, так как вызывает изжогу, а со временем - язву желудка.

Остатки серной кислоты, присоединяясь к нерастворимым в воде соединениям, обеспечивают их растворимость. Это способствует выведению таких веществ в растворенном состоянии из клеток и организма. Фосфорная кислота необходима для синтеза АТФ (универсальный накопитель энергии в клетке) и разных типов нуклеиновых кислот.

• **Кисотно-щелочной баланс.** Внутренняя среда человека имеет определенное соотношение положительных и отрицательных ионов - кислотно-щелочной баланс. При его нарушении могут возникать тяжелые заболевания. В частности, при повышении содержания положительных ионов организм плохо усваивает кальций, натрий, калий, а при возрастании содержания отрицательных - медленнее усваивается еда, что негативно влияет на функции печени и почек, способствуют возникновению аллергических состояний, обострению хронических болезней и т. п.

• **Экологические заболевания.** Не все вещества, поступающие в организм с питьем и едой, полезны. Например, для организма человека опасно поступление солей тяжелых металлов (свинца, хрома и др.) и радионуклидов. Большое количество тяжелых металлов содержится в транспортных выбросах. Поэтому на обочинах автомобильных трасс не следует собирать грибы: они способны накапливать в своем теле эти вещества, а также радионуклиды. Эти соединения могут сыграть роль канцерогенных, то есть способствовать образованию в организме доброкачественных и злокачественных опухолей; приводят к массовому размножению клеток крови: лейкоцитов (лейкозы), реже - эритроцитов (эритроцитозы). Попадая в организм беременных женщин, радионуклиды могут вызвать нарушения развития плода.

Для организма человека и животных опасны радиоактивные изотопы многих химических элементов: йода, цезия, стронция, урана и др. Попадая в организм, стронций-90 может откладываться в костях, заменяя кальций. В результате этого кости становятся хрупкими. Изотоп йода нарушает функции щитовидной железы. Растения также способны накапливать значительные концентрации радионуклидов. С растительной пищей эти вещества впоследствии попадают в организмы животных и человека.

В результате аварии на ЧАЭС радионуклидами загрязнено свыше 8,4 млн гектаров земель Украины, из них 3,5 млн гектаров пахотные. Если учесть загрязненность почв Украины также тяжелыми металлами и ядохимикатами (пестицидами), то в настоящее время в неудовлетворительном состоянии находится около 20 % территории нашей страны. Наивысший уровень загрязненности почв тяжелыми металлами зафиксирован в Донецкой и Закарпатской областях. В Донецкой области это связано с деятельностью промышленных предприятий и горнодобывающих шахт, а в Закарпатской - неоднократными авариями на горнодобывающих предприятиях Румынии, в результате чего значительное количество тяжелых металлов попали в р. Тису, а во времена ее разлигов - на сельскохозяйственные угодья.

Следует отметить, что вокруг больших промышленных предприятий радиус загрязнения токсичными веществами составляет от 1 до 20 км, и их концентрация может превышать предельно допустимую в 5-10 раз. Существенным фактором загрязнения почв являются выбросы выхлопных газов транспортом. Содержание свинца в почве даже на расстоянии 50 км от трассы может превышать допустимый уровень в 3-4 раза.

Вредно для организма человека и высокое содержание нитратов в питье и пище. Поэтому за содержанием нитратов, например в овощах, должен осуществляться постоянный контроль. Разработаны специальные государственные нормы содержания нитратов и других вредных соединений в продуктах питания и воде. Согласно им определены так называемые **предельно допустимые концентрации** (ПДК). Если содержание вредных веществ в питье или продуктах питания превышает показатели ПДК, то их к потреблению населением не допускают.

Атмосферу загрязняют выбросы вредных для здоровья человека и других организмов отходов промышленных предприятий, выхлопных газов автомобильного транспорта (соединения серы, азота, угарный газ CO , тяжелые металлы и т. п.). Предприятия строительной и угольной промышленности (цементные и гипсовые заводы, открытые угольные карьеры и др.) являются источниками загрязнения атмосферы пылью.

Особую опасность для окружающей среды составляют кислотные дожди, вызванные загрязнением атмосферы сернистым газом SO_2 (промышленные предприятия и автотранспорт выбрасывают в атмосферу свыше 160 млн тонн сернистого газа ежегодно) и оксидами азота (N_2O , N_2O_3 и NO_2). При соединении с водой эти вещества образуют сильные неорганические кислоты. На обширных территориях промышленно развитых стран выпадают осадки, кислотность которых превышает нормальную от 10 до 1000 раз. Из-за кислотных дождей разрушаются экосистемы пресных водоемов, погибают леса (рис. 5.2), резко снижается плодородие почв.

Под руководством Международного союза охраны природы и природных ресурсов (МСОП) в настоящее время разработаны стратегические принципы построения экологически стабильного общества, согласованные с правительствами большинства стран мира. Одним из условий по-



Рис. 5.2. Промышленные объекты выбрасывают в атмосферу сернистый газ (1); следствием этого являются кислотные дожди, которые уничтожают леса (2)

строения такого общества является четкое ограничение (квотирование) промышленных выбросов каждой страной. При этом страны, которые не полностью используют свои квоты (это касается, в частности, Украины), могут продавать оставшуюся часть другим. Полученные средства используют для разработки и внедрения технологий, направленных на улучшение состояния окружающей среды.

Общее содержание неорганических веществ (кроме воды) в клетках разных типов варьирует в пределах от одного до нескольких процентов. Среди этих соединений важную роль в обеспечении нормального функционирования отдельных клеток и целостных организмов играют кислоты, щелочи и соли.

Кратко о главном



Вопросы для самоконтроля

1. Какие неорганические соединения входят в состав живых организмов? 2. Какова роль неорганических соединений в обеспечении функционирования организмов? 3. Как радионуклиды влияют на живые организмы?

Подумайте.

Во время Чернобыльской катастрофы 1986 г. детям и взрослым из пострадавших территорий давали препараты, содержащие соединения йода. С какой целью это делали?

§ 6. ФУНКЦИИ ВОДЫ В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗМОВ

Вспомните: какое строение молекулы воды? Как происходит водно-солевой обмен в организме человека? Что такое адаптация, транспирация, ковалентный и водородный типы связей между молекулами?

Из всех химических соединений исключительная роль в обеспечении процессов жизнедеятельности организмов принадлежит воде. Именно в водной среде изначально появилась жизнь на нашей планете, без воды невозможно существование живой материи.

Содержание воды в организмах составляет 60-70 %, а в некоторых случаях — до 98 %. Цитоплазма большинства клеток содержит приблизительно 80 %, а кровь и лимфа человека — свыше 90 % воды. Следовательно, вода **образует основу внутренней среды** клеток и организмов (цитоплазмы, крови, лимфы, полостной жидкости многоклеточных животных, соков растений и т. п.). В водной среде происходят процессы обмена веществ и превращений энергии. Вода непосредственно участвует в реакциях расщепления органических соединений.

• **Структура, свойства и функции воды.** Воде присущи уникальные химические и физические свойства. Взгляните на рисунок 6.1: молекула воды (H_2O) состоит из двух атомов водорода, соединенных с атомом кислорода ковалентными связями. На полюсах молекулы воды находятся положительные и отрицательные заряды, то есть она полярная. Благодаря этому две соседние молекулы обычно взаимно притягиваются за счет сил электростатического взаимодействия между отрицательным зарядом атома кислорода одной молекулы и положительным зарядом атома водорода дру-

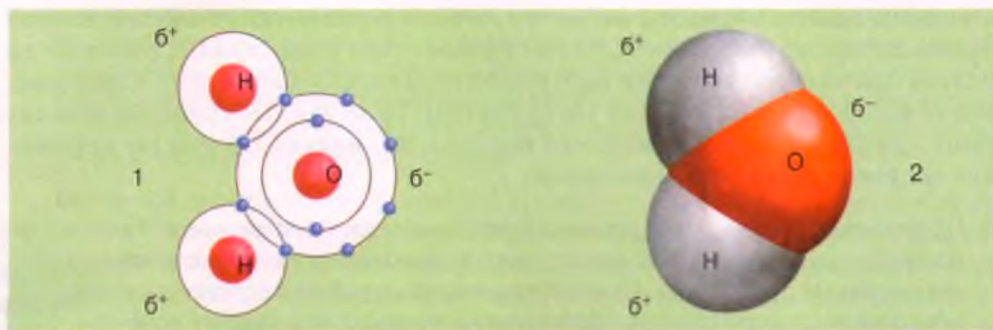


Рис. 6.1. Молекула воды состоит из атома кислорода и двух атомов водорода: 1 – электронная модель; 2 – масштабная модель

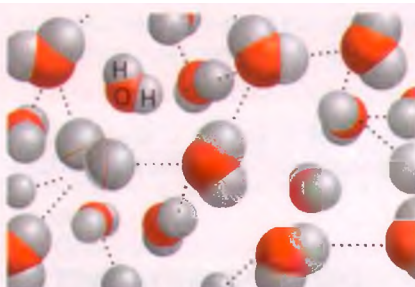


Рис. 6.2. Образование водородных связей (....) между молекулами воды

гой. При этом возникает водородная связь (рис. 6.2), которая в 15-20 раз слабее ковалентной. Когда вода находится в жидком состоянии, ее молекулы непрерывно движутся, и водородные связи постоянно то разрываются, то образуются опять.

Часть молекул воды формирует оболочку вокруг некоторых соединений. Такую воду называют **связанной**, или **структурированной** (4-5 % общего количества воды в организмах). Структурированная вода предотвращает межмолекулярное взаимодействие и участву-

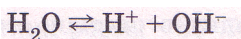
ет в поддержании структуры некоторых молекул, например белков. Остальные 95-96 % молекул имеют общее название **свободной воды**: она не связана с другими соединениями.

В зависимости от температуры среды вода способна изменять агрегатное состояние. При понижении температуры вода из жидкого состояния может переходить в твердое, а при повышении - в газообразное.

Образование кристалликов льда разрушает клеточные структуры. Это приводит к гибели клеток и всего организма. Именно поэтому млекопитающих и человека невозможно заморозить, а затем - разморозить без потери способности возобновления процессов жизнедеятельности.

Под воздействием растворенных в ней веществ вода может изменять свои свойства, в частности точки температур замерзания (плавления) и кипения, что имеет важное биологическое значение. Например, в клетках растений с наступлением зимы повышается концентрация растворов углеводов, членистоногих - глицерина, рыб - белков и т. п. Это снижает температуру, при которой вода переходит в твердое состояние, что предотвращает ее замерзание. Представьте себе: среди насекомых известны ледничники (рис. 6.3), способные не только сохранять активность, но и спариваться на снежном покрове (они обитают и в Украине).

Молекулам воды присуща способность к ионизации, когда они расщепляются на ионы водорода и гидроксиды. При этом между молекулами воды и ионами устанавливается динамическое равновесие:



Хотя ионизация химически чистой воды очень слабая (при температуре +25 °С из 10 млн молекул только одна находится в ионизированном состоянии), она играет важную биологическую роль. От концентрации ионов водорода, которую оценивают по водородному показателю (рН - значение отрицательного десятичного логарифма концентрации ионов H^+), зависят структурные особенности, активность макромолекул и т. п. Нейтральной реакции раствора отвечает рН 7,0. Если его значение ниже - реакция раствора кислая, выше - щелочная. В разных частях организма и даже одной клетки значения водородного показателя весьма изменчивы. Это важно для протекания процессов обмена веществ, поскольку одни ферменты активны в щелочной среде, другие - в кислой. Например, у инфузории-туфельки пищеварительные вакуоли периодически «путешествуют» по клетке, оказываясь то в кислой, то в щелочной среде. При этом последовательно активизируются то одни ферменты, то другие, что способствует лучшему перевариванию питательных веществ. Вспомните: у человека и млекопитающих ферменты желудочного сока активны в кислой среде, а поджелудочного - в щелочной.



Рис. 6.3. Ледничник

Растворы, способные противостоять изменению собственного показателя рН при добавлении определенного количества кислоты или щелочи, называют буферными системами. Они состоят из слабой кислоты (донора H^+) и основания (акцептора H^+), способных соответственно связывать ионы гидроксила (OH^-)

и водорода (H^+), благодаря чему рН внутри клетки почти не меняется.

Вода определяет физические свойства клеток — объем и внутриклеточное давление (тургор). По сравнению с другими жидкостями у нее относительно высокие температуры кипения и плавления, которые

обусловлены водородными связями между молекулами воды.

Вода - значительно лучший растворитель, чем большинство других известных жидкостей. Поэтому все вещества делят на хорошо растворимые (**гидрофильные**) и нерастворимые (**гидрофобные**) в воде. К гидрофильным соединениям относится много кристаллических солей, например поваренная соль (NaCl), а также глюкоза, фруктоза, тростниковый сахар и т. п. Гидрофильные соединения содержат полярные (частично электрически заряженные) группы, способные взаимодействовать с молекулами воды или ионизироваться (образовывать ионы из нейтральных частей своей молекулы). Это, например, аминокислоты и белки, которые содержат карбоксильные группы ($-\text{COOH}$) и аминогруппы ($-\text{NH}_2$). Гидрофобные вещества (почти все липиды, некоторые белки) содержат неполярные группы, которые не взаимодействуют с молекулами воды. Они растворяются преимущественно в неполярных органических растворителях (хлороформ, бензол и др.).

В состав живой материи также входят **амфифильные вещества**, например фосфолипиды (соединения липидов с остатками фосфорной кислоты), липопротеиды (соединения липидов с белками), многие белки. Одна часть молекулы этих соединений проявляет гидрофильные свойства, другая - гидрофобные.

Когда определенное соединение переходит в раствор, его молекулы начинают двигаться и их химическая активность возрастает. Именно поэтому большая часть биохимических реакций происходит в водных растворах.

Вода как универсальный растворитель играет важную роль в обмене веществ. Проникновение в клетку веществ и выведение из нее продуктов жизнедеятельности возможно в основном в растворенном состоянии.

Вода как универсальный растворитель играет чрезвычайно важную роль в транспорте разных соединений в живых организмах. Так, растворы органических и неорганических веществ растения транспортируются по проводящим тканям. У животных такую функцию выполняют кровь, лимфа, тканевая жидкость и т. п.

Вода участвует в сложных биохимических превращениях. Например, при ее участии происходят реакции гидролиза - расщепления органических соединений с присоединением к местам разрывов ионов H^+ или OH^- .

С водой связана способность организмов регулировать свой тепловой режим. Для нее характерна высокая теплоемкость, которая обуславливает способность поглощать тепло при незначительных изменениях собственной температуры. **Теплоемкость** - количество тепла, необходимого для нагревания тела или среды на $1^\circ C$. Благодаря этому вода предупреждает резкие изменения температуры в клетках и организме при ее значительных колебаниях в окружающей среде. Поскольку на испарение воды тратится много теплоты, организмы таким образом защищают себя от перегрева (например, транспирация у растений, потоотделение у млекопитающих, испарение влаги со слизистых оболочек или через кожу у многих животных).

Благодаря высокой теплопроводимости **вода обеспечивает равномерное распределение теплоты между тканями и органами организма** через кровообращение, лимфообращение, циркуляцию жидкости полости тела у животных, движение растворов по телу растений и т. п.

Водные растворы определенных соединений служат смазкой, которая защищает поверхности, постоянно испытывающие трение. Например, жидкость, выделяемая внутренней поверхностью суставных сумок, облегчает скольжение суставных поверхностей, уменьшая трение между ними. Она также питает хрящ, который покрывает суставные поверхности костей.

Всем организмам присущ **водный баланс** - определенное соотношение между поступлением и расходом воды. Если расход воды превышает ее поступление в организм, развивается **водный дефицит**, который отрицательно влияет на разные процессы жизнедеятельности (у растений - на фотосинтез, транспирацию; у растений и животных - терморегуляцию, протекание и интенсивность физиологических процессов и т. п.). Поэтому поддержание водного баланса — одно из условий нормального функционирования любого организма.

• **Водный баланс человека.** Содержание воды в организме человека составляет около 65 %. То есть, если масса человека составляет 60 кг, то из них 39 кг приходится на воду. Следует отметить, что содержание воды зависит и от возраста: у новорожденных оно составляет около 75-80 %, в пе-

риод завершения роста - 65-70 %, а у пожилых людей - лишь 55-60 %. Между различными органами и тканями человека вода распределена неравномерно: больше всего ее в крови и почках - 82-83 %, головном мозге - до 80 %, печени - 75 %, мышцах - 70-76 %, в жировой ткани - около 30 %, костях - около 20 %.

Поскольку организм человека ежедневно тратит приблизительно 2-2,5 л воды (она выводится с неперевааренными остатками пищи, мочой, потом, испаряется с поверхностей слизистых оболочек ротовой полости и дыхательных путей), то такое же ее количество должно постоянно поступать туда. Пути поступления воды в организм человека разные. Около 1 л воды попадает с продуктами питания, еще почти 300 мл образуется в результате окисления жиров, белков и углеводов (так называемая метаболическая вода), остальная часть поступает в виде питья.

Количество потребленной за сутки воды зависит от условий, в которых находится человек. Так, в зной или при тяжелом физическом труде затраты воды возрастают из-за усиленного потоотделения и значительного испарения через слизистые оболочки. Обезвоживание организма (дегидратация) также возможно в результате нарушений работы кишечника (сильный понос), значительных кровопотерь и т. п. При таких условиях потребление воды необходимо увеличить до 4-7 л на сутки. Вследствие обезвоживания замедляются процессы пищеварения и всасывания питательных веществ, нарушается терморегуляция; сгущается кровь, нарушается ее транспортная функция, в сосудах могут образовываться сгустки (тромбы). Для человека смертельно опасна потеря свыше 20 % воды.

Человек, который выполняет тяжелый физический труд в условиях повышенной температуры (например, в доменном цехе), теряет лишь в результате усиленного потоотделения до 1,6 л воды за час! Поэтому суточная потребность в воде у него может возрасти до 20 л.

Первым сигналом недостатка воды в организме является ощущение жажды, которое возникает при возбуждении соответствующего центра в гипоталамусе (структура промежуточного мозга). Его специфические рецепторы возбуждаются при увеличении концентрации солей в жидкостях организма или повышении концентрации ионов натрия. Ощущение жажды появляется, если организм человека теряет около 1 % влаги, и исчезает после потребления определенного количества воды, в среднем 0,25-0,5 л.

Таким образом, основные потребности в воде человек удовлетворяет за счет питьевой воды. Поэтому рассмотрим требования к ее качеству.

• **Питьевая вода и требования к ее качеству.** В Украине требования к качеству питьевой воды определены Государственным стандартом. Согласно ему питьевая вода должна быть эпидемиологически безопасной и безвредной по химическому составу. Безопасность воды в эпидемиологическом отношении определяют как общим количеством микроорганизмов (не более 100 в 1 см³ воды), так и концентрацией клеток кишечной палочки (не больше 3 в 1 дм³ воды). Питьевая вода не должна содержать водные организмы, заметные невооруженным глазом, и пленку на поверхности.

Основными загрязнителями водных объектов в нашей стране являются промышленность (свыше 55 % от общего сброса) и жилищно-коммунальное хозяйство (свыше 40 %). Опасно загрязнение водоемов радионуклидами.

Сточные воды с высокой радиоактивностью (100 и больше Кюри на 1 л воды) должны быть захоронены в подземных бессточных бассейнах или резервуарах.

Кюри (Ки) отвечает активности элемента радона, который находится в состоянии радиоактивного равновесия с 1 г радия-226. $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10}$ Беккерелей (Бк). 1 Бк равен скорости распада, когда за секунду распадается ядро радиоактивного изотопа.

Вам уже известно, что в реках, озерах и других водоемах происходят естественные процессы самоочищения. В них участвуют разнообразные организмы: бактерии, водоросли, одноклеточные животные, губки, двусторчатые моллюски и др. Скорость этих процессов довольно низкая, поэтому при интенсивном постоянном загрязнении неочищенными бытовыми и промышленными стоками водные экосистемы не успевают самостоятельно очиститься.

Методы очистки сточных вод делят на механические, физико-химические и биологические (рис. 6.4). **Механические методы** заключаются в очистке воды от взвешенных в ней частиц отстаиванием и фильтрацией. Эти методы позволяют удалять из бытовых сточных вод до $\frac{2}{3}$ нерастворимых примесей, а из промышленных - до $\frac{9}{10}$.

С помощью разнообразных **физико-химических методов** из сточной воды удаляют растворимые неорганические и органические примеси, а также взвешенные в ней мельчайшие частицы.

Завершающим этапом очистки сточных вод является применение **биологических методов** с использованием искусственно созданных цепей питания, в которые входят определенные виды бактерий, одноклеточных и многоклеточных животных.

Сырая вода из естественных водоемов, а также недостаточно очищенная питьевая вода может стать источником возбудителей разнообразных заболеваний: дизентерии, холеры, брюшного тифа (сальмонеллеза), зара-



Рис. 6.4. Пример современного очистительного сооружения: 1 – распределительный колодец; 2 – отделитель твердых частиц; 3 – отделитель жиросодержащих веществ; 4 – сорбционный фильтр; 5 – контрольный колодец

жения паразитическими червями (гельминтами) и т. п. Поэтому перед употреблением воду из колодцев, ручьев, бьюетов следует хорошо прокипятить, а водопроводную - профильтровать через специальные очистительные бытовые фильтры.

Для ограничения потерь и сохранения качества пресной воды необходимы такие мероприятия:

- уменьшение расходов воды для обеспечения работы промышленности, транспорта и объектов сельского хозяйства;
- уменьшение расходов пресной воды для бытовых потребностей;
- охрана малых рек, которые играют важную роль в общем водном балансе планеты, в частности - питают большие реки, поддерживают уровень подземных вод;
- создание условий для самоочищения водоемов;
- проведение лесоохранных мероприятий, поскольку в результате уничтожения лесов часто мелеют реки и другие водоемы;
- внедрение эффективных методов очистки сточных вод, осуществление постоянного контроля за санитарным состоянием водоемов и качеством питьевой воды;
- создание замкнутых систем водоснабжения промышленных, аграрных и энергетических объектов.

Ключевые термины и понятия. *Гидрофильные, гидрофобные и амфифильные соединения, гидролиз, водный баланс.*

Вода составляет основу внутренней среды живых организмов, где происходят процессы обмена веществ и превращения энергии. Вода непосредственно участвует в реакциях расщепления органических соединений.

Водный баланс - это определенное соотношение между поступлением и расходом воды живой системой.

Вода - универсальный растворитель. Вещества, способные хорошо растворяться в воде, называют гидрофильными (полярными), нерастворимые - гидрофобными (неполярными).

Вода играет ведущую роль в транспорте разных соединений в живых организмах, участвует в сложных биохимических реакциях и процессах терморегуляции.

**Кратко
о
главном**



**Вопросы для
самоконтроля**

1. Почему воду считают универсальным растворителем? 2. Каковы свойства воды как основы внутренней среды живых организмов?
3. Какова роль воды в процессах терморегуляции организмов?
4. Что такое водный баланс? 5. Какие соединения называют гидрофильными, гидрофобными и амфифильными? 6. Какие требования предъявляют к качеству питьевой воды?

Подумайте.

1. Почему ученые считают, что жизнь на нашей планете возникла именно в водной среде? 2. Какие процессы обеспечивают самоочищение естественных водоемов?

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В СОБСТВЕННОМ ОРГАНИЗМЕ

(выполняют учащиеся академического уровня обучения)

Цель: исследовать зависимость содержания воды в организме человека от возрастных изменений.

Оборудование: весы, таблицы «Возрастные изменения содержания воды в организме человека».

Ход работы

1. С помощью напольных весов измерьте собственную массу тела.
2. Используя таблицу «Возрастные изменения содержания воды в организме человека», определите содержание воды в собственном организме, учитывая, что в организме подростков в среднем содержится 70 % воды от массы тела.
3. Подобным образом определите содержание воды в организмах ваших родителей, дедушек и бабушек.
4. Сделайте выводы.

ТЕСТ НА ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗНАНИЙ

I. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ПРАВИЛЬНЫЙ

1. Укажите металл, атом которого входит в состав молекулы гемоглобина:
а) медь; б) кальций; в) калий; г) железо.
2. Укажите элемент, который входит в состав гормонов щитовидной железы:
а) медь; б) бор; в) йод; г) фтор.
3. Укажите элемент, который входит в состав молекулы хлорофилла: а) медь;
б) бор; в) йод; г) магний.
4. Укажите, как называют растворимые в воде соединения: а) гидрофобные;
б) гидрофильные; в) неорганические; г) органические.

II. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ДВА ПРАВИЛЬНЫХ

1. Укажите химические элементы, которые относятся к органогенным: а) фтор;
б) железо; в) азот; г) водород.
2. Укажите химические элементы, которые относятся к макроэлементам:
а) фосфор; б) бор; в) кобальт; г) сера.
3. Укажите химические элементы, которые относятся к микроэлементам:
а) кальций; б) железо; в) фтор; г) цинк.

III. ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

1. Установите соответствие между недостатком приведенного химического элемента в организме человека и последствиями этого явления.

Химический элемент	Последствия недостатка химического элемента
1 Калий (K)	А Эндемический зоб
2 Железо (Fe)	Б Нарушение образования гормонов поджелудочной железы
3 Йод (I)	В Малокровие
4 Фтор (F)	Г Нарушение регуляции работы сердца
	Д Разрушение эмали зубов

Свойства воды	Функции в живых организмах
1 Полярность молекулы	А Создание определенного pH среды
2 Способность к обратимой ионизации	Б Универсальный растворитель
3 Высокая теплоемкость	В Охлаждение организма в жаркую погоду
4 Способность изменять агрегатное состояние	Г Источник энергии
	Д Предотвращение резких изменений температуры организма

IV. ВОПРОСЫ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

1. Какие особенности строения молекул воды обеспечивают ее свойства?
2. В чем заключается роль физико-химических свойств воды в обеспечении процессов жизнедеятельности отдельных клеток и всего организма?

ТЕМА 2. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

- Строение, свойства и функции основных групп органических соединений: липидов, углеводов, белков, нуклеиновых кислот;
- роль органических соединений в обеспечении жизнедеятельности организма человека;
- связь между строением молекул органических веществ и их функциями;
- применение ферментов в хозяйстве человека.

§ 7. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА ОРГАНИЗМОВ. ЛИПИДЫ

Вспомните: какие элементы называют органогенными, какие вещества - органическими, гидрофильными и гидрофобными? Какую связь называют ковалентной? Какие функции жиров в живых организмах? Какие вещества называют гормонами? Какие функции в организме человека выполняют гормоны коры надпочечников и половые гормоны? Каковы функции желчи? Что такое жировое тело членистоногих?

• **Органические вещества** - это соединения углерода с другими элементами, которые образовались в живых существах. Органические вещества находятся в атмосфере, поверхностных и подземных водах, осадках, почвах и горных породах. В составе органических соединений преобладают органогенные химические элементы (водород, кислород, азот и углерод), а ковалентно соединенные атомы углерода образуют цепочки или ряды колец (так называемый скелет молекулы).

В состав клеток входят различные органические соединения: липиды, углеводы, белки, нуклеиновые кислоты и др. Многие молекулы органических веществ (макромолекулы) имеют большую молекулярную массу.

Так, молекулярная масса большинства белков составляет от 6000 до 1 000 000, некоторых нуклеиновых кислот достигает нескольких миллиардов дальтон (1 дальтон отвечает 1/12 атомной массы изотопа C^{12} , или $1,67 \cdot 10^{-21}$ г). Высокомолекулярные органические соединения могут состоять из большого количества одинаковых или разных по химическому строению звеньев (простых молекул - мономеров). Такие соединения называют **биополимерами**, или **макромолекулами**. Например, молекулы белков состоят из остатков аминокислот, нуклеиновых кислот - из нуклеотидов, а сложных углеводов (полисахаридов) - из моносахаридов (см. таблицу 7.1).

Таблица 7.1

**Основные типы органических соединений,
входящих в состав организмов**

Органические соединения	Составляющие компоненты	Функции
Липиды: жиры воски стероиды	Остатки трехатомного спирта глицерина и жирных кислот Остатки одноатомных спиртов и жирных кислот Полициклические гидрофобные спирты	Структурная, энергетическая, защитная, регуляторная
Биополимеры: полисахариды белки нуклеиновые кислоты	Моносахариды Аминокислоты Нуклеотиды	Опорная, энергетическая Структурная, энергетическая, защитная, каталитическая (ферментативная), сигнальная, двигательная, регуляторная, транспортная Кодирование и хранение наследственной информации, участие в биосинтезе белка

Биологически активные вещества (ферменты, гормоны, витамины, некоторые яды и др.) влияют на процессы обмена веществ и превращения энергии в целом или на отдельные их звенья. Многие из них осуществляют гуморальную регуляцию процессов жизнедеятельности разнообразных организмов. Таким образом, *органическими соединениями называют вещества, образованные атомами углерода, соединенными крепкими ковалентными связями*. Содержание органических соединений в клетках составляет в среднем 20-30 % . Обзор основных классов этих веществ начнем с липидов.

Липиды - преимущественно гидрофобные органические соединения, которые растворяются в неполярных веществах (эфире, хлороформе, ацетоне и др.). Молекулярная масса липидов обычно составляет 50-1500. Большинство липидов - производные высших жирных кислот, спиртов или альдегидов.

● **Разнообразие липидов.** Среди липидов различают простые и сложные. К простым липидам относятся вещества, состоящие из соединенных



Рис. 7.1. Воски покрывают поверхность плодов и входят в состав кутикулы листьев (1); из восков медоносные пчелы строят соты (2)

между собой остатков жирных кислот (или альдегидов) и спиртов, например жиры и воски.

Сложные липиды - соединения, образованные в результате взаимодействия молекул простых липидов с другими веществами. К ним относятся липопротейды (соединения липидов и белков), гликолипиды (липидов и углеводов), фосфолипиды (липидов и фосфорной кислоты).

Жиры - сложные эфиры, образованные трехатомным спиртом глицерином и тремя остатками жирных кислот. Они откладываются в виде жировых включений в растительных и животных клетках. Повышенное содержание жиров (до 90 %) характерно для клеток почек, подкожной клетчатки позвоночных, желтого тела членистоногих. У некоторых растений (подсолнечника, грецкого ореха, маслин и др.) много жиров содержится в семенах и плодах.

Воски выполняют в основном защитную функцию. У млекопитающих воски выделяют сальные железы кожи: они придают эластичность коже и уменьшают износ волосяного покрова. У птиц воск выделяет копчиковая железа, расположенная над основой хвоста. Ее секрет придает водоотталкивающие свойства перьевому покрову (вспомните: эта железа хорошо развита именно у водоплавающих птиц). Восковый слой покрывает листья наземных растений и поверхность внешнего скелета членистоногих - обитателей суши, предотвращая избыточное испарение воды поверхностью тела. Хорошо развитые восковые железы расположены в брюшке медоносных рабочих пчел. Как вы помните, из воска пчелы строят соты (рис. 7.1). Воск широко используют в медицине, промышленности и других сферах деятельности человека.

Еще одна важная группа липидов - гидрофобные спирты стероиды. Углеродная цепочка стероидов образует несколько колец, потому они относятся к так называемым циклическим органическим соединениям. Стероидную природу, в частности, имеют половые гормоны человека - эстрогены (женские) и андрогены (мужские), а также гормоны надпочечников (кортикостероиды) (рис. 7.2, 1).

Один из самых известных стероидов - **холестерин** (рис. 7.2, 2). В организме млекопитающих и человека он служит предшественником при синтезе половых гормонов. В плазме крови холестерин находится в виде сложных эфиров с жирными кислотами, которые он транспортирует. Холестерин синтезируют клетки печени; он входит в состав желчи. Но это соединение попадает в организм и с жирной едой. Избыток холестерина в



Рис. 7.2. Стероиды: 1 – половые гормоны: женский – эстроген (а) и мужской – тестостерон (б) – влияют на формирование вторичных половых признаков (обратите внимание на яркий хвост самца); 2 – холестерин

результате неправильного питания или повышенной функции печени нарушает нормальное функционирование организма.

- **Функции липидов.** Одна из важнейших функций липидов - **энергетическая**. При полном расщеплении 1 г жиров выделяется 38,9 кДж энергии - в два раза больше, чем при полном расщеплении аналогичного количества углеводов или белков.

Не менее важна **строительная**, или **структурная, функция**. Фосфолипиды входят в состав клеточных мембран (рис. 7.3, 7.4), жиры - в состав защитной миелиновой оболочки нервных волокон и т. д.

Резервная функция заключается в том, что липиды содержатся в цитоплазме клеток в виде включений (например, в клетках жировой ткани, семян подсолнуха и др.). Запасы жиров организмы используют в качестве резерва питательных веществ и как источник метаболической воды: при окислении 1 г жиров образуется почти 1,1 г воды.

Благодаря запасам жира некоторые животные в течение определенного времени могут существовать без поступления воды извне. Например, верблюды в пустыне выдерживают без воды до 16 суток; медведи, сурки и другие животные во время спячки не потребляют воду свыше двух месяцев.

Жировые включения повышают плавучесть мелких одноклеточных организмов (например, радиолярий, парящих в толще воды).

Запасы жира могут выполнять и **защитную функцию**. Так, они защищают внутренние органы от механических повреждений. Например,



Рис. 7.3. Структура фосфолипидов

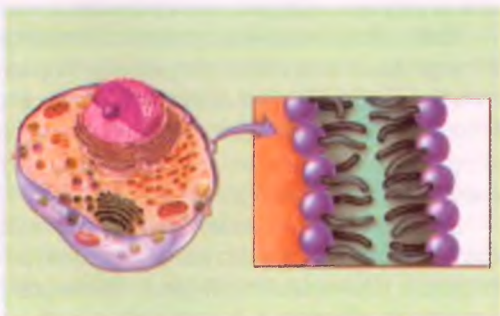


Рис. 7.4. Расположение фосфолипидов в составе клеточной мембраны

почки человека и млекопитающих покрыты упругим жировым слоем. Накапливаясь в подкожной жировой клетчатке животных - обитателей территорий с прохладным климатом (китов, тюленей, пингвинов и др.), жиры защищают организм от действия резких изменений температуры (**теплоизоляционная функция**). Например, у синего кита слой жира в подкожной клетчатке может превышать 50 см. Эта функция жиров определяется их низкой теплопроводимостью. Ранее мы упоминали о защитных свойствах восков, связанных с их гидрофобностью.

Важна и **регуляторная функция** липидов. Вы помните, что липидную природу имеют некоторые биологически активные вещества: стероидные гормоны, витамины группы D. Они участвуют в регуляции жизненных функций организмов: обмена веществ у позвоночных животных и человека, линьки насекомых и др.

Ключевые термины и понятия. *Органические соединения, макромолекулы, биополимеры, мономеры, липиды.*

В состав клеток входят различные органические соединения: липиды, углеводы, белки, нуклеиновые кислоты и др. Высокомолекулярные органические соединения, состоящие из большого количества одинаковых или разных по химическому строению звеньев (простых молекул - мономеров), называют биополимерами.

Липиды - преимущественно гидрофобные органические соединения, которые растворяются в неполярных растворителях. Среди липидов различают простые и сложные. Простые липиды состоят из соединенных между собой остатков жирных кислот (или альдегидов) и спиртов, например жиры, воски. Сложные липиды — соединения, образованные в результате взаимодействия молекул простых липидов с другими соединениями (например, липопротеиды, гликолипиды, фосфолипиды).

Липиды выполняют энергетическую, строительную, или структурную, резервную, защитную и регуляторную биологические функции.

**Кратко
о
главном**



Вопросы для самоконтроля

1. Чем органические соединения отличаются от неорганических?
2. Какие вы знаете основные классы органических соединений?
3. Какие вещества называют липидами? Какие основные группы липидов вам известны?
4. Каковы свойства липидов?
5. Каковы функции липидов в организмах?

Подумайте.

Верблюды имеют значительные запасы жира, который служит источником метаболической воды. Ведь они обитают в знойных пустынях, где температура днем может достигать +40 °C и выше. Синие киты в основном обитают в прохладных водах, и значительные запасы подкожного жира защищают их тело от переохлаждения. Чем отличается характер распределения жировых отложений в теле этих животных?

§ 8. УГЛЕВОДЫ: РАЗНООБРАЗИЕ, СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ

Вспомните: какие организмы называют автотрофными и гетеротрофными? Какие группы автотрофных организмов вы знаете?

Углеводы - это соединения, в которых соотношение атомов С, Н, О в основном отвечает формуле $(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O})_n$, где n равно трем и более. Однако есть углеводы, в которых соотношение упомянутых химических элементов несколько иное, а некоторые содержат также атомы азота, фосфора или серы. В клетках животных и грибов углеводы содержатся в незначительных количествах (около 1 % сухой массы, в клетках печени и мышц - до 5 %), а в растительных клетках их значительно больше (до 60-90 %).

• **Строение и свойства углеводов.** В зависимости от количества мономеров, которые входят в состав молекул, углеводы разделяют на моносахариды, олигосахариды и полисахариды.

Моносахариды имеют общую формулу $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$. Они могут содержать от 3 до 10 атомов углерода: триозы (3 атома углерода), тетрозы (4), пентозы (5), гексозы (6) и так далее до дексоз (10). В природе наиболее распространены гексозы и пентозы. Примерами гексоз являются глюкоза, фруктоза и др. (рис. 8.1). Эти соединения придают сладкий вкус плодам, меду, а глюкоза является очень важным соединением для осуществления метаболизма. К пентозам относятся, например, рибоза и дезоксирибоза, входящие в состав рибонуклеиновых (РНК) и дезоксирибонуклеиновой (ДНК) кислот. Моносахариды хорошо растворяются в воде.

Олигосахариды - полимерные углеводы, у которых 2-10 моносахаридных звеньев соединены ковалентными (гликозидными) связями. В частности, дисахариды образованы соединением остатков двух молекул моносахаридов. Примеры дисахаридов: мальтоза (солодовый сахар) - состоит из двух остатков глюкозы; сахароза (свекольный или тростниковый сахар) - состоит из остатков глюкозы и фруктозы; лактоза (молочный сахар) - состоит из глюкозы и галактозы; трегалоза (грибной сахар) -

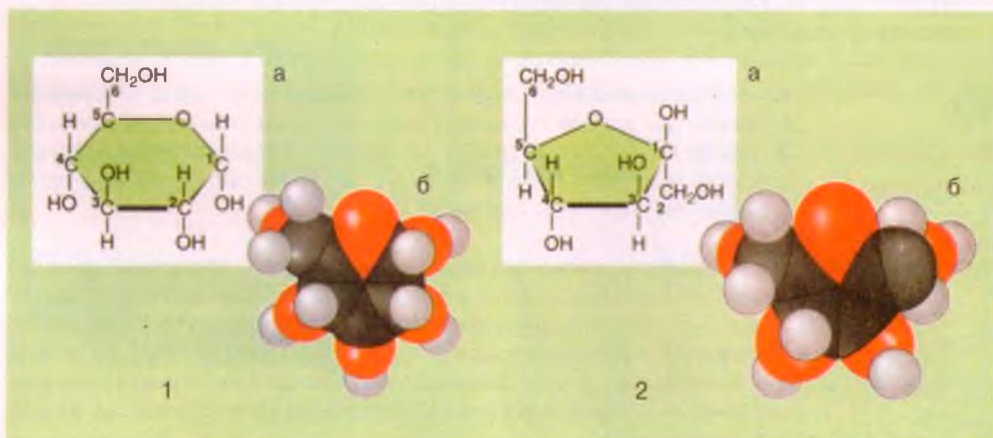


Рис. 8.1. Моносахариды глюкоза (1) и фруктоза (2): а - химическая формула; б - пространственная модель

состоит из двух остатков глюкозы (рис. 8.2). Они имеют сладкий вкус и хорошо растворяются в воде.

Полисахариды - это биополимеры, молекулярная масса некоторых из них может достигать нескольких миллионов. Полисахариды отличаются друг от друга не только составом мономеров, но также длиной и степенью разветвленности цепей.

Одни полисахариды состоят из остатков одного и того же моносахарида, другие - разных. Примеры полисахаридов: крахмал, целлюлоза, гликоген, пектин, лигнин, хитин и др. (рис. 8.3, 8.4). Они почти не растворяются в воде и не имеют сладкого привкуса.

Углеводы могут вступать в связь с другими соединениями. Такие углеводы называют сложными.

Примеры: гликопротеиды (соединения углеводов с белками), гликолипиды (соединения углеводов с липидами).

• **Функции углеводов** достаточно разнообразны: энергетическая, резервная, строительная, защитная.

Энергетическая функция. При расщеплении 1 г полисахаридов или олигосахаридов до моносахаридов выделяется 17,6 кДж тепловой энергии. Углеводы играют ведущую роль в энергетическом обмене: они способны как к окислению, так и к расщеплению (гликолизу) в бескислородных условиях. Это чрезвычайно важно для организмов, которые обитают в условиях дефицита кислорода (например, паразиты внутренних органов человека и животных) или при его полном отсутствии (анаэробы, например дрожжи, некоторые виды бактерий).

Резервная функция. Полисахариды могут откладываться в клетках, чаще всего в виде зерен. В клетках растений накапливается крахмал, животных и грибов — гликоген (рис. 8.3). Эти запасные соединения являются резервом питательных веществ и энергии.

Строительная (структурная) функция углеводов заключается в том, что полисахариды входят в состав определенных структур. Так, азотсодержащий полисахарид хитин входит в состав наружного скелета членистоногих и клеточной стенки грибов; клеточные стенки растений образованы из целлюлозы (рис. 8.4).

В состав надмембранных структур клеток животных (гликокаликса) и прокариот (клеточной стенки) входят углеводы, связанные с белками и липидами. Они обеспечивают прочное соединение клеток между собой.

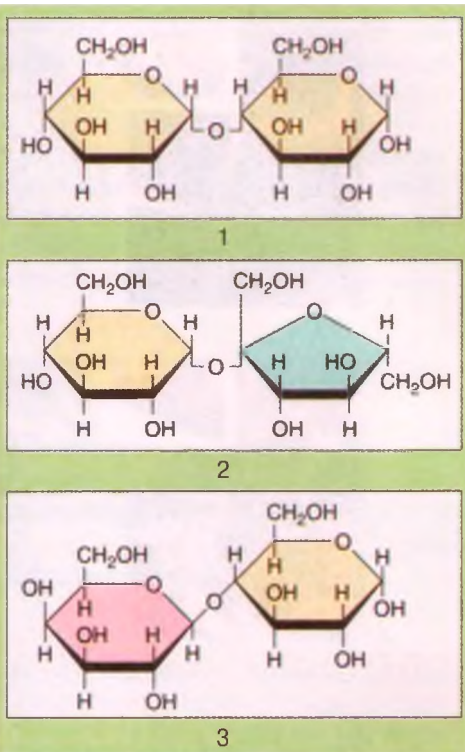


Рис. 8.2. Дисахариды: 1 – мальтоза; 2 – сахароза; 3 – лактоза

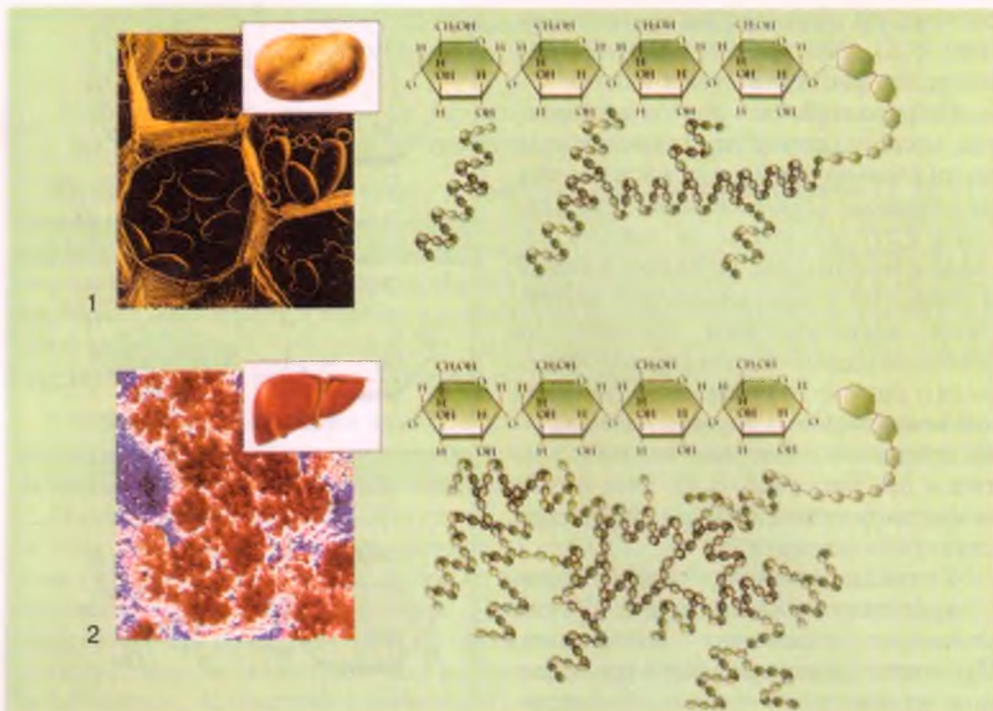


Рис. 8.3. Крахмал в клетках клубней картофеля (1); гликоген в клетках печени (2)

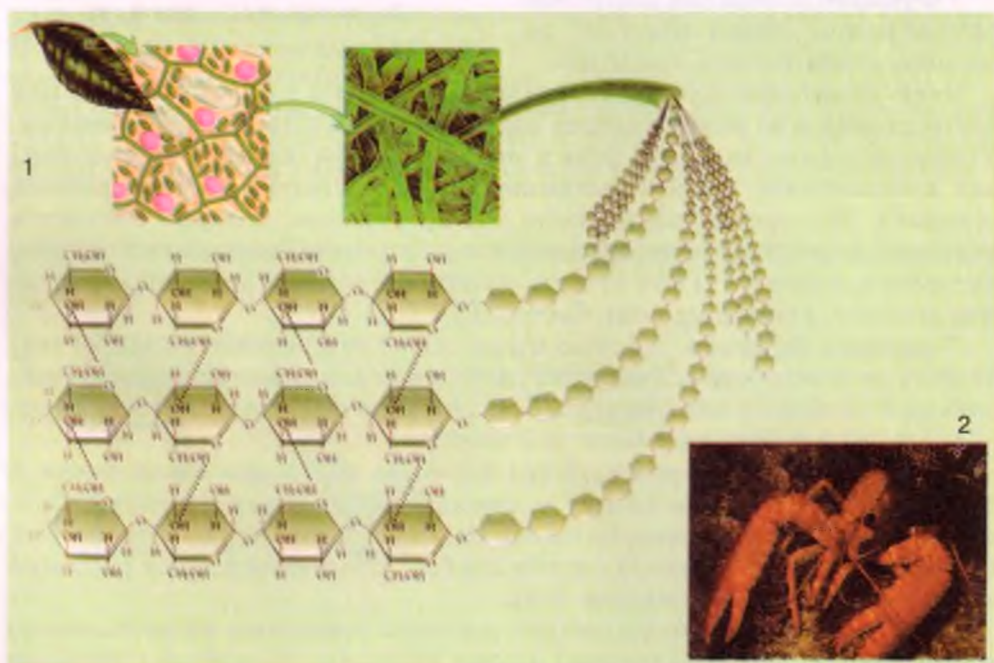


Рис. 8.4. Целлюлоза в составе клеточных стенок растений (1); хитин в составе покровов членистоногих (2)

Особые соединения углеводов с белками (мукополисахариды) выполняют в организмах позвоночных животных и человека **функцию смазки**, входя в состав жидкости, которая смазывает суставные поверхности.

Защитная функция. Полисахариды пектины способны связывать некоторые токсины и радионуклиды, предупреждая попадание их в кровь. Мукополисахарид гепарин предотвращает свертывание крови, повышает проницаемость сосудов, устойчивость организма к недостатку кислорода (гипоксии), а также влиянию вирусов и токсинов, снижает уровень концентрации сахара в крови.

Ключевые термины и понятия. Моносахариды, дисахариды, олигосахариды, полисахариды.

Углеводы - это соединения углерода, которые в основном отвечают формуле $(CH_2O)_n$, где n равняется трем и более. Углеводы делят на моносахариды, олигосахариды и полисахариды.

Функции углеводов: энергетическая, резервная, строительная (структурная) и защитная.

Кратко
о
главном



Вопросы для
самоконтроля

1. Какие соединения называют углеводами? 2. Какие вы знаете основные классы углеводов? Каковы их свойства? 3. Какие углеводы называют простыми и сложными? 4. Какие основные функции углеводов в организмах?

Подумайте.

1. Что общего в физико-химических свойствах и функциях углеводов и липидов и чем эти соединения отличаются друг от друга? 2. Почему паразиты внутренних органов животных и человека часто запасают больше гликогена по сравнению с теми, которые обитают на покровах хозяина?

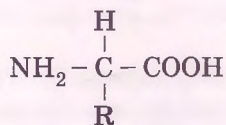
§ 9. БЕЛКИ: СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА



Вспомните: какие вещества называют макромолекулами, мономерами и биополимерами? Какая роль белков в жизни организмов? Что такое гемоглобин и ферменты, каковы их функции?

Среди органических соединений белки играют ведущую роль. Они часто преобладают в клетках и в количественном соотношении: например, в клетках животных составляют до 40-50 % сухой массы, растений - до 20-35 %.

• **Строение белков.** Белки - высокомолекулярные азотсодержащие биополимеры, мономерами которых являются остатки аминокислот. Аминокислоты - это органические кислоты, содержащие **аминогруппу** ($\sim NH_2$), которой присущи щелочные свойства, и **карбоксильную группу** ($-COOH$) с кислотными свойствами. Эти группы, как и атом водорода, связаны с одним и тем же атомом углерода. В составе аминокислот всегда присутствуют специфические для каждой из них части. Их назы-

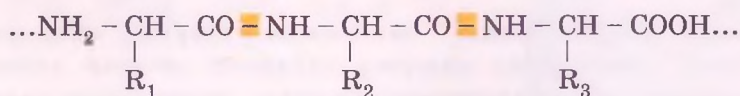


В тканях живых существ обнаружено свыше 100 аминокислот, но в состав белков входят лишь 20 из них, так называемые *основные*, которые встречаются почти во всех белках. *Неосновные аминокислоты*, каждая из которых — производная одной из основных, являются компонентами лишь отдельных типов белков.

В таблице 9.1 приведены полные и сокращенные названия основных аминокислот. Различные комбинации соединенных в цепочки 20 основных и неосновных аминокислот обеспечивают почти бесконечное разнообразие белковых молекул (число возможных вариантов - около $2 \cdot 10^{18}$). В частности, в организме человека найдено свыше 5 млн типов белковых молекул. Молекула каждого определенного белка характеризуется специфическим составом и последовательностью аминокислотных остатков, которые определяют неповторимость ее функциональных свойств.

Аминокислоты делят на заменимые и незаменимые. *Заменимые аминокислоты* способны синтезироваться из продуктов обмена веществ в организмах человека и животных. *Незаменимые аминокислоты* в организмах человека и животных не образуются, а поступают вместе с пищей. Эти аминокислоты синтезируют растения, грибы или бактерии. Белки, которые содержат все незаменимые аминокислоты, называют *полноценными*, в отличие от *неполноценных*, в состав которых входят не все из этих аминокислот. Следует отметить, что для разных видов животных набор незаменимых аминокислот неодинаков, к тому же он может меняться с возрастом. Например, аргинин или гистидин - заменимые для взрослых и незаменимы для детей. Отсутствие или недостаток одной или нескольких незаменимых аминокислот в организме приводят к нарушениям баланса азота и биосинтеза белков, замедлению роста и развития.

Остатки молекул аминокислот в составе белков соединены между собой крепкой ковалентной связью, которая возникает между карбоксильной группой одной аминокислоты и аминогруппой другой. Этот тип связи называют *пептидной* (от греч. *пептос* - сваренный). Так образуется соединение, состоящее из остатков двух аминокислот, — дипептид. Структуры, которые состоят из большого количества остатков аминокислот (от свыше 50 до нескольких тысяч), относятся к полипептидам (пептидная связь обозначена цветом):



Полипептиды с высокой молекулярной массой (от 6000 до нескольких миллионов) называют белками. Они состоят из одной или нескольких полипептидных цепей и могут содержать до нескольких тысяч аминокислотных остатков.

Названия основных аминокислот
и их сокращенные обозначения

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

Название аминокислоты часто происходит от названия субстрата, из которого она была выделена, или определенных свойств. Например, аспарагин впервые обнаружен в растении аспарегус, глицин назван благодаря сладкому привкусу (от греч. гликос - сладкий).

• **Уровни пространственной организации белков.** Известно четыре уровня пространственной организации, или **конформации**, белков: первичный, вторичный, третичный и четвертичный (рис. 9.1).

Первичную структуру белков определяет та или иная последовательность аминокислотных остатков. Ее образуют пептидные связи. Именно первичная структура определяет свойства и функции той или иной белковой молекулы. Часто молекула белка в виде такой цепи не пригодна к выполнению своих функций. Для этого она, например, должна полностью или частично приобрести вид спирали, то есть **вторичную структуру**. Это обеспечивают водородные связи, возникающие между атомами водо-

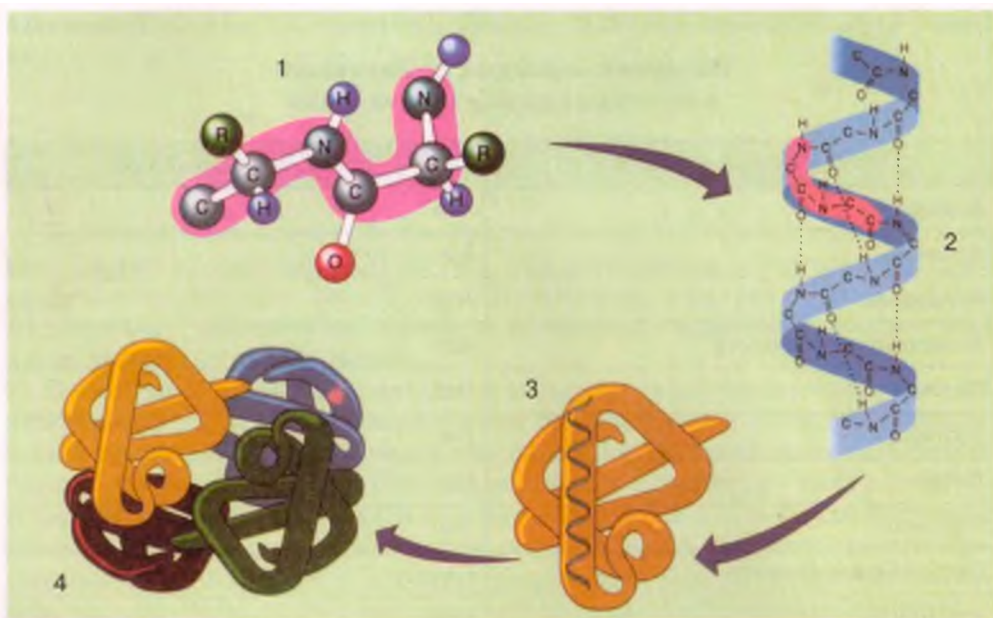


Рис. 9.1. Уровни пространственной организации белковых молекул: 1 – первичный; 2 – вторичный; 3 – третичный; 4 – четвертичный

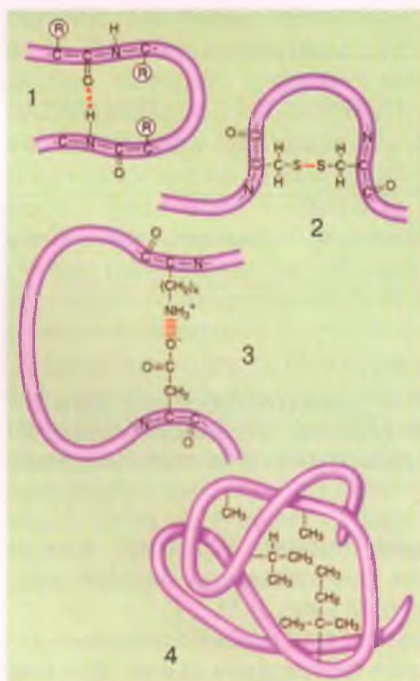


Рис. 9.2. Связи, поддерживающие конформации белковой молекулы: 1 – водородные; 2 – дисульфидные; 3 – ионные взаимодействия; 4 – гидрофобные взаимодействия

рода NH-группы одного витка спирали и кислорода CO-группы другого витка спирали. Хотя эти связи значительно слабее пептидных, однако в совокупности они поддерживают достаточно стойкую структуру.

Третичная структура обусловлена способностью полипептидной спирали закручиваться определенным образом в клубок, или глобулу, благодаря связям, возникающим между остатками аминокислоты цистеина (так называемые дисульфидные связи). Поддержание третичной структуры обеспечивают гидрофобные, электростатические и другие взаимодействия, а также водородные связи (рис. 9.2). Гидрофобные взаимодействия - это силы притяжения между неполярными участками молекул в водной среде. Гидрофобные остатки некоторых аминокислот в водном растворе сближаются, как бы «слипаются», и стабилизируют структуру белка.

Электростатические связи возникают между отрицательно и положительно заряженными радикалами остатков аминокислот.

Четвертичная структура белков возникает при объединении нескольких глобул. Например, молекула гемоглобина состоит из четырех остатков молекул белка миоглобина.

В зависимости от химического состава белки разделяют на простые и сложные. Простые, или **протеины**, состоят лишь из аминокислотных остатков, а сложные, или **протеиды**, содержат также небелковые компоненты - остатки фосфорной и нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, атомы железа, цинка, меди и т. п. Такие сложные белки называют **гликопротеидами** (соединения с углеводами), **липопротеидами** (с липидами), **нуклеопротеидами** (с нуклеиновыми кислотами) и др. Многие белки образуют сложные комплексы с пигментами - окрашенными в разные цвета органическими соединениями.

● **Свойства белков.** Функциональные свойства белков обусловлены их аминокислотным составом и пространственной структурой. По форме молекул различают фибриллярные (нитевидные) и глобулярные (шаровидные) белки. Фибриллярные белки обычно нерастворимы в воде и выполняют структурную (например, кератин входит в состав волос человека или шерсти животных) или двигательную (мышечные белки - актин и миозин) функции. Глобулярные белки в основном водорастворимы и выполняют другие функции: например, гемоглобин обеспечивает транспорт газов, пепсин - расщепление белков пищи, иммуноглобулины 'антитела' - защитную. Глобулярные белки менее устойчивы (вспомните из собственного опыта: белок куриных яиц даже при незначительном повышении температуры легко изменяет свою структуру и становится нерастворимым).

Одно из основных свойств белков - их способность под воздействием азных факторов (действие концентрированных кислот и щелочей, тяжелых металлов, высокой температуры и т. п.) изменять свою структуру и свойства. Процесс нарушения естественной структуры белков, который сопровождается разворачиванием белковой молекулы без изменения ее первичной структуры, называют **денатурацией** (рис. 9.3). Обычно денатурация необратима. Но если на начальных стадиях денатурации прекращается действие факторов, которые к ней привели, то белок может восстановить свое изначальное состояние. Это явление называют **ренатурацией**. У организмов обратимая денатурация часто связана с выполнении определенных функций белковыми молекулами: обеспечением движений, передачей в клетку сигналов из окружающей среды, ускорением

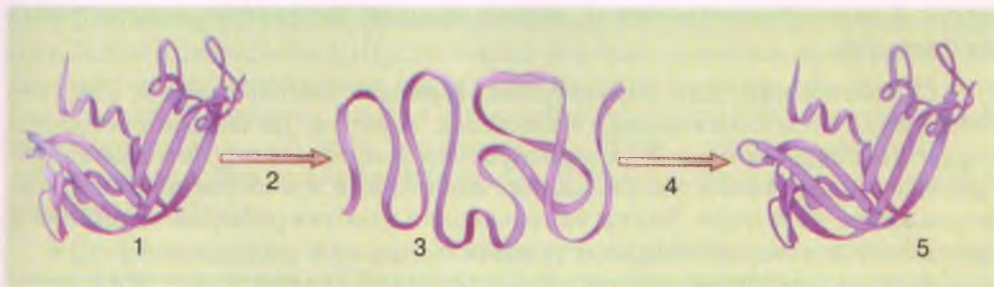


Рис. 9.3. Денатурация (2) и ренатурация (4) белковой молекулы: 1, 5 - активные молекулы белка; 3 - неактивная молекула белка

биохимических реакций и т. п. Необратимый процесс разрушения первичной структуры белков называют **деструкцией**.

Ключевые термины и понятия. Белки, полипептиды, денатурация, ренатурация, деструкция.

Кратко
о
главном

- ▶ Белки - высокомолекулярные биополимеры, мономерами которых являются остатки аминокислот. Двадцать основных аминокислот могут соединяться между собой в разных сочетаниях с помощью пептидной связи.
- ▶ Известны четыре уровня пространственной организации белков (конформации): первичный, вторичный, третичный и четвертичный.
- ▶ Белки способны к денатурации и ренатурации (изменению и восстановлению своих высших структур). Необратимый процесс нарушения первичной структуры белков называют деструкцией.



Вопросы для
самоконтроля

1. Какие вещества относят к аминокислотам, полипептидам и белкам? 2. Каково строение аминокислот? 3. Какие аминокислоты называют заменимыми и незаменимыми? 4. Каково строение белков? Как аминокислоты соединяются в полипептидную цепь? 5. Какие белки называют простыми, а какие - сложными? 6. Какие вы знаете уровни пространственной организации белков? 7. Какие свойства присущи белкам? 8. Как свойства белков зависят от их пространственной структуры?

Подумайте.

1. Что общего и отличного в процессах денатурации и деструкции? 2. Какую роль в жизни организмов играет способность молекул белков к денатурации? 3. Почему отсутствие в пище белков животного происхождения отрицательно влияет на жизнедеятельность организма человека?

§ 10. ФУНКЦИИ БЕЛКОВ



Вспомните: что такое органеллы, эндосперм, хромосомы, антитела и антигены? Что такое катионы и анионы? Что такое гликопротеиды? Какие клетки относятся к эукариотическим?

Вы уже знаете, насколько разнообразными могут быть белковые молекулы. А разнообразие молекул, в свою очередь, определяет многообразие их функций.

• **Строительная, или структурная, функция** заключается в том, что белки являются компонентом клеточных мембран. Из белков построены структуры скелета клеток (микротрубочки и микронити), которые закрепляют в определенном положении органеллы или же обеспечивают их передвижение по клетке. Белки также входят в состав рибосом, хромосом и почти всех других клеточных структур.

Главным компонентом хрящей и сухожилий является упругий и прочный белок коллаген. Волокна этого белка есть и в других разновидностях тканей внутренней среды. Эластин, который входит в состав связок, спо-

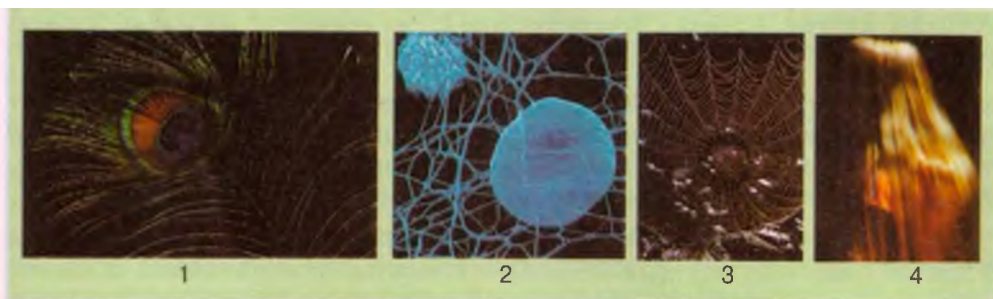


Рис. 10.1. Структуры, в состав которых входит белок: 1 – бородки пера птицы; 2 – кровяной сгусток (тромб); 3 – паутина; 4 – волосы человека

собен растягиваться; упругость костям придает белок коллаген. Кератин, как вам известно, входит в состав таких образований позвоночных животных, как когти, ногти, рога, копыта, клювы, волосы, иглы и т. п. Основой шелковых нитей и паутины служит белок фиброин (рис. 10.1).

• **Энергетическая функция белков** заключается в том, что при полном расщеплении 1 г белков в среднем освобождается 17,2 кДж энергии.

• **Защитная функция белков.** Структуры, в состав которых входят белки (наружный скелет членистоногих, кости, хрящевые образования), предотвращают повреждение тканей и органов. Белки защищают организмы от проникновения извне чужеродных веществ и болезнетворных микроорганизмов. Иммуноглобулины (или антитела) позвоночных животных - специализированные белки, способные распознать и обезвредить бактерии, вирусы, другие посторонние для организма структуры и вещества - антигены, воспринимаемые им как инородные. Они вызывают специфический иммунный ответ. Иммуноглобулинам присуща специфичность - определенное антитело образуется в ответ на поступление в организм того или иного антигена. Интерферон - это белок, который подавляет жизнедеятельность и размножение вирусов. На его основе созданы лечебные анти-вирусные препараты. Белки крови (**вспомните, какие**) участвуют в процессах ее свертывания и образования тромбов, предотвращая кровопотери при повреждении стенок кровеносных сосудов. Защитную функцию могут выполнять некоторые ферменты, например лизоцим, который содержится в слюне, слизистых оболочках, слезной жидкости и обезвреживает различные болезнетворные агенты.

• **Сигнальная функция белков** заключается в том, что некоторые сложные белки (гликопротеиды) клеточных мембран способны «распознавать» специфические химические соединения и определенным образом на них реагировать. Связывая их или изменяя свою структуру, они тем самым передают сигналы об этих веществах на другие участки мембраны или внутрь клетки. Эта функция белков обеспечивает важное свойство клеток — раздражимость.

• **Сократительная, или двигательная, функция.** Некоторые белки обеспечивают способность клеток, тканей или целого организма изменять форму, двигаться. Например, белки актин и миозин, входящие в состав мышечных клеток, обеспечивают их способность к сокращению. Белок

тубулин входит в состав микротрубочек, жгутиков и ресничек клеток эукариот.

- **Резервная функция.** Некоторые белки откладываются впрок и могут служить запасом питательных веществ для организма. Например, белки накапливаются в яйцеклетках животных, клетках эндосперма растений. Эти белки зародыш потребляет на ранних этапах своего развития.

- Еще одна из функций белков - **транспортная**. Вспомните, гемоглобин и другие подобные ему дыхательные пигменты крови человека и многоклеточных животных способны образовывать неустойчивые соединения с кислородом или углекислым газом и благодаря циркуляции крови и других жидкостей транспортировать эти вещества, обеспечивая процессы клеточного и тканевого дыхания.

Кроме того, гемоглобин позволяет сохранять резерв кислорода в организме в связанном состоянии. Это имеет значение для животных - обитателей богатых органикой водоемов в условиях дефицита кислорода (личинки комаров-дергунов - мотыль, малощетинковые черви - трубочники и т. п.).

Транспортные белки переносят липиды, синтезирующиеся на мембранах эндоплазматической сети, к другим органеллам. Белки, встроенные в плазматическую мембрану, обеспечивают транспорт веществ в клетку и из клетки наружу.

- **Функция противодействия неблагоприятным температурам.** В теле крови некоторых рыб содержатся белки, которые предотвращают ее замерзание в условиях низких температур. У организмов, обитающих в горячих источниках, есть белки, которые не денатурируют даже при температурах +50...90 °C.

- Многие белки выполняют **регуляторную функцию**. Белковую природу имеют некоторые гормоны и нейrogормоны, регулирующие активность обмена веществ, процессы роста и развития организмов (например, гормон роста).

- **Каталитическая функция** присуща особым белкам - **ферментам**, или **энзимам**, влияющим на протекание биохимических реакций (рис. 10.2).



Рис. 10.2. Функции ферментов. I. Фермент (1) временно соединяется с веществом (2) и обеспечивает его расщепление на простые соединения (3). II. Фермент (1) вступает во временный комплекс с двумя молекулами (3) и обеспечивает их реакцию с образованием более сложного вещества (4). После реакции структура фермента не изменяется (5) и он готов обеспечивать новые реакции

Катализ (от греч. **катализ** - прекращение) - изменение скорости протекания химических реакций под действием определенных химических соединений.

Ферменты бывают простыми и сложными. **Простые ферменты** - это белковые молекулы (пепсин, трипсин и т. п.), состоящие лишь из аминокислотных остатков. **Сложные ферменты**, кроме белковой части, содержат еще и небелковую, которую называют **кофактором**. Кофакторами могут быть неорганические катионы или анионы, а также органические вещества (**коферменты**), например производные витаминов. Белковый компонент определяет, какую именно реакцию катализирует данный сложный фермент. Активность сложных ферментов проявляется лишь тогда, когда их белковая и небелковая части соединены.

Каталитическая активность фермента определена не всей его молекулой, а лишь ее небольшим участком - **активным центром**. Его пространственная структура отвечает химическому строению вступающих в реакцию веществ. Активный центр отвечает за присоединение и превращение этих соединений. Именно поэтому действие фермента специфично. Часто в состав активного центра входят производные витаминов или атомы металлов. В одной молекуле фермента может быть несколько активных центров.

Ферменты образуют неустойчивые комплексы с веществами, вступающими в реакцию. Ферментативная реакция осуществляется в 10^6 - 10^{12} раз быстрее, чем в среде без ферментов. За несколько секунд или даже доли секунды в организме происходит сложная последовательность реакций, для осуществления которых с применением обычных химических катализаторов нужны дни, недели или даже месяцы и годы. Это объясняют тем, что для осуществления любой химической реакции необходим контакт между реагентами. Чтобы состоялась реакция без участия ферментов, нужны высокая концентрация реагирующих веществ в среде или повышенная температура, при которой ускоряется движение молекул и возрастает вероятность контактов молекул реагирующих соединений. Но в организмах концентрация веществ часто очень низкая, а высокие температуры для них опасны. Именно поэтому биохимические реакции не могут происходить без участия ферментов.

При контакте с ферментом вещество (субстрат), вступающее в реакцию, располагается в непосредственной близости к специфическим группам его активного центра. При этом уменьшается стабильность химических связей в молекуле субстрата. Известно, что для протекания химической реакции молекула субстрата должна перейти в так называемое активированное состояние, когда облегчается разрыв химических связей. Энергию, необходимую для такого перехода, называют **энергией активации** (на разрыв определенной связи тратится энергии не меньше, чем потрачено на его образование). Другими словами, энергия активации необходима для того, чтобы началась соответствующая химическая реакция. Образовавшийся комплекс «фермент — вещества, вступающие в реакцию» снижает энергию активации. Такой комплекс быстро распадается с образованием продуктов реакции. Сам фермент при этом не теряет своей активности и может катализировать следующую подобную реакцию.



Одни ферменты обеспечивают расщепление, другие - синтез определенных веществ. Например, фермент целлюлаза обеспечивает расщепление клетчатки (целлюлозы).

Активность фермента проявляется лишь в определенных условиях: тех или иных значениях температуры, давления, pH и т. п. Существуют и специальные вещества, способные снижать активность ферментов (ингибиторы). Они связываются с активными центрами ферментов и блокируют их активность. В роли ингибиторов могут выступать ионы тяжелых металлов: свинца (Pb), мышьяка (As) и серебра (Ag).

Ферментативные реакции происходят в виде ряда (до нескольких десятков) последовательных этапов. Цепи взаимосвязанных ферментативных реакций обеспечивают обмен веществ и превращение энергии в отдельных клетках и организме в целом.

Ферменты располагаются в определенных местах как в пределах отдельной клетки, так и организме в целом. В клетке много ферментов связано с плазматической мембраной или мембранами отдельных оргanelл (митохондрий, пластид и др.).

Ключевые термины и понятия. Ферменты, биокатализ, кофактор.

Разнообразные белковые молекулы в живых организмах осуществляют функции: строительную, или структурную, энергетическую, защитную, сигнальную, сократительную, или двигательную, резервную, транспортную, регуляторную, каталитическую.

Кратко о главном



Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные биологические функции белков? **2.** В чем заключается защитная функция белков? **3.** Чем определяется двигательная функция белков? **4.** Что собой представляют ферменты? **5.** Какие функции выполняют ферменты? **6.** Благодаря чему ферменты способны осуществлять свои функции? **7.** На каких свойствах белков основана способность организмов воспринимать раздражители? **8.** Почему без участия ферментов ход большинства биохимических процессов в клетке был бы невозможен?

Подумайте.

В результате ферментативных реакций, в отличие от безферментных, не образуются побочные продукты, то есть происходит почти 100 %-й выход конечного продукта. Какое это имеет значение для нормального функционирования организма?

§ 11. НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ. СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ РНК. АТФ



Вспомните: какие соединения называют биополимерами? Какие существуют уровни пространственной организации белковых молекул?

Вы помните, что все живые существа способны сохранять наследственную информацию и передавать ее потомству при размножении. Эту функцию выполняют нуклеиновые кислоты. Некоторые виды нуклеиновых кислот участвуют в реализации наследственной информации.

• Нуклеиновые кислоты - сложные

высокомолекулярные биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды. В составе одной молекулы нуклеиновой кислоты может находиться от 200 до 200 млн нуклеотидов. Вначале нуклеиновые кислоты обнаружили в ядре клеток, откуда и происходит название этих соединений (от лат. *нуклеус* - ядро). Но позже эти вещества нашли и в других частях клетки.

Молекула нуклеотида состоит из трех частей: остатков азотистого основания, пятиуглеродного моносахарида (пентозы) и фосфорной кислоты (рис. 11.1). В зависимости от вида пентозы в составе нуклеотида различают два типа нуклеиновых

кислот: дезоксирибонуклеиновую (ДНК) и рибонуклеиновые (РНК). В состав ДНК входит остаток дезоксирибозы, а РНК - рибозы.

В молекулах ДНК и РНК содержатся остатки различных азотистых оснований. В молекуле ДНК - остатки аденина (сокращенно обозначается буквой А), гуанина (**Г**), цитозина (**Ц**) и тимина (**Т**); в молекуле РНК - аденина (А), гуанина (**Г**), цитозина (**Ц**) и урацила (У). Обратите внимание: три типа азотистых оснований для молекул ДНК и РНК общие (нуклеотиды с аденином, гуанином и цитозином), зато тимин содержится лишь в

молекулах ДНК, тогда как урацил - только в молекулах РНК (рис. 11.2).

Как и молекулам белков, молекулам нуклеиновых кислот присущи различные уровни пространственной организации (конформации).

• **Типы РНК.** Молекулы РНК клеток прокариот и эукариот состоят из одной цепи. Существуют три основных типа РНК, которые отличаются местом расположения в клетке, размерами и функциями.

Информационная, или **матричная**, **РНК** (иРНК, или мРНК) представляет собой копию определенного участка молекулы ДНК. Такая молекула переносит наследственную информацию от ДНК к месту синтеза полипептидной цепи, а также непосредственно участвует в ее сборке.

Транспортная РНК (тРНК) имеет наименьшие размеры среди всех РНК

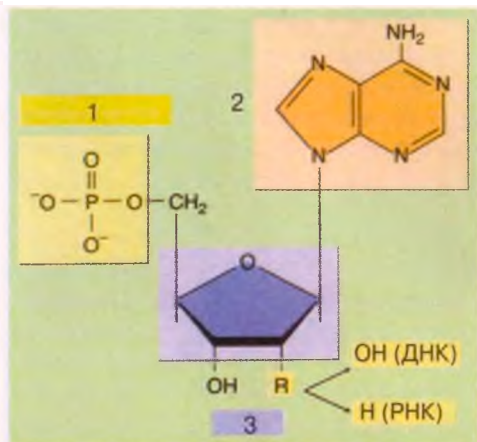


Рис. 11.1. Строение нуклеотида:
1 - остаток фосфорной кислоты;
2 - азотистое основание;
3 - моносахарид (пентоза)

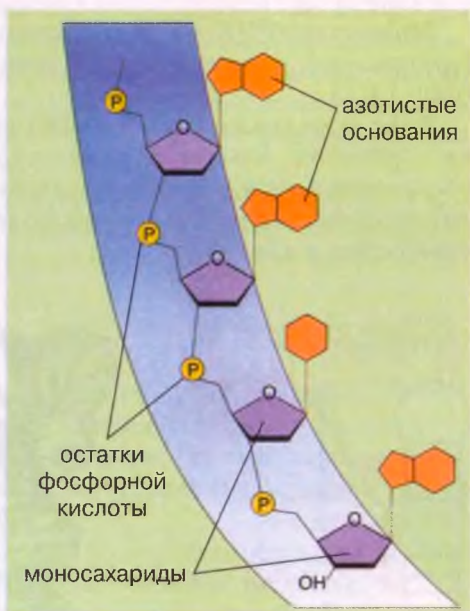


Рис. 11.2. Схема строения нуклеиновой кислоты

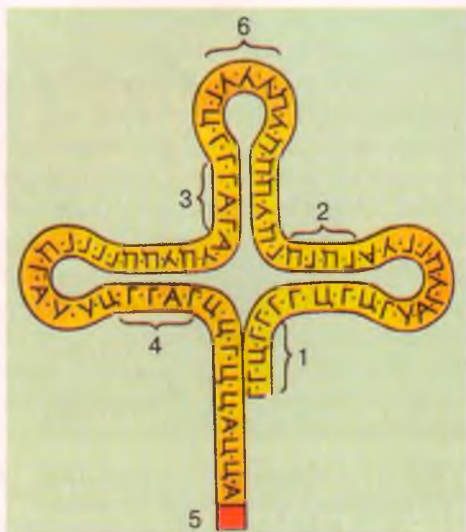


Рис. 11.3. Строение тРНК: 1–4 – участки соединения нуклеотидов с помощью водородных связей; 5 – участок, к которому присоединяется аминокислота; 6 – антикодон

(состоит из 70-90 нуклеотидов). Она присоединяет аминокислоты и транспортирует их к месту синтеза белковых молекул. Там молекула тРНК «узнает» соответствующий участок иРНК. Этот участок состоит из трех нуклеотидов и кодирует одну из аминокислот. Так определяется порядок расположения аминокислотных остатков в молекуле синтезирующегося белка.

Каждую из аминокислот транспортирует к месту синтеза белка определенная тРНК. В перемещении комплекса «молекула тРНК - остаток аминокислоты» участвуют микротрубочки и микронити цитоплазмы.

Транспортная РНК может иметь вторичную структуру (напоминает лист клевера). Такое строение объясняют тем, что в определенных участках молекулы тРНК (4-7 последовательных звеньев) между соответствующими нуклеотидами возника-

ют водородные связи. Около верхушки «листа» находятся три нуклеотида, или триплет, который по генетическому коду отвечает определенной аминокислоте. Этот триплет называют **антикодон**. Около основы молекулы тРНК имеется участок, к которому с помощью ковалентной связи присоединяется соответствующая аминокислота (рис. 11.3).

Молекула тРНК может образовывать и более сложную конформацию (третичную), напоминающую латинскую букву «L» или славянскую «Г» (рис. 11.4).

Рибосомальная РНК (рРНК) входит в состав особых органелл клетки - рибосом. Вместе с белками она выполняет структурную функцию, обеспечивая определенное пространственное расположение иРНК и тРНК во время биосинтеза белковой молекулы. В клетках эукариот рРНК синтезируется в ядрышке.

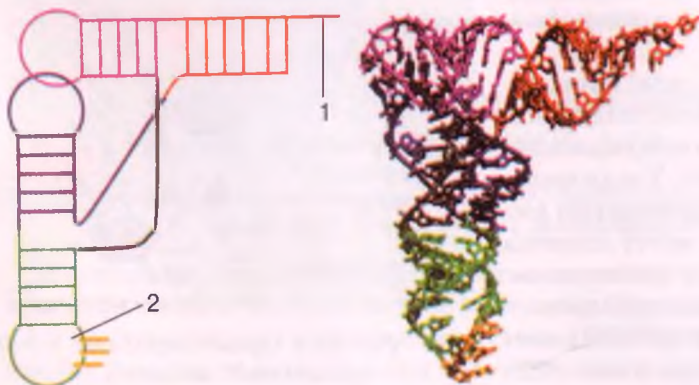


Рис. 11.4. Г-образная конформация тРНК: 1 – место присоединения аминокислоты; 2 – антикодон

• **Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)** по своему составу является нуклеотидом. Молекула АТФ состоит из остатков азотистого основания (аденина), пентозы (рибозы) и трех остатков фосфорной кислоты (рис. 11.5). АТФ имеет необычные для других органических соединений химические связи и свойства. Это две высокоэнергетические (*макроэргические*) химические связи между последовательно расположенными остатками фосфорной кислоты, в которых запасено значительное количество энергии. Если при участии соответствующего фермента отщепляется один остаток фосфорной кислоты, то АТФ превращается в **аденозиндифосфорную кислоту** (АДФ), при этом освобождается около 40 кДж энергии.

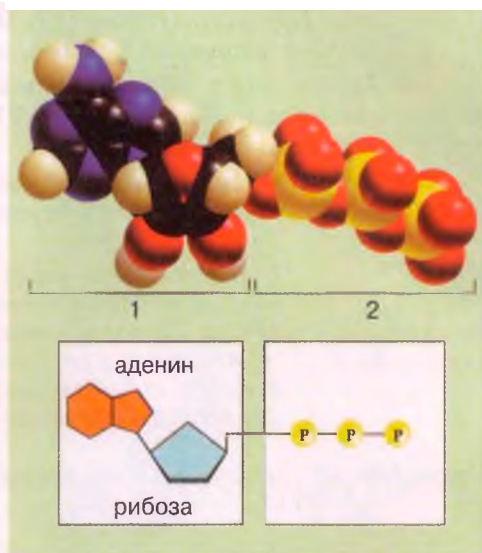


Рис. 11.5. Молекула АТФ:
1 – аденозин; 2 – трифосфат

В зависимости от условий внутренней среды клетки количество энергии, которая выделяется при отщеплении одного остатка фосфорной кислоты, может варьировать от 33 до 50 кДж/моль глюкозы.

Если же отщепляются два остатка молекул фосфорной кислоты, АТФ превращается в **аденозинмонофосфорную кислоту** (АМФ). При этом высвобождается свыше 84 кДж энергии. Соответственно, при присоединении к АМФ остатка фосфорной кислоты снова запасается около 40 кДж энергии в виде макроэргической связи и образуется молекула АДФ. Также около 40 кДж энергии запасается при присоединении еще одного остатка фосфорной кислоты к молекуле АДФ и ее превращении в молекулу АТФ. Итак, **запомните: молекулы АТФ служат универсальным химическим аккумулятором энергии в клетках.**

Энергия, которая высвобождается в процессе расщепления молекул АТФ, используется для синтеза необходимых организму соединений, поддержания определенной температуры тела, обеспечения других процессов жизнедеятельности.

Ключевые термины и понятия. *Нуклеотиды, нуклеиновые кислоты.*

Нуклеиновые кислоты — сложные высокомолекулярные биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды. Молекула нуклеотида состоит из остатков азотистого основания, пятиуглеродного моносахарида (пентозы) и фосфорной кислоты.

Различают дезоксирибонуклеиновую (ДНК) и рибонуклеиновые (РНК) кислоты. В состав ДНК входит остаток пентозы дезоксирибозы, в состав РНК – рибозы.

В молекулах РНК содержатся четыре типа нуклеотидов: с азотистыми основаниями аденином (А), гуанином (Г), цитози-

Кратко
о
главном

Кратко о главном

ном (Ц) и урацилом (У). В молекуле ДНК также встречаются четыре типа нуклеотидов, но вместо урацила - тимин (Т).

- Существуют три основных типа РНК: информационная, или матричная (иРНК, или мРНК), транспортная (тРНК) и рибосомальная (рРНК).
- Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) - универсальный химический аккумулятор энергии в клетках.



Вопросы для самоконтроля

1. Каковы особенности строения нуклеиновых кислот? Какие два типа нуклеиновых кислот вам известны? 2. Какие вы знаете виды РНК? 3. Какое строение и функции молекул иРНК? 4. Как строение тРНК связано с ее функциями? 5. Какие функции молекул рРНК? 6. Какова структура молекулы АТФ? 7. В чем заключается роль АТФ в превращении энергии в клетке?

Подумайте. В каких процессах, происходящих в клетке, участвуют молекулы РНК?

§ 12. СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ ДНК



Вспомните:

что называют хромосомами, генами, моносахаридами, биополимерами? Где в клетках сохраняется наследственная информация? Какие организмы называют эукариотами и прокариотами? Какие процессы называют денатурацией, ренатурацией и деградацией? Что собой представляют антитела и антигены?

• **Строение ДНК.** Молекулы ДНК в клетках эукариот находятся в ядре, пластах и митохондриях, а прокариот - в особых участках цитоплазмы. Расшифровка структуры ДНК имеет свою историю. В 1950 году американский ученый украинского происхождения Эрвин Чаргафф (1905-2002) и его коллеги обнаружили такие количественные закономерности содержания азотистых оснований в молекуле ДНК:

во-первых, количество нуклеотидов, содержащих аденин в любой молекуле ДНК, равно числу нуклеотидов, содержащих тимин ($A = T$), а число нуклеотидов с гуанином - числу нуклеотидов с цитозином ($G = C$);

во-вторых, сумма нуклеотидов с аденином и гуанином равна сумме нуклеотидов с тимином и цитозином ($A+G = T+C$). Как вы уже знаете, это открытие способствовало установлению в 50-х годах XX века пространственной структуры молекулы ДНК (рис. 12.1).

Молекула ДНК состоит из двух цепей нуклеотидов, которые соединены между собой с помощью водородных связей. Эти связи возникают между двумя нуклеотидами, которые как бы дополняют друг друга по размерам. Установлено, что остаток аденина (А) нуклеотида одной цепи молекулы ДНК всегда соединяется с остатком тимина (Т) нуклеотида другой цепи (между ними возникают две водородные связи), а гуанина (Г) - с цитозином (Ц) (между ними возникают три водородные связи).

Четкое соответствие нуклеотидов в двух цепях ДНК имеет название **комплементарность** (от лат. *комплемента* - дополнение). При этом



две цепи нуклеотидов обвивают друг друга, создавая закрученную вправо спираль диаметром приблизительно 2 нм [1 нм (нанометр) равен 10^{-6} жл]. Так возникает вторичная структура молекулы ДНК, тогда как первичная - это определенная последовательность остатков нуклеотидов, расположенных в виде двойной цепи. При этом отдельные нуклеотиды соединены между собой в цепь за счет особой разновидности прочных ковалентных связей, образующихся между остатком углевода одного нуклеотида и остатком фосфорной кислоты другого.

Молекулы ДНК в клетке образуют компактные структуры. Например, длина ДНК наибольшей хромосомы человека составляет 8 см, но она свернута таким образом, что вмещается в хромосоме длиной всего 5 мкм. Это происходит благодаря тому, что двойная спираль ДНК пространственно уплотняется, формируя третичную структуру - суперспираль. Такое строение характерно для ДНК хромосом эукариот и обусловлено взаимодействием между ДНК и ядерными белками. В ядерной зоне клеток прокариот молекула ДНК имеет форму кольца и

не вступает в комплекс с белками. Итак, **запомните:** в клетках прокариот и эукариот молекулы ДНК всегда состоят из двух цепей.

• **Свойства ДНК.** Подобно белкам, молекулы ДНК способны к денатурации, ренатурации и деструкции. При определенных условиях (действие кислот, щелочей, высоких температур и т. п.) водородные связи между комплементарными нитратными основаниями разных цепей молекулы ДНК разрываются. При этом молекула ДНК полностью или частично распадается на отдельные цепи и соответственно теряет свою биологическую активность. После прекращения негативных воздействий структура молекулы может восстановиться благодаря восстановлению водородных связей между комплементарными нуклеотидами.

Важное свойство молекул ДНК - их способность к самоудвоению. Это явление еще называют **репликацией**. Оно основывается на принципе комплементарности: последовательность нуклеотидов во вновь созданной цепи определяется их расположением в цепи материнской молекулы ДНК, которая служит матрицей.

Репликация ДНК - полуконсервативный процесс, то есть две дочерние молекулы ДНК содержат по одной цепи, унаследованной от материнской



Рис. 12.1. Молекула ДНК: 1 – схема строения; 2 – пространственная модель; обратите внимание: между комплементарными нуклеотидами Г–Ц образуется три водородные связи, а между А–Т – только две. Обе цепи ДНК закручены вокруг общей оси, а также одна вокруг другой



Рис. 12.2. Процесс самоудвоения молекулы ДНК: при участии фермента разрываются водородные связи (1) и на каждой материнской цепи по принципу комплементарности достраивается дочерняя (2)

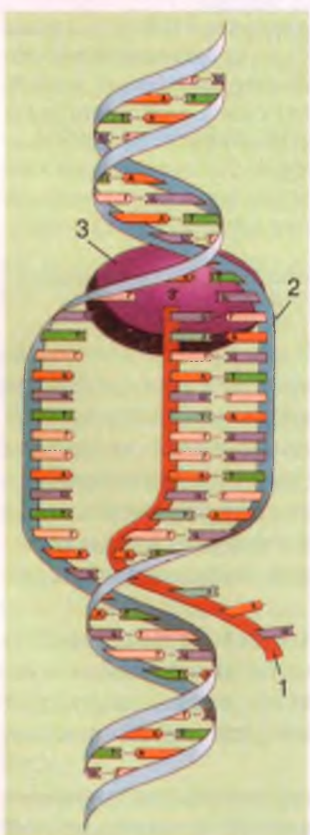


Рис. 12.3. Синтез молекулы РНК (1) на одной из цепей молекулы ДНК (2). Эти процессы обеспечивает специфический фермент – РНК-полимераза (3)

молекулы, и по одной - синтезированной заново (рис. 12.2). Благодаря этому дочерние молекулы ДНК являются точной копией материнской. Это явление обеспечивает точную передачу наследственной информации от материнской молекулы ДНК дочерним.

• **Функции ДНК.** Основные функции ДНК - это кодирование, сохранение и реализация наследственной информации, передача ее дочерним клеткам при размножении. Кроме того, отдельные цепи молекулы ДНК служат матрицей для синтеза разных типов молекул РНК (рис. 12.3). Этот процесс называется **транскрипцией**.

Единицей наследственности всех организмов является ген - участок молекулы ДНК (у некоторых вирусов - РНК), который несет наследственную информацию о структуре определенного белка или нуклеиновой кислоты. Функционально ген - целостная еди-

ница наследственности, так как любые нарушения его строения изменяют закодированную в нем информацию или приводят к ее потере.

Гены делят на **структурные**, кодирующие строение белков и нуклеиновых кислот, и **регуляторные**, служащие местом присоединения ферментов и других биологически активных веществ. Эти соединения влияют на активность структурных генов и участвуют в процессах удвоения ДНК и переписывания наследственной информации на молекулы РНК.

Совокупность генетической информации, закодированной в генах определенной клетки или целостного организма, называется геномом. Это интегрированная система, в которой отдельные гены взаимодействуют между собой.

Количество генов у различных организмов значительно колеблется. Проще всего организован геном вирусов, в котором насчитывают от одного до нескольких сот исключительно структурных генов. Геном прокариот имеет более сложное строение и включает как структурные, так и регуляторные гены. Обнаружено, что у бак-



терии кишечной палочки молекула ДНК состоит из 3 800 000 пар нуклеотидов, а структурных генов у нее - около тысячи. Установлено также, что почти половина длины этой молекулы не несет никакой наследственной информации.

Геном эукариот имеет еще более сложную структуру: количество ДНК в их ядре очень велико, а следовательно, и количество структурных и регуляторных генов.

Исследование геномов разных эукариот показало, что количество ДНК в их ядре во много раз превышает необходимое для кодирования всех структурных генов. Причин этого явления несколько. *Во-первых*, ДНК содержат немало последовательностей, каждая из которых повторяется до сотен тысяч раз. *Во-вторых*, значительная часть участков ДНК вообще не несет генетической информации. *В-третьих*, имеется большое количество регуляторных генов. В некоторых случаях неинформационные (некодирующие) участки молекулы ДНК могут составлять 80-90 %, тогда как кодирующие структуру белков или РНК - только 10-20 %. Участки некодирующей ДНК обнаружены и в составе структурных генов. Было доказано, что ген состоит из отдельных блоков (частей). Одни из них копируются в иРНК и несут информацию о структуре определенных соединений, а другие - нет.

Итак, **запомните**, что гены эукариот имеют мозаичное строение: их участки, кодирующие наследственную информацию, называют **экзонами**, а не кодирующие - **интронами**. Отдельные интроны могут вмещать от 100 до 1 000 000 пар нуклеотидов и больше. Количество интронов в составе генов разное: в гене гемоглобина — 2, белка куриного яйца - 7, белка коллагена курицы - 51. Число и расположение интронов специфичны для каждого гена.

Раньше считали, что место каждого гена в молекуле нуклеиновой кислоты четко определено. Но в 60-х годах XX века было выявлено перемещение фрагментов ДНК из одного участка в другой. Если такой фрагмент оказывается в кодирующей последовательности нуклеотидов определенного гена, то этот ген теряет свою функцию. Если же такой «прыгающий» ген оказывается рядом с другим, то функции одного или обоих могут измениться.

Считают, что в геноме закодированы особые программы, которые определяют перестройку отдельных участков молекулы ДНК. В определенных случаях такая самоперестройка молекул ДНК может иметь для организма важное значение. Например, молекулярный анализ показал, что разнообразие антител у млекопитающих и человека может быть достигнуто именно вследствие этого явления.

Поврежденные молекулы ДНК способны к восстановлению. При этом при участии специфических ферментов поврежденные участки ДНК вырезаются, а на их местах с помощью другого фермента (ДНК-полимеразы) восстанавливается соответствующая последовательность нуклеотидов. Еще один фермент помогает встроить восстановленный фрагмент в цепь ДНК. Этот процесс называли **репарацией** (от лат. *репаратион* - восстановление).

Ключевые термины и понятия. Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), принцип комплементарности, гены структурные и регуляторные, экзоны и интроны.

**Кратко
о
главном**

Молекула ДНК состоит из двух цепей нуклеотидов, которые соединяются между собой с помощью водородных связей. Четкое соответствие нуклеотидов в цепях ДНК, между которыми возникают водородные связи, называется комплементарность.

Молекулы ДНК способны к денатурации, ренатурации и деструкции, а также к репликации (самоудвоению).

Основные функции ДНК - это кодирование, сохранение наследственной информации, передача ее дочерним клеткам при размножении.

Гены подразделяют на структурные, кодирующие строение белков и нуклеиновых кислот, и регуляторные, служащие местом присоединения ферментов и других биологически активных веществ, влияющих на активность структурных генов.



**Вопросы для
самоконтроля**

1. Какие особенности строения ДНК? 2. Что общего и отличного в строении молекул ДНК и РНК? 3. Какова пространственная структура молекулы ДНК? Кто ее предложил? 4. В чем заключаются функции ДНК в клетке? 5. Дайте определение понятиям «ген» и «геном». Какие известны разновидности генов? 6. Каково строение структурных генов эукариот?

Подумайте.

Какие связи будут в первую очередь разрушаться при воздействии на молекулу ДНК разных факторов: между соседними нуклеотидами, входящими в состав одной цепи, или между комплементарными нуклеотидами разных цепей? Ответ обоснуйте.

§ 13. БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА. ВИТАМИНЫ, ГОРМОНЫ, ФАКТОРЫ РОСТА



Вспомните: какие соединения называют биологически активными? Что такое ферменты, витамины и гормоны, железы внутренней секреции? Какова их роль в организме? Каковы строение и функции синапсов?

● **Биологически активные вещества** - это органические соединения разной химической природы, способные влиять на обмен веществ и превращения энергии в живых существах. Одни из них регулируют процессы метаболизма, роста и развития организмов, другие служат средством влияния на особей своего или других видов. К биологически активным веществам относят ферменты, витамины, гормоны, нейrogормоны, факторы роста, фитогормоны, антибиотики и т. п. (рис. 13.1).

● **Витамины** - биологически активные низкомолекулярные органические соединения различной химической природы. Они необходимы для обеспечения процессов жизнедеятельности всех живых организмов. Витамины участвуют в обмене веществ и превращении энергии в основном в качестве компонентов сложных ферментов. Суточная потребность человека в витаминах составляет миллиграммы, а иногда и микрограммы.

Этот класс органических соединений открыл в 1880 г. русский врач М.И. Лунин (1853-1937), а сам термин, который означает «необходимый

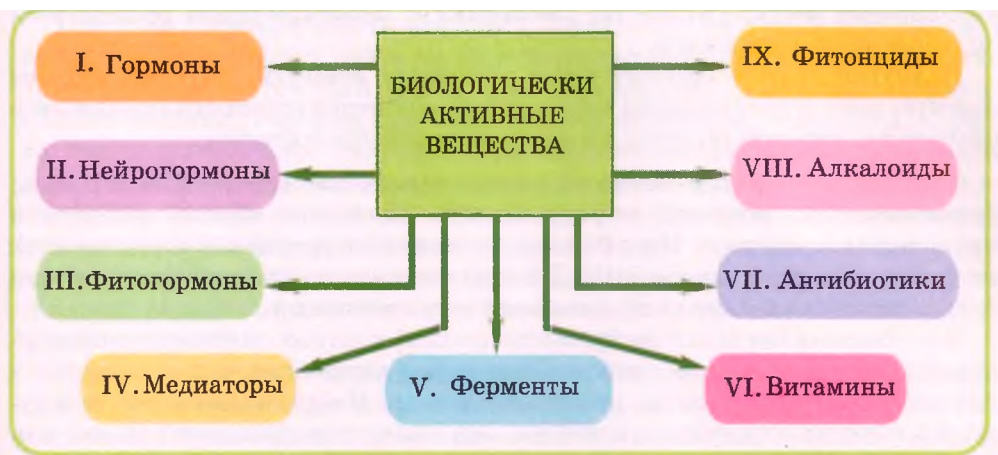


Рис. 13.1. Биологически активные вещества, которые вырабатывают бактерии (V, VI, VII), грибы (III, V, VI, VII), растения (III, V, VI, VIII, IX) и животные (I, II, IV, V, VI)

для жизни амин», предложил в 1912 г. польский биохимик К. Функ (1884-1967), поскольку исследованный им витамин (B_p) имел в своем составе аминогруппу. Теперь известно приблизительно 20 разных витаминов и витаминоподобных соединений, которые по-разному влияют на организмы. Следует отметить, что не все они имеют в своем составе аминогруппу.

Витамины являются жизненно необходимыми компонентами сбалансированного питания человека и животных. Их основной источник - продукты питания, в первую очередь растительного происхождения. Но некоторые витамины содержатся лишь в продуктах животного происхождения (например, витамины А и D). Некоторые витамины в незначительном количестве синтезируются в организмах человека и животных из веществ-предшественников - провитаминов (так, витамин D образуется в коже человека под воздействием ультрафиолетового облучения) или симбиотическими микроорганизмами (в частности, в кишечнике человека бактерии синтезируют витамины К, B_6 , B_{12}).

Когда еще не были известны химическое строение и механизм действия витаминов, их помечали буквами латинского алфавита - А, В, С, D и др. Теперь применяют и химические названия (например, витамин С также называют аскорбиновой кислотой).

Витамины, в зависимости от того, растворяются они в воде или жирах, делят на две группы: *водорастворимые* и *жирорастворимые*. К водорастворимым относятся витамины групп В, С и др., а к жирорастворимым - групп А, D, К, витамин Е.

При недостатке определенных витаминов, их полном отсутствии, а также избытке развиваются опасные для здоровья человека и животных заболевания. Например, при недостатке определенных витаминов в организме возникает *гиповитаминоз*, при их полном отсутствии - *авитаминоз*, а при избытке - *гипервитаминоз* (например, избыточное содержание витамина А в организме человека, превышающее норму в 20-30 раз, вызывает отравление). Явления гипо- и авитаминоза могут проявляться и в результате нарушения обмена веществ. Это так называемая вторичная

витаминовая недостаточность, связанная с невосприимчивостью организмом определенных витаминов.

К другой группе биологически активных веществ, которые играют важную роль в обеспечении нормальной жизнедеятельности организмов человека и животных, относятся гормоны и нейрогормоны.

• **Гормоны** - органические вещества, способные включаться в циклы биохимических реакций и регулировать процессы обмена веществ и превращений энергии. Их производят железы внутренней и смешанной секреции человека и животных. Как вы помните из прошлогоднего курса биологии, такие железы еще называют эндокринными.

В особых нервных (нейросекреторных) клетках синтезируются гормоноподобные вещества - нейромедиаторы (адреналин, норадреналин) и нейрогормоны (окситоцин, вазопрессин) и др. Нейрогормоны синтезируются в некоторых нервных клетках, они влияют на организм так же, как и гормоны. И гормоны, и нейрогормоны поступают в кровь или другие жидкости тела (например, полостную жидкость беспозвоночных животных), которые транспортируют их к разным тканям и органам. Эти биологически активные вещества участвуют в регуляции обмена веществ, деятельности эндокринных желез, поддержании тонуса гладких мышц, гомеостаза внутренней среды организма и т. п.

По химической природе гормоны и нейрогормоны подразделяют на три основные группы:

- белковой природы (гормон роста - соматотропин, инсулин, глюкагон);
- производные аминокислот (адреналин, норадреналин, тироксин);
- липидной природы (половые гормоны, кортикостероиды).

Под контролем гормонов и нейрогормонов происходят все этапы индивидуального развития человека и животных и все процессы их жизнедеятельности. Эти соединения обеспечивают приспособления к изменениям условий внешней и внутренней среды, поддержание постоянства внутренней среды организма, регуляцию активности ферментов. Если определенные гормоны производятся в недостаточном количестве или не производятся вообще, наблюдают нарушения развития и обмена веществ разной степени тяжести. Избыточная выработка определенных гормонов также негативно влияет на организм. Вы помните, что при недостаточном образовании в организме ребенка гормона роста развивается карликовость, а при избыточном - гигантизм.

По сравнению с работой нервной системы, которая обеспечивает передачу сигналов на значительные расстояния за короткое время, действие гормонов отличается меньшей скоростью, но производит более длительный эффект.

Характерные особенности действия гормонов и нейрогормонов - дистанционность, высокая биологическая активность и специфичность действия, короткое время существования.

Дистанционность действия: гормоны и нейрогормоны с током крови или других жидкостей могут перемещаться на значительные расстояния от мест своего биосинтеза к клеткам-мишеням, на деятельность которых они влияют.

Высокая биологическая активность состоит в том, что эти соединения влияют на клетки, ткани и органы в незначительных концентрациях.



Высокая специфичность действия заключается в том, что гормоны и нейrogормоны влияют лишь на определенные биохимические процессы, происходящие в тех или иных тканях и органах. Гормоны «узнают» клетки-мишени, которые имеют особые молекулы-рецепторы. Гормоны разной химической природы по-разному взаимодействуют с клетками-мишенями. Стероидные гормоны могут достаточно легко проникать через мембраны внутрь клетки. В цитоплазме они образуют комплексные соединения с белками-рецепторами. Далее этот комплекс проникает в ядро клетки, связывается с молекулой ДНК и активизирует один или несколько генов, что вызывает синтез необходимых соединений (ферментов и др.).

Гормоны белковой природы или производные аминокислот связываются с рецепторами, расположенными на поверхности мембран клеток-мишеней. Образованный комплекс активирует особый фермент, связанный с внутренней поверхностью клеточной мембраны. Под воздействием этого фермента в цитоплазме клетки запускается цепь биохимических реакций. Как следствие могут изменяться интенсивность обмена веществ, частота сокращений сердечной мышцы, напряжение неисчерпанных мышечных волокон и т. п. Некоторые клетки одновременно обладают рецепторами к различным гормонам, то есть находятся под множественным гормональным контролем. Кроме того, у клеток разных типов есть рецепторы к одному и тому же гормону, что обеспечивает его множественное действие.

Для гормонов характерно относительно короткое время существования в организме: несколько минут или часов, после чего вещество теряет свою активность под воздействием специфического фермента.

В отличие от нервной системы, которая обеспечивает передачу сигнала на значительные расстояния за короткое время, работа гормональной системы характеризуется меньшей скоростью, однако вызванные ею эффекты более продолжительны.

● **Медиаторы** - биологически активные вещества, которые обеспечивают межклеточные взаимодействия в нервной системе. В частности, они участвуют в передаче нервного импульса между двумя нейронами или между нейроном и мышечной клеткой. Их производят нервные и рецепторные клетки. Молекулы медиатора выделяются в пространство синаптической щели. Интенсивность их выделения регулируют разные концентрации катиона Ca^{2+} . Разные медиаторы могут осуществлять различные синаптические эффекты, например, ускорять или замедлять прохождение нервного импульса через синапс. Роль медиаторов могут исполнять различные вещества: ацетилхолин, норадреналин, адреналин, серотонин и др.

● **Факторы роста клетки** представляют собой полипептиды с молекулярной массой $5 \cdot 10^3 - 10^4$ дальтон. Подобно гормонам, они стимулируют или подавляют деление, дифференциацию, подвижность, метаболизм, другие проявления жизнедеятельности и гибель клеток. В отличие от гормонов, факторы роста продуцируют неспециализированные клетки, которые можно встретить во всех тканях. Эти факторы поступают в кровь и попадают в другие клетки. Факторы роста взаимодействуют с рецепторными молекулами в составе клеточных мембран.

Если нервно-гуморальный контроль над развитием и ростом клеток утерян или нарушено взаимодействие между разными клетками, то это может повлечь развитие злокачественных опухолей.

Один фактор роста может влиять на разные клетки, а различные - на одну. Фактор роста, синтезированный в клетке, может не выделяться наружу и влиять на ее функции. Один и тот же фактор роста может по-разному влиять на клетки разных типов: например, стимулировать дифференциацию одних и тормозить деление других.

На уровень синтеза факторов роста влияют гормон роста, инсулин, половые гормоны и др. В частности, инсулин и половые гормоны повышают уровень выработки факторов роста клетками печени, а глюкокортикоиды (гормоны коры надпочечников), напротив, его снижают.

Ключевые термины и понятия. Биологически активные вещества, витамины, гормоны, нейrogормоны, медиаторы, факторы роста.

- ▶ Биологически активные вещества - это органические соединения разной химической природы, способные влиять на обмен веществ и превращение энергии в живых существах.
- ▶ Витамины - биологически активные низкомолекулярные органические соединения, которые участвуют в обмене веществ и превращении энергии в основном как компоненты сложных ферментов.
- ▶ Гормоны - органические вещества, способные включаться в циклы биохимических реакций и регулировать процессы обмена веществ и превращения энергии. Их производят эндокринные железы человека и животных. Нейрогормоны, которые секретируются некоторыми нервными клетками, влияют на организм так же, как и гормоны.
- ▶ Медиаторы - биологически активные вещества, которые обеспечивают межклеточные взаимодействия в нервной системе между нервными окончаниями и мышечными клетками и т. д.
- ▶ Факторы роста - это полипептиды, производимые клетками разных тканей. Подобно гормонам они стимулируют или подавляют деление, дифференциацию, подвижность, метаболизм, другие проявления жизнедеятельности и гибель клеток.

Кратко
о
главном

Вопросы для
самоконтроля

1. Какие группы биологически активных веществ вам известны?
2. Почему при недостатке, отсутствии или избытке определенных витаминов в организме человека и животных нарушается обмен веществ?
3. Какие основные свойства гормонов и нейрогормонов?
4. Какой может быть химическая природа гормонов и нейрогормонов?
5. Какой механизм влияния разных гормонов на клетки?
6. Что такое медиаторы? Какова их роль в организме?

Подумайте.

Как можно определить влияние на организм человека или животного недостатка определенного витамина?

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
И ИХ СВОЙСТВ

Цель: ознакомиться с лабораторными методами биохимического анализа.

Оборудование и материалы: штатив с пробирками, вытяжной шкаф, градуированные пипетки, капельницы, стеклянные палочки, водяная баня, часы; дистиллированная вода, концентрированная соляная кислота, раствор Люголя (1 г йода и 2 г йодистого калия растворяют в 15 мл дистиллированной воды и затем разбавляют водой до объема 300 мл), подсолнечное масло, этиловый спирт, бензол; водные 10 %-е растворы пищевой соды и гидроксида натрия, а также 1 %-е растворы сульфата меди и крахмала.

Задание 1. Обнаружьте полисахарид крахмал в реакции с йодом, а также моносахарид глюкозу в реакции с окисью меди при расщеплении крахмала.

Ход работы

1. Пронумеруйте две пробирки и внесите в каждую по 2 мл раствора крахмала.
2. В первую пробирку добавьте 1-2 капли раствора Люголя, перемешайте стеклянной палочкой, нагрейте до исчезновения сине-фиолетовой окраски, а затем опять охладите до ее появления.
3. Во вторую пробирку добавьте 2-3 капли концентрированной соляной кислоты, прокипятите ее содержимое на водяной бане в течение 15 мин, после чего добавьте 2 мл раствора гидроксида натрия, 5 капель раствора сульфата меди и опять нагрейте смесь до кипения.
4. Проследите за образованием гидроксида меди желтого цвета или гемоксида меди красного цвета вследствие взаимодействия глюкозы, которая образовалась при расщеплении крахмала, с сульфатом меди.
5. Результаты опытов запишите в тетрадь. Сделайте выводы.

Задание 2. Изучите растворимость жиров в различных растворителях.

Ход работы

1. Пронумеруйте три пробирки и добавьте в них по 0,2 мл подсолнечного масла.
2. В пробирку № 1 добавьте 5 мл дистиллированной воды, в пробирки № 2, и 3 - соответственно по 5 мл этилового спирта и бензола.
3. Содержимое всех пробирок энергично перемешайте. В пробирке № 1 наблюдайте образование неустойчивой эмульсии с последующим быстрым разделением смеси на два слоя; в пробирке № 2 - образование мутного раствора в результате недостаточного растворения масла; раствор в пробирке № 3 почти прозрачный.
4. В пробирку № 1 добавьте еще 5 мл раствора соды и интенсивно перемешайте. Наблюдайте образование стойкой эмульсии.
5. Результаты опытов запишите в тетрадь. Сделайте выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ФЕРМЕНТОВ

Цель: ознакомиться с действием ферментов на ход биохимических реакций.

Оборудование и материалы: штатив с пробирками, градуированные пипетки, капельницы, колба, стеклянные палочки, водяная баня, раствор Люголя, дистиллированная вода, стакан со льдом, 0,2 %-й водный раствор крахмала.

Задание 1. Изучите действие фермента слюны (амилазы) на крахмал.

Ход работы

1. Ополосните ротовую полость 2-3 раза питьевой водой, потом прополощите ее 50 мл дистиллированной воды в течение 3-5 минут, после чего соберите образованный раствор слюны в колбу.
2. Пронумеруйте две пробирки и внесите в каждую по 2 мл раствора крахмала.
3. В пробирку № 1 добавьте 0,5 мл раствора слюны, который содержит фермент амилазу, а в пробирку № 2 - 0,5 мл дистиллированной воды.
4. Пробирки № 1 и 2 после перемешивания выдержите в течение 15 мин на водяной бане при температуре $+38^{\circ}\text{C}$ (она оптимальна для действия амилазы). После этого добавьте к содержимому обеих пробирок по 2-3 капли раствора Люголя и взбалтывайте до появления сине-фиолетовой окраски раствора.
5. В пробирке со слюной наблюдайте обесцвечивание раствора в результате расщепления крахмала ферментом слюны амилазой, где слюны не было - сохраняется сине-фиолетовая окраска.
6. Результаты опытов запишите в тетрадь. Сделайте выводы.

Задание 2. Исследуйте влияние температуры на активность фермента слюны (амилазы) в реакции с крахмалом.

Ход работы

1. Пронумеруйте четыре пробирки и во все добавьте по 2 мл раствора крахмала и по 0,5 мл раствора слюны.
2. Пробирку № 1 оставьте при комнатной температуре; № 2 - выдержите на водяной бане при температуре $+38^{\circ}\text{C}$; № 3 - кипятите на водяной бане; № 4 - поставьте в стакан со льдом.
3. Через 10-15 мин выньте пробирки из водяных бань и стакана со льдом. Потом во все четыре пробирки добавьте по 2-3 капли раствора Люголя. В пробирке № 1 наблюдайте образование промежуточных продуктов расщепления крахмала, которые при реакции с йодом имеют желтый, красный или фиолетовый цвет; № 2 содержит прозрачный раствор, который свидетельствует о полном расщеплении крахмала амилазой при оптимальной для этого фермента температуре; № 3 и 4 - наблюдайте позитивную реакцию на крахмал (растворы приобретают сине-фиолетовую окраску), поскольку амилаза становится неактивной в результате кипячения или охлаждения.
4. Результаты опытов запишите в тетрадь. Сделайте выводы.



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

РЕШЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЗАДАЧ НА ТРАНСКРИПЦИЮ И РЕПЛИКАЦИЮ

Задача 1. Исследования показали, что **24 %** общего количества нуклеотидов данной молекулы иРНК приходится на гуанин (Г), **38 %** - на урацил (У), **22 %** - на цитозин (Ц) и **16 %** - на аденин (А). Определите процентное содержание азотистых оснований молекулы ДНК, на одной из цепей которой была синтезирована данная молекула иРНК.

Пример решения.

Исходя из принципа комплементарности, процентное содержание азотистых оснований цепи ДНК, на которой была синтезирована молекула иРНК, будет следующее: цитозин - **22 %**, аденин - **16 %**, гуанин - **24 %**, тимин - **38 %**. Поскольку молекула ДНК состоит из двух цепей, то процентное содержание азотистых оснований второй цепи будет таким: цитозин - **24 %**, аденин - **38 %**, гуанин - **22 %**, тимин - **16 %**. Таким образом, двойная молекула ДНК будет содержать: цитозина - **23 %**, аденина - **27 %**, гуанина - **23 %**, тимина - **27 %**.

Задача 2. Одна из цепей молекулы ДНК имеет такой вид:

ГЦГ ГГТ ГГА ТАА ЦТА ГЦЦ. Какой вид будет иметь вторая цепь этой молекулы ДНК, синтезированная во время самоудвоения?

Задача 3. Молекула иРНК состоит из следующей последовательности нуклеотидов: УУЦ ГАА ЦГА УУГ УЦГ ЦЦГ ГАУ. Какое строение молекулы ДНК, на одной из цепей которой была синтезирована данная молекула иРНК?

Задача 4. Цепь молекулы ДНК содержит **34 %** гуанина, **26 %** цитозина, **25 %** тимина и **15 %** аденина. Какое процентное содержание нуклеотидов молекулы иРНК, синтезированной на этой цепи молекулы ДНК?

РЕШЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЗАДАЧ
НА ТРАНСЛЯЦИЮ

Задача 5. Известно, что молекула иРНК состоит из 1535 нуклеотидов. Из скольких аминокислот будут состоять белки, которые кодируются этой молекулой иРНК, если известно, что среди ее триплетов есть один триплет УАА и два - УГА (эти триплеты не кодируют аминокислот)?

Пример решения.

Поскольку молекула иРНК состоит из **1535** нуклеотидов, то количество триплетов будет составлять **511**. Два нуклеотида никакой генетической информации не несут. Также не несут генетической информации триплеты УАА и УГА (это так называемые стоп-кодоны, сигнализирующие о прекращении синтеза белковой молекулы). Таким образом, количество триплетов, которые кодируют аминокислоты, будет составлять **508**. Следовательно, синтезированная молекула белка будет состоять из **508** аминокислот.

Задача 6. Сколько аминокислот кодирует молекула иРНК, если она синтезирована на участке молекулы ДНК, состоящей из таких нуклеотидов: ААГ ТЦА ГЦА ЦТЦ ЦАА АТТ?

**Пример решения.**

Поскольку молекула иРНК синтезируется по принципу комплементарности, то последовательность нуклеотидов, которые составляют молекулу иРНК, будет следующая: УУЦ АЦУ ЦГУ ГАЦ ГУУ УАА. Таким образом, она будет состоять из 6 триплетов, из которых последний (УАА) не кодирует ни одной аминокислоты.

Задача 7. Какой последовательностью нуклеотидов молекулы иРНК кодируется участок молекулы белка, если он имеет такое строение: СЕРИИ - ГЛИЦИН - АСПАРАГИН - ЦИСТЕИН - СЕРИИ - ЛИЗИН - ВАЛИН - АРГИНИН?

Задача 8. Какой последовательностью нуклеотидов молекулы ДНК кодируется участок молекулы белка, если он имеет такое строение: ЛИЗИН - ГЛИЦИН - ЦИСТЕИН - ГЛУТАМИН - АСПАРАГИН - ТРЕОНИН?

Задача 9. Какая последовательность аминокислот кодируется такой последовательностью нуклеотидов ДНК: АГЦАТТЦЦАГТЦТГЦАТГ? Какой станет последовательность аминокислот, если в результате мутации из этой молекулы выпадет первый нуклеотид?

РЕШЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЗАДАЧ ПО РЕПАРАЦИИ

Задача 10. В результате действия повреждающего фактора изменилась одна из цепей молекулы ДНК. Обнаружьте участок, который испытал изменения, если неповрежденная цепочка молекулы ДНК имеет вид: ААТ АГЦ ТТА ЦЦТ АГЦ, а молекула иРНК, если бы она была синтезирована на измененной цепи ДНК, имела бы вид: УУА ГГЦ УАЦ ГГА УЦГ. Установите последовательность нуклеотидов в молекуле ДНК после репарации.

Задача 11. В результате действия повреждающего фактора изменилась одна из цепей молекулы ДНК. После этого молекула ДНК приобрела следующий вид (первой приведена цепь, которая не подверглась изменению): АТТ ЦАТ ГГТ ЦГА
ТАЦ ТГГ ЦАА ГЦТ.

Установите измененный участок молекулы ДНК и процентное содержание нуклеотидов в молекуле ДНК после повреждения и после репарации.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3**ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ИНСТРУКЦИЯМИ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ МЕДИЦИНСКИХ
ПРЕПАРАТОВ, СРЕДСТВ БЫТОВОЙ ХИМИИ.
ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ЭТИХ ВЕЩЕСТВ**

Цель: овладеть навыками ознакомления с инструкциями по использованию медицинских препаратов и средств бытовой химии для предотвращения несчастных случаев в быту. Рассмотреть и проанализировать опасности, которые представляют средства бытовой химии в случае неправильного их использования.

Оборудование и материалы: инструкции к самым распространенным медицинским препаратам, которые имеются в каждой домашней аптечке, инструкции к средствам бытовой химии, которые содержат кислоты, щелочи и летучие вещества.

Ход работы

1. Объединитесь в группы. Одна группа изучает инструкции к медицинским препаратам, а другая - к средствам бытовой химии.
2. Подготовьте в составе своей группы короткое выступление по соответствующей теме по плану.

Медицинские препараты:

- самые распространенные компоненты домашней аптечки (лекарственные препараты, термометр);
- вещества, входящие в состав лекарств и медицинского оборудования, способные вызвать острые и хронические отравления в случае передозировки или нарушения сроков хранения;
- обоснование необходимости соблюдения рекомендаций по использованию лекарственного препарата и медицинского оборудования;
- правила применения и хранения лекарственных препаратов и медицинского оборудования, перечень действий при повреждении ртутного термометра;
- неотложная помощь при отравлении лекарственными препаратами.

Средства бытовой химии:

- самые распространенные средства бытовой химии (уксус, сода, средства для мойки посуды и ванн, стиральные порошки, клеи, краски, растворители и т. п.);
- основные опасные действующие вещества, которые входят в их состав (кислоты, щелочи, фосфат и т. п.);
- правила использования и хранения средств бытовой химии;
- неотложная помощь в случае попадания на тело, в глаза и дыхательные пути химических веществ.

3. Сделайте обобщающие выводы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

ОЦЕНКА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ПО ИХ СОСТАВУ

Цель: научиться определять наличие белков, жиров, углеводов и пищевых примесей в продуктах питания.

Материалы и оборудование: химические колбы, пробирки, лейки, спиртовка (или газовая горелка), пробиркодержатель, пипетка, фарфоровая ступка с пестиком, промытый песок, марля, 10 %-й раствор NaOH, 1 %-й и 0,1 %-й растворы CuSO_4 , куриное яйцо, сладкое печенье, подсолнечное масло, семена подсолнуха, этикетки нескольких пищевых продуктов.

Ход работы

Задание I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЛКОВ

1. Подготовьте раствор белка куриного яйца. Для этого разбейте яйцо, отделите белок от желтка, белок залейте холодной водой. Полученный раствор профильтруйте через сложенную в несколько слоев марлю и налейте фильтрат в колбу № 1.

2. Фильтрат из колбы № 1 налейте в пробирку, заполнив ее объем на 25 %. К фильтрату добавляйте в количестве, равном его объему, 10 %-й раствор NaOH. Содержимое пробирки взболтайте и осторожно отдельными каплями добавляйте к нему 1 %-й раствор CuSO_4 до появления сине-фиолетовой окраски, которая указывает на наличие в растворе белков.
3. Сделайте выводы.

Задание II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИРОВ

1. Налейте несколько капель подсолнечного масла в пробирку и заполните ее водой. На поверхность воды всплывут капли жира.
2. На фильтровальную бумагу нанесите несколько капель масла. Обратите внимание на образование жирных пятен.
3. Раздавите на фильтровальной бумаге несколько семян подсолнечника, обратите внимание на образование жирных пятен.
4. Сделайте выводы.

Задание III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕВОДОВ

1. Сделайте экстракцию сахаров из сладостей. Для этого разотрите пестиком в фарфоровой ступке 2—3 ломтика сладкого печенья. Растертое печенье залейте небольшим количеством воды. Раствор тщательно размешайте и добавьте еще немного воды.
2. Полученный раствор профильтруйте через сложенную в несколько слоев марлю и налейте фильтрат в колбу № 2.
3. Перелейте фильтрат из колбы № 2 в пробирку, заполнив ее объем на 25 %, добавьте еще 3 мл 10 %-го раствора NaOH, 1-2 капли 0,1 %-го раствора CuSO_4 и немного песка (чтобы жидкость не выбрасывало из пробирки при закипании).
4. Пробирку с помощью пробиркодержателя нагрейте на пламени спиртовки (или газовой горелки) до кипения, направляя отверстие пробирки в сторону, где нет людей. При наличии сахаров раствор приобретает кирпично-красный цвет.
5. Сделайте выводы.

Задание IV. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРИМЕСЕЙ

1. Проанализируйте содержание нескольких этикеток пищевых продуктов и определите, какие составляющие, кроме белков, жиров и углеводов, в них отмечены.
2. Найдите информацию об обнаруженных пищевых примесях относительно их химического состава, роли в соответствующем продукте и влияния на организм человека.
3. Сделайте выводы о целесообразности потребления продуктов с повышенным содержанием пищевых примесей.

ТЕСТ НА ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗНАНИЙ

I. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ПРАВИЛЬНЫЙ

1. **Укажите название процесса восстановления естественной структуры белка после ее нарушения:** а) деструкция; б) денатурация; в) ренатурация; г) биосинтез.
2. **Назовите соединения, растворимые в воде:** а) воск; б) глюкоза; в) крахмал; г) кератин.

3. Укажите соединения, при расщеплении которых выделяется больше всего энергии: а) липиды; б) углеводы; в) белки; г) нуклеиновые кислоты.
4. Назовите соединение, которое передает наследственную информацию от ядра к месту синтеза белков: а) ДНК; б) иРНК; в) рРНК; г) тРНК.
5. Укажите поироду антител: а) белковая; б) липидная; в) углеводная; г) видоизмененные нуклеиновые кислоты.
6. Укажите, чем обусловлена сигнальная функция белков: а) способностью к деструкции; б) способностью к денатурации и ренатурации; в) способностью к окислению; г) способностью к расщеплению без участия кислорода.
7. Укажите, как аминокислотные остатки соединяются в полипептидную цепь: а) благодаря водородным связям; б) благодаря ковалентным связям; в) благодаря гидрофобным взаимодействиям; г) благодаря ионным взаимодействиям.
8. Укажите, какой вид имеет вторичная структура белков: а) глобула; б) несколько соединенных между собой белковых молекул; в) спираль; г) цепь аминокислотных остатков.
9. Отметьте соединение, в состав которого входит нуклеотид с тиминном: а) иРНК; б) ДНК; в) рРНК; г) тРНК.

II. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ДВА ПРАВИЛЬНЫХ

1. Назовите соединения, которые относятся к биополимерам: а) глюкоза; б) иРНК; в) жиры; г) ферменты.
 2. Укажите соединения, в состав которых входит нуклеотид с урацилом: а) белки; б) иРНК; в) тРНК; г) ДНК.
 3. Укажите соединения, которые в клетке выполняют энергетическую функцию: а) вода; б) углеводы; в) минеральные соли; г) липиды.
4. Чья жл, чл. %*.ouv^Reiwie.TCw аклутацион*»civoYtwbot ферментов а) расположением в клетке; б) количеством аминокислотных остатков; в) пространственной структурой; г) наличием небелковой части.
5. Укажите, какие соединения могут служить составной частью сложных ферментов: а) витамины; б) моносахариды; в) нуклеотиды; г) ионы металлов.
 6. Укажите структуры, в состав которых входят белки: а) клеточные мембраны; б) клеточные стенки растений; в) сухожилия; г) клеточные стенки грибов.

III. ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

1. Установите соответствие между биополимерами и их мономерами.

Полимеры	Момеры
А Полисахариды Б Белки В ДНК Г РНК	1 Жирные кислоты 2 Нуклеотиды с тиминном 3 Аминокислоты 4 Нуклеотиды с урацилом 5 Моносахариды

2. Установите соответствие между типами нуклеиновых кислот и их функциями.

Типы нуклеиновых кислот	Функции нуклеиновых кислот
А ДНК Б иРНК В тРНК Г рРНК	1 Структурная: входят в состав субъединиц рибосом 2 Энергетическая 3 Кодирование, хранение наследственной информации 4 Транспорт аминокислотных остатков к месту синтеза белковой молекулы 5 Передача наследственной информации от ядра к месту синтеза белковой молекулы



IV. ВОПРОСЫ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

1. Что общего и отличного между процессами деструкции и денатурации?
2. Почему ведущая роль в процессах превращения энергии в организмах принадлежит углеводам, хотя при расщеплении 1 г жиров энергии выделяется вдвое больше?
- 3- Какая существует связь между структурой молекул воды и ее свойствами?
4. Что определяет специфичность действия ферментов?
5. Как структура ДНК связана с ее свойствами и функциями в живых организмах?
- в. Что общего и отличного между структурой АТФ и разными типами нуклеиновых кислот?
7. Почему биохимические процессы, происходящие в организмах, нуждаются в участии ферментов?
8. Какие закономерности количественного содержания остатков азотистых оснований в молекуле ДНК дали ключ для установления ее пространственной структуры?



РАЗДЕЛ II. **КЛЕТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ**

ТЕМА 1. **ОБЩИЙ ПЛАН СТРОЕНИЯ КЛЕТКИ. ПОВЕРХНОСТНЫЙ АППАРАТ. ЯДРО**

- Особенности клеточного уровня организации живой материи;
- история изучения клетки;
- основные методы изучения клеток;
- типы организации клеток;
- строение и функции поверхностного аппарата клеток;
- строение и функции ядра.

§ 14. **КЛЕТКА – ОСНОВНАЯ СТРУКТУРНО- ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА ОРГАНИЗМОВ. МЕТОДЫ ЦИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**



Вспомните: что изучает цитология? Какое строение светового микроскопа и в чем заключаются правила работы с ним? Какие составляющие части клетки вам известны? Что такое радиоактивные изотопы?

Вы помните, что живые существа состоят из клеток. Исключение представляют вирусы, которые большинство ученых считает неклеточной формой жизни.

• **Клетка - основная структурно-функциональная единица всех организмов, элементарная биологическая система.** Это означает, что на клеточном уровне организации живой материи полностью проявляются все основные свойства живого: обмен веществ и преобразование энергии, способность к росту, размножению, движению, сохранению и передаче наследственной информации потомству и т. п.



Рис. 14.1. Разнообразие клеток животных (1) и растений (2)

Сегодня мы начинаем экскурсию в удивительный мир клетки, мир, существующий в каждом из нас. Ведь организм человека, как и большинства животных, состоит из нескольких сотен разновидностей клеток (рис. 14.1, 1). Значительное многообразие клеток присуще также и растениям (рис. 14.1, 2).

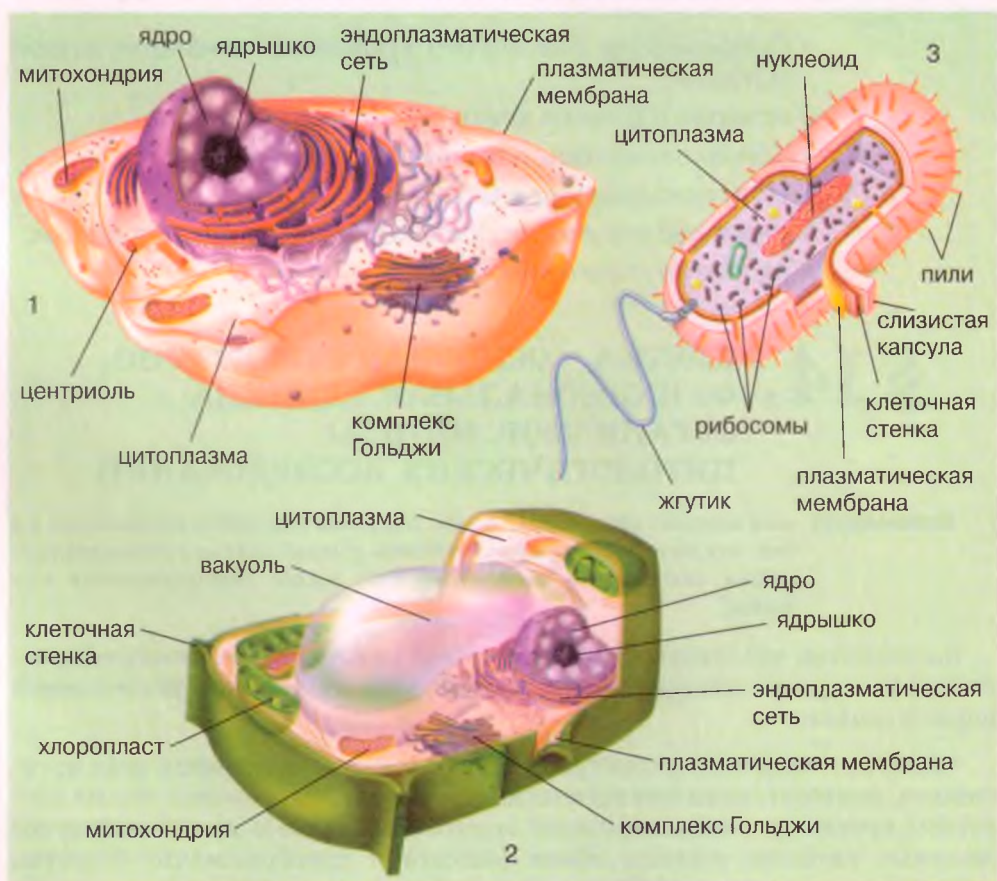


Рис. 14.2. Строение клеток: животной (1); растительной (2); бактериальной (3)



• **Организация клеток.** Несмотря на многообразие форм, организация клеток всех живых организмов подчинена единым закономерностям. Так, все клетки состоят из поверхностного аппарата и цитоплазмы. В зависимости от наличия ядра все организмы делят на два надцарства: Прокариоты и Эукариоты. Клетки прокариот, кроме того, что не имеют ядра, еще и довольно просто организованы. Клетки эукариот - грибов, растений и животных - организованы сложнее и обязательно имеют ядро *{рассмотрите рисунок 14.2 и определите, какие структуры общие для разных клеток}*.

Вспомните, особенностями строения клеток растений и грибов, в первую очередь, является наличие клеточной стенки. Благодаря этому форма клеток этих организмов более или менее постоянна. Клетки животных не имеют клеточной стенки, поэтому многие из них могут менять свою форму. В клетках различных представителей эукариот встречаются разные типы вакуолей. Например, в клетках растений и грибов присутствуют вакуоли с клеточным соком. В клетках животных их нет, зато часто встречаются пищеварительные вакуоли, в которых переваривается пища. Клетки растений отличаются от клеток грибов и животных наличием хлоропластов. Хотя эти органеллы имеются у некоторых одноклеточных животных, например у эвглены зеленой.

Внутреннее содержимое каждой клетки окружает **поверхностный аппарат**. В его состав входят плазматическая мембрана, надмембранные и подмембранные структуры. Поверхностный аппарат клетки защищает ее внутреннее содержимое от неблагоприятных влияний окружающей среды, обеспечивает обмен веществами и энергией между клеткой и окружающей средой.


Внутренняя среда клетки - это **цитоплазма** (от греч. *китос* - клетка и *плазма* - вылепленное). В ее состав входят разные органические и неорганические соединения, а также такие компоненты клетки, как органеллы и включения. Цитоплазма при помощи внутриклеточных мембран разделена на отдельные функциональные участки.

В цитоплазме расположен внутриклеточный скелет, или **цитоскелет** (от греч. *китос* и *скелетон* - скелет) (см. рис. 16.3). Это система белковых образований - микротрубочек и микронитей, которая выполняет прежде всего опорную функцию. Кроме того, элементы цитоскелета участвуют в изменении формы и движении клетки, обеспечивают определенное расположение и перемещения органелл.

Органеллы (от греч. *органон* - орган, инструмент) - постоянные клеточные структуры *(еще раз взгляните на рисунок 14.2 и вспомните, какие органеллы клеток вам известны из предыдущих курсов биологии и каковы их функции)*. Каждая из органелл обеспечивает соответствующие процессы жизнедеятельности клетки (питание, движение, синтез определенных соединений, хранение и передачу наследственной информации и т. п.). Одни органеллы ограничены одной мембраной (вакуоли, комплекс Гольджи, эндоплазматическая сеть, лизосомы), другие - двумя (хлоропласты, митохондрии, ядро) или вообще не имеют мембранной оболочки (клеточный центр, рибосомы, микротрубочки, микронити). Особенности строения каждой органеллы тесно связаны с ее функциями.

В отличие от органелл, **клеточные включения** - непостоянные компоненты клетки. Они могут исчезать и снова появляться в процессе ее жизнедеятельности. Включения - это запасные вещества или конечные продукты обмена веществ.

● **Основные этапы исследования клеток.** Вы уже знаете, что строение и процессы жизнедеятельности клетки изучает наука **цитология**. Тот из вас, кто внимательно прочел «Очерк об истории развития биологической науки» (с. 7), вспомнит фамилии ученых, сделавших свой вклад в развитие биологии. Проследим хронологию основных событий в этой области.

1665 г.	Роберт Гук с помощью собственноручно сконструированного микроскопа рассмотрел оболочки клеток пробки и предложил термин «клетка»	
1702 г.	Антони ван Левенгук также с помощью микроскопов собственной конструкции открыл бактерий и одноклеточных животных (инфузорий и др.), описал эритроциты и сперматозоиды	
1828 г.	Роберт Броун открыл ядро в клетках растений, а в 1833 г. предложил само название «ядро»	
1830 г.	Ян Евангелист Пуркине описал ядро в яйцеклетках курицы	
1838 г.	Теодор Шванн , опираясь на труды Матиаса Шлейдена , сформулировал положения клеточной теории, основные из которых: все организмы состоят из клеток; клетки животных и растений сходны по строению и химическому составу	
1858 г.	Рудольф Вирхов доказал, что клетки образуются не из безструктурного межклеточного вещества, как считалось раньше, а в результате размножения («всякая клетка – из клетки»)	
1869 г.	Фредерик Мишер впервые выделил из ядра клетки нуклеиновые кислоты	
1880 г.	Вальтер Флеминг открыл и описал процесс митоза в клетках личинок земноводных	
1882 г.	Илья Мечников открыл явление фагоцитоза у лейкоцитов и связал с этим защитные свойства организма	
1894 г.	Рихард Альтман под названием биобластов описал митохондрии (название «митохондрии» в 1897 г. предложил К. Бенда)	
1898 г.	Камилло Гольджи описал органеллу, которую со временем назвали в его честь «комплексом Гольджи»	
1945 г.	Альберт Клод и Кейт Портер открыли эндоплазматическую сеть	
1949 г.	Кристиан де Дюв описал лизосомы	
1952 г.	Фритьоф Сьостранд и Джорж Пелед установили внутреннее строение митохондрий	
1954 г.	Джорж Пелед открыл рибосомы, а в 1956 г. он выяснил назначение зернистой эндоплазматической сети	
1956 г.	Филипп Сиекевитц и Джорж Пелед впервые выделили рибосомы из клетки	



1962 г.	Маршалл Ниренберг, Северо Очоа и Хара Гобинд Хорана расшифровали генетический код
1966 г.	Джонатан Сингер предложил «жидкостно-мозаичную» модель плазматической мембраны
1967 г.	Эдвин Тейлор выяснил роль микротрубочек в митотическом делении клетки
1971 г.	Эл Сазерленд был удостоен Нобелевской премии за исследования механизмов транспорта веществ через плазматическую мембрану
1974 г.	Кристиан де Дюв, Альберт Клод и Джорж Пелед получили Нобелевскую премию за выяснение морфофункциональных особенностей молекулярных структур клетки



Современные цитологические исследования направлены прежде всего на изучение наименьших органелл и структур. Ведь усовершенствованные увеличительные приборы и новейшие технологии открывают новые перспективы перед исследователями. Ныне все больше развиваются исследования в областях клеточной инженерии, цитотехнологий и т. п.

• **Методы исследования клеток.** Первым прибором, который позволил изучать клетки, был световой (оптический) микроскоп. Методы исследований, которые осуществляют с его помощью, называют **световой микроскопией**.

Метод световой микроскопии основан на том, что через прозрачный или полупрозрачный объект исследования проходят лучи света, которые затем попадают в систему линз объектива и окуляра (рис. 14.3, 1). Эти линзы увеличивают объект исследования, при этом кратность увеличения можно определить как произведение увеличений объектива и окуляра. Например, если линзы окуляра обеспечивают увеличение в 10 раз, а объектива - в 40, то общее увеличение объекта исследований будет 400-кратное. Современные световые микроскопы могут обеспечивать увеличение до 2-3 тыс. раз. Усовершенствовать навыки работы со световым микроскопом вы сможете во время выполнения лабораторной работы № 3 (см. лабораторный практикум, с. 108).

Клеточные структуры наименьших размеров (мембраны и т. п.) были открыты и изучены при помощи электронного микроскопа, изобретенного в первой половине XX века. Электронный микроскоп способен увеличивать изображение объектов исследования в 500 тыс. раз и больше.

Конструкция электронного микроскопа несколько напоминает конструкцию светового, но вместо лучей света в нем применяют поток электронов, которые движутся в магнитном поле (рис. 14.3, 2). Роль линз при этом выполняют электромагниты, способные изменять направление движения электронов, собирать их в пучок (фокусировать) и направлять его на объект исследования.

Часть электронов, проходя через объект исследования, может отражаться, рассеиваться, поглощаться, взаимодействовать с объектом или проходить сквозь него без изменений. Пройдя через исследуемый объект, электроны попадают на люминесцентный экран, вызывая его неравно-

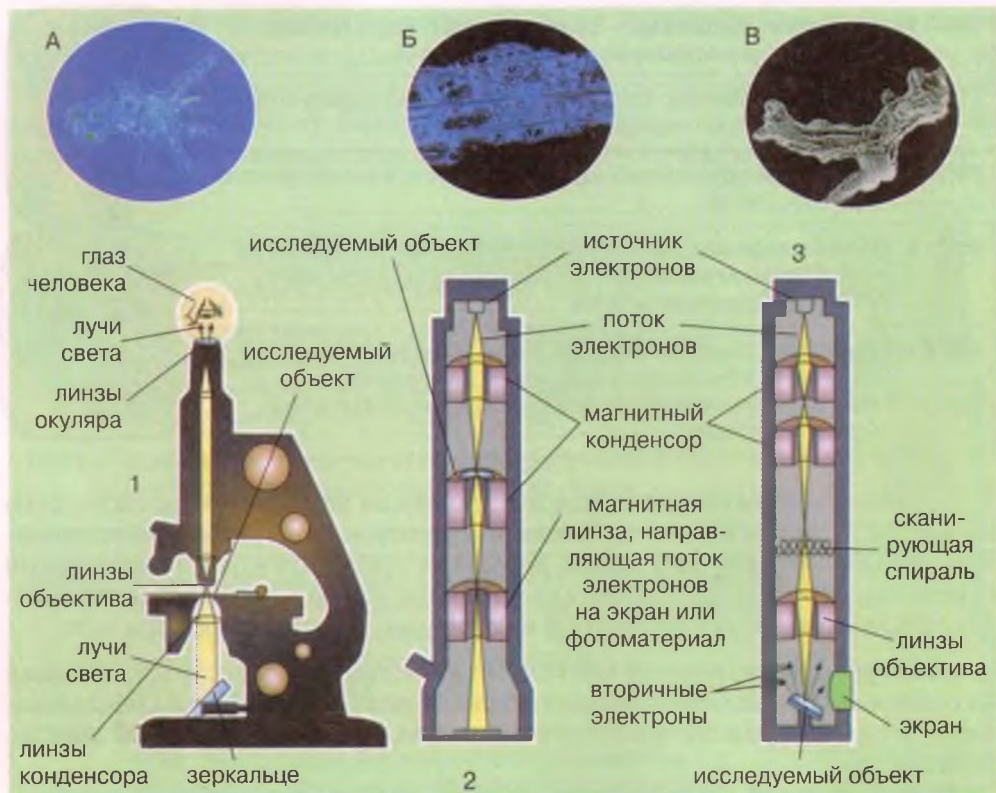


Рис. 14.3. Фотографии амебы, сделанные с помощью: А – светового микроскопа; Б – электронного микроскопа; В – сканирующего микроскопа. Принцип работы светового (1), электронного (2) и сканирующего (3) микроскопов

мерное свечение, или на особый фотоматериал, с помощью которого изображение можно сфотографировать.

Поверхности клеток, отдельных органелл и т. п. также изучают методом **сканирующей электронной микроскопии** (рис. 14.3, 3). При этом поток электронов не проходит сквозь объект исследования, а отражается от его поверхности.

На живых клетках изучают процессы жизнедеятельности (движение цитоплазмы, деление и т. п.). Особенности тонкого строения изучают на обработанных определенным способом клетках. Для этого клетки необходимо предварительно зафиксировать особыми веществами (спирт, формалин и т. п.), быстрым замораживанием или высушиванием. Отдельные структуры фиксированных клеток окрашивают особыми красителями и изготавливают микроскопические препараты, которые могут храниться продолжительное время. Для того чтобы с помощью электронного сканирующего микроскопа сфотографировать поверхности клетки или отдельных органелл, их покрывают металлической (обычно золотой) пылью.

Постоянно иметь в своем распоряжении клетки разных типов позволяет **метод культуры клеток**. При этом живые клетки содержат и размножают на искусственных питательных средах (например, изготовленных из агара - вещества, добываемого из красных водорослей). Изменяя ком-

поненты питательной среды, можно наблюдать, как те или иные соединения будут влиять на рост, размножение и другие свойства клеток. Культуры клеток используют в медицине, ветеринарии и службе защиты растений для проверки влияния на них разнообразных химических препаратов, вирусов, одноклеточных организмов, получения биологически активных веществ (лекарств, биостимуляторов и т. п.).

Метод меченых атомов, или **ауторадиография**, помогает определить место и ход определенных физико-химических процессов в клетке. Для этого в нее вводят вещество, в котором один из атомов определенного элемента (углерода, фосфора и др.) замещен его радиоактивным изотопом. С помощью особых приборов, способных обнаруживать изотопы, можно проследить за перемещением (миграцией) в клетке этих веществ, их преобразованиями, выявить место и характер тех или иных биохимических процессов.

Для изучения разных структур клеток используют также **метод центрифугирования**. При этом клетки предварительно измельчают и в особых пробирках помещают в центрифугу - прибор, способный развивать быстрые обороты. Поскольку разные клеточные структуры имеют неодинаковую плотность, при очень быстрых оборотах центрифуги они будут оседать слоями: более плотные органеллы осаждаются быстрее и потому окажутся снизу, а менее плотные - сверху (рис. 14.4). Эти слои разделяют и изучают отдельно.

• **Применение цитологических методов для диагностики заболеваний.** Цитологические методы широко применяют для диагностики разнообразных заболеваний человека, домашних животных и культурных растений, изучения физиологического состояния организмов. Так, в **онкологии** (наука, которая изучает причины возникновения, разрабатывает средства диагностики и лечения раковых заболеваний) эти методы используют для обнаружения злокачественных и доброкачественных опухолей, выявления предраковых состояний и первоначальных стадий этих заболеваний. Для этого находят аномальные клетки и изучают их способность к быстрому размножению. Разработаны цитологические методики распознавания заболеваний крови, пищеварительной системы, почек, легких, кожи и т. п. Например, значительное увеличение количества эритроцитов

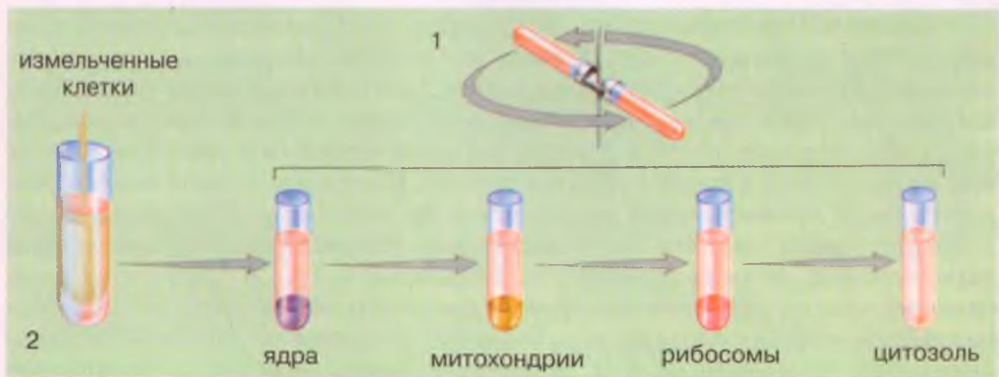


Рис. 14.4. Метод центрифугирования: 1 – принцип работы центрифуги; 2 – последовательные стадии оседания структур клеток в зависимости от их массы

свидетельствует об опасном заболевании - эритроцитозе, а лейкоцитов - о лейкомии (лейкозе).

Ключевые термины и понятия. *Цитоплазма, цитоскелет, органеллы, клеточные включения.*

Кратко
о
главном

Клетки состоят из поверхностного аппарата и цитоплазмы. Поверхностный аппарат окружает внутреннее содержимое клетки. В его состав входят плазматическая мембрана, надмембранные и подмембранные структуры. Внутренняя среда клетки - цитоплазма, в ее состав входят разные органические и неорганические соединения, а также такие компоненты клетки, как органеллы и включения.

Для исследования клеток используют разнообразные методы: световую и электронную микроскопию, ауторадиографию, центрифугирование и др. Клетки исследуют как в живом виде, так и в зафиксированном состоянии. Для того чтобы постоянно изучать клетки определенных типов, применяют метод культуры клеток.



Вопросы для
самоконтроля

1. Почему клетку считают элементарной структурно-функциональной единицей всех организмов? 2. Какие компоненты входят в состав клеток? 3. Что такое поверхностный аппарат клетки и цитоплазма? 4. С помощью каких методов изучают клетки? 5. Какие организмы относятся к эукариотам, а какие - к прокариотам?

Подумайте. Что общего и отличного между клеточными включениями и органеллами? Ответ обоснуйте.

§ 15. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН



Вспомните: что такое диффузия, гидрофильность и гидрофобность? Что такое иммунитет, антитела и антигены? Что такое денатурация?

• **Система мембран клетки.** Все клетки сформированы системой **биологических мембран** (от лат. **мембрана** - кожа, пленка), которые играют важную роль в обеспечении их нормального функционирования. Так, клетки ограничены **плазматической мембраной**, или **плазмалеммой**, которая обеспечивает обмен веществ с внешней средой, а у многоклеточных организмов - еще и взаимодействие клеток. Внутренняя среда клетки разделена внутриклеточными мембранами на отдельные функциональные участки. Такая система необходима для упорядоченного размещения определенных веществ (ферментов, пигментов и др.), а также пространственного разделения несовместимых процессов обмена веществ и преобразований энергии, защиты определенных участков от действия пищеварительных ферментов и т. п. В биологических мембранах происходят процессы, связанные с восприятием информации, которая поступает из окружающей среды, формированием и передачей возбуждения, преобра-

зованием энергии, защитой от проникновения болезнетворных микроорганизмов и другими проявлениями жизнедеятельности клеток, органов и организма в целом.

• **Строение клеточных мембран.** Все разнообразные клеточные мембраны в общем имеют сходные химический состав и особенности организации. Толщина мембран, в зависимости от их типа, варьирует в довольно широких пределах - от 2-3 до 10 нм.

Клеточные мембраны состоят из липидов, белков и углеводов. Молекулы липидов расположены в два слоя: их гидрофильные «головки» (фосфатные группы) обращены к внешней и внутренней сторонам мембраны, а гидрофобные «хвосты», состоящие из цепочек жирных кислот, обращены в глубь нее (рис. 15.1,1, 1). Основным функциональным компонентом биологических мембран являются белки. Одни белковые молекулы расположены или на внешней, или на внутренней поверхностях мембран, поэтому их называют **поверхностными**. С белками, расположенными на внутренней стороне мембраны, связаны микронити цитоскелета. Другие молекулы белков погружены в двойной слой молекул липидов на разную глубину, их называют **внутренними**. Особые белковые молекулы пронизывают мембрану, связывая наружную и внутреннюю ее поверхности (рис. 15.1,1, 2). Углеводы входят в состав мембран исключительно в виде комплексных соединений с молекулами белков или липидов.

Такая модель строения биологических мембран получила название **жидкостно-мозаичной** (рис. 15.1, II). Название объясняют тем, что лишь приблизительно 30 % молекул липидов мембран крепко связаны с белками в единые комплексные соединения, а остальные — пребывают в жидком состоянии. Поэтому белково-липидные комплексы как бы «вкраплены» в жидкую липидную массу, напоминая мозаику. Молекулы белков или их части могут быть соединены микроскопическими каналцами.

Входящие в состав мембран молекулы способны перемещаться. Благодаря этому мембраны быстро восстанавливаются после незначительных

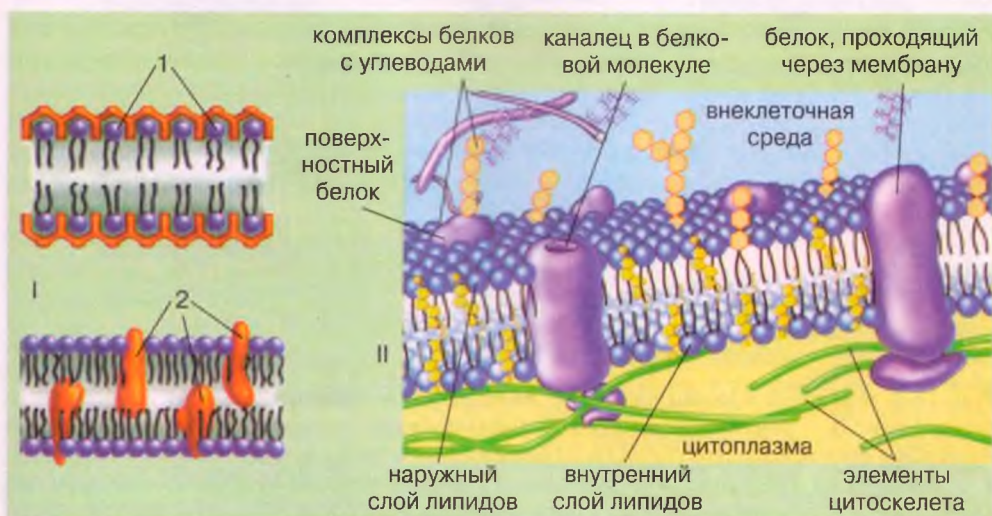


Рис. 15.1. Строение плазматической мембраны: I – схема размещения в мембране липидов (1) и белков (2); II – жидкостно-мозаичная модель

повреждений, покрывая обнаженные участки цитоплазмы. Плазматические мембраны могут легко сливаться между собой, растягиваться и сжиматься, например, при изменении формы или движении клеток. Плазматическая мембрана может образовывать выросты, впячивания, складки, микроворсинки, которые намного увеличивают поверхность клетки. Возможны изменения химического состава биологических мембран, вследствие чего их свойства также меняются.

Клетка не тратит много энергии на сохранение целостности своей мембраны, ведь ее молекулы соединены по принципу, по которому удерживаются вместе молекулы жира - гидрофобным частям молекул согласно законам термодинамики «выгоднее» располагаться поблизости одна от другой.

● **Функции плазматической мембраны** (рис. 15.2). Окружающая цитоплазму плазматическая мембрана прочная и эластичная, что определяет размеры клетки. Она выполняет прежде всего **защитную функцию**: защищает внутреннюю среду клетки от неблагоприятных воздействий. В частности, среди мембранных белков есть такие, которые способны связывать антигены (микроорганизмы и вещества, которые клетка воспринимает как инородные) и тем самым предотвращать их проникновение вовнутрь. Таким образом, плазматическая мембрана - это одно из звеньев защитных реакций организма.

Другая ее функция - **обеспечение обмена веществ с окружающей средой**. Плазматическая мембрана характеризуется полупроницаемостью: одни соединения могут быстро проходить через нее, другие - медленнее

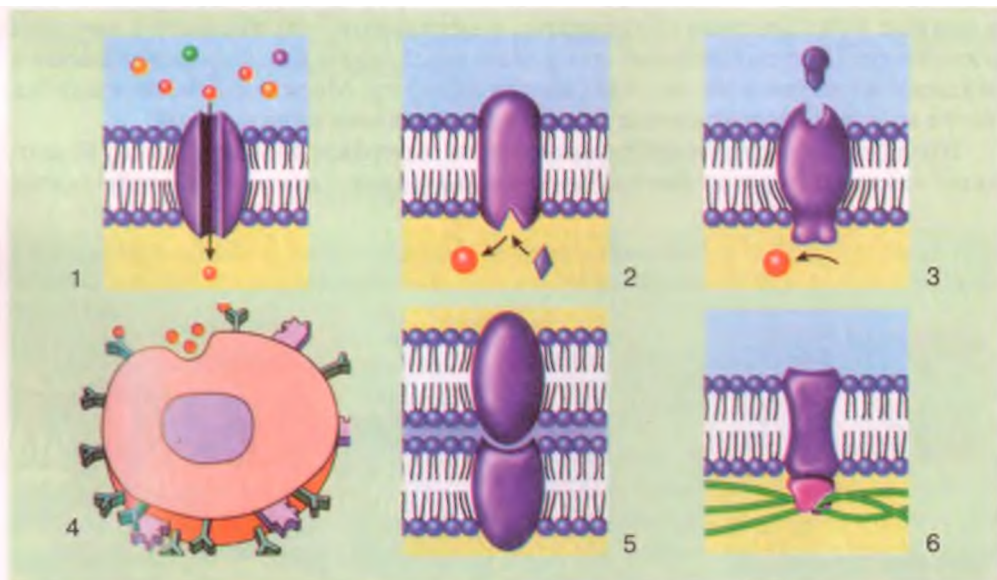


Рис. 15.2. Функции плазматической мембраны: 1 – транспортная; 2 – ферментативная; 3 – рецепторная (рецепторные белки в составе плазматической мембраны воспринимают сигналы из окружающей среды и передают их в клетку); 4 – защитная (антитела в составе плазматической мембраны связывают антигены и предупреждают их проникновение в клетку); 5 – обеспечение взаимодействия между клетками; 6 – опорная (к белкам мембраны прикрепляются элементы цитоскелета)

или вообще неспособны ее преодолеть. Соединения, необходимые для жизнедеятельности клеток, а также продукты обмена веществ проникают через плазматическую мембрану с помощью пассивного или активного транспорта.

• **Пассивный транспорт** обеспечивает избирательное проникновение веществ через мембраны. При этом молекулы перемещаются благодаря разности концентраций веществ с обеих сторон мембраны: из участка, где их концентрация высокая, в участок с низкой концентрацией. Пассивный транспорт продолжается до тех пор, пока не выровняются концентрации веществ с обеих сторон мембраны. На осуществление пассивного транспорта затрачивается немного энергии или же она не тратится вообще. Существуют разные механизмы, обеспечивающие пассивный транспорт. В частности, это может быть диффузия, с помощью которой в клетку поступают вода и растворенные в ней вещества.

Вспомните, **диффузией** (от лат. диффузио - разлитие) называют процесс, при котором молекулы свободно передвигаются через определенные участки и поры мембраны в направлении своей меньшей концентрации. Этот процесс происходит без затрат энергии.

Если мембрана свободно пропускает молекулы одного вещества и задерживает частицы другого, то будет происходить односторонняя диффузия лишь вещества, способного проходить через мембрану. Односторонняя диффузия растворителя через полупроницаемую мембрану, разделяющую раствор определенного вещества и чистый растворитель или раствор большей концентрации, получила название *осмос* (греч. осмос - толчок, давление). Плазматические мембраны свободно пропускают молекулы воды, однако задерживают некоторые растворенные вещества. Поэтому молекулы воды будут двигаться в сторону своей меньшей концентрации, например из окружающей пресной воды в глубь клетки. При этом возникает так называемый *градиент, концентрации*. Он отражает давление чистого растворителя или раствора меньшей концентрации на мембрану (*осмотическое давление*), которая отделяет этот раствор от более концентрированного раствора определенного вещества. *Градиент* (от лат. *градиентис* - шагающий) - это химическая мера возрастания или уменьшения концентрации определенного вещества (мал 15.3). В результате осмоса концентрация вещества внутри клетки возрастает до тех пор, пока его давление на клеточную мембрану изнутри (*тургор*) не уравновесит внешнее (осмотическое). В частности, тургорное давление является

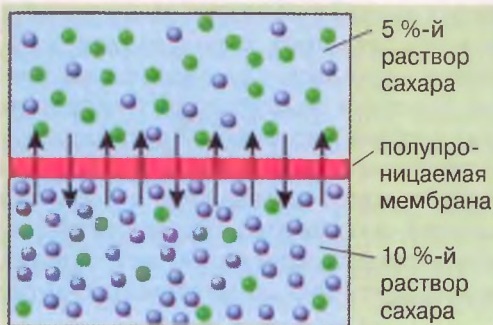


Рис. 15.3. Схема, иллюстрирующая процесс диффузии через полупроницаемую мембрану: разность концентраций сахара по обе стороны мембраны создает градиент, в результате чего вода перемещается из участка, где ее концентрация выше, туда, где она ниже (а концентрация сахара соответственно выше). Это продолжается до тех пор, пока концентрация сахара по обе стороны мембраны не выровняется

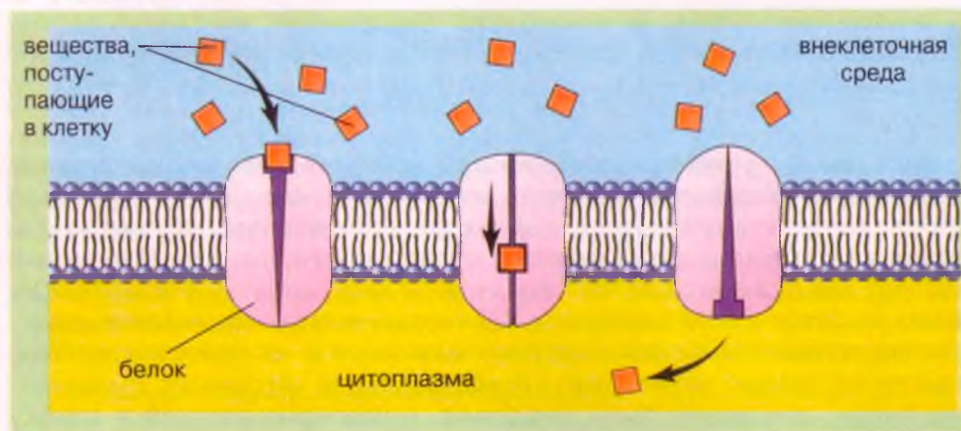


Рис. 15.4. Облегченная диффузия. Только после взаимодействия с белком мембраны вещество поступает в цитоплазму

причиной способности зеленых побегов, практически лишенных тканей, выполняющих опорную функцию, сохранять свою форму и пространственное расположение.

Облегченная диффузия — это проникновение через мембрану определенных молекул с помощью мембранных белков-переносчиков, пронизывающих мембрану (рис. 15.4). Эти белки взаимодействуют с определенными молекулами на одной из поверхностей мембраны и вследствие изменения своей пространственной структуры транспортируют их на другую сторону.

В обеспечении пассивного транспорта определенных веществ принимают участие специфические белковые рецепторные молекулы плазматической мембраны. Молекулы веществ (например, гормонов или нейrogормонов), которые должны проникнуть внутрь клетки, сначала взаимодействуют с этими рецепторами (15.2,5). Затем образуются микроскопические пузырьки. Внутри них находятся комплексные соединения «вещество - рецептор», которые перемещаются через мембрану.

● **Активный транспорт веществ** через биологические мембраны, в отличие от пассивного, осуществляется *против градиента концентраций*. Он связан со значительными затратами энергии, аккумулированной в молекулах АТФ.

Один из механизмов активного транспорта веществ через мембраны назвали **калий-натриевым насосом** (рис. 15.5). Он связан с тем, что концентрация ионов калия внутри клетки выше, чем снаружи, а натрия - наоборот. Благодаря этой разности концентраций в результате диффузии ионы натрия поступают в клетку, а калия - выводятся из нее. Но концентрация этих ионов в живой клетке и снаружи нее никогда не выравнивается, поскольку существует особый механизм, благодаря которому ионы натрия выходят («откачиваются») из клетки, а калия - поступают («закачиваются») в нее. Этот процесс нуждается в затратах энергии. Существование механизма калий-натриевого насоса доказывает тот факт, что в отмерших или замороженных клетках концентрация ионов калия и натрия с обеих сторон плазматической мембраны быстро выравнивается.

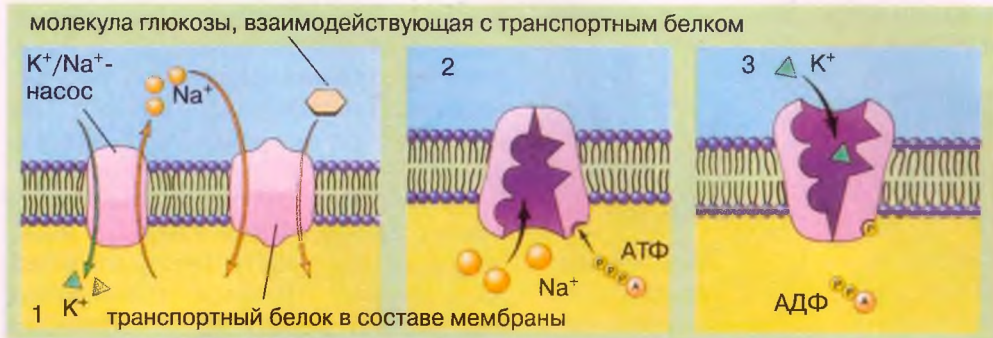


Рис. 15.5. Общая схема, иллюстрирующая активный транспорт при участии калий-натриевого насоса. 1. Калий-натриевый насос сопряжен с транспортом низкомолекулярных веществ в клетку. 2. Ионы Na^+ выводятся из клетки, где их концентрация ниже, чем в окружающей среде. 3. Ионы K^+ «закачиваются» в клетку, где их концентрация выше, чем во внеклеточной среде

Биологическое значение калий-натриевого насоса заключается в том, что благодаря ему энергетически благоприятное (то есть по градиенту концентрации) перемещение ионов натрия в клетку облегчает энергетически неблагоприятный (против градиента концентрации) транспорт низкомолекулярных соединений (глюкозы, аминокислот и т. п.). В этих

процессах участвуют особые транспортные белки, которые входят в состав клеточных мембран.

Существует еще один механизм транспорта веществ через мембраны - **цитоз** (от греч. **китос** - клетка). Различают два основных вида цитоза: экзо- и эндоцитоз. **Эндоцитоз** - это процесс поступления веществ в клетку. Он может происходить в виде фаго- и пиноцитоза (рис. 15.6). **Фагоцитоз** (от греч. **фагос** - пожирать) — это активное поглощение твердых микроскопических объектов (частиц органических соединений, мелких клеток и др.). С помощью фагоцитоза захватывают пищу некоторые одноклеточные организмы (например, амёбы, фораминиферы) и клетки многоклеточных (например, пищеварительные клетки гидры) животных. Специализированные клетки многоклеточных животных с помощью фагоцитоза осуществляют защитную функцию (например, макрофаги). Они захватывают и переваривают посторонние органические частицы и микроорганизмы.

Процесс фагоцитоза происходит в несколько этапов. Сначала клетка приближается к объекту, который собирается захватить. Во время контакта плазматическая мембрана клетки окутывает объект и проталкивает его в цито-

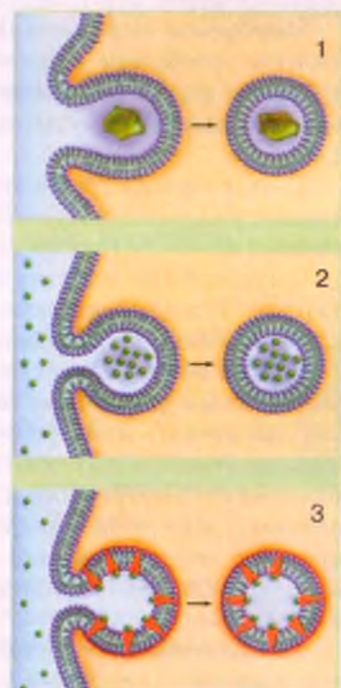


Рис. 15.6. Схематическое изображение эндоцитоза: 1 - фагоцитоз; 2 - пиноцитоз; 3 - избирательный пиноцитоз

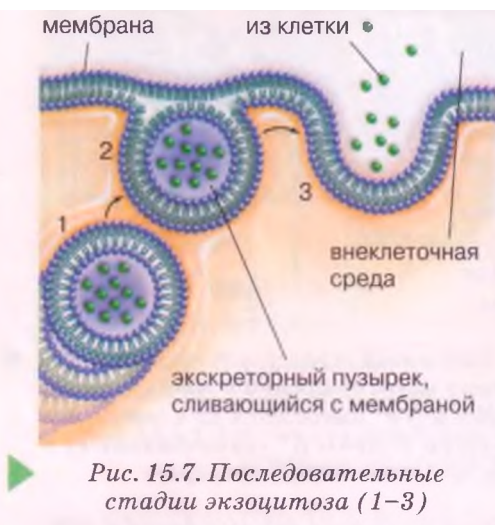


Рис. 15.7. Последовательные стадии экзоцитоза (1–3)

браны и лишь после этого формируется окруженный белками пиноцитозный пузырек, который поступает в цитоплазму (рис. 15.6, 3).

Путем цитоза вещества не только проникают в клетку, но и выводятся из нее (например, гормоны, нейrogормоны, нейромедиаторы, пищеварительные ферменты). Этот процесс называют **экзоцитозом** (рис. 15.7).

Мембраны осуществляют **сигнальную функцию**. Так, в плазматическую мембрану встроены сигнальные белки, способные в ответ на действие разных факторов окружающей среды изменять свою пространственную структуру и вследствие этого передавать сигналы внутрь клетки.

Таким образом, особенности строения плазматической мембраны обеспечивают раздражимость организмов, т. е. их способность воспринимать различные влияния (раздражители) и определенным образом на них отвечать.

С входящими в состав мембраны молекулами могут взаимодействовать вирусы. Если такое взаимодействие состоялось — вирус проникает внутрь клетки, а если не состоялась — не проникает.

Важна роль биологических мембран и в **процессах взаимопревращения разных форм энергии**: механической (например, движение жгутиков, ресничек), электрической (формирование мембранного потенциала и нервного импульса), химической (синтез богатых энергией соединений). Внешняя и внутренняя поверхности мембраны могут быть заряжены по-разному: на одной поверхности присутствует положительный заряд, на другой — отрицательный. Это имеет значение для осуществления активного транспорта определенных молекул и механизмов раздражимости клетки.

Плазматические мембраны **обеспечивают межклеточные контакты в многоклеточных организмах**. Так, в местах контакта двух животных клеток мембраны каждой из них способны образовывать складки или выросты. Они придают межклеточному соединению особые прочность и упругость, плотно связывая клетки (рис. 15.8, 1). Межклеточные контакты обеспечивают также особые структуры — **десмосомы**. Чаще всего их наблюдают в эпителиальных тканях. При этом мембраны двух

плазму. Так образуется покрытый мембраной пузырек (рис. 15.6, 1). К нему поступают ферменты, переваривающие захваченный объект. Так формируется **пищеварительная вакуоль**.

Пиноцитоз (от греч. *пино* — пью) — процесс поглощения клеткой жидкости вместе с растворенными в ней веществами. Процесс пиноцитоза напоминает фагоцитоз, но происходит большей частью за счет впячивания мембраны (рис. 15.6, 2).

Особая разновидность цитоза — **избирательный пиноцитоз** — состоит в том, что некоторые растворимые молекулы могут предварительно связываться с рецепторными белками в составе мем-

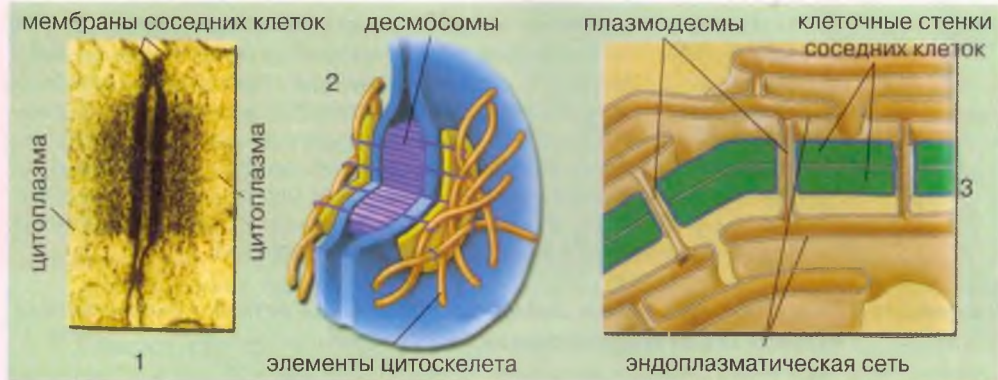


Рис. 15.8. Межклеточные контакты: 1 — тесные контакты между плазматическими мембранами клеток животных; 2 — контакты между соседними клетками животных с участием десмосом; 3 — контакты между клетками растений

клеток расположены параллельно одна другой и разделены пространством шириной 30 нм, в котором находится пластинка из плотного вещества (15.8, 2). Клетки растений соединены между собой благодаря наличию микроскопических межклеточных канальцев, устланных мембраной и заполненных цитоплазмой, - **плазмодесм** (рис. 15.8, 3).

Плазматические мембраны также участвуют в росте и делении клеток.

Ключевые термины и понятия. Жидкостно-мозаичная модель строения клеточных мембран, калий-натриевый насос, пиноцитоз, фагоцитоз.

Все клетки ограничены плазматической мембраной, которая обеспечивает обмен веществ с окружающей средой, а у многоклеточных организмов — взаимодействие клеток между собой.

Клеточные мембраны состоят из липидов, белков и углеводов. Молекулы липидов расположены в два слоя. Белки размещены мозаично: одни из них находятся на внешней или внутренней поверхностях мембран, другие погружены в толщу мембраны или проходят через нее. Мембранные углеводы образуют комплексы с молекулами белков или липидов. Современная модель строения биологических мембран получила название жидкостно-мозаичной.

Различные соединения, необходимые для жизнедеятельности клеток, а также продукты обмена веществ пересекают плазматическую мембрану с помощью механизмов пассивного или активного транспорта. Примером пассивного транспорта является диффузия. Активный транспорт через биологические мембраны связан со значительными затратами энергии и осуществляется с помощью калий-натриевого насоса или цитоза. Различают два основных вида цитоза: эндоцитоз и экзоцитоз.

Кратко
о
главном



Вопросы для самоконтроля

1. Из каких соединений состоят биологические мембраны? 2. Что собой представляет жидкостно-мозаичная модель строения биологических мембран? 3. Какие основные функции плазматической мембраны? 4. Как осуществляется транспорт веществ через плазматическую мембрану? 5. Какие виды цитоза вам известны? Что общего и отличного между этими процессами? 6. Благодаря чему плазматическая мембрана осуществляет сигнальную и защитную функции? 7. Какие формы контактов между соседними клетками известны у многоклеточных животных и растений?

Подумайте. Какое значение имеет подвижность молекул белков в биологических мембранах для осуществления их функций?

§. 16. НАДМЕМБРАННЫЕ И ПОДМЕМБРАННЫЕ КОМПЛЕКСЫ КЛЕТОК



Вспомните: какие структуры в клетках могут быть расположены над плазматической мембраной или под ней? Какие вещества относят к антибиотикам? Каковы строение пробки и сосудов растений?

• **Надмембранные комплексы клеток** состоят из структур, расположенных над плазматической мембраной. В частности, это клеточная стенка клеток растений, грибов и прокариот, а также гликокаликс животных клеток.

• **Строение клеточной стенки.** Вы уже знаете, что в клетках бактерий, грибов и растений плазматическая мембрана снаружи покрыта более или менее плотной **клеточной стенкой**. У растений она включает собранные в пучки нерастворимые в воде волокна полисахарида целлюлозы (рис. 16.1) и своеобразный каркас. В состав клеточной стенки растений входят и другие полисахариды, например пектин, гемицеллюлоза и др.

В зависимости от типа тканей и выполняемых ими функций в состав клеточной стенки растений могут входить и другие вещества: липиды, белки, неорганические соединения (SiO_2 , карбонаты и фосфаты кальция и т. п.). Например, оболочки клеток пробки или сосудов с возрастом просякаются жирорастворимым веществом суберином. Вследствие этого содержимое клетки отмирает, что способствует выполнению опорной или проводящей функций. Клеточные стенки способны одревесневать, когда промежутки между волокнами целлюлозы заполняет полисахарид лигнин, повышающий прочность стенок.

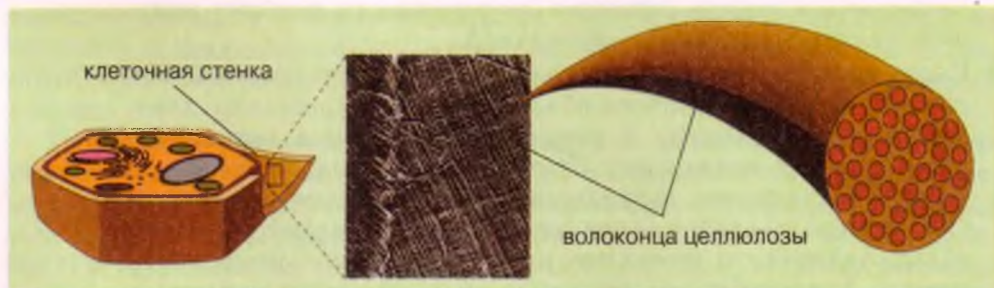
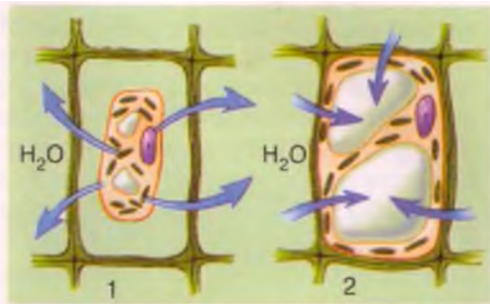


Рис. 16.1. Клеточная стенка растительной клетки



► **Рис. 16.2. 1. Явление плазмолиза:** при высокой концентрации солей во внеклеточной среде вода выходит из клетки, внутриклеточное давление уменьшается и цитоплазма отслаивается от клеточной стенки. **2. Явление деплазмолиза:** при низкой концентрации солей во внеклеточной среде вода поступает в клетку и внутриклеточное давление возрастает



У разных групп грибов основу клеточной стенки также составляют полисахариды. Кроме целлюлозы, это может быть азотсодержащий полисахарид **хитин** (вспомните животных, в состав внешнего скелета которых входит это вещество), гликоген и т. п. В состав клеточных стенок некоторых грибов могут входить темные пигменты (**меланины**) и другие соединения. Строение клеточных стенок прокариот вы изучите позже.

• **Функции клеточной стенки.** Основная функция клеточной стенки - **опорная** - поддержание формы клетки. Другая функция - **защитная** - защита внутреннего содержимого клетки от механических повреждений. Еще одна функция - **транспортная** - перемещение воды и других соединений в клетку и из нее.

Проницаемость клеточных стенок растений проявляется в явлениях плазмолиза и деплазмолиза (рис. 16.2). Например, если растительную клетку поместить в раствор с концентрацией солей более высокой, чем в цитоплазме, то вода будет выходить из клетки наружу. Это вызывает явление **плазмолиза** (от греч. *плазма* — лепка, образование и *лизис* — растворение) — отслоение пристеночного слоя цитоплазмы от клеточной стенки (рис. 16.2, 1). Если же клетку внести в раствор солей с более низкой концентрацией, чем в цитоплазме, то наблюдают обратный процесс: вода будет поступать в клетку, вследствие чего возрастет внутриклеточное давление. Этот процесс называют **деплазмолизом** (от лат. *де* - префикс, обозначающий отличие) (рис. 16.2, 2). Наблюдать явления плазмолиза и деплазмолиза учащиеся, изучающие биологию на академическом уровне, смогут самостоятельно, выполнив лабораторную работу № 4 (см. лабораторный практикум на с. 109).

Клеточная стенка имеет много мелких отверстий - пор, соединенных с подобными образованиями соседних клеток. Через них содержимое соседних клеток сообщается с помощью цитоплазматичних тяжей - плазмодесм (см. рис. 15.8, 3). Как вы помните, плазмодесмы расположены в окруженных плазматической мембраной канальцах, проходящих через оболочки клеток. Диаметр пор составляет 30-60 нм. По оси канальца проходит цилиндрическая трубка меньшего диаметра, соединенная с эндоплазматической сетью обеих клеток. Считают, что плазмодесмы служат для транспорта веществ непосредственно из клетки в клетку.

• **Гликокаликс.** Клетки животных не имеют твердой клеточной стенки; над их плазматической мембраной расположен **гликокаликс** (от лат. *гликис* - сладкий и *каллюм* - толстая кожа) (рис. 16.3). Этот поверхност-

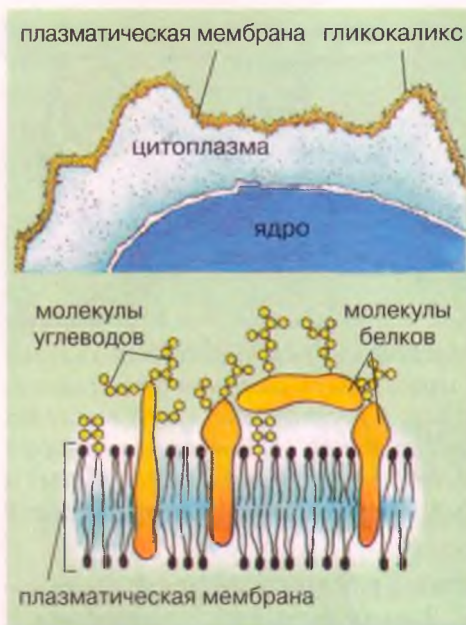


Рис. 16.3. Схема строения гликокаликса

ный слой толщиной в несколько десятков нанометров состоит из соединений белков и липидов с углеводами.

Гликокаликс обеспечивает непосредственную связь клеток с окружающей средой. В его состав входят рецепторные молекулы, способные воспринимать раздражители окружающей среды. Он также участвует в избирательном транспорте веществ (пропускает или не пропускает) молекулы, в зависимости от их размеров, заряда и т. п. Благодаря наличию ферментов гликокаликс может участвовать в примембранном пищеварении — расщеплении соединений, которые расположены снаружи вблизи поверхности клетки. В итоге клетка потребляет эти продукты расщепления. Кроме того, гликокаликс обеспечивает межклеточные связи у многоклеточных животных.

• **Подмембранные комплексы клеток.** К ним относятся разнообразные структуры белковой природы: микронити (микрофиламенты) и микротрубочки, которые образуют *цитоскелет* (рис. 16.4, 1). Цитоскелет выполняет опорную функцию, а также соединяет все компоненты клетки: ее поверхностный аппарат, структуры цитоплазмы, ядро. Элементы цитоскелета способствуют закреплению в определенном положении и перемещению оргanelл в клетке.

Микронити, или **микрофиламенты**, — тонкие нитевидные структуры, диаметром 4—7 нм, которые состоят из сократительных белков, преимущественно актина (рис. 16.4, 3). Они пронизывают цитоплазму и могут

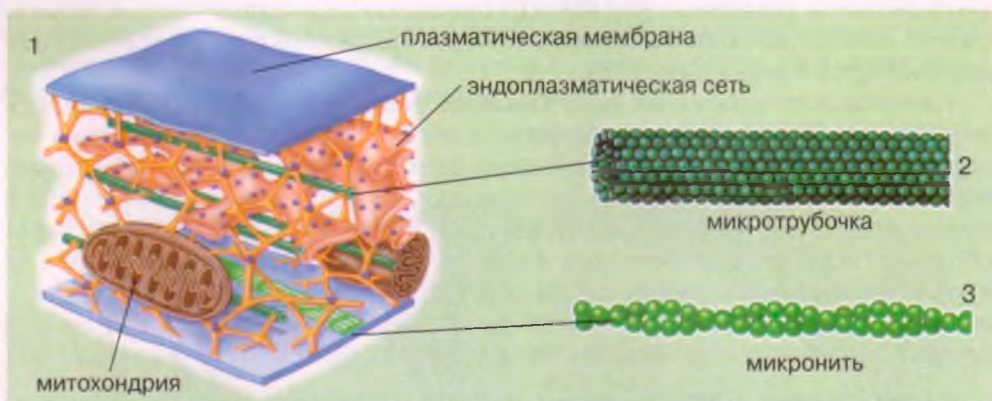


Рис. 16.4. Схема строения цитоскелета (1), микротрубочек (2) и микронитей (3)

образовывать сплетение под плазматической мембраной. Пучки микрофиламентов прикреплены одним концом к определенной структуре (например, плазматической мембране), а вторым - к другой (органелле и т.п.). Микрофиламенты участвуют в изменении формы клетки, например при амебоидном движении, процессах поступления в клетку и выводе из нее различных соединений. При делении некоторых клеток животных они образуют особое сократительное кольцо, разделяющее цитоплазмы дочерних клеток.

Микротрубочки — полые цилиндрические структуры диаметром 10-25 нм, образованные преимущественно белком тубулином (рис. 16.4, 2). Они участвуют в формировании веретена деления эукариотических клеток, входят в состав ресничек, жгутиков и т. п. Микротрубочки обеспечивают перемещение органелл и макромолекул в клетке. При этом пучки микротрубочек одним концом прикрепляются к одной структуре или молекуле, а вторым - к другой.

У некоторых одноклеточных животных структура цитоскелета усложнена. Например, у радиолярий сферическая капсула из органического вещества разделяет цитоплазму на внутреннюю и внешнюю части. Во внешней части содержатся жировые включения. Они уменьшают плотность содержимого клетки и облегчают «парение» этих организмов в толще воды. Во внутренней части цитоплазмы содержатся ядро и много других органелл. Кроме того, в цитоплазме находятся внутриклеточные структуры из неорганических веществ - SiO_2 или SrSO_4 . Они могут иметь вид дырчатых сфер, заключенных одна в другую, корон, радиально расположенных игл и т. п. (рис. 16.5). К ним прикреплены микронити, другим концом связанные с плазматической мембраной и способные к сокращению. Эти микронити регулируют плотность животных; во время шторма радиолярии опускаются вглубь, а в спокойную погоду питаются другими одноклеточными, в частности водорослями, вблизи поверхности.

В клетках многих одноклеточных животных (инфузорий, эвглен и т. п.) к подмембранным комплексам относится **пелликула** (от лат. *пеллис* — кожа). Она состоит из структур, расположенных в уплотненном внешнем слое цитоплазмы. Так, у инфузорий в состав пелликулы входят уплотненные цистерны из органического вещества, которые вместе образуют мозаичную структуру. Внутри таких цистерн могут находиться дополнительные опорные комплексы из белков или пропитанных карбонатом

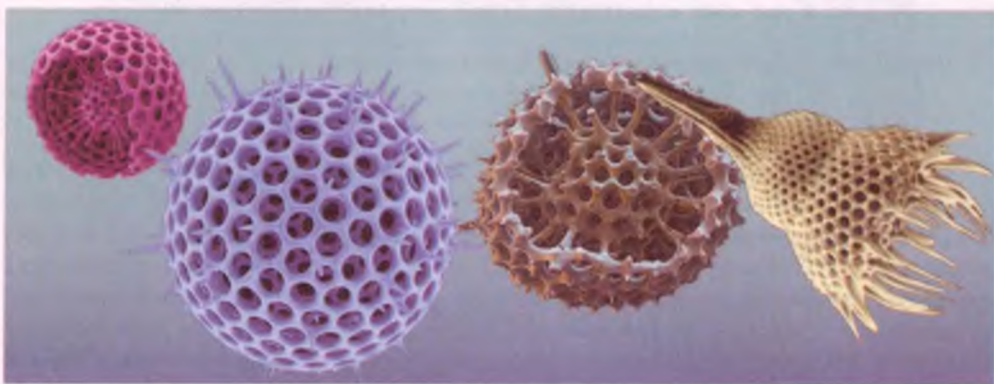


Рис. 16.5. Внутриклеточные скелеты радиолярий

кальция полисахаридных пластинок. Пелликула придает прочность оболочке клетки, обеспечивая относительное постоянство ее формы.

Важными функциями подмембранного комплекса клеток являются обеспечение цитоза, движения (образование псевдоподий) и т. п. При этом микротрубочки и микронити удлиняются или укорачиваются.

Ключевые термины и понятия. *Плазмолиз, деплазмолиз, гликокаликс, микрофиламенты, микротрубочки, пелликула.*

Кратко
о
главном

- ▶ Над плазматической мембраной расположен поверхностный аппарат. В клетках грибов и растений плазматическую мембрану снаружи окружает клеточная стенка. Клеточная стенка защищает внутреннее содержимое клетки и поддерживает ее форму. Через нее осуществляется транспорт воды и других соединений.
- ▶ Надмембранные комплексы клеток животных представлены гликокаликсом. Он обеспечивает связь клетки с окружающей средой и между клетками у многоклеточных животных.
- ▶ К подмембранным комплексам относится цитоскелет, образованный из белковых структур - микронитей (микрофиламентов) и микротрубочек. Элементы цитоскелета способствуют закреплению органелл в определенном положении или их перемещению.



Вопросы для
самоконтроля

1. Что такое клеточная стенка? Каковы ее функции? 2. Какие особенности строения клеточной стенки у растений и грибов? 3. Что такое плазмолиз и деплазмолиз? 4. Что такое гликокаликс? Каковы его функции? 5. Что такое цитоскелет? Каковы его функции? 6. Что такое пелликула? Какое ее значение?

Подумайте.

1. Что общего и отличного в строении и функциях клеточной стенки и гликокаликса? 2. Одноклеточная водоросль хламидомонада и представитель одноклеточных животных эвглена зеленая имеют много общих особенностей строения клетки и процессов жизнедеятельности. Какие именно признаки позволяют отнести хламидомонаду к царству Растения, а эвглену зеленую - к царству Животные?

§ 17. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ЯДРА КЛЕТОК ЭУКАРИОТ. НУКЛЕОИД ПРОКАРИОТ



Вспомните: какие функции ядра? Что такое ген? Каковы строение и функции нуклеиновых кислот? Что изучает наука систематика? Какие белки называют глобулярными, а какие - фибриллярными?

● **Ядерные и безъядерные клетки эукариот.** Вам уже известно, что ядро - обязательная составляющая всякой эукариотической клетки, в нем сохраняется наследственная информация. Ядро регулирует процессы жизнедеятельности клеток. Лишь некоторые типы клеток эукариот лишены ядра. Это, в частности, тромбоциты и эритроциты большинства млекопитающих, ситовидные трубки высших растений. В таких клетках ядро формируется на начальных этапах развития, а потом разрушается. Потеря ядра сопровождается утратой способности клетки к размножению (делению).

В клетках обычно есть лишь одно ядро, но некоторые клетки содержат от двух до нескольких тысяч ядер (инфузории, фораминиферы, некоторые водоросли, грибы, истерченные мышечные волокна и т. п.).

Зачем некоторым клеткам необходимо не одно ядро, а несколько или много? Дело в том, что каждому типу клеток присуще определенное постоянное соотношение между объемами ядра и цитоплазмы (**ядерно-цитоплазматическое соотношение**). Ведь ядро определенного объема может обеспечивать процессы биосинтеза белков лишь в соответствующем объеме цитоплазмы.

Поэтому в клетках больших размеров или с повышенной интенсивностью обмена веществ часто находится от двух до нескольких тысяч ядер.



Рис. 17.1. Строение ядра

• **Строение ядра.** Форма ядра достаточно разнообразна. Чаще всего она сферическая или эллипсовидная, реже - неправильная (например, у некоторых типов лейкоцитов ядра имеют отростки). Размеры ядер варьируют от 1 мкм (некоторые одноклеточные животные, водоросли) до 1 мм (яйцеклетки некоторых рыб и земноводных).

Ядро состоит из поверхностного аппарата и внутренней среды (матрикса) (рис. 17.1). **Поверхностный аппарат ядра** образован двумя мембранами — внешней и внутренней, между которыми находится заполненное жидкостью щелевидное пространство шириной от 20 до 60 нм. В некоторых местах внешняя мембрана соединена с внутренней вокруг микроскопических отверстий - **ядерных пор** (рис. 17.2) диаметром около 100 нм.



Рис. 17.2. Поверхностный аппарат ядра: 1 – микрофотография, сделанная с помощью сканирующего микроскопа (видны ядерные поры); 2 – схема строения

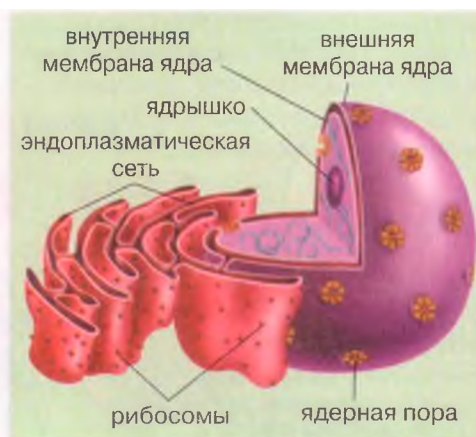


Рис. 17.3. Функциональная связь ядра с другими мембранными органеллами



Рис. 17.4. 1. Хромосомы человека (фотография сделана с помощью сканирующего микроскопа).
2. Разные состояния хроматина

Отверстие поры заполнено особыми глобулярными (шаровидными) или фибриллярными (нитчатыми) белковыми структурами. Среди них обязательно имеется белок-рецептор, способный реагировать на проходящие через пору вещества. Совокупность пор и таких белков называют **комплексом ядерной поры**.

Поверхностный аппарат обеспечивает регуляцию транспорта веществ внутрь ядра и из него наружу через комплекс ядерной поры. Он, например, распознает и сортирует эти соединения. Из цитоплазмы в ядро поступают белки, а из ядра в цитоплазму - разные типы молекул РНК. Поверхностный аппарат ядра функционально связан с мембранами эндоплазматической сети (рис. 17.3). На поверхности внешней ядерной мембраны может быть расположено много рибосом.

Ядерный матрикс - внутренняя среда ядра - состоит из ядерного сока, ядрышек и нитей хроматина. **Хроматин** (от греч. *хроматос* - краска) - нитевидные структуры ядра, образованные в основном из белков и нуклеиновых кислот (рис. 17.4). Участки хроматина неоднородны. Те из них, которые постоянно находятся в уплотненном состоянии, называют **гетерохроматином**. Они хорошо окрашиваются разными красителями и в период между делениями клетки заметны в световой микроскоп. Неокрашенные, менее уплотненные участки получили название **эухроматин**. Считается, что в них находится основная масса генов. Во время деления клетки нити хроматина уплотняются и из них формируются компактные тельца — **хромосомы** (от греч. *хроматос* и *сома* — тельце) (рис. 17.4).

Ядерный сок (кариоплазма, или нуклеоплазма) по строению и свойствам напоминает цитоплазму. В кариоплазме есть белковые фибрил-

лы (нити) 2-3 нм толщиной. Они образуют особый внутренний скелет ядра, который соединяет различные структуры: ядрышки, нити хроматина, ядерные поры и т. п. Белки матрикса обеспечивают определенное пространственное расположение хромосом, а также влияют на их активность.

Ядрышки - плотные структуры, состоящие из комплексов РНК с белками, хроматина и гранул — предшественников рибосом (см. рис. 17.1). В ядре может быть от одного до многих ядрышек (например, в яйцеклетках рыб), которые формируются на особых участках хромосом. Во время деления клетки ядрышки исчезают вместе с ядерной оболочкой, а в период между двумя делениями - формируются снова. Функции ядрышек заключаются в образовании рРНК и предшественников рибосом, которые после формирования поступают в цитоплазму.

• **Функции ядра.** Вы уже знаете, что ядро сохраняет наследственную информацию и обеспечивает ее передачу от материнской клетки дочерним. Кроме того, оно является своеобразным центром управления процессами жизнедеятельности клетки, в частности регулирует процессы биосинтеза белков. Здесь информация о структуре белков переписывается с молекул ДНК на молекулы иРНК. Затем эта информация поступает к месту синтеза белков: на мембраны зернистой эндоплазматической сети или в цитоплазму. В ядре образуются компоненты (субъединицы) рибосом, непосредственно участвующие в биосинтезе белков. Таким образом, благодаря реализации наследственной информации, закодированной в молекуле ДНК, ядро регулирует происходящие в клетке биохимические, физиологические и морфологические процессы.

Ведущую роль ядра в передаче наследственной информации иллюстрирует опыт на зеленых одноклеточных водорослях - **ацетабуляриях**, которые по форме похожи на плодовое тело шляпочного гриба (рис. 17.5). Клетка имеет высокую «ножку», в основе которой находится ядро, а на верхушке - диск в виде шляпки. Различные виды ацетабулярий различаются по форме «шляпки».

Экспериментально сращивали центральную часть «ножки» представителя одного вида ацетабулярий, лишенную «шляпки», с нижней частью «ножки» особи другого вида, где расположено ядро. У такого искусственно созданного организма формировалась «шляпка», присущая тому виду водоросли, которому принадлежала часть ножки с ядром, а не тому, которому принадлежала средняя безъядерная ее часть (рис. 17.5). Подобные результаты получены и в опытах на клетках животных. Например, из яйцеклетки лягушки удаляли ядро и вместо него пересаживали ядро из оплодотворенной яйцеклетки тритона. Вследствие этого развивался зародыш тритона, а не лягушки. Эти опыты - часть исследований в области клеточной технологии (цитотехнологии).

У некоторых одноклеточных животных, а именно инфузорий и фораминифер, есть ядра двух типов: **генеративные** и



Рис. 17.5. Опыт с ацетабулярией (назовите его основные этапы)

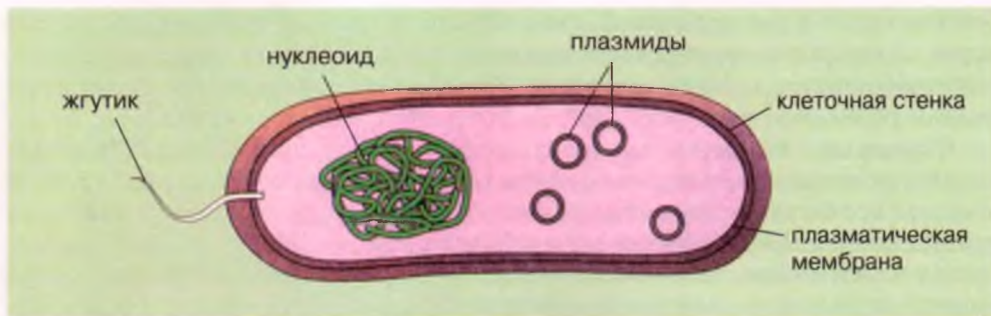


Рис. 17.6. Наследственный материал бактериальной клетки

вегетативные. Ядра первого типа обеспечивают сохранение и передачу наследственной информации дочерним клеткам, второго - регулируют процессы биосинтеза белков.

Наследственная информация, которая сохраняется в ядре, может изменяться вследствие мутаций (от лат. мутацио - изменение). **Мутации** - внезапно возникающие стойкие изменения генетического материала, которые могут приводить к изменениям наследственных признаков организма. Мутации обеспечивают наследственную изменчивость, без которой была бы невозможна эволюция организмов - обитателей нашей планеты. Напомним, что **эволюция** (от лат. эволюцио - развертывание) - процесс необратимых изменений строения и функций живых существ на протяжении их исторического существования. Основным следствием эволюционного процесса является приспособленность организмов к условиям обитания.

• **Наследственный материал клеток прокариот.** Мы уже упоминали, что клетки прокариот не имеют сформированного ядра. Их наследственный материал не отделен от цитоплазмы мембранной оболочкой и представлен кольцевой молекулой ДНК.

ДНК прокариот не связана с ядерными белками. Типичных хромосом, которые в клетках эукариот расположены в ядре, у прокариот нет. Участок цитоплазмы, где расположен наследственный материал прокариот, имеет название **ядерная зона**, или **нуклеоид** (рис. 17.6).

В цитоплазме клеток многих бактерий наряду с нуклеоидом присутствуют кольцевые молекулы ДНК - **плазмиды** (от греч. *плазма* - вылепленное, оформленное) (рис. 17.6). Их еще называют **вне хромосомными дополнительными факторами наследственности**. От набора плазмид зависит способность прокариот приспосабливаться к изменениям окружающей среды. Например, от наличия или отсутствия определенных генов в составе плазмид зависит устойчивость к определенным антибиотикам. Плазмиды также обнаружены в клетках эукариот в составе митохондрий и пластид.

Ключевые термины и понятия. Ядро, ядрышко, хроматин, хромосомы, нуклеоид, плазмиды.

Ядро — обязательная составляющая всякой эукариотической клетки, где хранится наследственная информация. Ядро состоит из поверхностного аппарата и внутренней среды (матрикса). Поверхностный аппарат образован двумя мембранами - внешней



и внутренней, между которыми есть щель шириной 20-60 нм. В некоторых местах внешняя мембрана соединена с внутренней вокруг отверстий - ядерных пор. Ядерный матрикс состоит из ядерного сока, ядрышек и нитей хроматина.

Кратко о главном

▶ Хроматин - нитевидные структуры ядра, образованные в основном из белков и нуклеиновых кислот. Во время деления клетки нити хроматина уплотняются и из них формируются хромосомы.



Вопросы для самоконтроля

1. Из чего состоит поверхностный аппарат ядра? 2. Что такое комплекс ядерной поры? Каковы его функции? 3. Что собой представляет матрикс ядра? 4. Что такое хроматин? 5. Какое строение и функции ядрышек? 6. Что вы знаете о функциях ядра в клетке?

Подумайте. Почему эукариотические клетки, потерявшие ядро, неспособны к делению?

§ 18. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КАРИОТИПА РАЗНЫХ ОРГАНИЗМОВ

Вспомните: какие хромосомные наборы неполовых и половых клеток человека? Какие растения называют однодомными и двудомными?

В предыдущем параграфе мы упоминали, что основными структурами ядра, содержащими генетический материал, являются хромосомы. Ознакомимся с их строением.

• **Строение хромосом.** Заметить хромосомы, подсчитать их количество и рассмотреть особенности с помощью микроскопа возможно лишь во время деления клетки. В период между последовательными делениями хромосомы раскручиваются и приобретают вид нитей хроматина.

Основу хромосомы составляет двойная молекула ДНК, связанная с ядерными белками (рис. 18.1). Кроме того, в состав хромосом входят РНК и ферменты.

Молекулы ДНК в хромосомах расположены в определенном порядке. Ядерные белки образуют особые структуры - **нуклеосомы**, вокруг которых как бы накручены нити ДНК. Каждая нуклеосома состоит из восьми белковых глобул. Кроме того, особые белки связывают нуклеосомы друг с другом. Такая организация обеспечивает компактное размещение молекул ДНК в хромосомах, поскольку длина этих молекул в развернутом состоянии значительно превышает длину хромосом. Например, длина хромосом

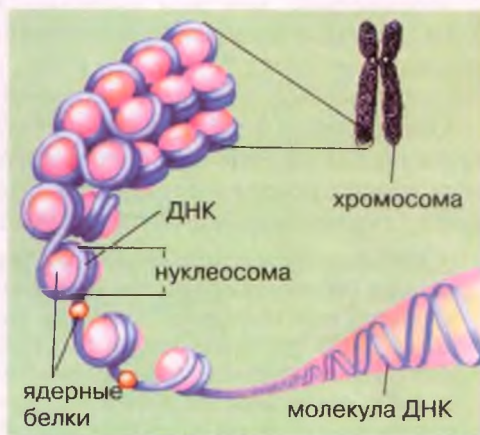


Рис. 18.1. Взаимодействие ядерных белков и молекул ДНК в составе нити хроматина



Рис. 18.2. 1. Фотография хромосомы, сделанная при помощи электронного микроскопа. 2. Схема строения хромосомы

во время деления клетки в среднем составляет 0,5-1,0 мкм, а развернутых молекул ДНК - несколько сантиметров. Такая упаковка молекулы ДНК позволяет эффективно управлять процессами биосинтеза белков и собственного удвоения, защищает от повреждений во время деления клетки.

Каждая хромосома состоит из двух продольных частей - **хроматид**, соединенных между собой в месте, названном зоной первичной перетяжки (рис. 18.2). Она разделяет хромосомы на два участка - **плечи**. Если перетяжка расположена посередине длины хромосомы, то плечи имеют практически одинаковые размеры. А если она сдвинута к одному из концов хромосомы, то плечи отличаются по длине. В зоне пер-

вичной перетяжки имеется участок особого строения, который соединяет сестринские хроматиды - **центромера**. Здесь формируются белковые структуры - **кинетохоры** (от греч. **кинео** - двигаюсь и **хорео** - иду вперед). Во время деления клетки к кинетохору присоединяются нити веретена деления, что обеспечивает упорядоченное распределение хромосом или отдельных хроматид между дочерними клетками. Некоторые хромосомы имеют еще и вторичную перетяжку, где расположены гены, отвечающие за образование ядрышек.

Каждая из хроматид содержит по молекуле ДНК со сходными наборами наследственной информации. Во время деления клетки хроматиды расходятся к дочерним клеткам, а в период между двумя делениями число хроматид снова удваивается. Это происходит благодаря способности молекул ДНК к самоудвоению.

Хромосомы, как вам известно, содержат гены - участки молекулы ДНК, которые несут закодированную информацию (**генетический код**) о строении молекул белка или РНК. Участок, занимающий определенный ген в хромосоме, называют **локусом** (от лат. **локус** — место).

Определение всех локусов в составе хромосомы позволило создать **генетические карты хромосом** организмов разных видов (рис. 18.3). На этих картах показан порядок расположения и относительные расстояния между генами в определенной хромосоме.

Для некоторых организмов (например, дрозофилы, кукурузы) уже созданы полные генетические карты всех хромосом. Генетические карты 23 хромосом человека еще неполные. Считают, что количество генов человека, определяющих все его признаки, достигает 30 000. Генетические карты позволяют исследователям изменять наследственную информацию различных организмов: удалять одни гены, встраивать другие, заимствованные у особей того же или других видов. Этим занимается особая область биологии - **генная, или генетическая, инженерия**.

• **Особенности организации кариотипа различных организмов.** Кариотип каждого вида животных, растений, грибов имеет определенный набор



Рис. 18.3. Генетические карты хромосом дрозофилы

хромосом. Совокупность признаков хромосомного набора (количество хромосом, их форма и размеры) называют **кариотипом** (от греч. **карион** - ядро ореха и **типос** - форма) (рис. 18.4). Каждому виду присущ особый уникальный кариотип. Например, в неполовых клетках мухи-дрозофилы всего 8 хромосом (4 пары), человека - 46 (23 пары), у морских одноклеточных животных радиолярий — до 1600.

Постоянность кариотипа обеспечивает существование видов. Специфический кариотип особей одного вида дает им возможность спариваться между собой и производить жизнеспособных потомков. При спаривании особей разных видов потомство не появляется вообще или же оно нежизнеспособно или бесплодно.

Хромосомный набор ядра может быть гаплоидным, диплоидным или полиплоидным. В **гаплоидном** (от греч. **гаплоос** — одиночный, **плоос** — кратный и **ейдос** - вид) **наборе** (его условно обозначают $1n$) все хромосомы по строению отличаются одна от другой. Вместе с тем в **диплоидном** (от греч. **диплоос** - двойной) **наборе** ($2n$) каждая хромосома имеет парную, подобную по размерам и особенностям строения; их называют **гомологическими** (от греч. **гомология** - соответствие). Соответственно хромосомы, которые относятся к разным парам, не гомологичны друг другу.

Если же количество гомологических хромосом превышает две, то такие хромосомные наборы относят к **полиплоидному** (от греч. **полис** - многочисленный): триплоидному ($3n$), тетраплоидному ($4n$) и т. д.



Рис. 18.4. Кариотипы разных животных: 1 – жуки; 2 – курицы; 3 – кошки; 4 – саламандры

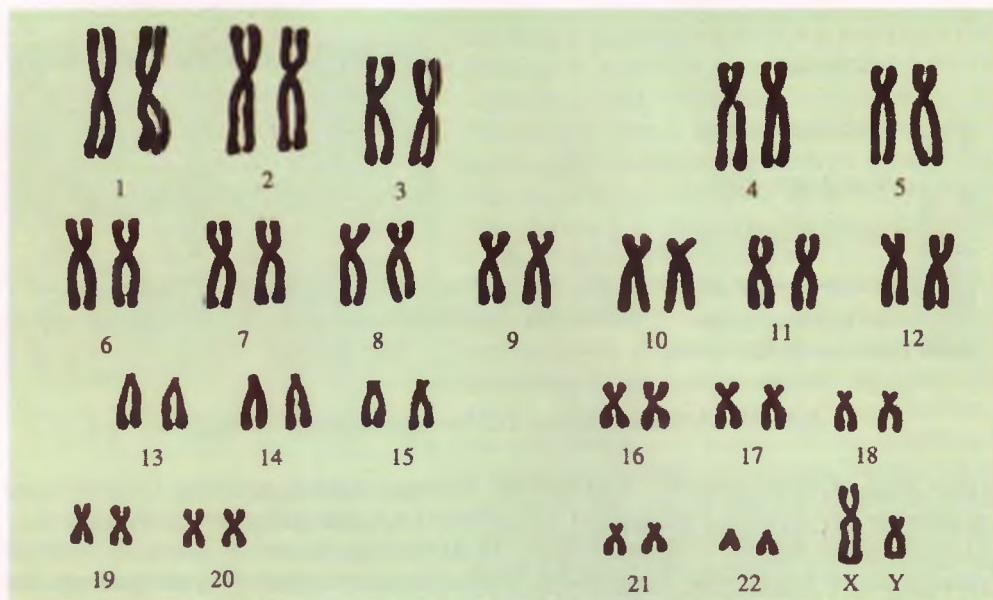


Рис. 18.5. Кариотип человека (мужчины)

У раздельнополых животных и двудомных растений у особей одного пола хромосомы одной из пар различаются между собой, тогда как у особей другого - они подобны. Это половые хромосомы, которые еще называют **гетерохромосомами** (от греч. *гетерос* - другой). Хромосомы других пар, подобные у особей разных полов, называют неполовыми, или **аутосомами** (от греч. *аутос* - сам). Так, в хромосомном наборе женщины две **X-хромосомы**, а мужчины - одна **X-хромосома** и одна **Y-хромосома** (мал. 18.5). Естественно, если аутосомы имеют подобный набор генов, то в X- и Y-хромосомах он разный.

У мух и млекопитающих разные половые хромосомы имеют особи

мужского пола, а вот у оооочек, пресмыкающихся и птиц, наоборот, - женского. У некоторых животных особи разных полов имеют разное количество половых хромосом. Так, самки кузнечиков (класс Насекомые) имеют 2 половые хромосомы, тогда как самцы - лишь одну (рис. 18.6).

В ядрах отдельных клеток личинок двукрылых насекомых, некоторых инфузорий и растений (пшеница, лук и т. п.) встречаются хромосомы гигантских размеров, которые в сотни раз превышают размеры обычных. Это происходит потому, что в них многократно увеличенное количество молекул ДНК, иногда в 1000 раз, что служит видовым признаком.

	Самка	Самец
человек	XX	XY
дрозофила	XX	XY
утка	XY	XX
кузнечик	XX	XO
пчела	диплоидный (2n)	гаплоидный (1n)

Рис. 18.6. Кариотипы особей разных полов у определенных групп животных

• **Изменения кариотипа и его последствия. Значение исследования кариотипа.** Кариотип может изменяться вследствие мутаций. Мутантные особи (мутанты) часто неспособны скрещиваться с теми, которые имеют нормальный кариотип, и оставлять плодовитых потомков. Кроме того, изменения хромосомного набора могут вызывать различные заболевания. В качестве примера можно привести болезнь Дауна. Мы уже упоминали, что человек имеет 23 пары хромосом. Каждой паре хромосом исследователи присвоили определенный порядковый номер, например хромосомы 1-й пары, 2-й пары и т. п. (рис. 18.5). Если у человека хромосом 21-й пары становится три (вместо двух), у него проявляется болезнь Дауна. У больных снижается умственное развитие, продолжительность жизни у них небольшая (обычно не больше 30 лет), размеры головы уменьшены, лицо плоское, разрез глаз косой и т. п. Несмотря на эти недостатки, такие дети отличаются доброжелательностью и послушанием.

Появление третьей хромосомы в 8-й паре тоже приводит к нарушениям, однако не таким значительным (косоглазие, укороченные пальцы, увеличенные размеры ушей, носа, незначительная умственная отсталость и др.). Встречаются мутации, при которых количество хромосом не увеличивается, а, наоборот, уменьшается. У человека зародыши, которые имеют хромосомный набор 44 аутосомы и лишь одну X-хромосому (вместо двух), развиваются в женский организм со значительными нарушениями строения и жизненных функций (укороченная шея с крыловидной складкой кожи, нарушение формирования костей, кровеносной системы, половые железы не развиты). Следовательно, степень и характер нарушений зависят от того, в какой именно паре произошли изменения количества хромосом.

Таким образом, исследование кариотипа человека имеет значение для диагностики его наследственных заболеваний. В частности, оно позволяет диагностировать много наследственных заболеваний даже на ранних этапах развития (болезнь Дауна и проч.). Строение кариотипа учитывают в систематике организмов для распознавания близких по строению видов (так называемых видов-двойников). Это связано с тем, что даже у близких видов хромосомные наборы всегда отличаются или количеством хромосом, или особенностями их строения. По другим структурным признакам виды-двойники различить трудно или вообще невозможно.

Например, два близких вида хомяков (китайский и даурский) очень подобны по строению и отличаются лишь набором хромосом (соответственно 22 и 20 в диплоидном наборе) (рис. 18.7). Примеры видов-двойников известны среди насекомых, земноводных, пресмыкающихся и т. п.

Кроме того, изучение кариотипа позволяет устанавливать степень исторического родства между организмами. Ведь чем подобнее кариотипы двух видов, тем эти организмы ближе по происхождению.

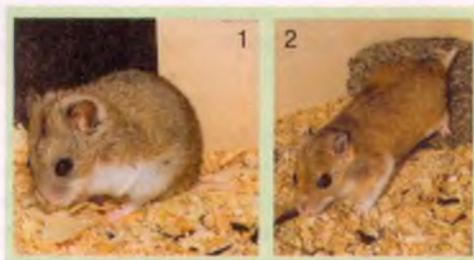


Рис. 18.7. Китайский (1) и даурский (2) хомяки

Ключевые термины и понятия. Хроматиды, кариотип, аутосомы, гетерохромосомы.

Каждая хромосома состоит из двух хроматид.

Клетки каждого вида эукариот имеют свой особый набор хромосом - кариотип.

Хромосомы, подобные по строению и набору генов, называют гомологичными, а те, что отличаются по этим показателями — негомологичными. Исключение составляют лишь половые хромосомы, которые у представителей разных полов каждого вида различаются размерами и особенностями строения. Их называют гетерохромосомами, в отличие от неполовых - аутосом.

Исследование кариотипа важно для диагностики наследственных заболеваний (у человека), для распознавания близких по строению видов (видов-двойников).

Кратко
о
главном



Вопросы для самоконтроля

1. Что называют кариотипом? Чем он характеризуется? 2. Каковы строение и функции хромосом? 3. Какие хромосомы называют половыми? 4. Какие хромосомы называют гомологичными? 5. Какое значение имеет исследование хромосомного набора ядра человека и других организмов? 6. Чем отличаются носители наследственного материала прокариот и эукариот?

Подумайте. Почему само существование видов зависит от стабильности их кариотипов?

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

СТРОЕНИЕ КЛЕТОК ПРОКАРИОТ И ЭУКАРИОТ

Цель: изучить особенности строения клеток прокариот и эукариот; научиться распознавать на схемах, постоянных микропрепаратах, микрофотографиях прокариотические и эукариотические клетки.

Оборудование и материалы: микроскопы, предметные и покровные стекла, пинцеты, стеклянные и деревянные палочки, препаровочные иглы; постоянные микропрепараты бактерий, эпителия ротовой полости, кожицы лука, гифов гриба муко́ра; электронно-микроскопические фотографии клеток бактерий, животных, растений и грибов.

Ход работы

1. Подготовьте микроскоп к работе.
2. При малом увеличении микроскопа на постоянных микропрепаратах найдите клетки бактерий, грибов, растений, животных.
 3. При отсутствии постоянных микропрепаратов изготовьте временные:
 - а) стерилизованной стеклянной или деревянной палочкой снимите с поверхности зубов налет возле десен, перенесите его на предметное стекло и накройте покровным;



- б) изготовьте препарат эпителия ротовой полости в капле слюны, для чего проведите стеклянной палочкой по внутренней поверхности щеки, перенесите мазок на предметное стекло;
 - в) изготовьте препарат кожицы мясистой чешуи лука, для чего перенесите кожицу в каплю воды на предметном стекле и накройте покровным;
 - г) соберите с куска хлеба или овощей плесень белого цвета - грибницу муко-ра; разместите ее на предметном стекле и накройте покровным.
4. Рассмотрите при большом увеличении микроскопа клетки бактерий, грибов, растений и животных. Сравните особенности их строения.
 5. Рассмотрите электронно-микроскопические фотографии клеток бак-терий, грибов, растений и животных. Найдите клеточную стенку, плазматическую мембрану, ядро, эндоплазматическую сеть, комплекс Гольджи, митохондрии, пластиды, вакуоли.
 6. Сделайте выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ЯВЛЕНИЯМИ ПЛАЗМОЛИЗА И ДЕПЛАЗМОЛИЗА В КЛЕТКАХ РАСТЕНИЙ

(выполняют учащиеся академического уровня обучения)

Цель: наблюдать движение цитоплазмы в клетках растений; исследовать явления плазмолиза и деплазмолиза.

Оборудование и материалы: световые микроскопы, предметные и покровные стекла, пинцеты, препаровочные иглы, фильтровальная бумага, дистиллиро-ванная вода, 9 %-й водный раствор хлорида натрия, мясистая чешуя лука или лист элодеи.

Ход работы

1. Подготовьте микроскоп к работе.
2. Изготовьте временный микропрепарат живых клеток кожицы сочной чешуи луковичы или листа элодеи, поместите их в каплю воды на предметное стекло и накройте покровным стеклом.
3. Рассмотрите препарат при малом увеличении микроскопа, выберите уча-сток с живыми клетками. При большом увеличении микроскопа просле-дите за движением цитоплазмы и хлоропластов (при необходимости подо-грейте препарат до $+38...40^{\circ}\text{C}$, вводя под покровное стекло теплую воду).
4. Замените воду под покровным стеклом раствором хлорида натрия: с одной стороны стекла введите раствор соли, а у другого (для удаления воды из-под покровного стекла) приложите фильтровальную бумагу. Проследите за явлением плазмолиза - отслоением цитоплазмы от кле-точной стенки.
5. После завершения плазмолиза замените раствор хлорида натрия под покровным стеклом дистиллированной водой. Для этого с одной сторо-ны покровного стекла введите дистиллированную воду, а с другой, чтобы удалить раствор хлорида натрия, приложите фильтровальную бумагу. Проследите за явлением деплазмолиза - восстановлением объема цитоплазмы.
6. Сделайте выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ И УЛЬТРАМИКРОСКОПИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЯДРА

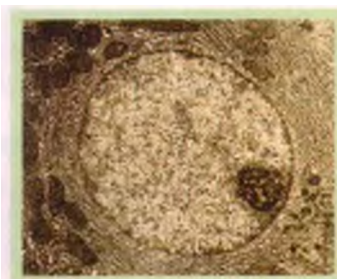
(выполняют учащиеся академического уровня обучения)

Цель: ознакомиться с особенностями строения ядра; научиться распознавать на схемах, постоянных микропрепаратах, микрофотографиях структуры ядер.

Оборудование, материалы и объекты исследования: микроскопы, предметные и покровные стекла, препаровочные иглы, пинцеты; фильтровальная бумага; постоянные микропрепараты яйцеклетки.

Ход работы

1. При малом увеличении микроскопарассмотрите постоянный микропрепарат яйцеклетки.
2. Найдите на препарате большие округлые яйцеклетки, окруженные мелкими фолликулярными клетками с удлинёнными ядрами, окрашенными в сине-фиолетовый цвет.
3. Обратите внимание на цитоплазму яйцеклетки, окрашенную в розовый цвет.
4. Найдите большое ядро, расположенное в центре клетки.
5. Обратите внимание на многочисленные ядрышки разного размера внутри ядра, окрашенные в темно-фиолетовый цвет.
6. Зарисуйте яйцеклетку, указав на рисунке ее оболочку, цитоплазму, ядро, ядрышки.
7. Рассмотрите электронно-микроскопические фотографии ядра и найдите отдельные детали строения.
8. Сделайте выводы.



Микроскопическое строение ядра

ТЕСТ НА ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗНАНИЙ

I. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ПРАВИЛЬНЫЙ

1. Укажите соединения, из которых в основном состоит плазматическая мембрана: а) белки и углеводы; б) углеводы и липиды; в) белки и липиды; г) липиды и минеральные соли.
2. Укажите организмы, клетки которых способны к фагоцитозу: а) бактерии; б) грибы; в) растения; г) животные.
3. Назовите организмы, в состав клеточной оболочки которых входит гликокаликс: а) бактерии; б) грибы; в) растения; г) животные.
4. /кажите соединения, из которых в основном состоят хромосомы: а) белки и липиды; б) белки и ДНК; в) белки и РНК; г) липиды и РНК.
5. Назовите фамилию ученого, который предложил термин «клетка»: а) Р. Гук; б) Т. Шванн; в) М. Шлейден; г) Р. Вирхов.

II. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ДВА ПРАВИЛЬНЫХ

1. Назовите организмы, в клетках которых есть вегетативные и генеративные ядра: а) дрожжи; б) улотрикс; в) фораминиферы; г) инфузории.
2. Назовите клетки, которые не имеют ядер: а) эритроциты большинства млекопитающих; б) клетки эпителия; в) лейкоциты; г) тромбоциты млекопитающих.



3. Назовите организмы, клетки которых имеют ядро: а) цианобактерии; б) пеницилл; в) мукор; г) кишечная палочка.
4. Назовите структуры, расположенные внутри ядра: а) субъединицы рибосом; б) нити хроматина; в) плазмиды; г) митохондрии.
5. Назовите механизмы пассивного транспорта веществ в клетку: а) диффузия; б) изменение пространственной структуры белков, пронизывающих мембрану; в) калий-натриевый насос; г) фагоцитоз.
6. Назовите свойства плазматической мембраны: а) полупроницаемость; б) способность к самообновлению; в) жесткость; г) способность синтезировать собственные белки.

III. ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

1. Определите принадлежность хромосом к тем или иным типам.

Типы хромосом	Названия хромосом
А Подобны по размерам и строению Б Отличаются по размерам и строению В Половые Г Неполовые	1 Гетерохромосомы 2 Аутосомы 3 Политенные 4 Гомологичные 5 Негомологичные

2. Определите соответствие оргanelл и структур клетки группам организмов, в которых они представлены.

Группы организмов	Оргanelлы и структуры
А Эритроциты большинства млекопитающих Б Цианобактерии У Клетки кожицы растений Г Клетки инфузорий	1 Ядра не дифференцированы на вегетативные и генеративные 2 Отсутствие ядра в созревших клетках 3 Нуклеоид 4 Ядра вегетативные и генеративные 5 Ситовидные пластинки

3. Установите соответствие между фамилиями ученых и их вкладом в развитие цитологии.

Фамилии ученых	Вклад в развитие цитологии
А Р. Гук Б А. ван Левенгук В Т. Шванн Г И. Мечников	1 Открыл явление фагоцитоза 2 Открыл явление пиноцитоза 3 Предложил термин «клетка» 4 Открыл и описал клетки бактерий 5 Заложил основы клеточной теории

IV. ВОПРОСЫ ПОВЫШЕННОЙ сложности

1. Как отсутствие ядра влияет на свойства клетки? Ответ обоснуйте.
2. Чем можно объяснить то, что некоторые эукариотические клетки лишены ядра? Приведите примеры таких клеток.
3. Какое значение имеет изучение кариотипов организмов для систематики? Ответ обоснуйте.
4. Что общего и отличного между наследственным материалом клеток прокариот и эукариот?
5. Что общего и отличного между процессами пиноцитоза и фагоцитоза? Клетки каких организмов могут осуществлять эти процессы?
6. Какая связь существует между поступлением воды в клетку и поддержанием ее формы? Ответ обоснуйте.

ТЕМА 2. ЦИТОПЛАЗМА КЛЕТОК

- Строение и функции цитоплазмы;
- строение и функции одномембранных и двухмембранных органелл;
- гипотезы происхождения эукариотических клеток и отдельных их органелл;
- значение двухмембранных органелл в синтезе веществ и превращениях энергии в клетке, обеспечении вне-ядерной наследственности.

§ 19. ЦИТОПЛАЗМА. КЛЕТОЧНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ



Вспомните: какие основные компоненты клеток эукариот вам известны? Что такое цитоз, золь и гель?

Как вам известно, внутреннее содержимое клетки, за исключением ядра, называют цитоплазмой. Ее основой служит неоднородный коллоидный раствор - цитозоль, или гиалоплазма, в котором находятся разнообразные органеллы, включения и цитоскелет. Цитоплазма как внутренняя среда клетки характеризуется относительным постоянством строения и свойств.

• **ЦИТОЗОЛЬ И ЕГО функции.** Цитозоль (от греч. *китос* - клетка и нем. *золь* - коллоидный раствор), или *гиалоплазма* (от греч. *гиалос* - стекло и *плазма* - вылепленное, сформированное), - часть цитоплазмы, которая представляет собой бесцветный коллоидный раствор органических и неорганических веществ. Из органических соединений в цитозоле имеются белки, аминокислоты, моно-, олиго- и полисахариды, липиды, различные типы РНК и т. п., а из неорганических - катионы металлов (в частности, Ca^{2+} , K^+ , Na^+), анионы угольной и фосфорной кислот, Cl^- и др. В цитозоле между структурами цитоскелета расположены разнообразные органеллы и клеточные включения.

Цитозоль может находиться в жидком (*золь*) или вязком (*гель*) состояниях. Так, в клетках животных внешний слой цитоплазмы (*эктоплазма*), расположенный под плазматической мембраной, прозрачный и плотный. Вместе с тем ее внутренний слой (*эндоплазма*) меньшей плотности, содержит большинство органелл и включения. Эти слои могут переходить один в другой, что наблюдают, например, у амёб во время образования псевдоподий (рис. 19.1). Таким образом, переход цитозоля из одного состояния в другое связан с амёбодным передвижением клеток, а также процессами эндо- и экзоцитоза. Вспомните: *эндоцитоз* - поглощение клетками твердых частиц и растворов химических соединений; *экзоцитоз* - выведение из клетки определенных веществ (например,

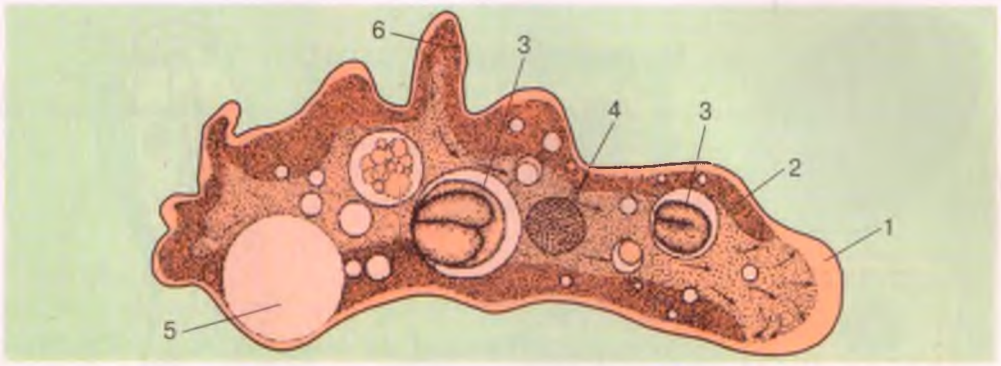


Рис. 19.1. Схематическое строение клетки амебы: 1 – слой эктоплазмы; 2 – слой эндоплазмы; 3 – пищеварительные вакуоли; 4 – ядро; 5 – сократительная вакуоль; 6 – псевдоподия (стрелки на рисунке указывают направление движения цитоплазмы)

гормонов или ферментов). Физическое состояние цитозоля влияет на скорость протекания биохимических процессов: чем он более вязкий, тем медленнее происходят химические реакции. Важным показателем состояния цитозоля является концентрация в нем ионов водорода (pH), от которой, в частности, зависит активность определенных ферментов.

Внутренняя среда клетки объединяет в единую функциональную систему все клеточные компоненты, обеспечивая их взаимодействие. В цитозоле происходят транспорт и часть процессов обмена веществ (например, последовательные реакции бескислородного расщепления глюкозы - гликолиза), синтез белков, необходимых клетке для построения органелл и поддержания жизнедеятельности.

Цитозоль находится в постоянном движении. Вы сможете самостоятельно наблюдать за этим явлением, введя в живую клетку окрашенные соединения во время выполнения лабораторной работы № 8.

• **Клеточные включения**, в отличие от органелл, являются непостоянными компонентами клетки. Они могут появляться и исчезать в процессе ее жизнедеятельности. Обычно это запасные вещества. Клеточные включения содержатся в цитоплазме или вакуолях растительных клеток в растворенном (капли жиров) или твердом (кристаллы, волокна, зерна и т. п.) состоянии (рис. 19.2). Например, крахмал, накапливаясь в бесцветных пластидах (лейкопластах), в конце концов разрывает их оболочки и попадает в цитоплазму, где сберегается в виде зерен. В клетках растений также могут накапливаться белковые гранулы или жидкие жиры (семена арахиса и др.). В клетках грибов, животных и человека запасается полисахарид гликоген (в виде зерен или волокон), различные липиды и белки (например, «желток» яйцеклеток).

В цитоплазме могут накапливаться и нерастворимые продукты обмена: соли мочевой кислоты, кристаллы щавелевокислого кальция (в щавеле, бегонии и др.). Под действием ферментов большинство клеточных включений распадается на соединения, участвующие в обмене веществ. Они могут использоваться клеткой в процессе роста, растениями - во время цветения, созревания плодов и т. п.

У некоторых одноклеточных животных есть особые внутриклеточные структуры, выполняющие опорную функцию. Как и включения, это

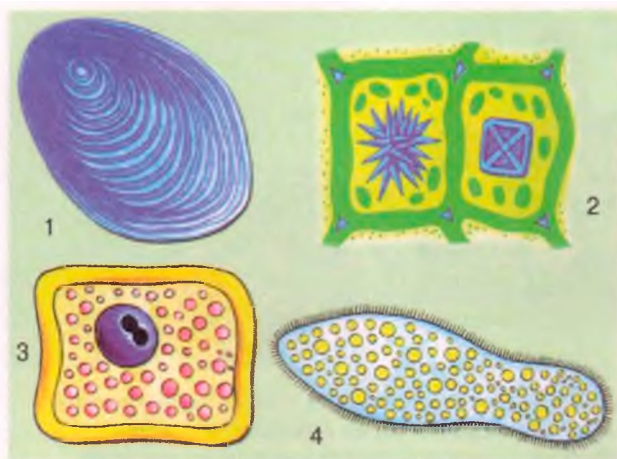


Рис. 19.2. Клеточные включения: 1 – зерна крахмала из клеток клубней картофеля; 2 – кристаллы щавелевокислого калия в клетках бегонии; 3 – белковые включения в клетке зерновки пшеницы; 4 – капли жира в клетке инфузории-туфельки

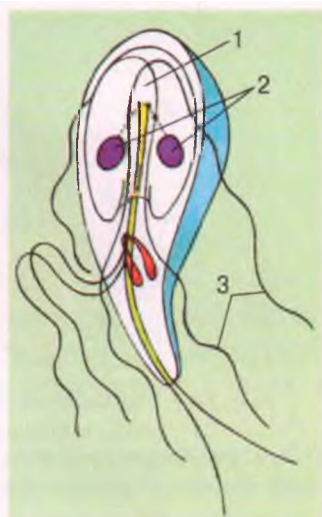


Рис. 19.3. Клетка лямблии: 1 – опорный стержень; 2 – ядра; 3 – жгутики

конструкции определенной формы, расположенные в гиалоплазме и не ограниченные мембранами. Например, в цитозоле паразитических одноклеточных животных **лямблий** есть опорный стержень, состоящий из органического вещества (рис. 19.3). Ранее мы вспоминали, что у морских одноклеточных животных радиолярий капсула из органического вещества разделяет цитоплазму на внешнюю и внутреннюю части, свойства которых различны. Кроме того, эти животные имеют сложно устроенный внутриклеточный скелет в виде вложенных один в другой дырчатых слоев, корон и т. п., состоящий из SiO_2 или SrSO_4 .

Ключевые термины и понятия. Цитозоль, или гиалоплазма, клеточные включения.

Внутреннее содержимое клетки, за исключением ядра, называют цитоплазмой. Ее основой служит неоднородный коллоидный раствор - цитозоль, или гиалоплазма.

Цитозоль - прозрачный раствор органических и неорганических веществ. В нем расположены разнообразные взаимодействующие между собой органеллы и клеточные включения.

Цитозоль может находиться в жидком (золь) или вязком (гель) состояниях. Его физическое состояние влияет на скорость биохимических процессов. Цитозоль как внутренняя среда клетки объединяет в единую функциональную систему все клеточные компоненты и обеспечивает их взаимодействие.



Вопросы для самоконтроля

Подумайте. Как различные состав и состояния цитозоля обеспечивают его функции

1. Что такое цитоплазма? 2. Какой состав и функции цитозоля? 3. В каких состояниях может находиться цитозоль? Дайте им характеристику. 4. Что такое клеточные включения? Какова их роль в клетке?

§ 20. ОДНОМЕМБРАННЫЕ ОРГАНЕЛЛЫ

Вспомните:

какие органеллы окружены одной мембраной? Какое строение сперматозоида человека? Какие особенности строения кутикулы членистоногих? Какие вакуоли встречаются в клетках растений, грибов и животных? Что такое пиноцитоз и фагоцитоз?

Вы уже знаете, что в клетках эукариот есть органеллы, ограниченные одной мембраной. Из них рассмотрим эндоплазматическую сеть, комплекс Гольджи, лизосомы, вакуоли и пероксисомы.

• **Эндоплазматическая сеть** (рис. 20.1) представляет собой систему пустот в виде микроскопических канальцев и их утолщений (так называемых цистерн). Диаметр канальцев составляет **50-100** нм, а цистерн - до **1000** нм и более. Они ограничены мембраной и соединяются между собой. Различают две разновидности эндоплазматической сети: зернистую и незернистую.

Зернистая (гранулярная) эндоплазматическая сеть получила свое название потому, что на ее мембранах расположены органеллы - рибосомы. На мембранах **незернистой (агранулярной) эндоплазматической сети** рибосомы отсутствуют.

Обе разновидности эндоплазматической сети имеют тесные пространственные связи; в частности, их мембраны могут непосредственно переходить одна в другую.

Одна из основных функций зернистой эндоплазматической сети - обеспечение транспорта белков по клетке. Часть синтезированных в клетке белков используется для ее собственных потребностей, а часть выводится

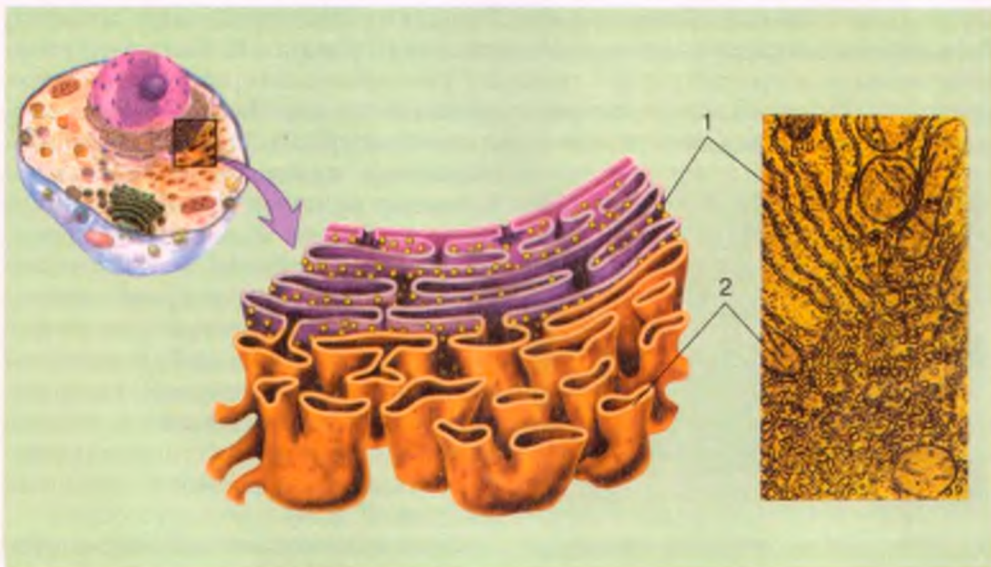


Рис. 20.1. Эндоплазматическая сеть: 1 – зернистая; 2 – незернистая



Рис. 20.2. Белки образуются на мембранах эндоплазматической сети, а потом внутри окруженных мембраной пузырьков (1) отделяются (2) и направляются к комплексу Гольджи (3)

за пределы клетки (рис. 20.2). Белки синтезируются при участии рибосом, которые могут находиться в цитозоле и на поверхности зернистой эндоплазматической сети. В ее полостях белки приобретают свойственную им пространственную структуру (конформацию), при образовании сложных белков к ним могут присоединяться небелковые компоненты.

На мембранах незернистой эндоплазматической сети синтезируются липиды, углеводы, определенные гормоны, которые могут накапливаться в ее полостях. В этих полостях (например, в клетках печени) накапливаются и обезвреживаются некоторые ядовитые соединения — токсины. Кроме того, полости эндоплазматической сети мышечных клеток, нейронов, железистого эпителия служат внутриклеточным депо (местом хранения) ионов кальция. Это важно для функционирования мышечных волокон: во время их сокращения концентрация ионов кальция резко возрастает, а во время расслабления — снижается.

• Эндоплазматическая сеть функ-

ционально связана с комплексом Гольджи. **Комплекс, или аппарат, Гольджи** (названный так в честь итальянского ученого К. Гольджи, который открыл эту структуру) — одна из универсальных органелл клеток эукариот. Ее основной структурной единицей служит **диктиосома** — скопление одномембранных плоских цистерн (рис. 20.3). Рядом с ними рас-

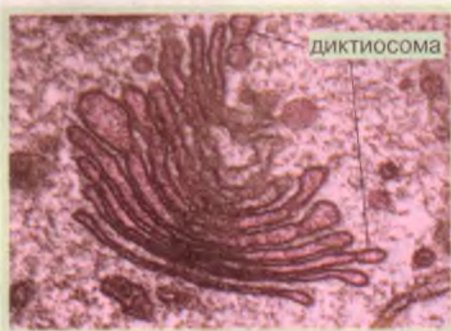


Рис. 20.3. Комплекс Гольджи (фотография сделана с помощью электронного микроскопа)

положены пузырьки и каналы. К одному из полюсов каждой из цистерн постоянно подходят пузырьки, которые отделяются от эндоплазматической сети и содержат образованные на ней вещества. Сливаясь с цистернами комплекса Гольджи, эти пузырьки отдают им свое содержимое. От противоположного полюса цистерн отделяются наполненные различными веществами пузырьки (см. рис. 20.2, 4).

Функции комплекса Гольджи разнообразны. Прежде всего, в этой органелле накапливаются и опреде-

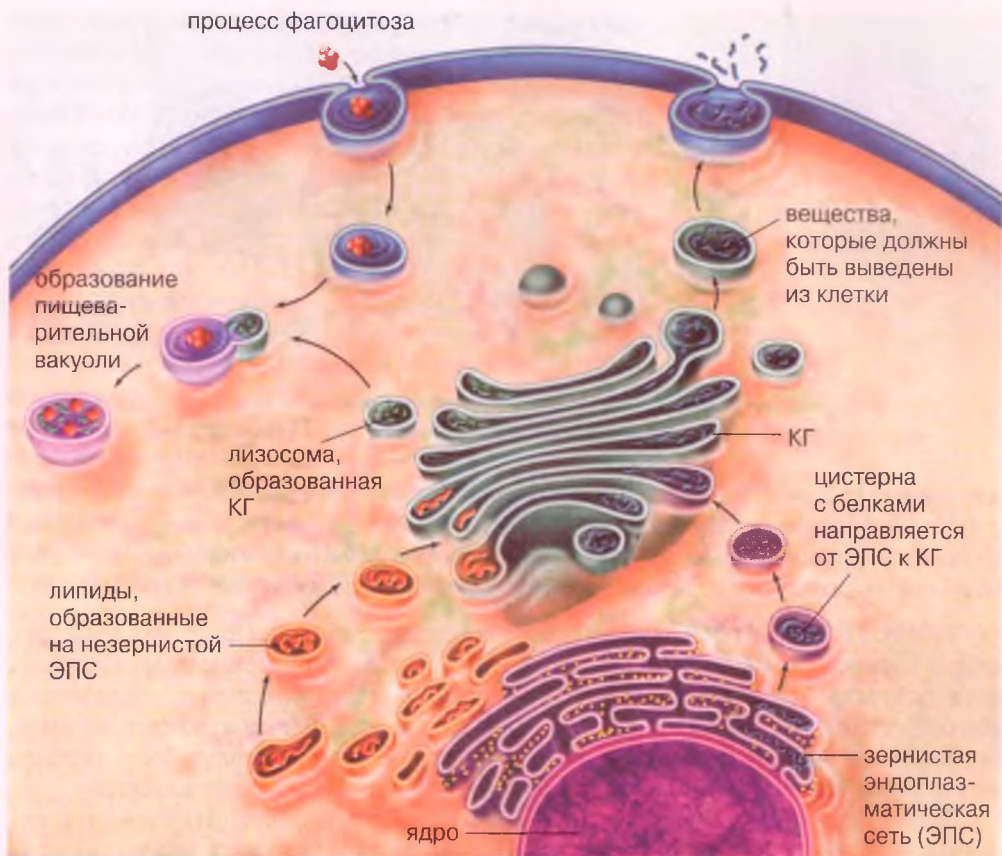


Рис. 20.4. Схема, иллюстрирующая функции комплекса Гольджи (КГ)

ленным образом преобразуются некоторые соединения (например, белки могут соединяться с углеводами или липидами). Вещества, которые поступили к цистернам комплекса Гольджи, сортируются по химическому составу и назначению. Отсортированные молекулы переходят от одних цистерн к другим и со временем отделяются от этой органеллы в виде пузырьков. Эти пузырьки транспортируются с помощью микротрубочек к разным частям клетки, где могут передавать свое содержимое другим органеллам, или, сливаясь с плазматической мембраной, выводят его из клетки (рис. 20.4). Итак, одна из основных функций комплекса Гольджи - накопление, химические преобразования и упаковка синтезированных веществ в пузырьках.

В цистернах комплекса Гольджи синтезируются некоторые полисахариды. Они могут соединяться с белками, поступающими из зернистой эндоплазматической сети. В растительных клетках в комплексе Гольджи образуются структурные компоненты клеточной стенки, а в клетках членистоногих - кутикулы.

Благодаря комплексу Гольджи в головке сперматозоидов образуется копье- или чашевидное образование - **акросома** (от греч. *акрон* - верхушка). Вы помните, что эта органелла содержит ферменты, растворяющие оболочку яйцеклетки во время оплодотворения. Сократительные вакуо-

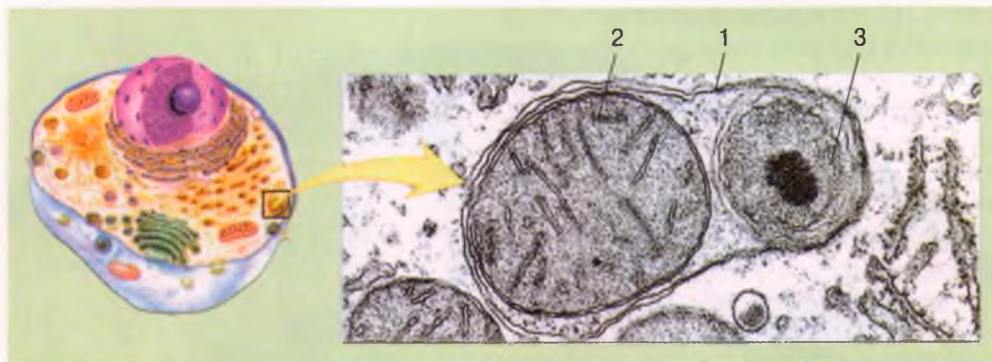


Рис. 20.5. Пищеварительная вакуоль (1), в которой перевариваются митохондрия (2) и пероксисома (3), срок жизни которых исчерпан

ли пресноводных одноклеточных животных и водорослей также формируются из элементов комплекса Гольджи. Эта органелла участвует и в построении плазматической мембраны, формировании лизосом, которые отделяются от нее в виде окруженных мембраной пузырьков (рис. 20.4).

• **Лизосомы** (от греч. *лизис* - растворение) - органеллы в виде микроскопических пузырьков диаметром 100-180 нм, окруженных мембраной. Они содержат ферменты, способные расщеплять различные соединения (белки, углеводы, липиды и т. п.). Эти ферменты синтезируются на мембранах зернистой эндоплазматической сети. В клетке могут быть разные виды лизосом, отличающихся особенностями строения и функциями.

Одни из лизосом, сливаясь с пиноцитозными или фагоцитозными пузырьками, участвуют в формировании пищеварительных вакуолей (см. рис. 20.4). При этом активируются ферменты и содержимое вакуоли переваривается. Таким образом, лизосомы обеспечивают процессы внутриклеточного пищеварения. Лизосомы другого типа участвуют в переваривании отдельных частей клетки (рис. 20.5), целых клеток или их групп. Считают, что эти лизосомы уничтожают дефектные органеллы, поврежденные или мертвые клетки, разрушают личиночные органы насекомых и земноводных (например, хвосты и жабры головастика бесхвостых амфибий) и т. п.

Лизосомы могут приближаться к плазматической мембране и выводить свое содержимое - ферменты - наружу. Например, у гриба *Нейроспоры* таким образом обеспечиваются процессы внеклеточного пищеварения.

• **Вакуоли** (от лат. *вакуус* - пустой) - органеллы клетки в виде пустот, окруженных мембраной и заполненных жидкостью. Различают разные виды вакуолей. Об образовании **пищеварительных вакуолей**, в которых перевариваются поступающие в клетку соединения и микроорганизмы, мы уже упоминали.

Вакуоли растительных клеток образуются из пузырьков, отделившихся от эндоплазматической сети. Со временем мелкие вакуоли сливаются в большие, которые могут занимать почти весь объем цитоплазмы. Они заполнены клеточным соком - водным раствором органических и неорганических соединений. Вакуоли поддерживают определенный уро-



вень внутриклеточного давления (*тургора*), обеспечивая сохранение формы клеток, содержат запасные питательные вещества, конечные продукты обмена или пигменты. Красные, синие, желтые и др. пигменты, растворенные в клеточном соке, определяют окраску отдельных клеток и частей растений в целом (например, плодов вишни, корнеплодов редиса, лепестков цветов и т. п.). Через мембраны вакуолей вещества перемещаются из цитозоля в их полости и наоборот.

В клетках пресноводных одноклеточных животных и водорослей есть **сократительные вакуоли** - покрытые мембраной пузырьки, способные изменять объем, выводя свое содержимое наружу. Это связано с тем, что в пресной воде концентрация солей значительно ниже, чем в цитоплазме. Поэтому согласно физическим законам вода из окружающей среды поступает в клетку, повышая давление внутри нее. Излишек жидкости накапливается в сократительной вакуоле. Стенка вакуоли сжимается благодаря сократительным белкам, входящим в ее состав, и выталкивает жидкость наружу из клетки. Таким образом, сократительные вакуоли регулируют внутриклеточное давление, выводя излишки воды из клетки и предотвращая ее разрушение. Кроме того, эти органеллы обеспечивают выведение некоторых растворимых продуктов обмена веществ. Деятельность сократительной вакуоли имеет значение и для газообмена, поскольку способствует поступлению в клетку воды с растворенным кислородом и выведению углекислого газа.

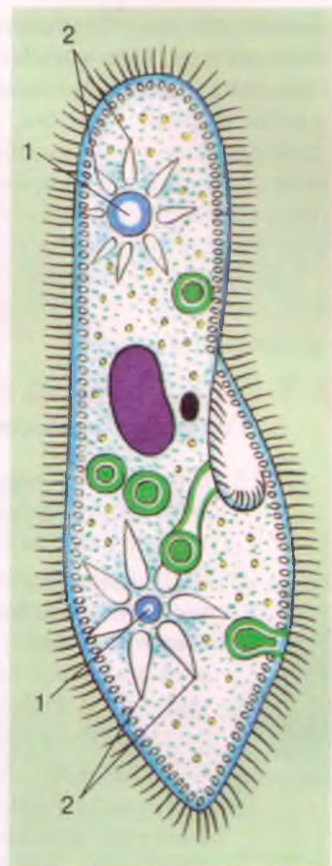


Рис. 20.6. Сократительные вакуоли инфузории-туфельки: 1 – сократительные пузырьки; 2 – радиальные каналы

У инфузории строение сократительных вакуолей наиболее сложное.

Например, у инфузории-туфельки (рис. 20.6) вакуоль состоит из сократительного пузырька (резервуара), который открывается наружу отверстием - порой. В пузырек впадают длинные тонкие радиальные каналы, в которые из цитоплазмы поступают водные растворы. Сначала сокращаются стенки канальцев, проталкивая жидкость к резервуару, а затем сокращается наполненный резервуар, выводя содержимое через пору.

- **Пероксисомы** (от греч. *пер* - вокруг, лат. *окси* - кислород и греч. *сома* - тело), или **микротельца** (рис. 20.7), - округлые одномембранные органеллы диаметром около 0,3-3,5 мкм.

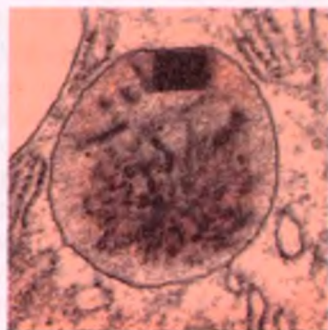


Рис. 20.7. Одномембранная органелла – пероксисома

Пероксисомы обнаружены у различных организмов: одноклеточных и многоклеточных животных, дрожжей, высших растений, водорослей. Эти органеллы часто расположены вблизи мембран эндоплазматической сети, митохондрий, пластид. В них содержатся разнообразные ферменты, в частности те, что обеспечивают преобразование жиров в углеводы или способны расщеплять перекись водорода H_2O_2 на кислород и воду. У растений пероксисомы участвуют в процессах поглощения кислорода во время световой фазы фотосинтеза.

Продолжительность существования одной пероксисомы незначительна - всего 5-6 суток. Новые пероксисомы образуются в результате деления старой.

Ключевые термины и понятия. *Эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, акросома, лизосомы, пероксисомы.*

Кратко
о
главном

- ▶ В клетках эукариот есть органеллы, окруженные одной мембраной: эндоплазматическая сеть, комплекс, или аппарат, Гольджи, лизосомы, вакуоли, пероксисомы.
- ▶ Эндоплазматическая сеть - система полостей в виде микроскопических канальцев и их утолщений. Различают две ее разновидности: зернистую и незернистую. Зернистая эндоплазматическая сеть на своих мембранах несет рибосомы, одна из ее функций — участие в биосинтезе белков. На мембранах незернистой эндоплазматической сети нет рибосом; на них синтезируются липиды, углеводы, некоторые гормоны.
- ▶ Комплекс Гольджи включает диктиосому - скопление плоских цистерн, рядом с которыми расположены цистерны и канальцы. Функции комплекса Гольджи - это накопление, химические изменения и упаковка в цистерны синтезированных веществ. Кроме того, эта органелла обеспечивает синтез некоторых полисахаридов и участвует в формировании лизосом, акросом, сократительных вакуолей.
- ▶ Лизосомы - микроскопические пузырьки, содержащие ферменты, способные расщеплять разные соединения в процессах внутриклеточного пищеварения. Одни лизосомы, сливаясь с пиноцитозными или фагоцитозными пузырьками, участвуют в формировании пищеварительных вакуолей, другие - в переваривании отдельных компонентов клеток, целых клеток или их групп.
- ▶ Вакуоли - одномембранные органеллы заполненные жидкостью. В пищеварительных вакуолях перевариваются поступающие в клетку питательные вещества и микроорганизмы. Вакуоли растительных клеток заполнены клеточным соком, они служат для поддержания внутриклеточного давления, накопления запасных питательных веществ, продуктов обмена, пигментов и т. п. Сократительные вакуоли в клетках пресноводных одноклеточных животных и водорослей регулируют внутриклеточное давление, выводя наружу лишнюю жидкость вместе с растворенными в ней продуктами обмена.



Пероксисомы, или микротельца, - округлые органеллы, содержащие различные ферменты, в том числе обеспечивающие преобразование жиров в углеводы и расщепление перекиси водорода.



Вопросы для самоконтроля

1. Какие одномембранные органеллы встречаются в клетках эукариот?
2. Какие сходства и отличия в строении и функциях зернчатой и незернистой эндоплазматической сети?
3. Какие особенности строения и функций комплекса Гольджи?
4. Какие функции *лизосом* в клетке?
5. Какие вы знаете виды вакуолей? Каковы их функции?
6. Какие органеллы называют пероксисомами? Какова их роль в клетке?

Подумайте.

В чем заключается функциональная связь между отдельными *одной* мембранными органеллами клеток?

§ 21. ДВУХМЕМБРАННЫЕ ОРГАНЕЛЛЫ: МИТОХОНДРИИ И ПЛАСТИДЫ

Вспомните:

какие функции хлоропластов? Какие виды пластид вы знаете? Какие организмы называют анаэробами? Какое соединение называют АТФ? Какие особенности строения клеток разных растительных тканей?

Митохондрии и пластиды - органеллы клеток эукариот, поверхностный аппарат которых состоит из двух мембран, разделенных межмембранным промежутком. Они пространственно не связаны с другими органеллами и принимают участие в энергетическом обмене

• **Митохондрии** (от греч. *митос* - нить и *хондрион* - зерно) - органеллы клеток большинства видов растений, грибов и животных. Их нет лишь у некоторых одноклеточных эукариот, которые обитают в бескислородной среде, - **анаэробов**. Митохондрии служат своеобразными клеточными «генераторами энергии». Они имеют вид сфер, палочек, иногда разветвленных нитей (длиной 0,5-10 мкм и более). Число этих органелл в клетках разных типов может варьировать от 1 до 100 000 и более. Оно зависит от того, насколько активно происходят процессы обмена веществ и преобразование энергии. Так, клетка значительных размеров амебы **хаос** содержит до 500 000 митохондрий, тогда как в мелкой клетке паразитических жгутиконосцев - **трипаносом** (возбудителей сонной болезни человека) есть лишь одна гигантская разветвленная митохондрия. Интересной особенностью строения митохондрий трипаносом и некоторых других паразитов человека и животных (таких как лейшмании) является наличие **кинетопласта**. Это четко выраженное скопление ДНК в участке единственной гигантской митохондрии. Ученые считают, что благодаря кинетопласту жгутики эффективно обеспечиваются энергией при движении в вязкой среде (крови и лимфе).

Наружная мембрана митохондрии гладкая, а внутренняя образует складки, направленные внутрь органеллы - **кристы** (рис. 21.1). Кристы имеют вид дискообразных, трубчатых или пластинчатых, зачастую разветвленных образований. На поверхности крист, граничащей с внутренней средой митохондрии, есть особые грибовидные белковые образования -

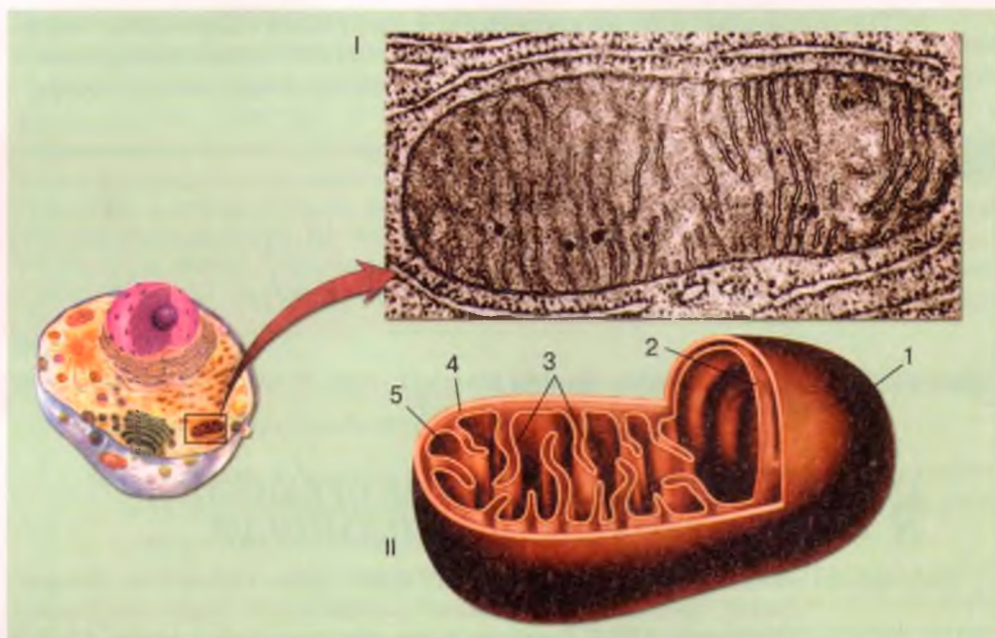


Рис. 21.1. Строение митохондрии: I. Фотография, сделанная с помощью электронного микроскопа. II. Схема строения: 1 – наружная мембрана; 2 – внутренняя мембрана; 3 – кристы; 4 – межмембранное пространство; 5 – матрикс

АТФ-сомы (от греч. *сома* - тело) (рис. 21.2). Они содержат комплекс ферментов, необходимых для синтеза АТФ.

Внутреннее пространство митохондрий заполнено полужидким веществом - **матриксом**.

Там находятся рибосомы, молекулы ДНК, иРНК, тРНК и др. и синтезируются белки, входящие в состав внутренней мембраны.

Основная функция митохондрий - синтез АТФ. Этот процесс происходит за счет энергии, которая высвобождается во время окисления органических соединений. Начальные реакции происходят в матриксе, а завершающие - на внутренней мембране митохондрий.

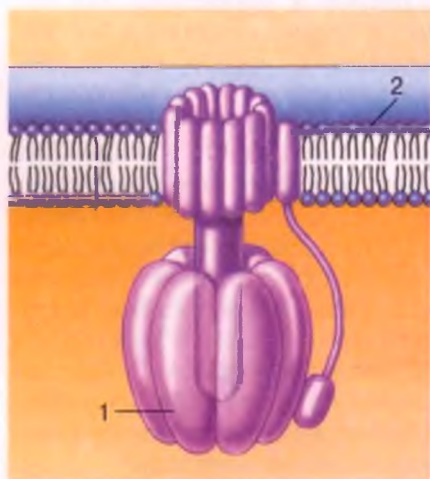


Рис. 21.2. Схема строения АТФ-сомы – структуры, в состав которой входят ферменты, обеспечивающие синтез молекул АТФ: 1 – АТФ-сома; 2 – внутренняя мембрана митохондрии

• **Пластиды** (от греч. *пластидес* - вылепленный, сформированный) - органеллы клеток растений и некоторых одноклеточных животных (например, эвглены зеленой). Известно три типа пластид - хлоропласты, хромопласты и лейкопласты, различающиеся по окраске, особенностям строения и функциям.

Хлоропласты (от греч. *хлорос* - зеленый) - пластиды, обычно окрашенные в зеленый цвет благодаря наличию

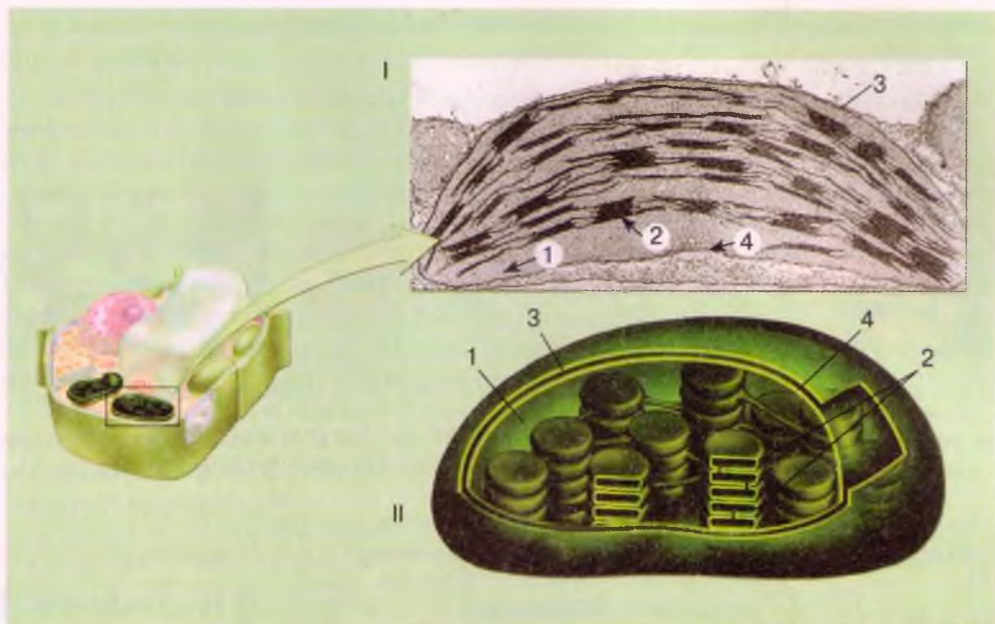


Рис. 21.3. Внутреннее строение хлоропласта: I. Фотография, сделанная с помощью электронного микроскопа. II. Схема строения: 1 – строма; 2 – граны; 3 – наружная мембрана; 4 – внутренняя мембрана

пигмента хлорофилла. Но в клетках многих групп водорослей (красных, бурых и т. п.) их цвет может быть иным. Это объясняется тем, что в них, кроме хлорофилла, есть и другие пигменты - красные, желтые, бурые и др.

Как и у митохондрий, наружная мембрана хлоропластов гладкая, а внутренняя образует выросты, направленные внутрь строма (рис. 21.3). **Строма** — комплекс веществ, заполняющих внутреннее пространство хлоропласта. С внутренней мембраной связаны особые структуры - **тилакоиды**. Это плоские одномембранные цистерны. Большие тилакоиды расположены одиночно, а более мелкие собраны в **граны** (группы по 5-20 шт., напоминающие стопки монет). В тилакоидах содержатся основные (хлорофиллы) и вспомогательные (каротиноиды) пигменты, а также все ферменты, необходимые для осуществления фотосинтеза. В строме хлоропластов есть молекулы ДНК, разные типы РНК, рибосомы, зерна запасного полисахарида (преимущественно крахмала).

Основная функция хлоропластов - осуществление фотосинтеза. Кроме того, в них, как и в митохондриях, на мембране тилакоидов имеются АТФ-сомы (см. рис. 21.2) и происходит синтез АТФ. Также в хлоропластах синтезируются некоторые липиды, белки мембран тилакоидов, ферменты, обеспечивающие реакции фотосинтеза.

Лейкопласты (от греч. *лейкос* - бесцветный) - бесцветные пластиды разнообразной формы, в которых запасаются некоторые соединения (крахмал, белки и т. п.). В отличие от хлоропластов, у лейкопластов внутренняя мембрана может образовывать лишь немногочисленные тилакоиды. В строме лейкопластов содержатся рибосомы, ДНК, разные типы РНК, ферменты, обеспечивающие синтез и расщепление запасных ве-

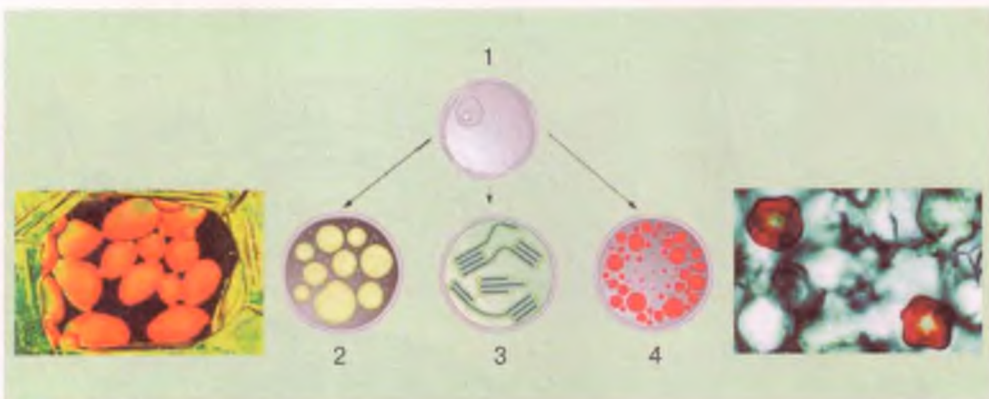


Рис. 21.4. Схема образования пластид: 1 – первичная пластида; 2 – лейкопласт; 3 – хлоропласт; 4 – хромопласт

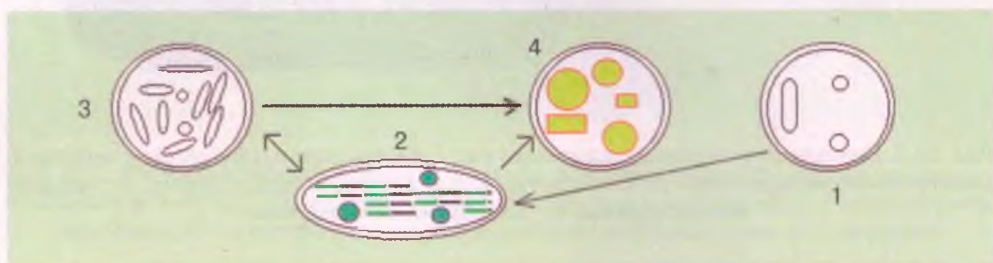


Рис. 21.5. Схема взаимопереходов одних пластид в другие: 1 – первичная пластида; 2 – хлоропласт; 3 – лейкопласт; 4 – хромопласт

ществ (крахмала, белков и т. п.). Лейкопласты могут быть полностью заполнены зернами крахмала.

Хромопласты (от греч. *хроматос* - цвет, краска) - пластиды, окрашенные в разные цвета (например, желтый, красный, фиолетовый). Цвет этим пластидам придают различные пигменты (преимущественно каротиноиды), которые в них накапливаются. Поскольку хлорофилл в хромопластах отсутствует, то зеленой окраски они не имеют. Хромопласты обесцвечивают расцветку лепестков цветов, плодов, листьев и других частей растений. Внутренняя система мембран в хромопластах отсутствует или же образована отдельными тилакоидами.

• **Связи между пластидами различных типов.** Пластиды всех типов имеют общее происхождение: все они возникают из первичных пластид клеток образовательной ткани - мелких (до 1 мкм) пузырьков, окруженных двумя мембранами (рис. 21.4). Кроме того, пластиды одного типа способны превращаться в пластиды другого (рис. 21.5). Так, на свету в первичных пластидах формируется внутренняя система мембран, синтезируется хлорофилл, и они превращаются в хлоропласты. То же характерно и для лейкопластов, способных превращаться в хлоропласты или хромопласты. При старении листьев, стеблей, созревании плодов в хлоропластах разрушается хлорофилл, упрощается строение внутренней мембранной системы, и они превращаются в хромопласты. Хромопласты

являются конечным этапом развития пластид: в пластиды других типов они не превращаются.

• **Автономия митохондрий и хлоропластов в клетке.** Хлоропласты и митохондрии, в отличие от других органелл, характеризуются определенной степенью независимого (автономного) от других частей клетки функционирования. Чем это обусловлено? Во-первых, эти органеллы содержат собственную наследственную информацию - кольцевую молекулу ДНК, напоминающую ДНК из ядерной зоны клеток прокариот. Во-вторых, митохондрии и пластиды имеют аппарат, который осуществляет синтез собственных белков (рибосомы, а также все виды РНК). Вдобавок, в отличие от других органелл, митохондрии и пластиды не возникают из других мембранных структур клетки, а размножаются делением.

Молекулы ДНК в митохондриях и пластидах обеспечивают механизмы цитоплазматической наследственности, так как способны сохранять и передавать во время деления этих органелл определенную часть наследственной информации.

Ключевые термины и понятия. *Кристы, АТФ-сомы, тилакоиды, граны.*

Митохондрии и пластиды — органеллы клеток эукариот, поверхностный аппарат которых состоит из двух мембран.

Внешняя мембрана митохондрий гладкая, а внутренняя образует направленные внутрь складки - кристы. На поверхности внутренней мембраны есть грибовидные образования - АТФ-сомы, содержащие комплекс ферментов, необходимых для синтеза АТФ. Внутреннее пространство митохондрий заполнено полужидким веществом — матриксом, где содержатся рибосомы, молекулы ДНК, иРНК, тРНК и т. п. Основная функция митохондрий - синтез АТФ.

Пластиды - оргanelлы клеток растений и некоторых одноклеточных животных (эвглена и т. п.). Три известные типы пластид - хлоропласты, хромопласты, лейкопласты - различаются окраской, особенностями строения и функциями.

Хлоропласты - пластиды зеленого цвета, обусловленного пигментом хлорофиллом. В них происходят процессы фотосинтеза. Внешняя мембрана хлоропластов гладкая, а внутренняя образует выросты, направленные внутрь стромы. С внутренней мембраной связаны тилакоиды, напоминающие уплощенные цистерны. Они могут быть собраны в граны и содержать пигменты (в частности, хлорофиллы) и ферменты, необходимые для осуществления фотосинтеза.

Лейкопласты - бесцветные пластиды разнообразной формы, в них запасаются некоторые соединения (крахмал, белки и т. п.). Хромопласты - пластиды, окрашенные в разные цвета. Они придают определенный цвет лепесткам цветов, плодам, листьям и т. п. Внутренняя мембрана лейкопластов образует немногочисленные тилакоиды. Пластиды одного типа способны превращаться в пластиды другого. Лишь хромопласты неспособны к преобразованиям, так как являются конечным этапом существования пластид.

Кратко
о
главном

▶ Хлоропласты и митохондрии, в отличие от других органелл, характеризуются определенной степенью автономии в клетке. Они содержат собственную наследственную информацию - кольцевую молекулу ДНК, а также аппарат, который осуществляет синтез собственных белков. В отличие от прочих органелл, митохондрии и пластиды не возникают из других мембранных структур клетки, а размножаются путем деления.



Вопросы для самоконтроля

1. Какое строение поверхностного аппарата митохондрий и пластид?
2. Как строение митохондрий связано с их функциями?
3. Какие вы знаете типы пластид?
4. Какое строение хлоропластов?
5. Какие функции хлоропласты выполняют в клетке?
6. Каковы строение и функции лейкопластов и хромопластов?
7. Какие взаимные переходы возможны между пластидами разных типов?
8. Почему функционирование митохондрий и хлоропластов в клетке относительно независимо от других ее структур?

Подумайте.

Некоторые ученые считают, что клетки эукариот возникли вследствие симбиоза нескольких прокариотических организмов. Какие особенности строения и свойств митохондрий и хлоропластов лежат в основе этого предположения?

§ 22. РИБОСОМЫ. ОРГАНЕЛЛЫ ДВИЖЕНИЯ. КЛЕТОЧНЫЙ ЦЕНТР



Вспомните: какие органеллы движения присущи одноклеточным эукариотам? Как происходит фагоцитоз? Какие виды иммунитета вам известны?

● **Рибосомы** (от *рибонуклеиновая кислота* и греч. *сома* - тельце) - липенные поверхностной мембраны органеллы, участвующие в синтезе белков. Они присутствуют в клетках как прокариот, так и эукариот, имеют вид сферических телец, состоящих из двух разных по размерам частей — *субъединиц*: большой и малой (рис. 22.1). Каждая из субъединиц состоит из взаимодействующих между собой рРНК и белков. Субъединицы рибо-

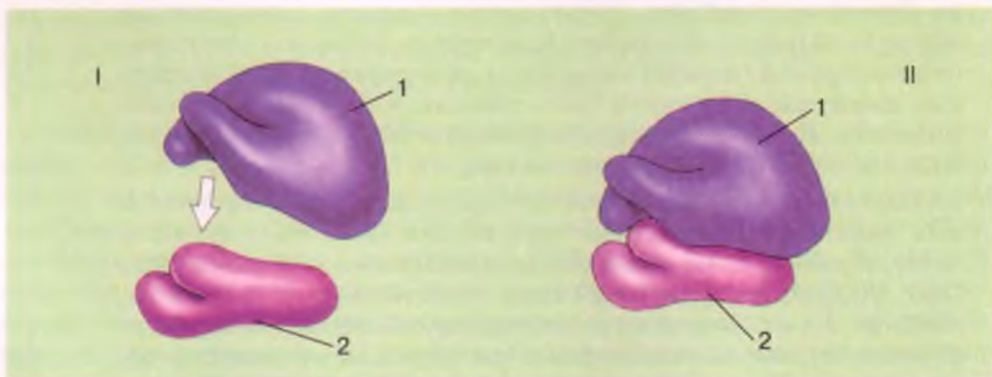


Рис. 22.1. Строение рибосомы: I. Разъединенные большая (1) и малая (2) субъединицы. II. Большая (1) и малая (2) субъединицы в составе рибосомы

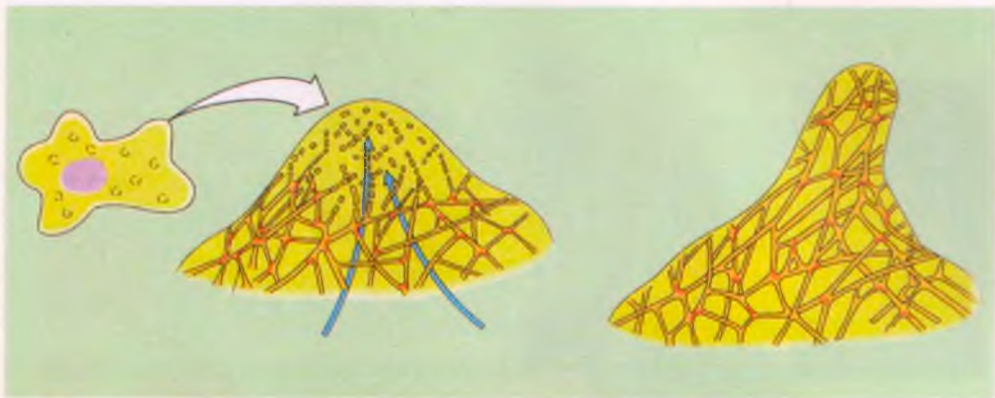


Рис. 22.2. Схема образования псевдоподии (стрелками показано направление движения цитоплазмы). Обратите внимание, что во время образования псевдоподии увеличивается число микротрубочек

сом могут разъединяться после завершения синтеза белковой молекулы и вновь соединяться между собой перед его началом.

Субъединицы образуются в ядрышке: на молекуле ДНК синтезируется рРНК, которая соединяется с особыми рибосомальными белками, поступающими из цитоплазмы. Готовые субъединицы транспортируются в цитоплазму. Рибосомы митохондрий и пластид меньше расположенных в цитоплазме по размерам, но подобны по строению. Количество рибосом в клетке зависит от интенсивности процессов биосинтеза белков.

В клетках многих эукариотических организмов есть органеллы движения: ложноножки (псевдоподии), жгутики и реснички.

• **Псевдоподии** (от греч. *псевдос* - ненастоящий и *подос* - нога) - непостоянные выросты цитоплазмы клеток некоторых одноклеточных (например, амёб, фораминифер, радиолярий) (рис. 22.2) или многоклеточных животных (например, лейкоциты). Количество и форма псевдоподий довольно постоянны и характерны для разных групп одноклеточных животных. В образовании псевдоподий участвуют элементы цитоскелета.

• **Жгутики и реснички** имеются у многих одноклеточных организмов (хламидомонада, вольвокс, эвглена, инфузории), а также характерны для некоторых клеток многоклеточных (клетки мерцательного эпителия дыхательных путей млекопитающих, сперматозоиды животных, высших споровых растений и т. п.).

Жгутики и реснички имеют вид тонких выростов цитоплазмы, покрытых плазматической мембраной. Внутри этих органелл расположена сложная система микротрубочек. На поперечном срезе через внеклеточную часть жгутика или реснички заметно, что по периферии расположено кольцо из девяти комплексов микротрубочек, по две в каждом, и еще две микротрубочки - в центре (рис. 22.3).

Центральные микротрубочки выполняют опорную функцию, а периферические - обеспечивают движение. Часть жгутиков и ресничек, расположенная в цитоплазме, имеет название **базального** (от греч. *базис* - основа) **тельца**. Оно состоит из девяти периферических комплексов по три микротрубочки в каждом.

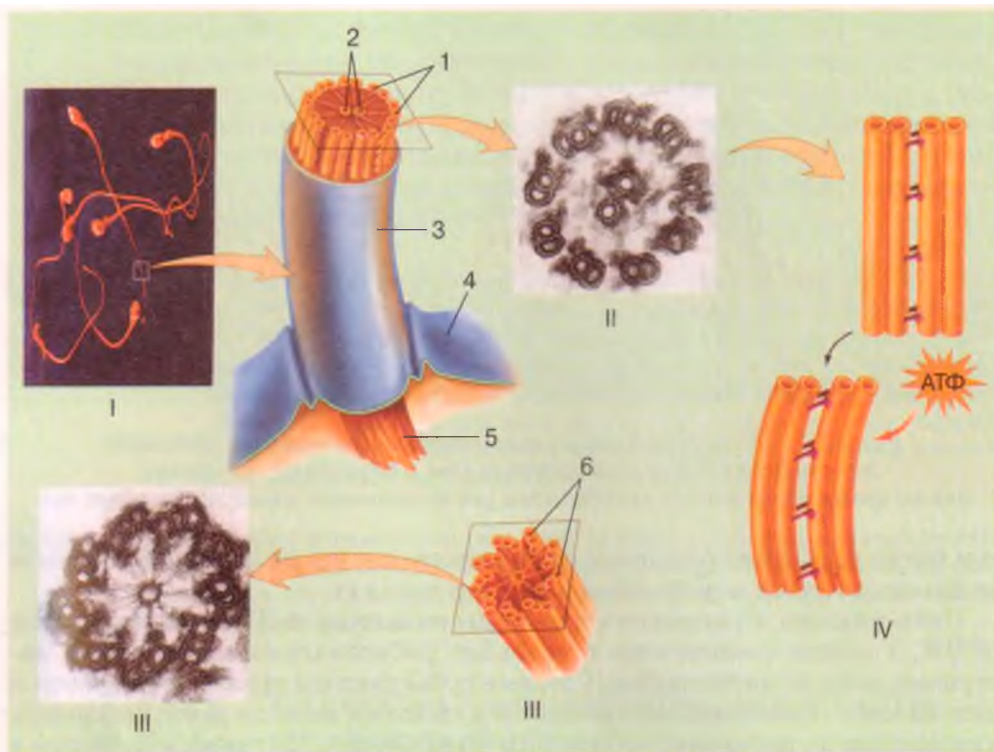


Рис. 22.3. Строение жгутиков: I. Жгутики сперматозоидов. II. Срез через свободную часть жгутика: 1 – группы из двух микротрубочек, расположенные по периферии жгутика; 2 – пара центральных микротрубочек; 3 – мембрана, окружающая свободную часть жгутика; 4 – плазматическая мембрана; 5 – базальное тельце. III. Срез через базальное тельце: 6 – периферические группы из трех микротрубочек. IV. Движение жгутиков обеспечивает энергия АТФ

- **Жгутики и реснички** двигаются за счет высвобождения энергии АТФ, при этом соседние пары микротрубочек как будто скользят одна относительно другой.

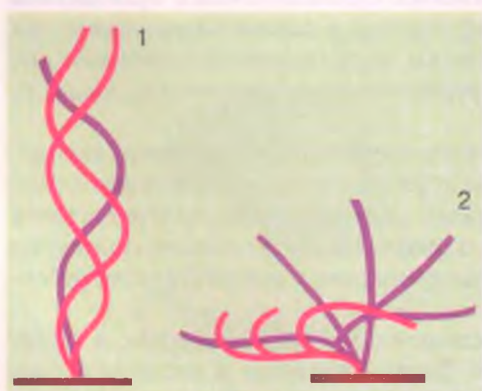


Рис. 22.4. Схема работы жгутиков (1) и ресничек (2)

Хотя строение жгутиков и ресничек похоже, характер их работы разный (рис. 22.4). Работа ресничек в общем напоминает греблю веслами и обычно скоординирована (например, у инфузорий). Для жгутиков характерно вращение или волнообразное движение. Работа жгутиков и ресничек обеспечивает не только передвижение, но и поступление частичек пищи к поверхности клетки вместе с потоками воды, которые они создают (например, движение жгутиков пищеварительных клеток гидры). Жгутики и реснички могут также выполнять

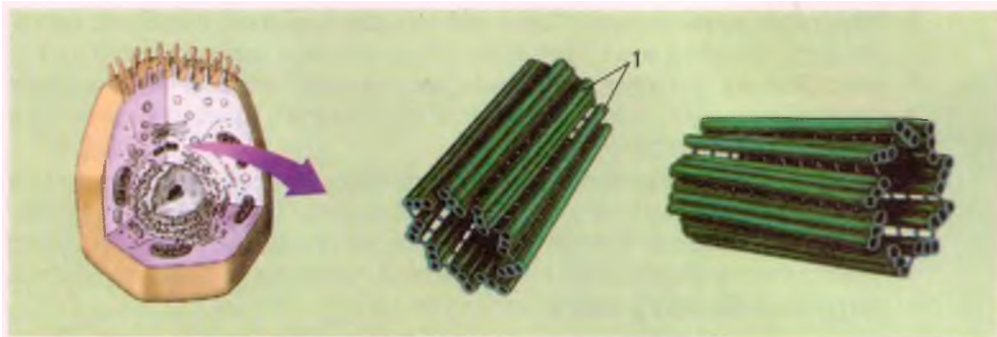


Рис. 22.5. Схема строения центриолей: 1 – группы микротрубочек по три в каждой

чувствительную (например, у ресничных червей) и защитную (реснички эпителия носовой полости) функции.

Базальные тельца жгутиков и ресничек по строению напоминают центриолы клеточного центра.

• **Клеточный центр** - органелла, которая состоит из двух центриолей, расположенных в светлом уплотненном участке цитоплазмы (рис. 22.5). **Центриолы** имеют вид пустого цилиндра, состоящего из девяти комплексов микротрубочек, по три в каждом. В периоды между делениями центриолы расположены вблизи ядра, обычно рядом с комплексом Гольджи. Во время деления клетки центриолы расходятся к ее полюсам и служат центрами организации нитей веретена деления. Поэтому каждая центриоль попадает в одну из дочерних клеток. Центриолы удваиваются в период между делениями, при этом новая образуется путем самосборки.

Кроме того, центриолы участвуют в формировании микротрубочек цитоплазмы, жгутиков и ресничек. Многие функции центриолей еще окончательно не выяснены. Так, в клетках, где центриолы отсутствуют, процессы формирования микротрубочек веретена деления и органелл движения происходят и без их участия. У некоторых водорослей, в клетках которых нет центриолей, функцию центра организации веретена деления выполняют базальные тельца жгутиков.

Ключевые термины и понятия. Рибосомы, псевдоподии, базальное тельце, центриолы.

Рибосомы — немембранные органеллы клеток прокариот и эукариот, участвующие в синтезе белков. Расположены они в цитоплазме, митохондриях и пластидах. Имеют вид сферических телец, состоящих из двух разных по размеру частей — большой и малой субъединиц. Каждая из субъединиц образуется в ядре и состоит из соединенных между собой рРНК и белков.

К органеллам движения клетки относятся псевдоподии (ложные ножки), жгутики и реснички. Псевдоподии — непостоянные выросты цитоплазмы. Они обеспечивают передвижение клетки и захватывают твердые частицы пищи (процесс фагоцитоза).

**Кратко
о
главном**

- ▶ Жгутики и реснички - это тонкие постоянные выросты цитоплазмы. Внутри этих органелл расположены пучки микротрубочек. Работа ресничек обычно скоординирована и напоминает греблю веслами, а для жгутиков характерно вращательное или волнообразное движение.
- ▶ Клеточный центр состоит из двух центриолей, расположенных в светлом уплотненном участке цитоплазмы. Центриолы по строению напоминают базальные тельца жгутиков и ресничек. Они участвуют в формировании веретена деления и микротрубочек цитоплазмы, жгутиков и ресничек.



Вопросы для самоконтроля

1. Каковы строение и функции рибосом?
2. Где и как образуются рибосомы?
3. Каковы строение и функции псевдоподий?
4. Что общего и отличного в строении и работе жгутиков и ресничек?
5. Какую органеллу называют клеточным центром?
6. Каковы строение и функции центриолей?

Подумайте. Какие клетки организма человека и животных имеют псевдоподии, жгутики или реснички? Каковы функции этих клеток?

§ 23. СТРОЕНИЕ КЛЕТОК ПРОКАРИОТ. ГИПОТЕЗЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЭУКАРИОТ



Вспомните: каковы строение и функции плазматической мембраны, что такое хромосомы, споры, инцистирование? Какие организмы относят к эукариотам? Каковы функции ДНК в клетке? Что такое антиген?

3,8-2,5 млрд лет назад, когда еще не было ни растений, ни животных или грибов, на нашей планете существовали лишь прокариоты.

• **Строение клеток прокариот.** Вы уже знаете, что в зависимости от особенностей организации клетки, в частности наличия или отсутствия ядра, все организмы разделяют на прокариот и эукариот.

Прокариоты (от лат. *про* - перед, вместо и греч. *карион* - ядро) - над царство организмов, в состав которого входят царства Археи (Археобактерии) и Настоящие бактерии (Эубактерии). К настоящим бактериям относятся собственно бактерии и цианобактерии (устаревшее название - «сине-зеленые водоросли»).

Археи (Археобактерии) - группа прокариот, которые от настоящих бактерий отличаются особенностями строения и процессов жизнедеятельности. В частности, их клетки имеют меньшие размеры, а кольцевая молекула ДНК обычно окружена особыми белками - гистонами и несколько напоминает хромосому эукариотических клеток. Среди архей преобладают гетеротрофы, однако также известны автотрофы - хемосинтетики (получают энергию для биосинтеза в результате экзотермических окислительно-восстановительных реакций соединений серы) и фотосинтетики (клетки не содержат хлорофилла, процесс их фотосинтеза мало изучен).

Клетки прокариот имеют поверхностный аппарат и цитоплазму, в которой находятся немногочисленные органеллы и разнообразные включе-

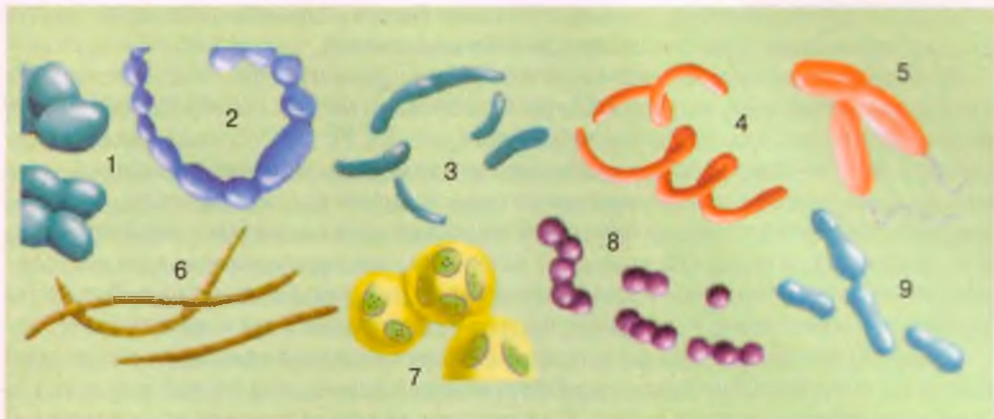


Рис. 23.1. Разнообразная форма клеток прокариот: 1 – кокки; 2 – стрептококки; 3 – вибрионы; 4 – спириллы; 5 – бациллы с жгутиками; 6 – археи; 7 – колонии бактерий; 8 – цепочки из клеток кокков; 9 – метанобразующие бактерии

ния. Прокариотические клетки не имеют большинства органелл (митохондрий, пластид, эндоплазматической сети, комплекса Гольджи, лизосом, клеточного центра и т. п.). Прокариоты — микроскопические организмы. Размеры их клеток обычно варьируют в пределах 0,2-30 мкм в диаметре или длину. Иногда их клетки гораздо больших размеров; так, некоторые виды рода *Спирохета* могут достигать до 250 мкм длины. Форма клеток прокариот разнообразна: сферическая, палочковидная, в виде

запятой или спирально закрученной нити и т. п. (рис. 23.1). Все прокариоты - одноклеточные организмы, клетки которых после деления часто способны оставаться соединенными и образовывать колонии в виде нитей, гроздьев и т. п. Иногда колонии окружены общей слизистой оболочкой - капсулой. У колониальных цианобактерий соединения между соседними клетками имеют вид микроскопических канальцев, заполненных цитоплазмой.

В состав поверхностного аппарата клеток прокариот входят плазматическая мембрана, клеточная стенка (рис. 23.2), иногда - слизистая капсула. У большинства бактерий клеточная стенка состоит из высокомолекулярного органического соединения *муреина*. Это соединение образует сетчатую структуру, придающую жесткость клеточной стенке. У цианобактерий в состав наружного слоя клеточной стенки входят поли-

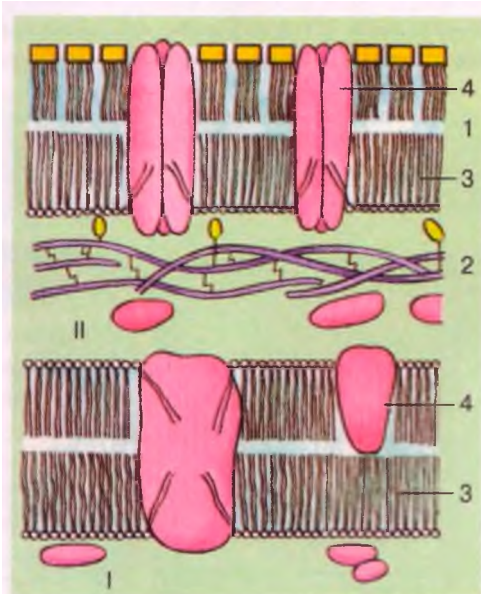


Рис. 23.2. Схема строения клеточной стенки прокариот: I. Плазматическая мембрана. II. Клеточная стенка: 1 – наружная мембрана; 2 – муреин; 3 – липиды; 4 – белки

сахарид пектин и особые сократительные белки. Они обеспечивают такие формы движения, как скольжение или вращение.

В состав клеточной стенки часто входит тоненький слой - так называемая наружная мембрана, которая подобно плазматической мембране содержит белки, фосфолипиды и другие вещества (рис. 23.2). Она обеспечивает повышенную степень защиты содержимого клетки. В частности, на такие бактерии не действуют некоторые антибиотики (например, пенициллин, актиномицин). Клеточная стенка бактерий обладает **антигенными свойствами**, т. е. организм, в который попадает бактерия, воспринимает ее как инородное, несвойственное ему тело. Благодаря этому определенные лейкоциты «узнают» болезнетворных бактерий и вырабатывают к ним антитела.

Липиды и полисахариды клеточной стенки позволяют бактериям прилипать к разным поверхностям (клеткам эукариот, эмали зубов и т. п.), а также слипаться между собой. **Слизистая капсула** состоит из мукополисахаридов, белков или полисахаридов с белковыми включениями. Она не очень крепко связана с клеткой и легко разрушается под действием определенных соединений. Поверхность клеток некоторых бактерий покрыта многочисленными тонкими нитевидными выростами. С их помощью клетки бактерий обмениваются наследственной информацией, сцепляются между собой или прикрепляются к субстрату.

Рибосомы прокариот мельче рибосом эукариотических клеток. Плазматическая мембрана может образовывать гладкие или складчатые впячивания в цитоплазму. На складчатых мембранных впячиваниях находятся дыхательные ферменты и рибосомы, а на гладких - фотосинтезирующие пигменты (рис. 23.3). В клетках некоторых бактерий (например, пурпурных) фотосинтезирующие пигменты находятся в замкнутых мешковидных структурах, образованных впячиваниями плазматической мембраны. Такие мешочки могут располагаться одиночно или же собра-

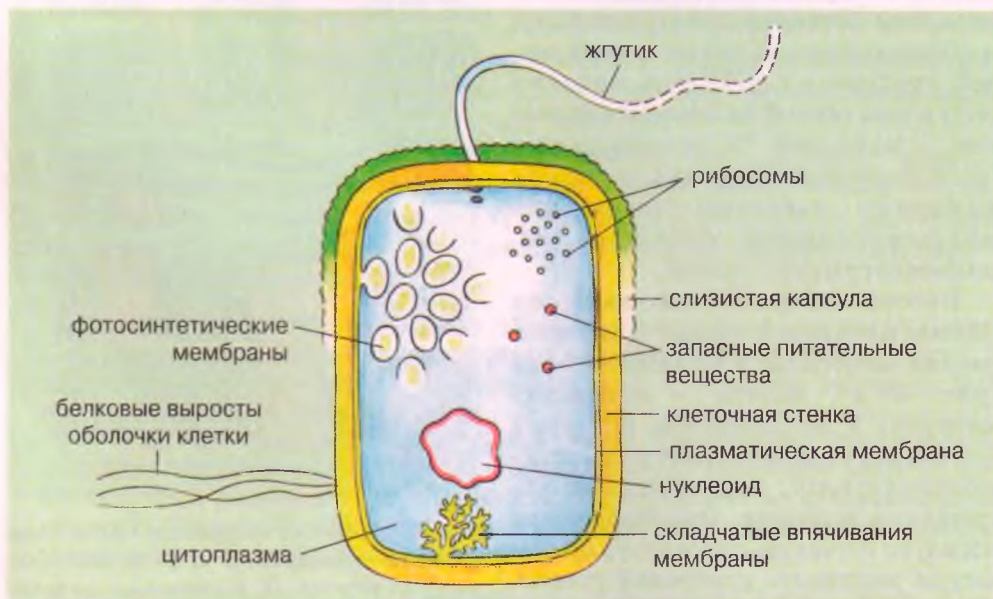


Рис. 23.3. Схема строения клетки прокариот

Рис. 23.4. Последовательные стадии деления бактериальной клетки: 1 – материнская клетка; 2, 3 – удвоение молекулы ДНК в ядерной зоне; 4, 5 – деление цитоплазмы; 6 – образование дочерних клеток

ны в кучки. Подобные образования цианобактерий называют тилакоидами; они содержат хлорофилл и расположены одиночно в поверхностном слое цитоплазмы.

У некоторых бактерий и цианобактерий - обитателей водоемов или заполненных водой почвенных капилляров, есть особые заполненные газовой смесью **газовые вакуоли**. Изменяя их объем, бактерии могут перемещаться в толще воды с минимальными затратами энергии.

Вспомните, вместо ядер в клетках прокариот есть ядерные зоны - нуклеоиды, где расположен наследственный материал - кольцевые молекулы ДНК (рис. 23.3). Кроме того, в цитоплазме присутствуют небольшие кольцевые молекулы ДНК (внехромосомные факторы наследственности) - плазмиды. Они способны удваиваться независимо от молекул ДНК ядерной зоны.

У многих настоящих бактерий есть один, несколько или много жгутиков (рис. 23.3).

Жгутики могут быть в несколько раз длиннее самой клетки, а их диаметр незначительный (10-25 нм). Жгутики прокариот лишь внешне напоминают жгутики эукариотических клеток и состоят из одной трубочки, образованной особым белком. Клетки цианобактерий лишены жгутиков.

• **Особенности процессов жизнедеятельности прокариот.** Клетки прокариот могут поглощать вещества лишь с незначительной молекулярной массой. Их поступление в клетку обеспечивают механизмы диффузии и активного транспорта.

Клетки прокариот размножаются исключительно бесполым путем: делением надвое (рис. 23.4), изредка - почкованием. Перед делением наследственный материал клетки (молекула ДНК) удваивается. Клетка удлиняется, а потом образуется поперечная перегородка, которая как бы «врастает» в глубь клетки. После этого дочерние клетки расходятся. Если они остаются соединенными между собой, то образуются колонии в виде гроздьев (стафилококк), нитей (стрептококк) и т. п.

• **Перенесение прокариотами неблагоприятных условий.** При наступлении неблагоприятных условий у некоторых прокариот происходит **спорообразование** (рис. 23.5). При этом

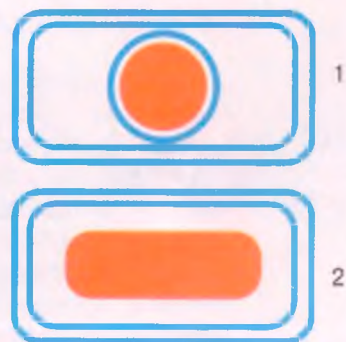
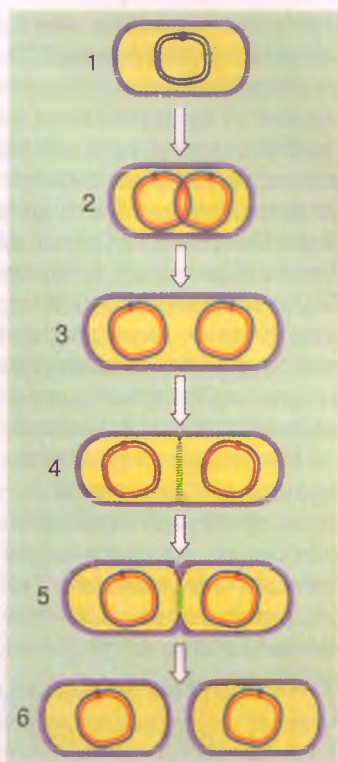


Рис. 23.5. Схема образования споры внутри клетки (1) и цисты (2) (дополнительная оболочка окружает клетку снаружи)

часть цитоплазмы материнской клетки покрывается многослойной оболочкой, образуя спору. Такие споры благодаря низкому содержанию воды очень устойчивы к воздействиям высоких температур: в некоторых случаях могут выдерживать кипячение на протяжении нескольких часов. Они также устойчивы к значительным дозам ионизирующего облучения, влиянию различных химических соединений и т. п. Споры прокариот не являются формой бесполого размножения, а служат для продолжительного переживания неблагоприятных условий. Например, в одной гербарии в Великобритании в почве, прилипшей к корням засушенных растений, были выявлены жизнеспособные споры, возраст которых превышал 300 лет. Ученые допускают, что в некоторых случаях споры бактерий способны сохранять жизнеспособность до 1000 лет. В благоприятных условиях споры «прорастают», то есть клетки покидают оболочку и начинают активную жизнедеятельность.

Некоторые прокариоты способны к **инцистированию** (от лат. *ин* - в, внутри и греч. *кистис* - пузырь) (рис. 23.5). При этом вся клетка покрывается плотной оболочкой. Цисты прокариот устойчивы к действию радиации, высушиванию, но, в отличие от спор, неспособны переносить воздействие высоких температур. Кроме переживания неблагоприятных условий, споры и цисты обеспечивают распространение прокариот с помощью воды, ветра или других организмов.

• **Гипотезы происхождения клеток эукариот.** В современной биологической науке распространены представления о том, что эукариотическая клетка могла возникнуть вследствие симбиоза нескольких прокариотических (рис. 23.6). Такие взгляды основываются на явлении автономии митохондрий, хлоропластов и некоторых других клеточных структур. Впервые эту идею еще в конце XIX ст. высказал русский ученый Н. Цвет.

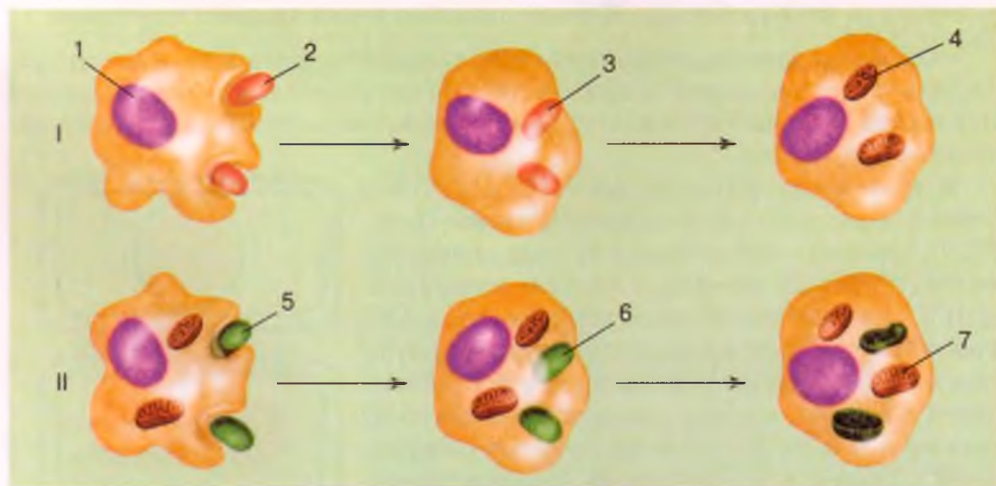


Рис. 23.6. Эндосимбиотическая гипотеза происхождения эукариотической клетки: I. Клетка с ядром вступает в симбиоз с аэробной бактерией, которая дает начало митохондрию. II. Клетка с ядром вступает в симбиоз со способной к фотосинтезу цианобактерией, которая дает начало хлоропласту: 1 – ядро; 2 – аэробная бактерия; 3 – первичная митохондрия; 4 – митохондрия; 5 – цианобактерия; 6 – первичный хлоропласт; 7 – хлоропласт

Его взгляды в 20-40-х годах XX ст. развил другой русский ученый - К. Мережковский. Окончательно же **гипотезу симбиогенеза (эндосимбиотическая гипотеза)** сформулировала американский биолог Л. Маргелис в 60-70-х годах XX ст.

Основные положения эндосимбиотической гипотезы следующие. Биологи допускают, что ядро и одномембранные органеллы (эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, вакуоли и др.) могли возникнуть вследствие впячивания плазматической мембраны внутрь клетки. Считают, что такая гипотетическая первичная эукариотическая клетка с помощью фагоцитоза захватила аэробную гетеротрофную прокариотическую клетку, которая сохранилась в цитоплазме как автономная структура - митохондрия. Симбиоз с автотрофной клеткой цианобактерий обусловил образование другой автономной органеллы - пластиды. Появление жгутиков связывают с симбиозом клетки-хозяина с подвижной спирохетообразной прокариотической клеткой. Базальные тельца жгутиков, возможно, трансформировались в центриоли и другие структуры, благодаря которым стали возможны особые формы деления эукариотической клетки — митоз и мейоз.

Ученые-эволюционисты считают, что дальнейшие изменения первичных эукариотических клеток предшествовали появлению животных, грибов и растений. В частности, становление животных клеток связывают с усовершенствованием фагоцитоза, грибов - питанием растворами органических соединений, растений - фотосинтеза.

Экспериментально эндосимбиотическую гипотезу, несмотря на продолжительные лабораторные исследования, доказать или опровергнуть не удалось, поэтому причины появления на планете Земля эукариотических клеток, а также животных, растений и грибов до сих пор не известны.

Ключевые термины и понятия. Прокариоты, спорообразование, инцистирование.

- ▶ Клетки прокариот не имеют ядра и многих органелл (митохондрий, пластид, эндоплазматической сети, комплекса Гольджи, лизосом, клеточного центра и др.). Прокариоты — одноклеточные или колониальные организмы.
- ▶ Поверхностный аппарат клеток прокариот включает плазматическую мембрану, клеточную стенку, иногда - размещенную над ней слизистую капсулу. В состав клеточной стенки большинства бактерий входит высокомолекулярное органическое соединение муреин, которое придает ей жесткость.
- ▶ В цитоплазме прокариот находятся мелкие рибосомы и разнообразные включения. Плазматическая мембрана может образовывать гладкие или складчатые впячивания в цитоплазму. На складчатых мембранных впячиваниях размещены дыхательные ферменты и рибосомы, на гладких - фотосинтезирующие пигменты.
- ▶ В клетках прокариот есть одна или две ядерные зоны - нуклеоиды, где расположен наследственный материал - кольцевая молекула ДНК.

**Кратко
о
главном**

Кратко о главном

- ▶ Клетки некоторых бактерий имеют оргanelлы движения - один, несколько или много жгутиков.
- ▶ Клетки прокариот размножаются делением надвое, изредка - почкованием. Для некоторых видов известный процесс конъюгации, во время которого клетки обмениваются молекулами ДНК. Споры и цисты обеспечивают прокариотам переживание неблагоприятных условий и распространение в биосфере.



Вопросы для самоконтроля

1. Чем строение клетки прокариот отличается от строения клеток эукариот? 2. Какое строение поверхностного аппарата клеток прокариот? 3. Какие внутриклеточные структуры есть у прокариот? 4. Как размножаются прокариоты? 5. Каково биологическое значение процессов спорообразования и инцистирования у прокариот?

Подумайте.

Чем можно объяснить более простое строение клеток прокариот по сравнению с эукариотами? Ответ обоснуйте.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ ОДНОМЕМБРАННЫХ ОРГАНЕЛЛ¹

Цель: ознакомиться со строением одномембранных органелл в клетках животных и растений.

Материалы и оборудование: луковица лука репчатого, микроскоп, препаровочный набор, пипетки, фильтровальная бумага, предметные и покровные стекла, раствор йодида калия, культура живых инфузорий или постоянные микропрепараты инфузории-туфельки, таблицы «Строение клетки» и «Инфузория-туфелька», электронно-микроскопические фотографии животных и растительных клеток.

Вариант 1

Ход работы

1. Тщательно протрите предметное стекло салфеткой. Пипеткой нанесите на него 1-2 капли слабого раствора йодида калия (он окрашивает цитоплазму в светло-желтый цвет). Лишний раствор удалите с помощью фильтровальной бумаги.
2. Скальпелем или лезвием безопасной бритвы от сочной чешуи луковицы отрежьте полоску шириной 3-4 мм, переломайте ее пополам и снимите пинцетом тонкую верхнюю кожицу с одной из половинок. Кусочек кожицы положите в каплю йодида калия на предметном стекле и расправьте его препаровочной иглой.
3. Сухое покровное стекло вертикально поставьте рядом с каплей йодида калия и осторожно опустите его на каплю.
4. Изготовленный препарат положите на предметный столик микроскопа и рассмотрите его, используя объектив малого увеличения.

выполняется учащимися по выбору учителя с учетом материально-технических возможностей.



- Рассмотрите контуры клеточных стенок, в которых кое-где заметны отверстия - поры.
- Не смещая препарат на предметном столике, настройте на него объектив большего увеличения (20х).
- Медленно перемещая препарат по предметному столику, выберите в поле зрения 3-4 клетки. Найдите вакуоли, которые могут занимать почти весь объем клетки. Благодаря этому зернистая цитоплазма золотистого цвета приобретает вид тяжей или пристеночного пласта.
- Сравните клетки, увиденные вами в поле зрения микроскопа, с изображениями на таблицах.
- Сделайте выводы.

Вариант 2

Ход работы

- Подготовьте микроскоп к работе.
- Приготовьте временный препарат инфузории-туфельки.
- При малом увеличении микроскопа на временном или на постоянном микропрепаратах найдите отдельных инфузорий.
- При большом увеличении микроскопа (желательно на постоянном микропрепарате) найдите и рассмотрите сократительные и пищеварительные вакуоли, ядра.
- Сравните клетки, увиденные в поле зрения микроскопа, с изображениями на таблицах.
- Сделайте выводы.

Вариант 3

Ход работы

- Рассмотрите электронно-микроскопические фотографии животных и растительных клеток.
- Определите, какие из одномембранных органелл заметны.
- Охарактеризуйте эти органеллы, заполнив таблицу по образцу.

Органелла	Особенности строения	Функции	В клетках каких организмов присутствуют
1. ...			
2. ...			

- Сделайте выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ ДВУХМЕМБРАННЫХ ОРГАНЕЛЛ

Цель: ознакомиться с разнообразием двухмембранных органелл.

Оборудование, материалы и объекты исследования: тодея, традесканция, спелые плоды рябины, шиповника, перца, боярышника, корнеплоды моркови; препараточный набор, предметные и покровные стекла; фильтровальная бумага; микроскоп, таблицы, учебник.



Вариант 1

Рассмотрите хлоропласты в клетках элодеи

Ход работы

1. Выдержите элодею в теплой воде (+20.. .25 °C) на протяжении 30-40 мин при ярком освещении.
2. Изготовьте временный микроскопический препарат: отделите лист элодеи, поместите его на предметное стекло в каплю воды. Добавьте водный раствор йода с йодидом калия (для этого в небольшом количестве воды растворяют 0,5 г йодида калия, добавляют 1 г кристаллического йода и доводят объем раствора до 100 см³). Накройте лист элодеи покровным стеклом.
3. Рассмотрите препарат при малом увеличении микроскопа. Обратите внимание на цвет и форму хлоропластов в клетках.
 4. Зарисуйте одну клетку листа элодеи с хлоропластами. Подпишите на рисунке структуры клетки, которые вы увидели с помощью микроскопа.
5. Сделайте выводы.

Вариант 2

Рассмотрите хромопласты в клетках спелых плодов шиповника, рябины, перца или корнеплода моркови

Ход работы

1. Тщательно протрите предметное и покровное стекла сухой салфеткой. Пипеткой нанесите на предметное стекло каплю воды.
2. Препаровочной иглой надорвите кожицу околоплодника шиповника (рябины), наберите на кончик иглы немного окрашенной мякоти и внесите ее в воду на предметном стекле. Иглой слегка разотрите мякоть и накройте покровным стеклом.
3. При малом увеличении микроскопа найдите место, где клетки расположены наименее скученно, и рассмотрите хромопласты. Обратите внимание на форму, цвет и количество этих пластид.
4. При большом увеличении детальнее рассмотрите отдельный хромопласт. Обратите внимание на особенности клетки: ядро и цитоплазма могут быть незаметными, а клеточная стенка тонкой, без утолщений.
5. Зарисуйте 2-3 клетки с хромопластами.
6. В той же последовательности приготовьте временные микроскопические препараты тканей плодов перца, корнеплодов моркови.
7. Сравните особенности строения хромопластов разных растений и отметьте черты сходства и отличия между ними.
8. Зарисуйте рядом одну с другой по одной клетке с хромопластами разных растений и подпишите рисунок, указав название каждого растения.
9. Сделайте выводы.

Вариант 3

Рассмотрите лейкопласты в клетках кожицы листа традесканции

Ход работы

1. Отдельный лист традесканции оберните вокруг указательного пальца левой руки так, чтобы нижняя розовая сторона листа оказалась снаружи.

- Иглой нарушите слой розовых клеток, снимите пинцетом покровную ткань и перенесите ее в воду на предметном стекле, добавьте еще 1-2 капли воды, накройте покровным стеклом.
- Рассмотрите временный препарат клеток кожицы традесканции сначала при малом, а потом при большом увеличении микроскопа.
- Обратите внимание на то, что вокруг ядра, а также в цитоплазматических тяжах заметны мелкие сферические блестящие тельца - лейкопласты.
- Зарисуйте 3-4 клетки кожицы листа с лейкопластами и укажите их составные части.
- Сделайте выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ДВИЖЕНИЕ ЦИТОПЛАЗМЫ В КЛЕТКАХ РАСТЕНИЙ

Цель: ознакомиться со свойствами цитоплазмы в живых клетках.

Оборудование и материалы: световые микроскопы, предметные и покровные стекла, пинцеты, препаровочные иглы, фильтровальная бумага, дистиллированная вода, 9 %-й водный раствор хлорида натрия, лист элодеи.

Ход работы

- Перед началом работы несколько минут выдержите элодею на солнечном свете при комнатной температуре.
- Подготовьте микроскоп к работе.
- Изготовьте временный микропрепарат живых клеток элодеи, поместите их в каплю воды на предметном стекле и накройте покровным стеклом.
- Рассмотрите препарат при малом увеличении, выберите участок с живыми клетками. При большом увеличении проследите за движением цитоплазмы и хлоропластов (при необходимости подогрейте препарат до +38...40 °С, вводя под покровное стекло теплую воду).
- Сделайте выводы.

ТЕСТ НА ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗНАНИЙ

I. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ПРАВИЛЬНЫЙ

- Назовите органеллы, для которых характерна определенная степень автономии в клетке: а) лизосомы; б) комплекс Гольджи; в) митохондрии; г) эндоплазматическая сеть.
- Укажите соединения, входящие в состав рибосом: а) иРНК; б) тРНК; в) рРНК; г) ДНК.
- Назовите органеллы, у которых поверхностный аппарат состоит из двух мембран: а) рибосомы; б) митохондрии; в) лизосомы; г) эндоплазматическая сеть.
- Укажите органеллы, присутствующие в клетках прокариот: а) комплекс Гольджи; б) рибосомы; в) эндоплазматическая сеть; г) митохондрии.

II. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ДВА ПРАВИЛЬНЫХ

- Укажите органеллы, способные к самовоспроизведению: а) рибосомы; б) хлоропласты; в) лизосомы; г) митохондрии.

- 2. Назовите органеллы, которые имеют собственную ДНК:** а) рибосомы; б) митохондрии; в) лизосомы; г) хлоропласты.
- 3. Назовите органеллы, которые имеют собственные рибосомы:** а) комплекс Гольджи; б) митохондрии; в) хлоропласты; г) пищеварительные вакуоли.
- 4. Определите функции, которые в клетке выполняет комплекс Гольджи:**
а) участие в формировании лизосом; б) участие в формировании митохондрий;
в) биосинтез белков; г) сортировка и окружение мембранами органических соединений.

III. ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

- 1. Определите соответствие между органеллами клеток эукариот и особенностями их строения.**

Тип строения органелл	Органеллы
А Зернистая эндоплазматическая сеть Б Лизосомы В Комплекс Гольджи Г Митохондрии	1 Имеют кристы 2 Способны периодически изменять свой объем, выводя из клетки излишек воды 3 Их основа - скопление плоских одномембранных цистерн 4 Содержат пищеварительные ферменты 5 На их мембранах расположены рибосомы

- 2. Определите возможные варианты перехода одних типов пластид в другие.**

Тип пластид	Варианты перехода
А Лейкопласт Б Хлоропласт В Хромопласт	1 Лейкопласт - хлоропласт 2 Хлоропласт - хромопласт 3 Хромопласт - хлоропласт 4 Неспособны превращаться в другие типы пластид

- 3. Определите соответствие между органеллами и наличием в них молекул различных нуклеиновых кислот.**

Содержание нуклеиновых кислот	Органеллы и структуры клетки
А Только ДНК Б Только РНК В Как ДНК, так и РНК	1 Рибосомы 2 Лизосомы 3 Митохондрии 4 Нуклеоид

- 4. Определите, от каких органелл происходят указанные органеллы эукариотической клетки.**

Органеллы-предшественники	Органеллы, которые от них происходят
А Лизосомы Б Эндоплазматическая сеть В Комплекс Гольджи Г Лейкопласты	1 Хлоропласты 2 Вакуоль с клеточным соком 3 Митохондрии 4 Пищеварительные вакуоли 5 Сократительные вакуоли

5. Определите, какие структуры присущи тем или иным типам органелл.

Тип органелл	Структуры
А Митохондрии Б Хлоропласты В Комплекс Гольджи Г Ядро	1 Тилакоиды 2 Нити хроматина 3 Центриоли 4 Кристы 5 Диктиосома

IV. ВОПРОСЫ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

1. Известно, что в клетках прокариот отсутствуют пластиды, митохондрии, лизосомы, комплекс Гольджи, эндоплазматическая сеть. Каким образом их клетки могут функционировать без этих органелл?
2. Почему изучение строения и свойств митохондрий и пластид натолкнуло ученых на мысль, что эукариотические клетки могли возникнуть вследствие симбиоза нескольких прокариотических клеток?
3. Какое биологическое значение того, что одни типы пластид могут переходить в другие?
4. Что общего и отличного в строении и функциях митохондрий и хлоропластов?
5. Почему сократительные вакуоли присутствуют преимущественно у одноклеточных животных и водорослей - обитателей пресных водоемов? Ответ обоснуйте.

ТЕМА 3. КЛЕТКА КАК ЦЕЛОСТНАЯ СИСТЕМА

- Особенности обмена веществ и энергии в клетках автотрофных и гетеротрофных организмов;
- жизненный цикл клеток;
- положения клеточной теории и ее значение для дальнейшего развития биологии.

§ 24. КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ. МИТОЗ

Вспомните: что такое вид, нейроны, хроматин, центриоли и центромера?

Во время изучения предыдущих тем вы узнали о строении и функциях клеток эукариот и прокариот в целом и их составляющих - органелл и включений. Клетка существует как единая биологическая система благодаря согласованному взаимодействию всех своих частей.

• **Клеточный цикл.** Как вы помните, клетки обычно размножаются делением. *Период существования клетки между началами ее двух последовательных делений или же от начала деления до гибели называют клеточным циклом* (рис. 24.1). Продолжительность клеточного цикла у разных организмов неодинакова: у бактерий при оптимальных условиях она составляет всего 20-30 мин, у клеток эукариот - 10-80 часов и более (например, инфузория-туфелька делится каждые 10-20 часов). Клеточный цикл состоит из периодов деления и промежутка между ними - интерфазы.

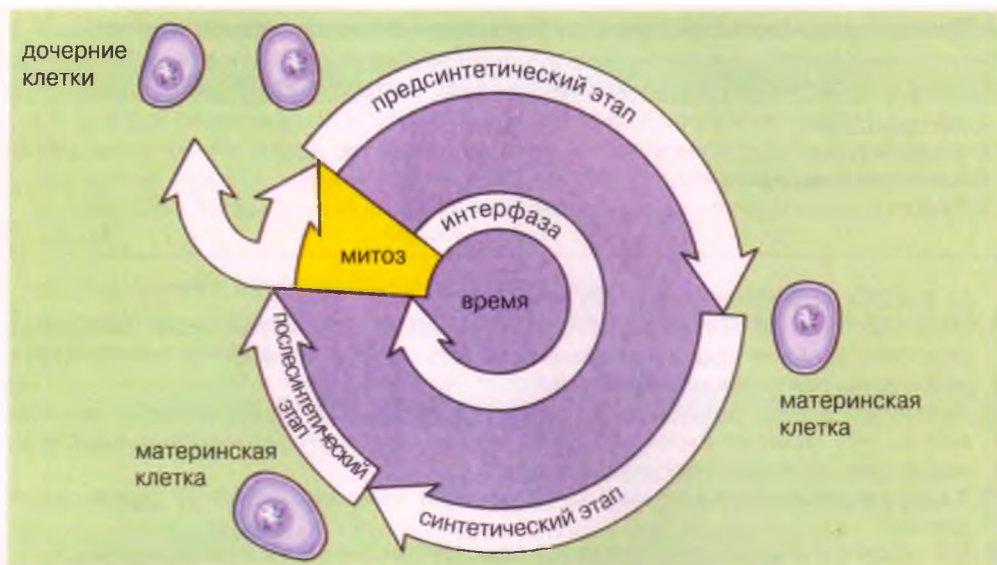


Рис. 24.1. Обобщенная схема клеточного цикла

Интерфаза (от лат. *интер* - между и греч. *фазис* - появление) - период между двумя последовательными делениями клетки или от завершения последнего деления до ее гибели. В интерфазе клетка растет, синтезирует органические соединения и запасает энергию в виде особого типа химической (макроэргической) связи. В интерфазе различают три последовательных этапа (периода). Процессы биосинтеза интенсивно происходят на **синтетическом** этапе. В это время удваиваются молекулы ДНК, хроматиды, центриоли, делятся митохондрии и пластиды и т. п. Этап между завершением предыдущего деления и синтетическим этапом называют **предсинтетическим**, а между завершением синтетического этапа и началом следующего деления - **послесинтетическим** (рис. 24.1). Продолжительность интерфазы обычно составляет до 90 % времени всего клеточного цикла. Достижение клеткой определенных размеров часто побуждает ее к началу следующего деления.

Основным способом деления эукариотических клеток является митоз (рис. 24.2) (от греч. *митос* - нить). Он сопровождается уплотнением хромосом и образованием особого **веретена деления**, которое обеспечивает упорядоченное распределение наследственного материала между дочерними клетками.

• **Фазы митотического деления.** Митоз состоит из четырех последовательных фаз: профазы, метафазы, анафазы и телофазы (рис. 24.2) и продолжается от нескольких минут до 2-3 часов.

Профаза (от греч. *про* - перед, раньше и *фазис* - проявление) начинается с уплотнения нитей хроматина: хроматиды укорачиваются и утолщаются (спирализируются) (рис. 24.2, I). Благодаря этому под световым микроскопом можно рассмотреть строение хромосом (в частности, найти первичную перетяжку) и подсчитать их количество. Постепенно уменьшаются и исчезают ядрышки; обычно во время деления ядерная оболочка распадается (за исключением некоторых одноклеточных животных, водорослей и

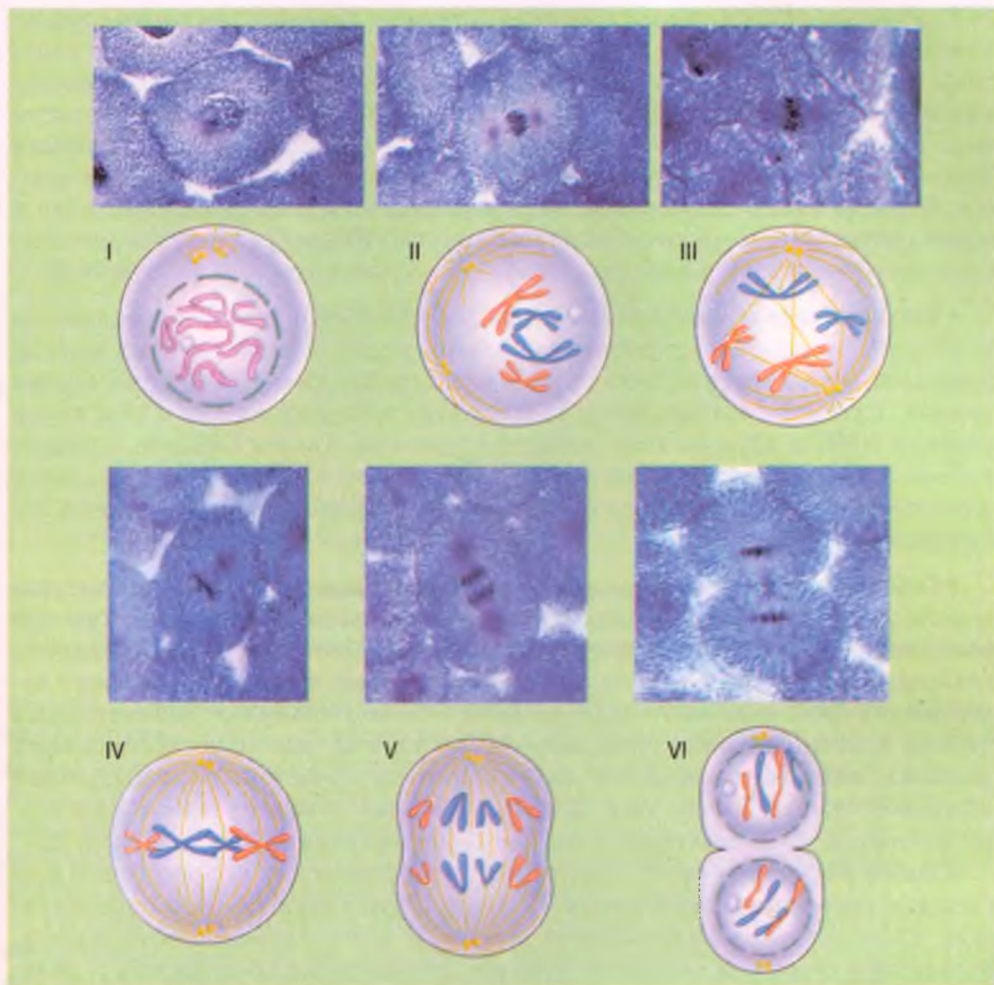


Рис. 24.2. Митоз: I. Профаза: исчезновение ядерной оболочки; II. Профаза: хромосомы оказываются в цитоплазме; III. Начало метафазы: нити веретена деления присоединяются к кинетохорам; IV. Завершение метафазы: хромосомы располагаются по центру клетки; V. Анафаза: хроматиды расходятся к полюсам клетки; VI. Телофаза: формирование ядер, деление цитоплазмы и образование дочерних клеток

грибов), вследствие чего хромосомы оказываются в цитоплазме (рис. 24.2, II). Вместе с тем начинает формироваться веретено деления.

Во время следующей фазы митоза - **метафазы** (от греч. *мета* - после, через) - завершаются перемещение хромосом и формирование веретена деления (рис. 24.2, III). Хромосомы «выстраиваются» в одной плоскости в центральной части клетки таким образом, что центромеры гомологических хромосом оказываются практически на одной линии (рис. 24.2, IV). К кинетохорам отдельных хромосом присоединяются нити веретена деления.

Анафаза (от греч. *ана* - снова, вне) - наиболее короткая фаза митоза (рис. 24.2, V). В это время хроматиды каждой из хромосом расходятся к разным полюсам клетки.

Телофаза (от греч. *телос* - конец) длится от завершения расхождения хроматид до образования дочерних клеток (рис. 24.2, VI). В начале телофазы хромосомы вытягиваются и перестают быть заметными под световым микроскопом (деспирализуются). Вокруг каждого из расположенных на полюсах клетки скоплений хроматид формируется ядерная оболочка, появляются ядрышки, т. е. формируются ядра дочерних клеток. В конце телофазы исчезает веретено деления, делится цитоплазма и окончательно формируются дочерние клетки. Подробнее о митотическом делении клетки вы узнаете при выполнении лабораторной работы № 9.

● **Биологическое значение митоза.** Митотическое деление обеспечивает точную передачу наследственной информации от материнских клеток дочерним на протяжении любого количества последовательных клеточных циклов. При этом сохраняются постоянство числа хромосом и структура молекул ДНК в ядре во всех дочерних клетках. Таким образом, процесс митоза обеспечивает стабильность кариотипов, т. е. служит условием существования биологических видов на протяжении большого числа поколений.

● **Гибель клеток.** Различают два типа гибели клеток. Чаще она наступает вследствие повреждения (нарушения проницаемости) плазматической мембраны, необратимых изменений прежде всего ядра и митохондрий, что приводит к прекращению их функций. Такие процессы называют **некрозом** (от греч. *некротизис* — омертвление). Обычно отмирают значительные группы клеток. Некрозы развиваются при многих тяжелых заболеваниях человека, например **инфаркте миокарда** (отмирание участков мышечной сердечной ткани). Кроме того, в некротических участках возникают воспалительные процессы (при развитии злокачественных опухолей и т. п.).

Клетки могут гибнуть и при отсутствии физических повреждений или влияния токсичных соединений. Известно, что клетки имеют определенную, наследственно запрограммированную продолжительность жизни. Вследствие старения погибают клетки, утратившие способность к делению (нейроны, эритроциты, ситовидные трубки и т. п.). При этом они претерпевают значительные изменения: уплотняется хроматин, ядро распадается на отдельные части (**фрагментация**), уменьшается объем цитоплазмы и т. п. Этот процесс называется **апоптоз** (от греч. *апоптозис* - распад). Таким образом, апоптоз - запланированная гибель клеток, а некроз - незапланированная.

● **Регуляция клеточного цикла.** Сегодня ученые установили, что все этапы клеточного цикла подлежат гуморальной регуляции. Ферментативная регуляция хода основных событий клеточного цикла осуществляется в так называемых **контрольных пунктах**, где он в случае ошибок может быть остановлен (рис. 24.3). Причинами прерывания клеточного цикла могут быть: недостаток питательных веществ, нарушение механизмов роста, удвоения молекул ДНК и расхождения хроматид, внешние влияния и др.

Контрольный пункт в конце предсинтетического этапа устанавливает степень готовности клетки к продолжению клеточного цикла. В случае успешного прохождения этого этапа клетка синтезирует органические ве-

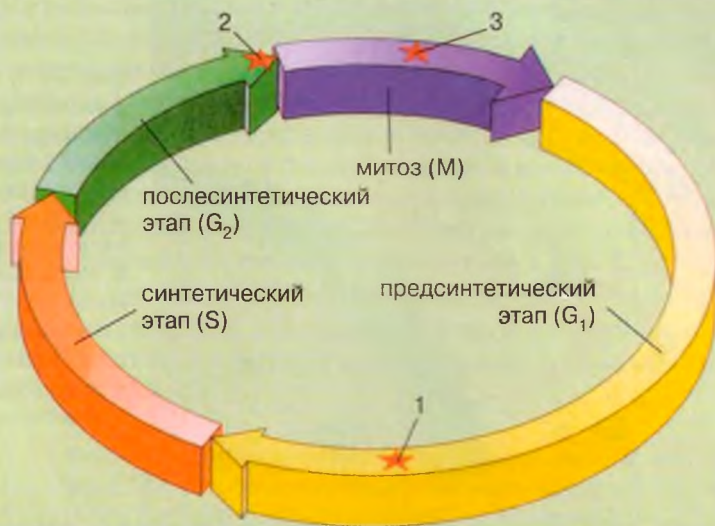


Рис. 24.3. Три основных контрольных пункта клеточного цикла:

1 – в конце предсинтетического этапа (G_1/S); **2** – в конце послесинтетического этапа (G_2/M); **3** – в завершающей стадии метафазы

щества и растет. Проверку надлежащего завершения интерфазы, в частности правильность удвоения молекул ДНК, осуществляет контрольный пункт в конце послесинтетического этапа. Факторы, разрушающие молекулы ДНК или задерживающие их удвоение, могут прервать клеточный цикл на этом этапе. Контрольный пункт в завершающей части метафазы отвечает за правильность размещения хромосом в центральной части клетки и их присоединение к нитям веретена деления.

Регуляцию клеточного цикла обеспечивают сложные молекулярные механизмы, главный из которых – присоединение (или отсоединение) фосфатных групп к определенным аминокислотам в составе особых белков, что изменяет их активность (рис. 24.4).

Вспомните, что на плазматических мембранах клеток расположены многочисленные белки-рецепторы, чувствительные к факторам роста. Когда эти факторы связываются с мембранными рецепторами, то усиливаются сигналы, стимулирующие деление клетки.

Известно свыше 50 разных белков, которые функционируют как факторы роста, но их, без сомнения, больше. Каждый рецептор «узнает» определенный ростовой фактор по форме части его молекулы (рис. 24.5). Если клетки лишены факторов роста, то их цикл завершается на предсинтетическом этапе.

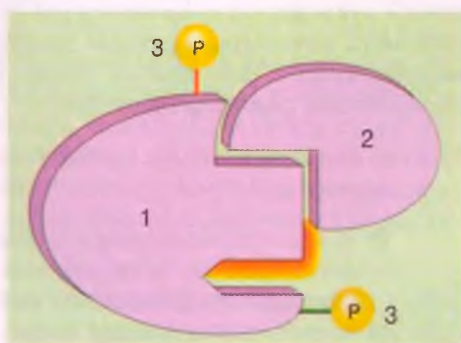


Рис. 24.4. Комплекс белковой молекулы (2) фермента (1) с фосфатной группой (3) обеспечивает продолжение клеточного цикла после прохождения определенного контрольного пункта

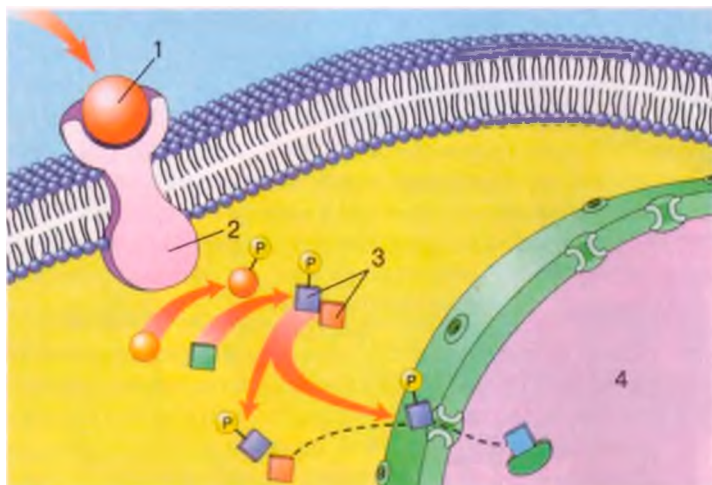


Рис. 24.5. Передача факторов роста в клетку: фактор роста (1) взаимодействует с рецепторной молекулой плазматической мембраны (2) и попадает внутрь клетки. Благодаря комплексу ферментов (3) он проникает в ядро (4). (P – фосфатная группа)

Запомните: регуляция клеточного цикла зависит от степени активности специфических белков, контролируемой соответствующими ферментами. Клетки получают сигналы от белков, которые называют факторами роста, поскольку они влияют на деление клеток.

• **Рак и контроль роста клеток.** Примером нарушения регуляции клеточного цикла служит неуправляемое организмом деление клеток, которое является причиной раковых (онкогенных) заболеваний. Ученые выделили ген, несущий информацию о ферменте, контролирующем целостность ДНК. Если такой фермент обнаруживает поврежденную ДНК, он приостанавливает деление и активизирует другие ферменты, необходимые для восстановления структуры ДНК (процесс репарации), после чего митоз продолжается. Если восстановить молекулу ДНК не удастся, этот фермент стимулирует апоптоз. Ученые установили, что данный фермент отсутствует или поврежден в раковых клетках. Найдены многочисленные гены (свыше 50), которые при попадании в клетку способны превращать ее в раковую. Это изначально нормальные гены, которые вследствие повреждений становятся онкогенными (то есть такими, которые могут спровоцировать неконтролируемое деление клетки). Эти гены по-разному взаимодействуют с факторами роста. Вместе с тем есть гены, подавляющие образование раковых опухолей.

Ключевые термины и понятия. *Клеточный цикл, интерфаза, митоз.*

Клеточным циклом называют время существования клетки между началами ее двух последовательных делений или же от начала последнего деления до гибели. Он состоит из периодов деления и промежутка между ними - интерфаза. В интерфазе клетка растет, синтезирует органические соединения и запасает энергию в виде особого типа химической (макроэргической) связи.

Основной способ деления эукариотических клеток - митоз. Он состоит из четырех последовательных фаз: профазы, метафазы, анафазы и телофазы.

Во время профазы хромосомы уплотняются, исчезают ядрышки и ядерная оболочка, образуется веретено деления. Во время метафазы хромосомы выстраиваются в ряд в центральной части клетки, а нити веретена деления присоединяются к кинетохорам. Во время анафазы хроматиды каждой из хромосом расходятся к разным полюсам. В начале телофазы происходит деспирализация хромосом, формируются ядерные оболочки, появляются ядрышки, исчезает веретено деления, делится цитоплазма и формируются дочерние клетки.

Биологическое значение митоза заключается в том, что он обеспечивает точность передачи наследственной информации от материнских клеток дочерним на протяжении последовательных клеточных циклов.



Вопросы для самоконтроля

1. Из каких периодов состоит клеточный цикл? 2. Что такое интерфаза? Каково ее значение для существования клетки? 3. Что такое митоз? Из каких фаз он состоит? 4. В чем заключается биологическое значение митоза?

Подумайте. В чем заключается значение митоза для обеспечения индивидуального развития особей и продолжительного существования видов? Ответ обоснуйте.

§ 25. МЕЙОЗ



Вспомните: чем отличаются хромосомные наборы половых и неполовых клеток многоклеточных организмов? Какие наборы хромосом называют гаплоидными, диплоидными и полиплоидными? Что такое интерфаза, гамета, зигота, оплодотворение, жизненный цикл?

• Как образуются половые клетки с гаплоидным набором хромосом?

Вы уже знаете, что процесс оплодотворения сопровождается слиянием ядер мужской и женской половых клеток, которые большей частью имеют гаплоидный набор хромосом. При этом слиянии двух гаплоидных половых клеток (гамет) при оплодотворении хромосомный набор зиготы удваивается, то есть становится диплоидным. А как образуются гаплоидные клетки? Установлено, что при их образовании осуществляется особая форма деления эукариотических клеток, которая обеспечивает уменьшение хромосомного набора половых клеток вдвое по сравнению с неполовыми.

• **Мейоз** (от греч. *мейозис* — уменьшение) — особый способ деления эукариотических клеток, вследствие которого их хромосомный набор уменьшается вдвое. Во время мейоза происходят два последовательных деления, интерфаза между которыми укорочена или практически отсутствует. Каждое из этих делений, как и митоз, состоит из четырех последовательных фаз. Первое мейотическое деление получило название **редукционного** (от лат. *редуцере* — возвращать, отодвигать назад).

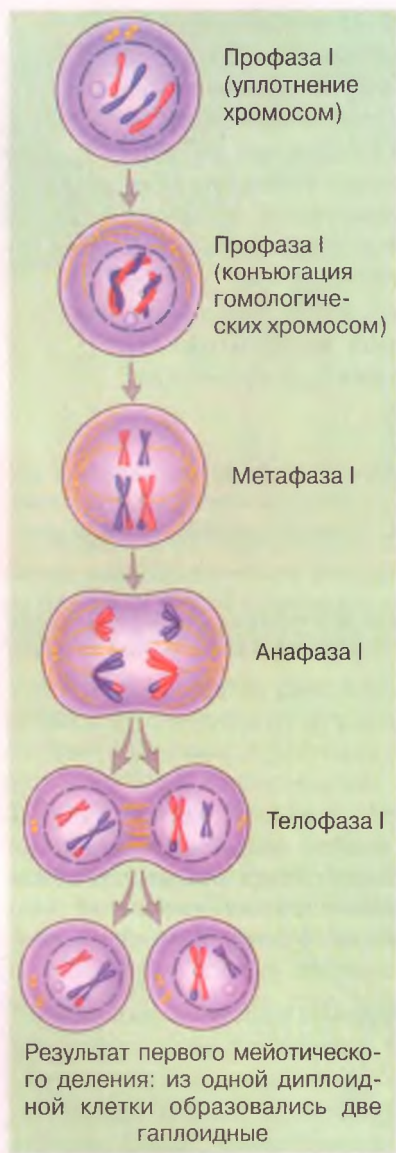


Рис. 25.1. Первое мейотическое деление

Во время профазы первого мейотического деления (**профаза I**) хромосомы уплотняются, приобретая вид палочковидных структур (рис. 25.1). Затем гомологичные хромосомы сближаются и как бы «слипаются» (конъюгируют) между собой. Во время **конъюгации** может происходить **кроссинговер** (от англ. **кроссинг овер** - перекрест): обмен участками между гомологичными хромосомами (рис. 25.2). В результате кроссинговера появляются новые комбинации наследственного материала, благодаря чему гомологичные хромосомы отличаются друг от друга наборами наследственной информации. Поэтому кроссинговер служит источником **наследственной изменчивости**.

В конце профазы гомологичные хромосомы разъединяются (но остаются соединенными в местах, где происходит обмен участками), исчезают ядрышки, разрушается ядерная оболочка и начинает формироваться веретено деления.

В метафазе первого мейотического деления (**метафаза I**) нити веретена деления присоединяются к кинетохорам. При этом центромеры гомологичных хромосом расположены одна напротив другой, а не рядом вдоль одной линии, как во время митоза (рис. 25.1).

Во время анафазы первого мейотического деления (**анафаза I**) гомологичные хромосомы расходятся к противоположным полюсам; каждая из них состоит из двух хроматид. Таким образом, в конце анафазы I вблизи каждого из полюсов оказывается половинный набор хромосом. Если клетка к началу мейоза была диплоидной (2п), то после первого мейотического деления она становится гаплоидной (1п).

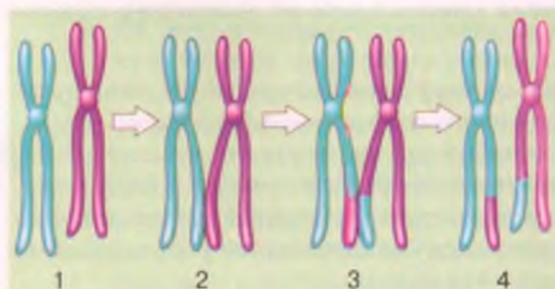


Рис. 25.2. Схема кроссинговера: 1 – гомологичные хромосомы сближаются; 2 – после конъюгации гомологичные хромосомы начинают расходиться, но еще соединены в некоторых участках; 3 – обмен участками между гомологичными хромосомами; 4 – две гомологичные хромосомы с частично различными наборами наследственной информации

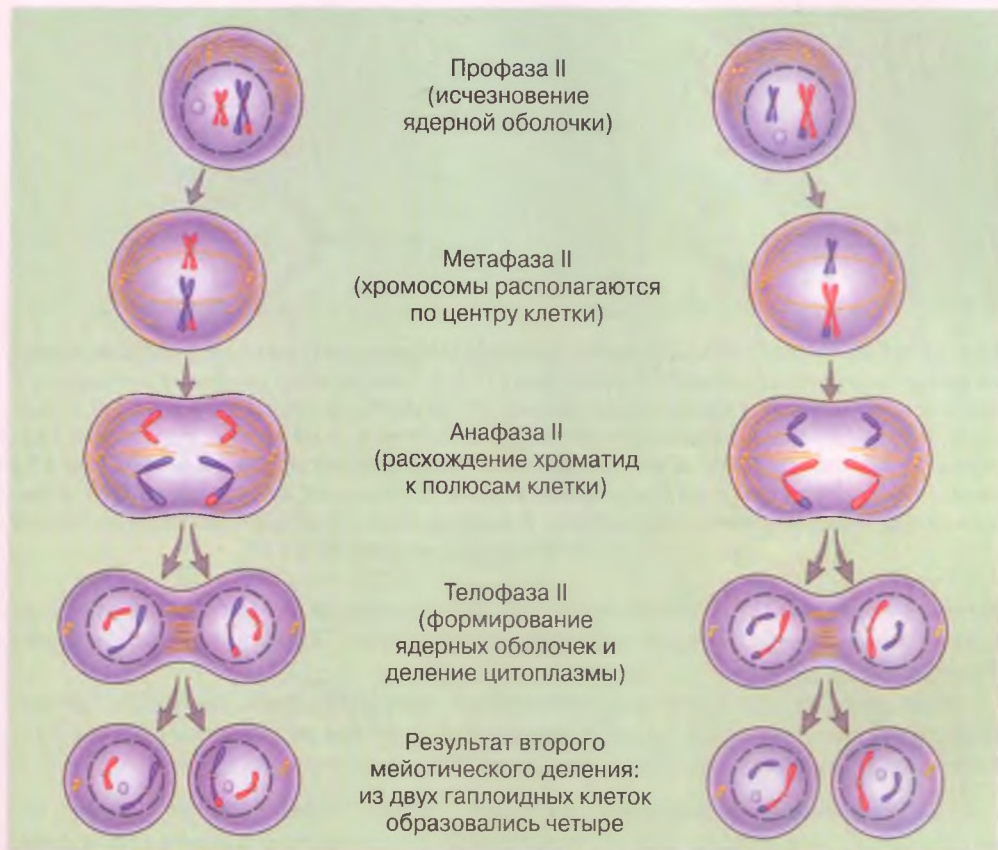


Рис. 25.3. Второе мейотическое деление

В телофазе первого мейотического деления (**телофаза I**) формируется ядерная оболочка. У животных и некоторых видов растений хромосомы деспирализуются и цитоплазма материнской клетки делится, т. е. образуются две дочерние гаплоидные клетки; у большинства видов растений деление клетки не завершается (цитоплазма не разделяется).

Интерфаза между мейотическими делениями укорочена или практически отсутствует (большинство видов растений); молекулы ДНК в этот период не удваиваются (рис. 25.3).

Во время профазы второго мейотического деления (**профазы II**) хромосомы уплотняются и начинают передвигаться к центральной части клетки, исчезают ядрышки, разрушается ядерная оболочка, начинает формироваться веретено деления (рис. 25.3).

В метафазе второго мейотического деления (**метафаза II**) завершаются уплотнение хромосом и формирование веретена деления (рис. 25.3).

В анафазе второго мейотического деления (**анафаза II**) хроматиды отдельных хромосом расходятся к разным полюсам (рис. 25.3).

Во время телофазы второго мейотического деления (**телофазы II**) хромосомы снова деспирализуются, исчезает веретено деления, формируются ядрышки и ядерная оболочка. Завершается телофаза II делением цитоплазмы (рис. 25.3). В результате второго мейотического деления ко-

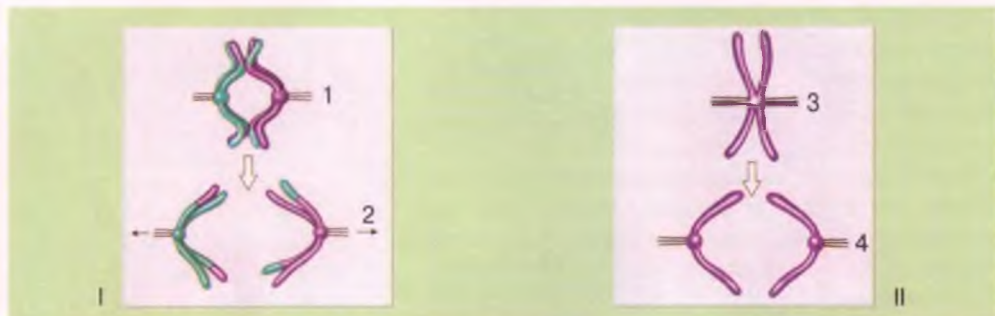


Рис. 25.4. Сравнение событий, происходящих во время метафазы и анафазы первого мейотического деления (I) и митоза (II): 1 – после конъюгации в метафазе I мейоза гомологичные хромосомы начинают отходить друг от друга; 2 – в анафазе I мейоза гомологичные хромосомы расходятся к полюсам; обратите внимание, как происходит обмен участками (обозначены другим цветом) между ними; 3 – в метафазе митоза нити веретена деления присоединяются к кинетохору, как и во время метафазы I мейоза, но в анафазе к разным полюсам расходятся отдельные хроматиды (4)

личество хромосом не изменяется, но каждая хромосома состоит лишь из одной хроматиды. Таким образом, количество ДНК в каждой клетке уменьшается вдвое.

Итак, после двух последовательных мейотических делений из диплоидной материнской клетки образуется четыре гаплоидные дочерние, в которых каждая хромосома представлена одной хроматидой.

● **Биологическое значение мейоза.** Мейоз представляет собой совершенный механизм, обеспечивающий постоянство кариотипа видов, размножающихся половым путем. Благодаря двум последовательным мейотическим делениям число хромосом половых клеток уменьшается вдвое. Диплоидный набор хромосом восстанавливается во время слияния гамет при оплодотворении.

Мейоз также обеспечивает и наследственную изменчивость организмов. Во-первых, в профазе I происходит обмен участками гомологичных хромосом. Во-вторых, в анафазе I гомологичные хромосомы, которые могут содержать отличную наследственную информацию, оказываются в разных дочерних клетках (рис. 25.4). Отличия между митотическим делением клетки и мейозом приведены на рисунке 25.5. Учащиеся, осваивающие биологию на академическом уровне, смогут подробнее изучить эти отличия во время выполнения практической работы № 5.

● **Место мейоза в жизненном цикле организмов.** Вы уже поняли, что в жизненном цикле организмов, размножающихся половым путем, обязательно происходит мейоз. Но у разных видов мейотическое деление может происходить на разных фазах жизненного цикла (рис. 25.6). Например, у паразитических одноклеточных животных-споровиков (в частности, малярийного плазмодия), некоторых водорослей (хламидомонады и др.) зигота начинает делиться путем мейоза. Поэтому у них диплоидна лишь зигота, а все другие фазы жизненного цикла обладают гаплоидным набором хромосом (рис. 25.6,1).

У многоклеточных животных и человека, наоборот, большая часть жизненного цикла представлена диплоидными клетками, а гаплоидные

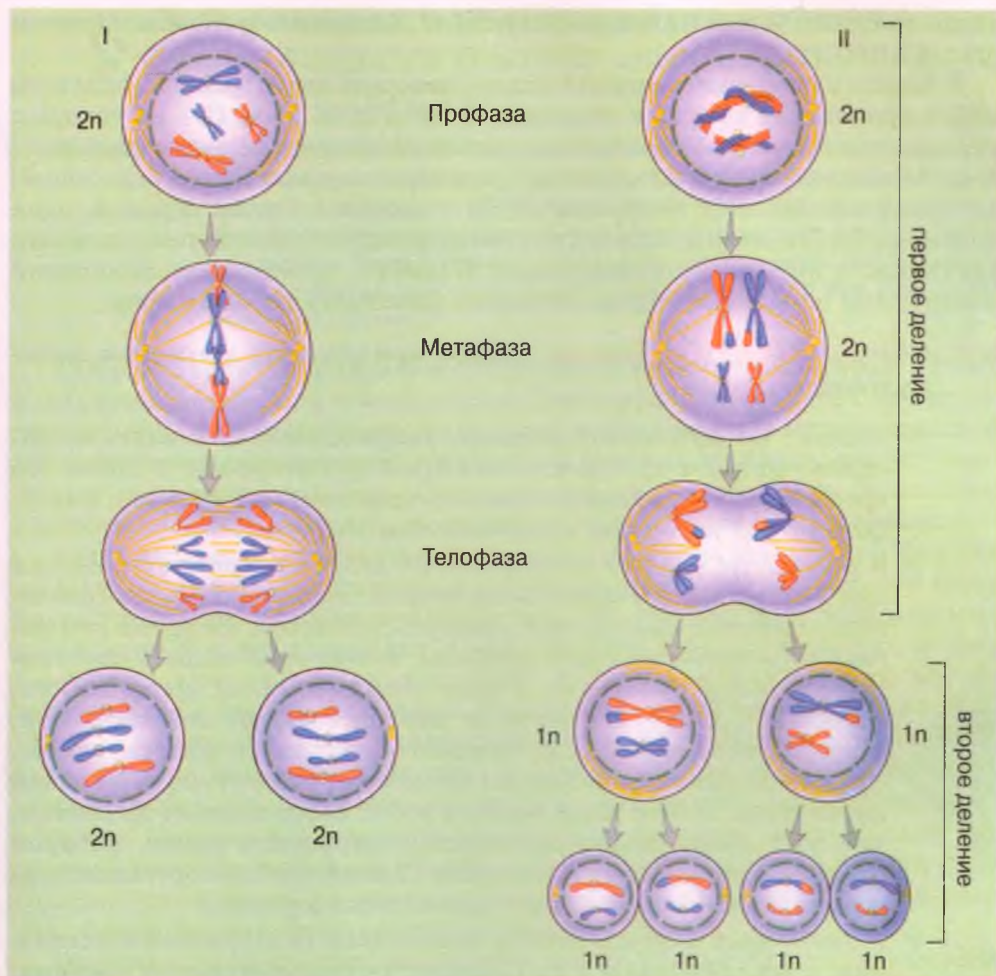


Рис. 25.5. Различия между митозом (I) и мейозом (II)

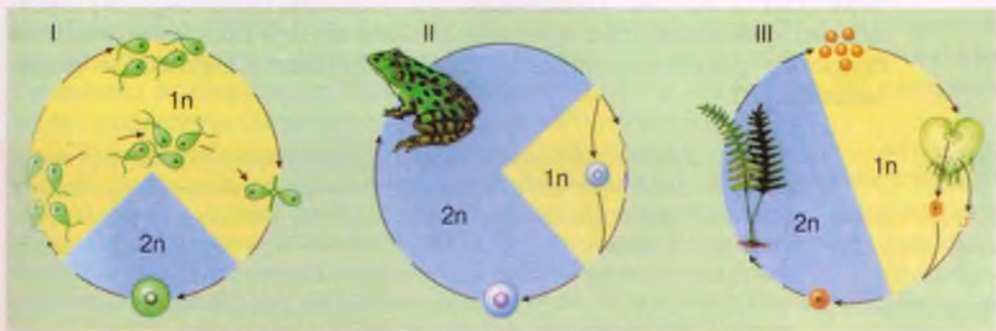


Рис. 25.6. Разные типы ядерных циклов: I – ядерный цикл хламидомонады (деление зиготы начинается мейозом); II – ядерный цикл лягушки (мейоз предшествует образованию гамет); III – ядерный цикл папоротника (половое поколение гаплоидное, бесполое – диплоидное, мейоз происходит при образовании спор, из которых развивается половое поколение)

лишь половые. У них мейоз предшествует образованию половых клеток (рис. 25.6, II).

У высших споровых растений (мхов, папоротников, хвощей, плаунов) мейоз происходит во время образования спор (рис. 25.6, III), из которых развивается гаплоидное поколение, размножающееся половым способом. А из оплодотворенной яйцеклетки развивается диплоидное поколение, которое размножается бесполом путем — спорами. Таким образом, одна половина жизненного цикла этих организмов представлена гаплоидными клетками, а другая — диплоидными. Подобное чередование поколений обнаружено и у морских одноклеточных животных фораминифер.

Ключевые термины и понятия. Мейоз, конъюгация хромосом, кроссинговер.

Мейоз — особый способ деления эукариотических клеток, вследствие которого их хромосомный набор уменьшается вдвое. Во время мейоза происходят два последовательных деления, интерфаза между которыми укорочена или отсутствует.

В результате первого мейотического деления образуются клетки или лишь ядра с половинным (обычно гаплоидным), по сравнению с материнской клеткой, набором хромосом. Во время конъюгации хромосом на этапе профазы может происходить кроссинговер — обмен участками между гомологичными хромосомами, который служит источником наследственной изменчивости. В результате второго мейотического деления количество хромосом не изменяется, но каждая хромосома состоит лишь из одной хроматиды. Мейоз представляет собой совершенный механизм, который обеспечивает постоянство кариотипа видов, которые размножаются половым способом. Диплоидность восстанавливается во время слияния гамет при оплодотворении.

У некоторых одноклеточных организмов (малярийного плазмодия, хламидомонады и др.) деление зиготы начинается с мейоза. У многоклеточных животных мейоз предшествует образованию половых клеток. У организмов, в жизненном цикле которых чередуются половое (гаплоидное) и бесполое (диплоидное) поколения, мейоз предшествует появлению особей полового (высшие споровые растения, морские одноклеточные животные — фораминиферы).



Вопросы для самоконтроля

1. Из скольких делений состоит процесс мейоза?
2. Что такое конъюгация гомологичных хромосом и кроссинговер?
3. Почему мейоз способствует усилению наследственной изменчивости организмов?
4. Какое биологическое значение мейоза?
5. На каких этапах жизненных циклов организмов, размножающихся половым способом, может происходить мейоз?
6. Что общего и отличного между процессами мейоза и митоза?

Подумайте. Почему мейоз не происходит у организмов, которым половое размножение не присуще?



§ 26. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ В КЛЕТКАХ



Вспомните: что такое метаболизм и гомеостаз? Какое количество энергии выделяется при расщеплении белков, липидов и углеводов? Каковы строение и функции АТФ? Какие химические реакции относят к реакциям синтеза и расщепления? Что такое ферменты, сложные и простые белки? Какие процессы называют окислительными, а какие - восстановительными? Каковы строение и функции митохондрий и лизосом?

• **Общая характеристика обмена веществ в клетке.** Отдельные клетки и организмы относятся к **открытым системам**. Это означает, что их существование возможно лишь благодаря поступлению в них из внешней среды питательных веществ, их преобразованиям и выводу наружу продуктов жизнедеятельности. Совокупность этих процессов называется **обменом веществ**, или **метаболизмом** (от греч. *метаболе* - перемена).

В организмах одновременно происходят процессы двух типов. К первому типу относятся поступление из окружающей среды, усвоение и накопление веществ, используемых для синтеза соединений, необходимых для клеток и всего организма. **Совокупность реакций синтеза, обеспечивающих развитие клеток и ценных организмов, возобновление их химического состава, называют пластическим обменом** (от греч. *пластос* - созданный). На осуществление этих процессов организм тратит определенное количество энергии, необходимой для образования химических связей и т. п. Ко второму типу относятся процессы расщепления веществ. Они сопровождаются выделением энергии, необходимой для обеспечения пластического обмена. **Совокупность реакций расщепления сложных соединений в организме, сопровождающихся выделением энергии, называют энергетическим обменом**.

Процессы расщепления веществ не всегда уравновешены процессами их синтеза. Так, во время роста клетки или организма реакции синтеза преобладают над реакциями расщепления. Благодаря этому обеспечиваются накопление необходимых соединений и рост. Во время интенсивной физической работы, при недостатке питательных веществ или старении, наоборот, процессы расщепления преобладают над синтезом. Если потери биомассы и энергии не будут компенсироваться питанием, то организм будет постепенно истощаться, что может привести к гибели.

Итак, энергетический и пластический обмены являются составляющими единого процесса обмена веществ и превращений энергии в живых организмах - метаболизма. Благодаря процессам обмена веществ и преобразований энергии обеспечивается поддержание гомеостаза при изменениях условий окружающей среды. Поддержание гомеостаза - необходимое условие нормального функционирования любой биологической системы от клеточного до биогеоценотического уровней организации.

• **Автотрофы, гетеротрофы и миксотрофы.** Для живых организмов, населяющих нашу планету, основным источником энергии служит солнечный свет, благодаря которому прямо или опосредованно удовлетворяются их энергетические потребности.

Вы помните, что организмы, способные синтезировать органические вещества из неорганических, называют **автотрофами** (от греч. *аутос* - сам и *трофе* - пища, питание). Поглощенную из окружающей среды энергию они используют для обеспечения процессов жизнедеятельности и накапливают в виде энергии химических связей синтезированных органических соединений. Большинство автотрофных видов — зеленые растения, цианобактерии, некоторые бактерии и одноклеточные животные (например, панцирные жгутиконосцы) - используют световую энергию, преимущественно солнечную. Некоторые бактерии - нитрифицирующие, железо- и серобактерии - для синтеза органических соединений из неорганических используют энергию, высвобождающуюся во время реакций окисления неорганических соединений.

Грибы, большинство животных и бактерий относятся к **гетеротрофам** (от греч. *гетерос* - другой). Для них источником энергии служат химические связи органических соединений, образованных другими организмами. Эти органические соединения они получают, питаясь другими живыми существами, их останками или продуктами жизнедеятельности. **Миксотрофы** (от греч. *миксис* - смешивание) — организмы со смешанным типом питания (росянка, омела, хламидомонада, эвглена зеленая). Такие организмы способны не только синтезировать органические соединения из неорганических, но и поглощать готовые органические вещества. Как вы помните, росянка способна к фотосинтезу, но также охотится на мелких беспозвоночных животных, преимущественно насекомых. Это растение распространено на болотистых почвах, бедных азотистыми соединениями. Их росянка получает, переваривая пойманных насекомых.

● **Энергетический обмен и его этапы.** В биологических системах энергия существует в разных формах, способных превращаться одна в другую. Живые организмы используют энергию для обеспечения разных процессов жизнедеятельности: химических (например, синтеза органических соединений), механических (сокращение мышц, движения одноклеточных организмов), электрических (прохождение нервного импульса по нервному волокну), тепловых (поддержание постоянной температуры тела), световых (свечение некоторых микроорганизмов, насекомых, глубоководных рыб и т. п.).

Мы уже упоминали, что часть энергии, которая выделяется во время расщепления органических веществ, рассеивается в виде тепла, а часть - запасается в виде высокоэнергетических (макроэргических) химических связей определенных соединений. Как вы помните, таким универсальным соединением - накопителем энергии в клетках - служит аденозинтрифосфорная кислота (АТФ).

Энергетический обмен происходит в три последовательных этапа: подготовительный, бескислородный и кислородный.

● **Подготовительный этап энергетического обмена.** Начальный этап энергетического обмена — **подготовительный** — происходит в цитоплазме клеток всех организмов, а у большинства многоклеточных животных и человека также и в полостях органов пищеварительной системы. На подготовительном этапе сложные органические соединения под действием ферментов расщепляются на более простые: белки - до аминокислот, жиры -



до глицерина и жирных кислот, полисахариды - до моносахаридов, нуклеиновые кислоты - до нуклеотидов. Эти процессы сопровождаются высвобождением энергии, но ее количество незначительное, и она рассеивается в виде тепла, которое организмы могут использовать для поддержания определенной температуры тела.

• **Бескислородный этап энергетического обмена** (анаэробное дыхание) происходит в клетках. Его еще называют *анаэробным* (от греч. *ан* - частица, обозначающая возражение, и *аэр* - воздух), поскольку соединения, образованные на предыдущем этапе, проходят дальнейшее многоступенчатое расщепление без участия кислорода.

Анаэробное расщепление, или анаэробное дыхание, - это простейшая форма преобразования и накопления энергии в химических связях молекул АТФ. Так, некоторые микроорганизмы и беспозвоночные животные (в основном паразиты) не могут использовать кислород в процессах энергетического обмена. Необходимую энергию они получают лишь благодаря анаэробному расщеплению органических соединений. Большинство организмов в процессах энергетического обмена способны использовать кислород, однако и у них кислородному этапу всегда предшествует бескислородный.

Сутью бескислородного этапа энергетического обмена является расщепление молекулы глюкозы на две молекулы молочной ($C_3H_6O_3$) трикарбоновой кислоты (рис. 26.1). Процессы бескислородного расщепления

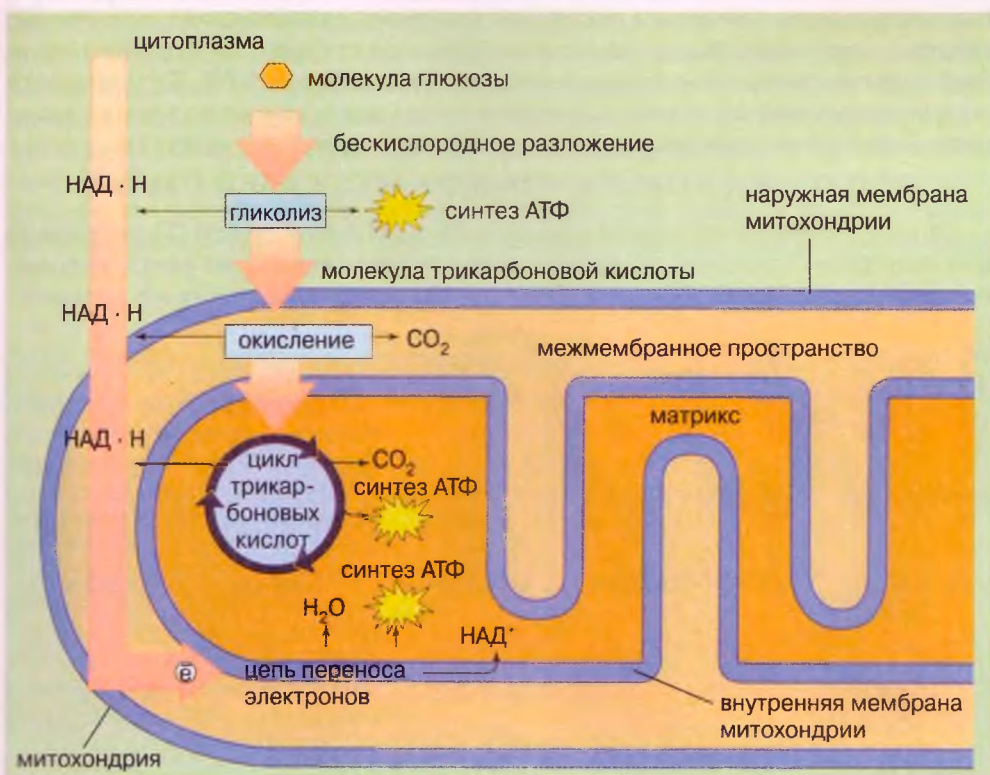
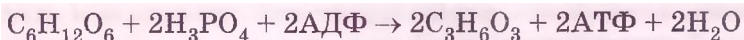


Рис. 26.1. Бескислородный и кислородный этапы энергетического обмена

углеводов, или анаэробное дыхание, обобщенно называют **гликолизмом** (от греч. *гликис* - сладкий и *лизис* - расщепление). Гликолиз можно записать следующим уравнением:

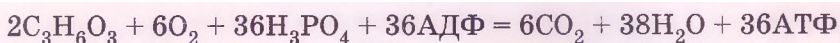


В результате дальнейших преобразований синтезируется пировиноградная ($C_3H_4O_3$) кислота. Она участвует в реакциях следующего - **кислородного этапа**.

Во время гликолиза выделяется приблизительно 200 кДж энергии. Часть ее (почти 84 кДж, или 35-40 %) затрачивается на синтез двух молекул АТФ, а остаток рассеивается в виде тепла. Конечные продукты гликолиза все еще содержат много химически связанной энергии.

Несмотря на относительно низкую эффективность, гликолиз имеет важное физиологическое значение. Благодаря ему организмы могут получать энергию в условиях недостатка кислорода, а его конечные продукты (пировиноградная кислота) испытывают дальнейшие ферментативные преобразования при наличии кислорода. Промежуточные продукты гликолиза используются для синтеза разных соединений.

● **Кислородный этап энергетического обмена** (аэробное дыхание) происходит в митохондриях (рис. 26.1). Он сопровождается рядом окислительно-восстановительных реакций при участии определенных ферментов. Вследствие этого органические соединения, образованные на предыдущем, бескислородном этапе, окисляются до конечных продуктов - CO_2 и H_2O . Благодаря этим реакциям организм получает значительное количество энергии, необходимой для обеспечения жизнедеятельности. Большая часть этой энергии запасается в химических связях молекул АТФ. Кислородный этап энергетического обмена возможен лишь при условии наличия кислорода. Поэтому его еще называют **аэробным** (от греч. *аэр* - воздух):



Внимательно рассмотрите рисунок 26.2. В левой части (I) вы видите митохондрию в разрезе. Прямоугольник показывает ту ее часть, где расположены наружная (1) и внутренняя (2) мембраны, а также межмем-

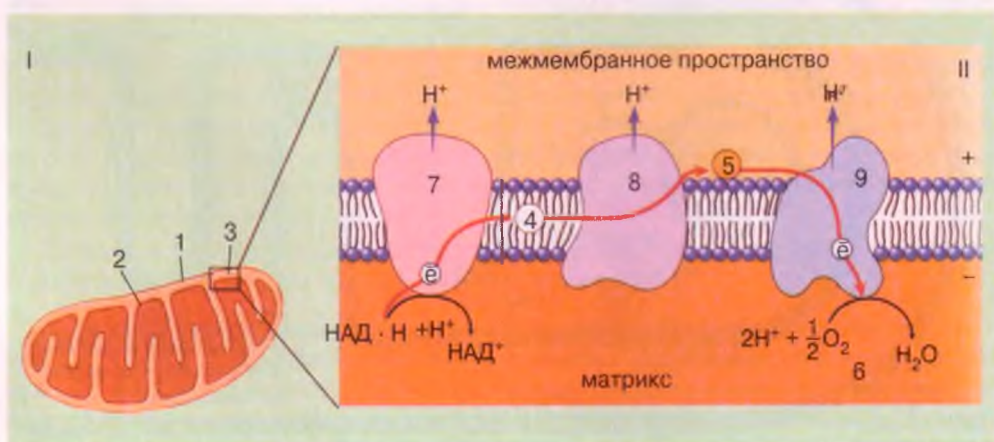


Рис. 26.2. Схема работы цепи транспорта электронов

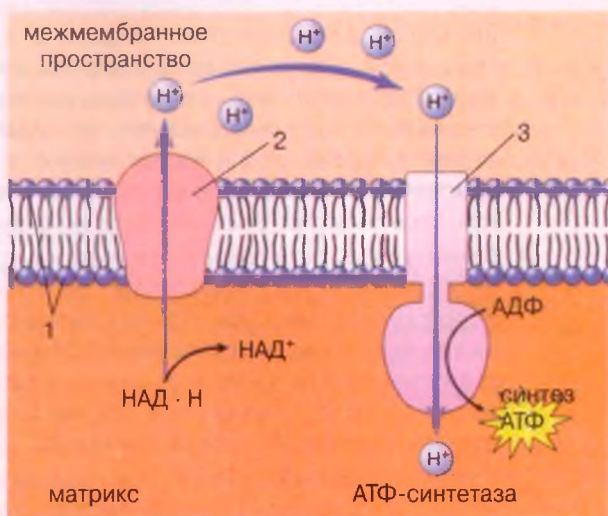
бранное пространство (3). На правой части рисунка (II) схематически показана работа цепи транспорта электронов (образованной транспортными белками), связанной с внутренней мембраной митохондрии. Соединение, обозначенное как НАД · Н, при участии особого фермента окисляется с освобождением электронов (е) и протонов (H^+). Электроны (е), которым придана энергия, транспортируются с участием мобильных белков-переносчиков (4) на наружную поверхность мембраны. Там электроны передаются особой белковой молекуле (5), обеспечивающей их дальнейший транспорт.

Полное название НАД (не для запоминания) - никотинамидадениннуклеотид. Это соединение - часть многих сложных ферментов, обеспечивающих реакции клеточного метаболизма.

Проследим дальнейшее направление движения электронов. Как вы заметили, электроны возвращаются внутрь митохондрии. Там они взаимодействуют с протонами (H^+) и кислородом с образованием воды (6). А теперь найдите на рисунке три белковые молекулы, которые входят в состав внутренней мембраны митохондрии (они обозначены цифрами 7, 8, 9). Эти молекулы используют часть освобожденной энергии для перекачки ионов водорода (H^+) в пространство между двумя мембранами митохондрии (3). Так возникает разность концентраций ионов H^+ с обеих сторон внутренней мембраны митохондрии. (*Подумайте, на какой стороне мембраны концентрация ионов H^+ будет выше*).

Итак, на наружной поверхности внутренней мембраны митохондрии будет сосредоточен положительный заряд, а возле внутренней поверхности - отрицательный. Этот отрицательный заряд как будто «притягивает» протоны и «заставляет» их возвращаться в матрикс. Большая часть протонов, возвращающихся вглубь матрикса митохондрии, путем диффузии проходит через канал в молекуле фермента АТФ-синтетазы (рис. 26.3). Этот фермент отвечает за синтез молекул АТФ. При возвращении ионов водорода (H^+) в матрикс митохондрий освобождается энергия, которая используется для синтеза молекул АТФ из АДФ и фосфорной кислоты.

Рис. 26.3. Молекула фермента АТФ-синтетазы обеспечивает синтез АТФ во время кислородного этапа энергетического обмена: 1 - внутренняя мембрана митохондрии; 2 - молекула белка, обеспечивающего транспорт ионов H^+ в межмембранное пространство митохондрии; 3 - АТФ-синтетаза, в состав которой входит фермент АТФ-синтетаза (сокращенно - АТФ-аза)





Во время реакций кислородного этапа энергетического обмена образуются молекулы углекислого газа.

Полное окисление до H_2O и CO_2 продуктов ферментативных преобразований пировиноградной кислоты, образованных на кислородном этапе энергетического обмена, сопровождается выделением количества энергии, достаточной для образования 36 молекул АТФ. Во время этих преобразований выделяется приблизительно 2800 кДж энергии, из которых в виде химических связей молекул АТФ запасается около 55 %, а 45 % - рассеивается в виде тепла.

Вы уже знаете, что в процессе анаэробного этапа энергетического обмена при расщеплении одной молекулы глюкозы образуются две молекулы АТФ. Таким образом, энергии, которая выделяется вследствие полного расщепления одной молекулы глюкозы, хватает для образования 38 молекул АТФ.

Завершается энергетический обмен выводом конечных продуктов (углекислого газа и воды) из организма.

Ключевые термины и понятия. Пластический и энергетический обмен, автотрофы, гетеротрофы, миксотрофы, гликолиз.

▶ Отдельные клетки и многоклеточные организмы относятся к открытым системам. Это означает, что их существование возможно лишь благодаря поступлению из окружающей среды в эти системы питательных веществ и энергии, их преобразований и вывод наружу продуктов жизнедеятельности. Совокупность этих процессов называется обменом веществ, или метаболизмом.

▶ Метаболизм обеспечивают два типа процессов: пластический и энергетический обмены. Совокупность реакций синтеза, обеспечивающих развитие клеток и организмов, возобновление их химического состава, называют пластическим обменом. На осуществление этих реакций организм тратит определенное количество энергии, необходимой для образования химических связей и т. п. Ко второму типу относятся реакции расщепления веществ. Они сопровождаются выделением энергии, необходимой для обеспечения пластического обмена и других процессов жизнедеятельности. Совокупность реакций расщепления сложных соединений в организме, сопровождающихся выделением энергии, называют энергетическим обменом. Благодаря сбалансированным процессам обмена веществ и преобразований энергии обеспечивается поддержание гомеостаза биологической системы при изменениях условий окружающей среды.

▶ Организмы, способные синтезировать органические вещества из неорганических, называют автотрофами. Для гетеротрофов источником энергии служат органические соединения, образованные другими организмами. Миксотрофы - организмы со смешанным типом питания: они способны не только синтезировать органические соединения из неорганических, но и поглощать готовые органические соединения.

▶ Энергетический обмен происходит в три последовательных этапа: подготовительный, бескислородный и кислородный. На

Кратко
о
главном



подготовительном этапе сложные органические соединения под действием ферментов расщепляются до более простых. Эти процессы сопровождаются высвобождением незначительного количества тепловой энергии. Бескислородный, или анаэробный, этап энергетического обмена происходит в клетках. Соединения, которые образовались на предыдущем этапе, испытывают дальнейшее многоступенчатое расщепление без участия кислорода. Сущность бескислородного этапа — это расщепление молекулы глюкозы на две молекулы молочной кислоты (гликолиз). Во время этого этапа выделяется приблизительно 200 кДж энергии, 35-40 % которой запасается в макроэргических связях молекул АТФ.

Кислородный этап происходит в митохондриях, во внутренних мембранах которых осуществляется синтез АТФ. Вследствие окислительно-восстановительных реакций органические соединения, которые образовались на бескислородном этапе, окисляются до CO_2 и H_2O . Полное окисление молекулы молочной кислоты сопровождается выделением энергии, достаточной для образования 38 молекул АТФ. Во время этих преобразований запасается приблизительно 55 % энергии, а 45 % - рассеивается в виде тепла. Таким образом, энергии, которая выделяется вследствие полного расщепления одной молекулы глюкозы, достаточно для образования 38 молекул АТФ.



Вопросы для самоконтроля

1. Какие процессы называют метаболизмом, пластическим и энергетическим обменом?
2. Какие организмы называют автотрофами, миксотрофами и гетеротрофами?
3. Какие источники энергии используют автотрофные организмы?
4. Какое значение АТФ в процессах энергетического обмена?
5. Из скольких этапов состоит энергетический обмен? Назовите их.
6. Охарактеризуйте подготовительный этап энергетического обмена.
7. Какие процессы происходят во время бескислородного этапа энергетического обмена?
8. Каковы условия осуществления кислородного этапа энергетического обмена?
9. Сколько молекул АТФ синтезируется во время бескислородного и кислородного этапов энергетического обмена?

Подумайте.

1. Почему жизнь невозможна без преобразований энергии?
2. Почему при окислении органических соединений высвобождается энергия?
3. Почему расщепление органических соединений в присутствии кислорода оказывается энергетически более эффективным, чем при его отсутствии?

Пример задачи на энергетический обмен.

Во время физзарядки за определенный промежуток времени из мышечных клеток человека в результате полного бескислородного расщепления молекул глюкозы образовалось 24 молекулы $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$. Определите, сколько молекул глюкозы при этом расщепилось и сколько молекул АТФ синтезировалось.

Решение. При бескислородном расщеплении 1 молекулы глюкозы образуется 2 молекулы $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ и синтезируется 2 молекулы АТФ. Таким образом, 24 молекулы $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ образуется при расщеплении 12 молекул глюкозы. При этом синтезируется 24 молекулы АТФ.

§ 27. ПЛАСТИЧЕСКИЙ ОБМЕН. БИОСИНТЕЗ БЕЛКОВ И НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ



Вспомните: *каково строение белков? Какие аминокислоты называют заменимыми и незаменимыми? Какие белки считают полноценными, а какие - неполноценными? Какое строение эндоплазматической сети и рибосом? Какое строение нуклеиновых кислот? Что такое ген, мутации?*

● **Общая характеристика пластического обмена.** Мы уже упоминали, что пластическим обменом называют совокупность реакций синтеза. Вследствие этих процессов из поступающих в клетку соединений образуются необходимые для нее вещества. Основные процессы пластического обмена - это биосинтез белков, углеводов, липидов, нуклеиновых кислот.

● **Биосинтез белков.** Как вы помните, различают заменимые и незаменимые аминокислоты. Первые из них могут синтезироваться в организмах человека и животных, вторые поступают в них лишь с пищей. Белки пищи перевариваются (расщепляются до аминокислот) в органах пищеварительной системы. Аминокислоты поглощаются через стенки кишечника в кровь и транспортируются в клетки, где из них синтезируются белки, характерные для данного организма. Растения и некоторые микроорганизмы способны сами синтезировать все необходимые им аминокислоты. Синтез каждой из 20 основных аминокислот — многоступенчатый ферментативный процесс.

В живых организмах образуется огромное количество разнообразных белков. Информация о структуре каждого из них находится в клетках и передается потомству. Единая для всех живых организмов система записи наследственной информации получила название **генетический код**. Он хранится в клетке в виде определенной последовательности нуклеотидов в молекуле нуклеиновой кислоты. Именно генетический код определяет порядок расположения аминокислотных остатков в полипептидной цепи во время ее синтеза.

Ученые выяснили, что каждая аминокислота в полипептидной цепи кодируется определенной последовательностью из трех нуклеотидов, так называемым **триплетом**. Четыре разные нуклеотида РНК могут образовывать 64 комбинации ($4^3 = 64$), то есть существуют 64 разных триплета. Поскольку известно лишь 20 основных аминокислот, то можно предположить, что одна аминокислота может кодироваться несколькими различными триплетами (см. таблицу 27.1). Установлено, что большинство (18) основных аминокислот кодируются двумя-шестью триплетами и лишь две из них - одним. То, что одна аминокислота может кодироваться несколькими триплетами, имеет важное биологическое значение, поскольку повышает **надежность генетического кода**. Так, случайная замена остатка одного нуклеотида в определенном триплете на другой не всегда будет сопровождаться изменениями в первичной структуре белка. Обратите внимание: поскольку информацию о структуре белка от молекулы ДНК к месту синтеза белковой молекулы переносит молекула иРНК, генетический код считывается именно с нее. В таблице 27.1 найдем триплеты, которые кодируют аминокислоту лейцин (ЛЕЙ). Предположим,



что в определенной молекуле иРНК эту аминокислоту кодирует триплет ЦУУ. Вследствие мутации в этом триплете последний нуклеотид У может быть заменен другим, например А. Но триплет, который образовался, — ЦУА - по-прежнему будет кодировать аминокислоту лейцин.

Таблица 27.1

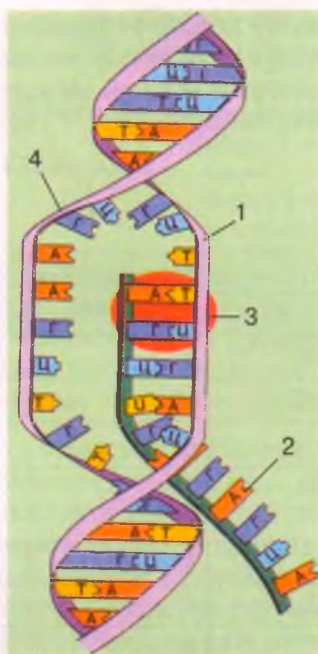
ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	ФЕН	СЕР	ТИР	ЦИС	У
	ФЕН	СЕР	ТИР	ЦИС	Ц
	ЛЕЙ	СЕР	-	-	А
	ЛЕЙ	СЕР	-	ТРИ	Г
Ц	ЛЕЙ	ПРО	ГИС	АРГ	У
	ЛЕЙ	ПРО	ГИС	АРГ	Ц
	ЛЕЙ	ПРО	ГЛН	АРГ	А
	ЛЕЙ	ПРО	ГЛН	АРГ	Г
А	ИЛЕ	ТРЕ	АСН	СЕР	У
	ИЛЕ	ТРЕ	АСН	СЕР	Ц
	ИЛЕ	ТРЕ	ЛИЗ	АРГ	А
	МЕТ	ТРЕ	ЛИЗ	АРГ	Г
Г	ВАЛ	АЛА	АСП	ГЛИ	У
	ВАЛ	АЛА	АСП	ГЛИ	Ц
	ВАЛ	АЛА	ГЛУ	ГЛИ	А
	ВАЛ	АЛА	ГЛУ	ГЛИ	Г

Примечание. В таблице приведены (не для запоминания) закодированные названия аминокислот: аланина (АЛА), аргинина (АРГ), аспарагина (АСН), аспарагиновой кислоты (АСП), валина (ВАЛ), гистидина (ГИС), глицина (ГЛИ), глутамина (ГЛН), глутаминовой кислоты (ГЛУ), изолейцина (ИЛЕ), лейцина (ЛЕЙ), лизина (ЛИЗ), метионина (МЕТ), пролина (ПРО), серина (СЕР), тирозина (ТИР), треонина (ТРЕ), триптофана (ТРИ), фенилаланина (ФЕН) и цистеина (ЦИС).

С помощью этой таблицы можно определить, какую именно аминокислоту кодирует определенный триплет молекулы РНК. Первый нуклеотид в триплете берут из левого вертикального столбца, второй - из верхнего горизонтального и третий — из правого вертикального. В месте пересечения линий содержится информация об аминокислоте, которую нужно определить.

Еще одно свойство генетического кода заключается в том, что **каждый триплет кодирует лишь одну определенную аминокислоту**. Кроме



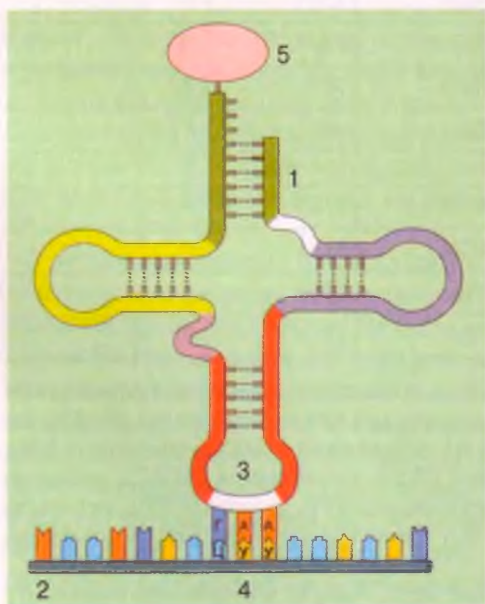
► Рис. 27.1. Процесс транскрипции: по принципу комплементарности на одной из цепей молекулы ДНК (1) синтезируется молекула иРНК (2). Синтез обеспечивает фермент РНК-полимераза (3). Вторая цепь ДНК (4) в это время остается неактивной

того, генетический код **универсален**, то есть единый для всех организмов: от бактерий до человека.

Выяснено также, что генетический код **не перекрывается**. Во время синтеза белковой молекулы триплеты иРНК считываются последовательно один за другим. При этом соседние триплеты не перекрываются и промежутки между ними отсутствуют.

Вспомните, **ген** - это **определенная последовательность нуклеотидов в молекуле нуклеиновой кислоты**. В генетическом коде есть также три триплета (УАА, УАГ, УГА), каждый из которых сигнализирует о прекращении синтеза полипептидной цепи, а триплет АУГ, как правило, определяет начало этого процесса (**исполь-**

зуя таблицу 27.1, определите аминокислоту, которую кодирует этот триплет).



► Рис. 27.2. Взаимодействие молекулы тРНК (1) с молекулой иРНК (2). Антикодон (3) молекулы тРНК взаимодействует с кодоном (4) молекулы иРНК; 5 – аминокислота, транспортируемая молекулой тРНК

Механизм биосинтеза белков выяснен в 50-е годы XX ст. В нем выделяют несколько этапов.

• Этапы биосинтеза белков.

Первый этап связан с синтезом молекулы иРНК на молекуле ДНК одной из хромосом. При этом особый фермент разъединяет двойную спираль ДНК. Потом на одной из ее цепей при участии фермента РНК-полимеразы по принципу комплементарности синтезируется молекула иРНК, которая является точной копией этого участка ДНК. Эти процессы называют **транскрипцией** (от лат. **транскрипцио** - переписывание) (рис. 27.1). Затем молекула иРНК из ядра поступает в цитоплазму клетки.

На следующих этапах - **трансляции** (от лат. **трансляцио** - передача) - последовательность нуклеотидов в молекуле иРНК переводится в последовательность аминокислотных остатков молекулы синтезируемого белка. Сначала в цитоплазме

каждая из 20 аминокислот соединяется с соответствующей молекулой тРНК (рис. 27.2). Этот процесс называют **активацией аминокислот**. В свою очередь иРНК связывается с рибосомой, а затем - с аминокислотным остатком, присоединенным к определенной молекуле тРНК. Такой комплекс готов к началу синтеза молекулы белка.

На последующих этапах биосинтеза белка полипептидная цепь удлиняется благодаря тому, что аминокислотные остатки последовательно связываются между собой с помощью крепких ковалентных (пептидных) связей.

Как вы помните, один из концов молекулы тРНК образует петлю. Там расположен триплет нуклеотидов, который определяет, какую именно аминокислоту она транспортирует (антикодон). Он должен образовать комплементарную пару с соответствующим триплетом иРНК (кодоном). Аминокислотный остаток при этом присоединен к противоположной части молекулы тРНК (см. рис. 11.4).

Во время синтеза белковой молекулы нитевидная молекула иРНК оказывается между двумя субъединицами рибосомы (рис. 27.3). Генетическая информация считывается, и аминокислотные остатки присоединяются к синтезируемой молекуле белка в особом участке рибосомы - **функциональном центре**. Его размеры отвечают длине двух триплетов, поэтому в нем одновременно могут пребывать два соседних триплета иРНК. В одной части функционально-

го центра антикодон тРНК узнает кодон иРНК, а в другой - аминокислота отделяется от тРНК.

Внимательно рассмотрите рисунок 27.3. Сначала происходит процесс так называемой **инициации**, когда малая субъединица рибосомы соединяется с иРНК, а ее кодон (АУГ) взаимодействует с антикодоном тРНК (УАЦ). При этом большая субъединица рибосомы объединяется с малой (I). Обратите внимание на функциональный центр рибосомы (1), в котором одновременно могут находиться две молекулы тРНК. Начинается

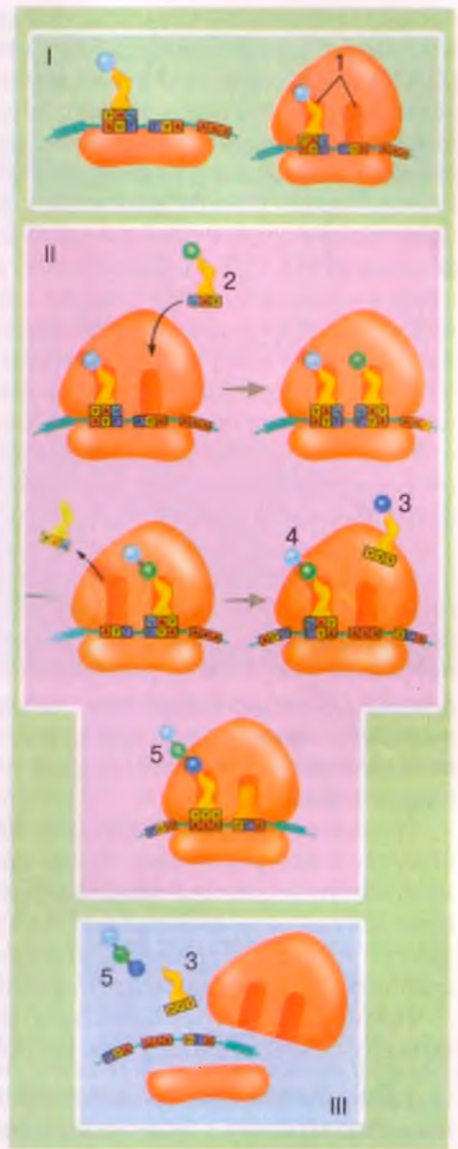


Рис. 27.3. Этапы биосинтеза белка: I – инициация; II – элонгация; III – завершение синтеза белковой молекулы

процесс синтеза полипептидной цепи — **элонгация** (II). К функциональному центру рибосомы подходит вторая молекула тРНК (2). Ее антикодон (ПАУ) взаимодействует с кодоном иРНК (ГУА). Первая молекула тРНК оставляет функциональный центр рибосомы. Два остатка аминокислот с помощью пептидной связи соединяются в дипептид (4). Далее рибосома делает шаг, равный одному триплету. К освободившемуся участку функционального центра рибосомы поступает третья молекула тРНК (3); происходит следующий шаг рибосомы. В это время антикодон третьей молекулы тРНК (УУУ) взаимодействует с кодоном ААА. Молекула синтезируемого белка состоит уже из трех остатков аминокислот (5). Обратите внимание: на втором участке функционального центра рибосомы молекула тРНК отсутствует. Это связано с тем, что там находится триплет иРНК УГА, подающий сигнал о прекращении синтеза белковой молекулы. Завершается процесс биосинтеза молекулы белка (III), когда большая и малая субъединицы рибосом разъединяются и покидают молекулу иРНК. Одновременно освобождаются и молекулы тРНК (3) и синтезированная молекула белка (5). (**Задание. Пользуясь таблицей 27.1, определите, из остатков каких аминокислот состоит синтезированная молекула белка.**)

Когда рибосома начинает продвигаться вперед вдоль молекулы иРНК, ее место занимает вторая, затем - третья, четвертая и т. д., и биосинтез новых белковых молекул продолжается. Число рибосом, которые одновременно могут быть расположены на молекуле иРНК, определяется ее длиной. Комплекс рибосом, объединенных молекулой иРНК, называют **полирибосомой**, или сокращенно - **полисомой** (рис. 27.4). Таким образом, на одной полисоме одновременно осуществляется синтез многих молекул определенного белка.

На завершающем этапе синтезированный белок приобретает свою естественную конформацию. В это время при участии соответствующих ферментов отщепляются лишние аминокислотные остатки, к молекуле могут присоединяться небелковые компоненты (фосфатные, карбоксильные и другие группы, углеводы, липиды и т. п.). Лишь после завершения этих процессов молекула белка становится функционально активной.

Процессы синтеза белковых молекул нуждаются в затратах энергии, которая освобождается при расщеплении молекул АТФ.

● **Биосинтез нуклеиновых кислот.** Почти все живые организмы способны синтезировать нуклеотиды в результате последовательных ферментативных реакций. В образовании нуклеотидов, входящих в состав нуклеиновых кислот, принимают участие аминокислоты (например, глицин, аспарагин, глутамин) и другие химические соединения (CO_2 и т. п.). Также при расщеплении нуклеиновых кислот значительная часть азотистых оснований не распадается, а вновь используется для синтеза новых нуклеотидов.

Различные виды нуклеиновых кислот образуются по-разному. Биосинтез ДНК основан на способности молекул ДНК к самоудвоению - репликации, вследствие чего дочерние молекулы становятся точными копиями материнских.

Все виды РНК (иРНК, тРНК, рРНК) синтезируются по принципу комплементарности на молекулах ДНК. Эти реакции обеспечиваются соответствующими ферментами. Вначале синтезируются предшественники РНК, которые со временем превращаются в функционально активные молекулы.

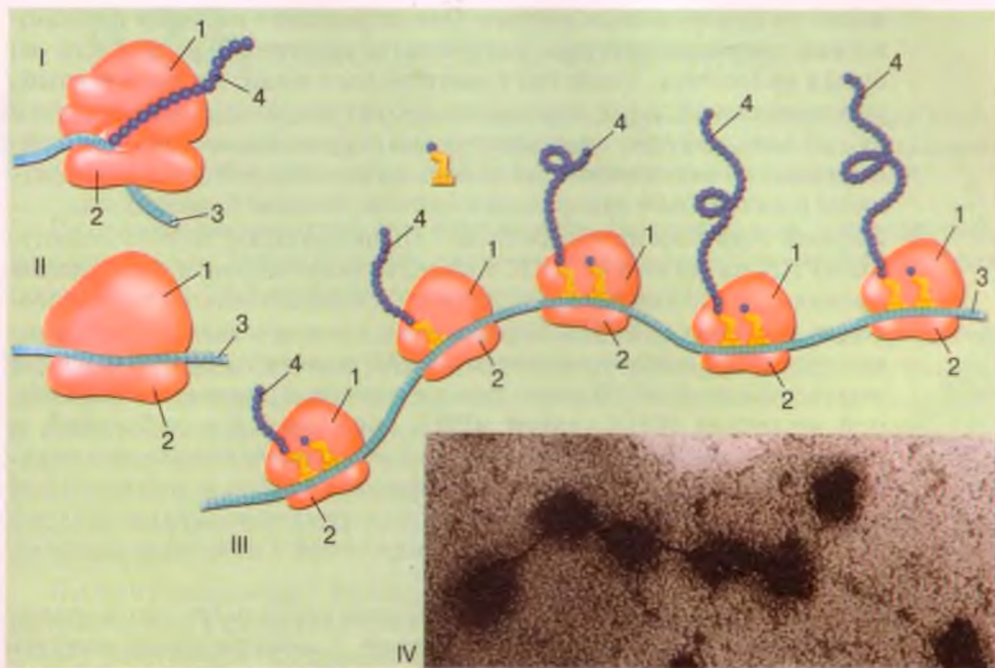


Рис. 27.4. Структура и функции полирибосомы. I. Вид сбоку. Обратите внимание на расположение большой (1) и малой (2) субъединиц рибосомы, а также молекул иРНК (3) и синтезирующихся белков (4). II. Вид спереди. III. Несколько рибосом, объединенные молекулой иРНК, образуют полирибосому (полисому). IV. Электронная микрофотография полирибосомы

● **Особенности реакций матричного синтеза.** Как вы могли заметить, биологическим системам присущ особый тип биохимических реакций, когда молекула одного соединения служит основой для синтеза молекулы другого. Так, молекула ДНК служит основой для синтеза других молекул ДНК, разных типов молекул РНК, молекула иРНК - белковых молекул. Такие процессы получили название **реакций матричного синтеза**, так как напоминают промышленные методы, когда с помощью одной формы-матрицы или шаблона изготавливают много деталей. Например, с помощью одной матрицы можно напечатать много купюр или отчеканить много монет. Так же и во время реакций матричного синтеза новые молекулы образуются согласно плану строения молекулы-матрицы: мономеры синтезируемой молекулы, располагаются в точном соответствии с размещением мономеров молекулы-матрицы. Таким образом, **реакции матричного синтеза служат основой одного из главных свойств биологических систем - способности к самовоспроизведению.**

Ключевые термины и понятия. Генетический код, транскрипция, трансляция.

Основные процессы пластического обмена — это биосинтез белков, углеводов, липидов, нуклеиновых кислот.

Генетический код - система записи генетической информации. Это определенная последовательность нуклеотидов

Кратко о главном

**Кратко
о
главном**

молекул нуклеиновых кислот. Она определяет порядок расположения аминокислотных остатков в полипептидной цепи во время ее синтеза. Свойства генетического кода: он триплетный, универсальный, один триплет кодирует лишь одну аминокислоту, но большинство аминокислот кодируется несколькими триплетами; в генетическом коде есть триплеты, которые дают сигналы о начале или завершении синтеза белковой молекулы.

Первый этап биосинтеза белков - транскрипция: синтез молекулы иРНК на молекуле ДНК в ядре. В дальнейшем в цитоплазме происходят процессы трансляции: последовательность нуклеотидов в молекуле иРНК переводится в последовательность аминокислотных остатков синтезируемой молекулы белка. Сначала молекула одной из 20 аминокислот присоединяется к определенной молекуле тРНК, затем иРНК связывается с рибосомой, а потом — и с аминокислотным остатком, присоединенным к определенной молекуле тРНК. На следующих этапах полипептидная цепь удлиняется благодаря тому, что аминокислотные остатки последовательно связываются между собой с помощью крепких химических (пептидных) связей.

Процессы синтеза белка прекращаются, когда рибосома достигает триплета, который сигнализирует о прекращении синтеза полипептидной цепи. На заключительном этапе синтезированный белок приобретает свою естественную пространственную структуру.

Биосинтез ДНК основан на способности молекул ДНК к самоудвоению, вследствие чего дочерние молекулы становятся точной копией материнской. Все виды РНК (иРНК, тРНК, рРНК) синтезируются по принципу комплементарности на молекулах ДНК.

Особый тип биохимических реакций, когда молекула одного соединения служит моделью — матрицей — для синтеза молекулы другого вещества, получил название реакций матричного синтеза. Они служат основой одного из главных свойств биологических систем - способности к самовоспроизведению.



**Вопросы для
самоконтроля**

1. Какова роль ДНК в биосинтезе белков? **2.** Что такое генетический код и каковы его свойства? **3.** Каковы основные этапы процесса биосинтеза белков? **4.** Какую роль играют рибосомы в процессе биосинтеза белков? **5.** Как генетическая информация, закодированная в молекуле ДНК, реализуется во время синтеза белковой молекулы? **6.** Почему большинство аминокислот, входящих в состав белков, закодированы не одним, а несколькими триплетами? **7.** Чем отличаются процессы биосинтеза ДНК и РНК? **8.** Что такое реакции матричного синтеза?

Подумайте.

1. Почему ДНК самоудваивается лишь во время интерфазы? **2.** Какое биологическое значение того, что на молекуле иРНК одновременно находится не одна, а несколько рибосом?



§ 28. ХЕМОСИНТЕЗ И ФОТОСИНТЕЗ



Вспомните: что такое хлорофилл? Какая роль фотосинтеза в биосфере? Какие особенности клеток прокариот? Какое строение хлоропластов? Что такое тилакоиды? Что такое протоны и электроны?

Разнообразие автотрофных организмов. Вы уже знаете, что автотрофные организмы для синтеза органических соединений из неорганических способны использовать разные источники энергии.

• **Хемосинтез** — это тип автотрофного питания, при котором органические соединения синтезируются из неорганических с использованием энергии, высвобождаемой вследствие определенных химических реакций. К хемосинтезирующим организмам, или **хемотрофам** (от греч. *хемейя* - химия и *трофр* — питание), относятся некоторые группы бактерий: нитрифицирующие, железобактерии, бесцветные серобактерии и пр. Процесс хемосинтеза открыл в 1887 г. выдающийся русский микробиолог С.Н. Виноградский.

Нитрифицирующие бактерии поэтапно окисляют аммиак сначала до нитритов (соли азотистой кислоты), а затем - нитратов (соли азотной кислоты). Значение этих процессов трудно переоценить, поскольку нитраты нужны растениям для полноценного питания. **Железобактерии** получают энергию за счет окисления соединений двухвалентного железа до трехвалентного. А **бесцветные серобактерии** окисляют сероводород и другие соединения серы до серной кислоты.

Какова роль хемотрофных организмов в природе? Прежде всего, они принимают участие в процессах круговорота определенных химических элементов в экосистемах. Напомним, **круговоротом веществ называют закономерное перемещение (миграцию) определенных соединений между живой и неживой частями экосистем и биосферы в целом**. Преобразование многих химических элементов в биосфере происходит лишь при участии хемотрофных организмов, способных синтезировать органические соединения из неорганических в тех частях биосферы, куда не достигает свет. В частности, железобактерии участвуют в создании залежей железных руд.

• **Фотосинтез** - это процесс образования органических соединений из неорганических благодаря преобразованию световой энергии в энергию химических связей синтезированных углеводов. Большинство автотрофных существ относится к фотосинтезирующим организмам, или **фототрофам** (от греч. *фотос* - свет).

Вы помните, что в клетках растений фотосинтез происходит в хлоропластах, содержащих фотосинтезирующие пигменты - хлорофиллы. По своей структуре они напоминают гем гемоглобина, но у них в центре молекулы вместо железа расположен атом другого двухвалентного металла — магния. К фототрофам относятся зеленые, пурпурные бактерии, цианобактерии и растения.

Фотосинтез основан на последовательности биохимических реакций, связанных с образованием углеводов из неорганических соединений и

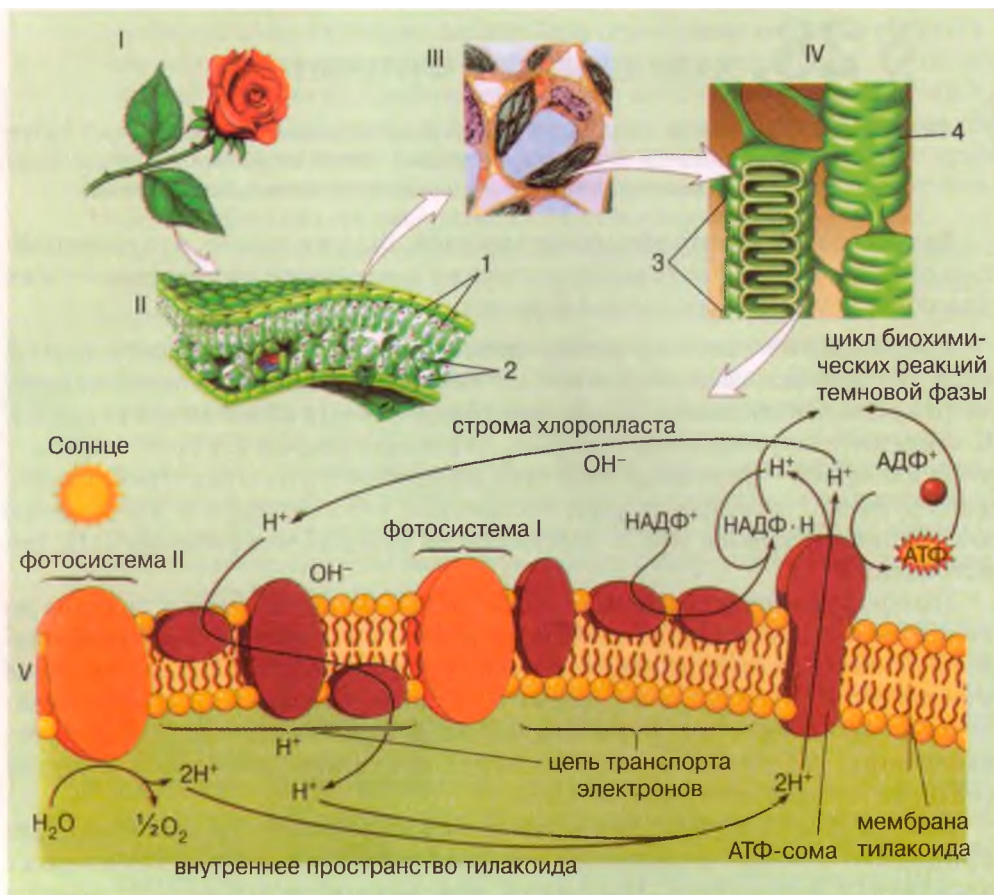


Рис. 28.1. Структуры, обеспечивающие фотосинтез: I – фотосинтезирующее растение; II – срез через листовую пластинку; обратите внимание на столбчатые (1) и губчатые (2) клетки, в которых находятся хлоропласты; III – внутреннее строение клетки; IV. Детали строения хлоропласта: отдельные тилакоиды (4) и граны (3); VI – процесс переноса электронов во время фотосинтеза

Фотосинтез начинается тем, что светособирающие пигменты фотосистемы I поглощают световую энергию. Дальше она передается в реакционный центр, где возбуждает электрон в молекуле хлорофилла. Электрон, которому предоставлена дополнительная энергия, электрон-транспортной цепью, состоящей из транспортных белков, транспортируется на наружную поверхность мембраны тилакоида. Упомянутый процесс можно сравнить с тем, что когда человек поднимает камень кверху, он придает ему определенную потенциальную энергию. А когда этот камень падает наземь, он отдает эту энергию (рис. 28.2).

В фотосистеме I «возбужденный» электрон может взаимодействовать с протонами водорода особого органического соединения с сокращенным названием НАДФ²⁺, восстанавливая его до НАДФ • Н₂. Это соединение участвует в реакциях темновой фазы фотосинтеза. В другом случае «возбужденный» электрон, возвращаясь на свой предыдущий энергетический уровень, может восстанавливать фотосистему I, заполняя «электронную вакансию», которая там образовалась.

Полное название НАДФ - никотинамидадениндинуклеотидфосфат. Это вещество - часть многих сложных ферментов, которые обеспечивают окислительно-восстановительные реакции клеточного метаболизма.

Подобные процессы происходят и в фотосистеме II. «Возбужденные» электроны от реакционного центра фотосистемы II электрон-транспортной цепью переносятся на высший энергетический уровень. Там их воспринимает особое вещество - акцептор электронов. Дальше при участии других акцепторов электрон поступает в реакционный центр фотосистемы I, восстанавливая его. Сам реакционный центр фотосистемы II восстанавливается за счет **фотолиза воды** $\text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{OH}^-$. В результате этого процесса молекула воды отдает электроны реакционному центру фотосистемы II. После этого образуются протоны (H^+) и вначале атомарный (O), а затем — молекулярный (O₂) кислород. Он покидает растение и поступает в атмосферу.

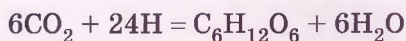


Рис. 28.2. 1. Схема, иллюстрирующая превращение потенциальной энергии в кинетическую. Когда человек поднимает камень на гору, он придает ему потенциальную энергию. Когда камень скатывается с горы, эта энергия рассеивается. 2. То же происходит с электроном: когда он переходит на более высокий энергетический уровень, то получает потенциальную энергию. Когда же с помощью цепи переноса (транспорта) электронов он возвращается на более низкий уровень, то отдает эту энергию. Часть энергии рассеивается в виде тепла, но преимущественно она запасается в виде макроэргических связей молекул АТФ

Транспорт электронов в световых реакциях сопряжен с переносом через мембрану тилакоидов ионов водорода в направлении от ее наружной поверхности до внутренней. Вследствие этого на мембране возрастает разность электрических потенциалов: на ее наружной поверхности накапливается отрицательный заряд, а на внутренней - положительный. Кроме того, с обеих сторон мембраны возникает разность концентрации ионов водорода.

В мембране тилакоидов, подобно внутренней мембране митохондрий, находится особая ферментная система, благодаря которой синтезируются молекулы АТФ. Это происходит вследствие того, что ионы H^+ через канал в молекуле фермента, обеспечивающего синтез АТФ, переносятся из внутренней поверхности мембраны на наружную. При этом они высвобождают определенное количество энергии (рис. 28.3).

Реакции темновой фазы фотосинтеза происходят в строме (внутренней среде) хлоропластов без участия света круглосуточно. Они начинаются тем, что особое соединение (рибулезобифосфат) фиксирует молекулу CO_2 . В процессе дальнейших биохимических преобразований синтезируется молекула глюкозы или других моносахаридов. На все эти процессы тратится энергия, запасенная в химических связях АТФ. В реакциях темновой фазы используется и НАДФ $\cdot H_2$. Для преобразования шести молекул CO_2 в молекулу глюкозы ($C_6H_{12}O_6$) расщепляются 18 молекул АТФ и 12 молекул НАДФ $\cdot H_2$. В ряду последовательных реакций при участии специфических ферментов образуются глюкоза или другие моносахариды:



Со временем из них синтезируются полисахариды (например, крахмал, целлюлоза и др.).

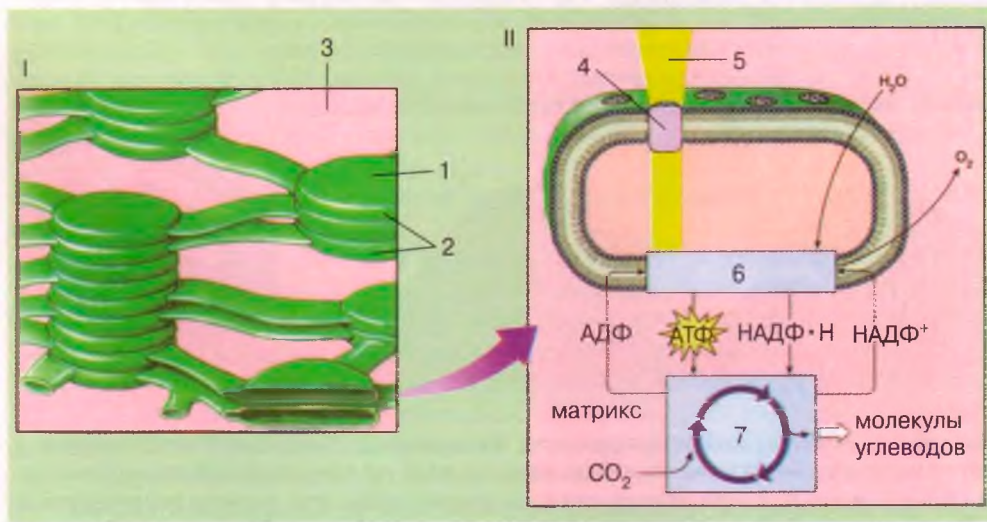


Рис. 28.3. I. Внутреннее строение хлоропласта: 1 – тилакоиды, собранные в граны (2); 3 – строма, в которой запасается крахмал. II. Процессы фотосинтеза, происходящие в тилакоиде: 4 – фотосистема; 5 – солнечный свет; 6 – реакции световой фазы; 7 – реакции темновой фазы



• **Значение фотосинтеза для существования биосферы.** Благодаря этому процессу фототрофы улавливают световую энергию Солнца и превращают ее в энергию химических связей синтезированных углеводов. Когда организмы-гетеротрофы (животные, грибы и др.) потребляют живых автотрофов или их останки, то вместе с пищей получают и запасенную в ней энергию.

Таким образом, существование биосферы возможно именно благодаря фотосинтезу. Впервые на это обратил внимание выдающийся русский ученый К.А. Тимирязев, обосновав **положение о космической роли зеленых растений**. Зеленые растения и цианобактерии, поглощая углекислый газ и выделяя кислород, поддерживают постоянный газовый состав атмосферы.

Ежегодно благодаря фотосинтезу на Земле образуется приблизительно 150 млрд тонн углеводов и выделяется свыше 200 млрд тонн газообразного кислорода, который обеспечивает дыхание всех организмов. Кроме того, под действием космических лучей кислород превращается в озон (O_3), который формирует озоновый слой (экран) атмосферы. Он поглощает коротковолновые (ультрафиолетовые) космические лучи, пагубно воздействующие на живую материю. Растения в процессе фотосинтеза поглощают CO_2 , поддерживая его концентрацию в атмосфере на определенном уровне.

Ключевые термины и понятия. Фототрофные и хемотрофные организмы, хемосинтез, световая и темновая фазы фотосинтеза, озоновый слой атмосферы.

Среди автотрофных организмов различают хемотрофные (хемотрофы) и фототрофные (фототрофы). Первые для синтеза органических веществ используют энергию, освобождающуюся при окислении некоторых неорганических соединений, вторые - энергию света. К хемотрофам относятся некоторые группы бактерий. Они способны синтезировать органические соединения из неорганических независимо от освещения. К фототрофам относятся зеленые растения и некоторые прокариоты (цианобактерии, пурпурные бактерии, зеленые серобактерии).

У эукариот фотосинтез происходит в хлоропластах, содержащих фотосинтезирующие пигменты - хлорофиллы. В процессе фотосинтеза у зеленых растений и цианобактерий участвуют две фотосистемы - первая (I) и вторая (II). Каждая имеет свой реакционный центр, в состав которого входят молекулы хлорофилла.

Процесс фотосинтеза происходит в две фазы - световую и темновую. Световая фаза названа так потому, что ее реакции происходят лишь на свету в мембранах особых структур хлоропластов - тилакоидов. Процессы темновой фазы могут протекать и при отсутствии света.

Основные процессы световой фазы: улавливание квантов света молекулами хлорофилла; синтез АТФ; фотолиз воды; выделение молекулярного кислорода и восстановление особого соединения - НАДФ.

**Кратко
о
главном**

- ▶ Реакции темновой фазы происходят во внутренней среде хлоропластов (строме) независимо от освещения. За счет фиксации CO_2 и использования энергии АТФ в процессе циклических биохимических реакций синтезируются углеводы, а именно - глюкоза.
- ▶ Фотосинтезирующие организмы улавливают световую энергию Солнца и превращают ее в энергию химических связей синтезированных углеводов. Эти соединения потребляют организмы-гетеротрофы. Зеленые растения и цианобактерии, поглощая углекислый газ и выделяя кислород, поддерживают постоянный газовый состав атмосферы. Под действием космических лучей кислород превращается в озон (O_3), формирующий защитный озоновый слой (экран) атмосферы.



Вопросы для самоконтроля

1. Какие организмы называют фототрофами и хемотрофами? 2. Каковы физико-химические условия осуществления хемосинтеза? 3. Какие организмы способны к хемосинтезу? 4. Каково биологическое значение хемосинтеза? 5. Как происходит фотосинтез? 6. Что происходит в световую фазу фотосинтеза? 7. Какие условия нужны для осуществления темновой фазы фотосинтеза? 8. Почему без зеленых растений невозможно существование современной биосферы?

Подумайте. Что общего и отличного между осуществлением хемосинтеза и фотосинтеза?

§ 29. СОВРЕМЕННАЯ КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ. ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИТОТЕХНОЛОГИЙ



Вспомните: какие особенности строения клеток прокариот и эукариот? Какие виды искусственного вегетативного размножения применяются в селекции растений?

• **Клетка как интегрированная биологическая система.** Вы уже ознакомились с особенностями строения и процессов жизнедеятельности клетки - основной структурно-функциональной единицы всех организмов. Теперь подведем итоги.

Клетки - это именно те универсальные строительные блоки (единицы живой материи), из которых построены все разнообразные живые организмы, населяющие нашу планету. Все клетки состоят из таких основных компонентов: плазматической мембраны, цитоплазмы и ядра (у прокариот его функцию выполняет ядерная зона - нуклеоид). Клетка - это **совершенная биоэнергетическая система**: она способна превращать одни формы энергии в другие (химическую - в механическую, химическую - в электрическую и т. д.) (рис. 29.1).

Клетка представляет собой **информационную систему**: в ней сохраняется закодированная наследственная информация об особенностях строения и процессах жизнедеятельности как ее самой, так и всего многоклеточного организма. Поражает компактность хранения информации, недоступная даже наиболее современным компьютерам. Представьте себе: $6 \cdot 10^{12}$ г ДНК ячеек клетки человека кодируют строение и свойства всех белков его орга-

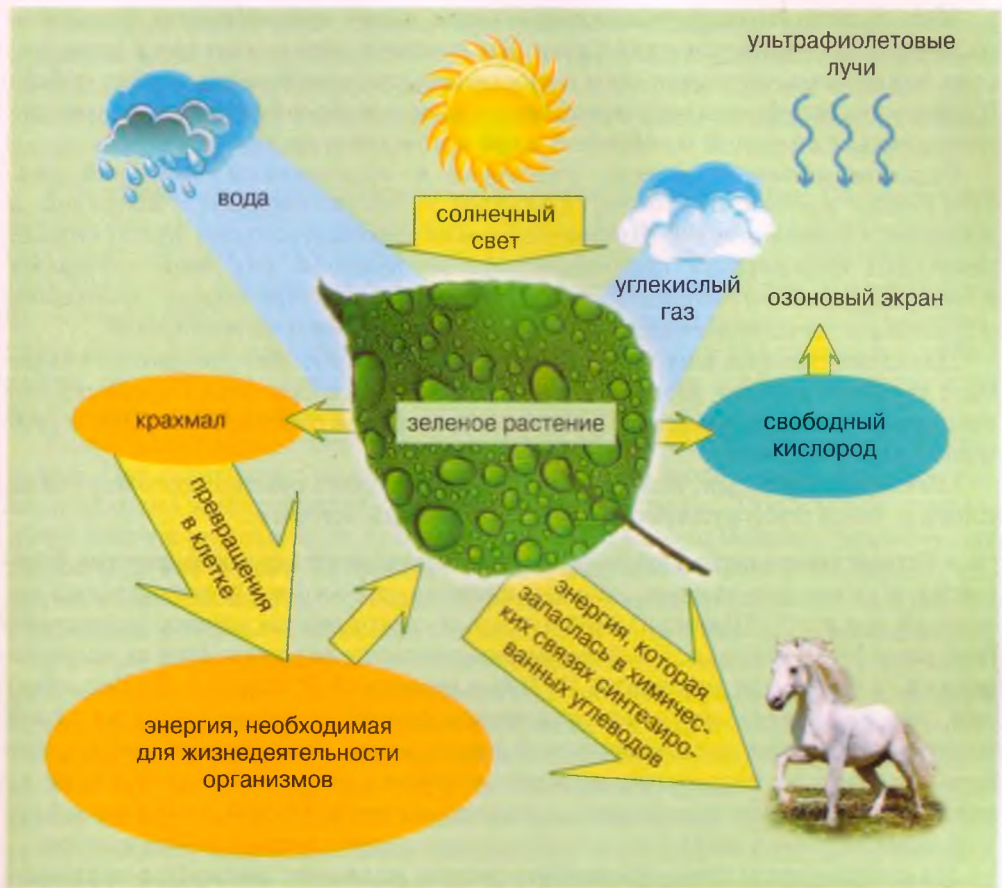


Рис. 29.1. Схема, иллюстрирующая взаимопереходы разных форм энергии в клетке

низма! В клетке существуют особенные структуры для обеспечения реализации наследственной информации путем биосинтеза белков. Таким образом, каждая клетка служит биохимической фабрикой, ведь каждую секунду в ней происходит множество согласованных биохимических процессов.

Клеткам свойственна **саморегуляция**, они способны поддерживать относительное постоянство своего химического состава и свойств (гомеостаз), независимо от изменений в окружающей среде. Клетки **способны к самовоспроизведению** путем размножения - делением или почкованием.

Клеткам присуща **раздражимость**: они способны воспринимать разные влияния окружающей среды и определенным образом на них отвечать. Как вы помните, эту функцию обеспечивают сигнальные белки клеточной мембраны. Для клеток как биологических систем характерна **целостность**, которая обеспечивается взаимодействием внутриклеточных структур в процессе саморегуляции.

В эукариотических клетках есть система внутриклеточных мембран, разделяющих внутреннюю среду на отдельные функциональные участки. Наличие таких участков обеспечивает одновременное протекание многих, часто несовместимых, биохимических процессов.

Между отдельными участками клеток могут существовать функциональная и пространственная связи. Вы помните, что зернистая и незернистая эндоплазматические сети непосредственно соединены между собой. Кроме того, мембраны зернистой эндоплазматической сети функционально связаны с внешней мембраной ядра и комплексом Гольджи.

Эндоплазматическая сеть участвует в образовании вакуолей растительных клеток; комплекс Гольджи - сократительных вакуолей и лизосом. Сливаясь с пиноцитозными или фагоцитозными пузырьками, лизосомы формируют пищеварительные вакуоли (их еще называют вторичными лизосомами). Мембраны пино- и фагоцитозных пузырьков образованы из определенных участков плазматической мембраны.

Двухмембранные митохондрии и пластиды пространственно не связаны с другими структурами. Вы уже знаете, что им присуща определенная степень автономии в клетке, в частности наличие собственной ДНК и размножение делением.

Обобщение данных, полученных во время продолжительного изучения клетки, было сформулировано как **клеточная теория**.

● **Положение клеточной теории на современном этапе развития биологии.** Как мы упоминали, впервые клеточную теорию сформулировал немецкий зоолог Т. Шванн (1838), который опирался на работы немецкого ботаника М. Шлейдена. Свой вклад в ее развитие внесли и другие исследователи, в частности эстонский К. Бэр и немецкий Р. Вирхов. К. Бэр показал, что все многоклеточные организмы способны развиваться из одной клетки, например оплодотворенной яйцеклетки. Р. Вирхов выяснил, что новые клетки не возникают из межклеточного вещества (как считали до него), а появляются вследствие размножения материнской. Было доказано, что межклеточное вещество возникает вследствие деятельности клеток.

На современном этапе клеточная теория включает такие положения:

- все организмы состоят из одной или многих клеток. Таким образом, клетка - элементарная единица строения живых существ;
- клетки всех одноклеточных и многоклеточных организмов сходны по происхождению, строению, химическому составу, основным процессам жизнедеятельности;
- каждая новая клетка образуется исключительно в результате размножения материнской, то есть клетка - элементарная единица размножения;
- многоклеточные организмы развиваются из одной клетки, то есть клетка - элементарная единица развития;
- клетки содержат наследственную информацию, необходимую для осуществления жизненных циклов и обеспечения смен поколений определенного вида организмов;
- клеткам присуща раздражимость: они способны воспринимать различные воздействия и определенным образом на них отвечать;
- у большинства многоклеточных организмов различные типы клеток формируются вследствие специализации на протяжении индивидуального развития особи;
- у большинства многоклеточных животных и высших растений из клеток, подобных по строению и функциям, сформированы ткани;
- из тканей состоят органы, системы органов и функциональные системы, подлежащие нервной и гуморальной регуляции.



Создание клеточной теории значительно повлияло на дальнейшее развитие всей биологии. Стало понятно, что существование организмов и смена их поколений обеспечиваются последовательностью живых клеток. Таким образом, в основе непрерывности жизни на нашей планете находится именно клетка.

• **Современные направления исследований в цитологии.** Современные исследования в области цитологии прежде всего направлены на изучение мельчайших органелл и структур клетки. Если современные световые микроскопы не в состоянии обеспечить увеличение объектов исследования более чем в 3000 раз, то электронные микроскопы открыли новые перспективы перед исследователями вследствие достижения увеличений в сотни тысяч раз. Все больше развиваются исследования в области клеточной инженерии - так называемые цитотехнологии.

Цитотехнология — относительно новая область биологических исследований. Она использует разные методы, и прежде всего - выделение клеток из организма и помещение их на питательные среды. Там клетки продолжают жить и размножаться. Культуры таких клеток можно применять не только для научных экспериментов, но и в производстве. В частности, это значительно снижает себестоимость лекарственных препаратов и сохраняет природные ресурсы (например, редчайшего «корня жизни» - женьшеня).

Ученые осуществляют гибридизацию соматических клеток организмов, которые относятся к разным видам, родам, семействам и т. п. При этом с помощью разных микроскопических технологий ядро одной клетки переносят в другую; в клетки одного вида перемещают хромосомы или их участки из клеток другого и т. д. Таким образом искусственно «скрещивают» клетки организмов, генетический материал которых невозможно объединить иным способом (например, человека и мыши, человека и моркови, курицы и дрожжей и т. п.). Гибридизация неполовых клеток позволяет создавать препараты, которые повышают устойчивость против разных инфекций, а также уничтожают некоторые злокачественные опухоли (раковые заболевания). Например, в результате гибридизации нормальных клеток с раковыми получены культуры гибридных клеток, способные вырабатывать противоопухолевые антитела.

Раньше мы уже упоминали о методике клонирования организмов. **Клоном** (от греч. **клон** - ветвь, потомок) называют совокупность генетически идентичных клеток или особей, полученных от общего предка неполовым путем. Поскольку каждая неполовая клетка обычно содержит всю наследственную информацию, присущую всему многоклеточному организму, то появляется возможность получить из одной клетки значительное количество организмов с одинаковыми наследственными качествами (рис. 29.2).

Клонирование животных начато лишь в последние десятилетия. Методика такого клонирования заключается в том, что из неоплодотворенной яйцеклетки удаляют ядро и пересаживают в нее диплоидное ядро соматической клетки той же особи. Такую искусственную «зиготу» помещают в матку самки данного вида, где развивается зародыш. Это позволяет получать от ценных по своим свойствам производителей неограниченное количество потомков, которые являются их точными генетическими копиями. Пока ученые клонировали представителей отдельных видов (например, известную овцу Долли) (рис. 29.3).



Рис. 29.2. Развитие растения моркови на искусственной питательной среде из нескольких клеток корнеплода



Рис. 29.3. Методика клонирования: 1 – донор цитоплазмы; 2 – донор ядра соматической клетки; 3 – удаление ядра; 4 – клетка молочной железы; 5 – влияние электрического тока; 6 – начавшая делиться яйцеклетка; 7 – суррогатная (не родная) мать; 8 – результат клонирования – овца Долли



Ключевые термины и понятия. Клеточная теория, цитотехнологии, клон, клонирование.

Клетки - это:

- основные структурно-функциональные единицы организмов;
- биоэнергетические системы, способные превращать одни формы энергии в другие;
- информационные системы, в которых хранится закодированная наследственная информация;
- метаболические системы, в которых одновременно происходит множество согласованных биохимических процессов.

Клеткам свойственны:

- саморегуляция — они способны поддерживать относительное постоянство своей внутренней среды и физико-химических свойств (гомеостаз) независимо от изменений в окружающей среде;
- самовоспроизведение и передача наследственной информации потомкам, благодаря чему жизнь существует на нашей планете продолжительное время;
- раздражимость — они способны воспринимать разные воздействия и определенным образом на них отвечать.

Клетке как интегрированной биологической системе присуще тесное взаимодействие разных структур. В эукариотических клетках имеется система внутриклеточных мембран, которые разделяют внутреннюю среду на отдельные функциональные участки, обеспечивающие одновременный ход многих, часто несовместимых, биохимических процессов.

Обобщение данных, полученных вследствие продолжительного периода изучения клетки, нашло свое отображение в клеточной теории.

Кратко
о
главном



Вопросы для самоконтроля

1. Какие свойства присущи клеткам как самостоятельным интегрированным биологическим системам? 2. В чем заключается пространственная и функциональная связь между основными составляющими клетки? 3. Как объяснить выражение «единая мембранная система клетки»? В чем заключается биологическое значение этого явления? 4. Кто впервые сформулировал клеточную теорию? 5. Каковы основные положения клеточной теории на современном этапе развития биологии?

Подумайте.

Как и почему клеточная теория повлияла на дальнейшее развитие биологии?



Задание для занятия в группах

Используя разнообразные источники информации, подготовьте общий дайджест о возможностях новейших достижений в области цитотехнологий.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

СТРОЕНИЕ ХРОМОСОМ

(эту работу целесообразнее выполнять после изучения темы «Общий план строения клетки. Поверхностный аппарат. Ядро»)

Цель: научиться распознавать на схемах, постоянных микропрепаратах, микрофотографиях хромосомы.

Оборудование и материалы: микроскопы, предметные и покровные стекла, постоянный микропрепарат слюнных желез мотыля (личинки некровососущих комаров-дергунов), препаровочные иглы, пинцеты, микрофотографии хромосом клеток слюнных желез мотыля.

Ход работы

1. Подготовьте микроскоп к работе.
2. При малом увеличении на постоянном микропрепарате найдите клетки слюнных желез мотыля. При отсутствии постоянного микропрепарата, изготовьте временный: личинку комара положите на предметное стекло, отделите с помощью пинцета первые два сегмента. Слюнные железы (овальные мелкие тельца белого цвета в красноватой жидкости - гемолимфе) удалите из тела личинки, выдавливая их содержимое через отверстие на месте удаленных передних сегментов, и накройте покровным стеклом.
3. При большом увеличении рассмотрите гигантские хромосомы из клеток слюнных желез мотыля, похожие на исполосованные линии со вздутиями. У мотыля восемь хромосом, но в клетках слюнных желез они имеют вид четырех, поскольку гомологические хромосомы попарно соединены.
4. Сравните увиденное вами с микрофотографиями хромосом клеток слюнных желез мотыля.
5. Сделайте выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

МИТОТИЧЕСКОЕ ДЕЛЕНИЕ КЛЕТОК

Цель: научиться наблюдать за процессами жизнедеятельности клеток и распознавать на схемах, постоянных микропрепаратах, микрофотографиях фазы митотического деления.

Оборудование и материалы: микроскопы, постоянные микропрепараты клеток корешков лука или других растений на разных стадиях митотического цикла, микрофотографии различных стадий митотического деления.

Ход работы

1. Подготовьте микроскоп к работе.
2. При малом увеличении микроскопа найдите на микропрепарате корешка корневой чехлик, зоны деления и растяжения.



3. При большом увеличении микроскопа найдите в зоне деления клетки на стадиях интерфазы (прямоугольные, окруженные толстой клеточной стенкой), профазы (в центральной части заметные хромосомы), метафазы (заметно веретено деления, хромосомы в центральной части клетки состоят из двух хроматид каждая), анафазы (хромосомы, представленные одной хроматидой каждая, расположены на полюсах клетки), телофазы (хромосомы раскручиваются, появляются ядерная оболочка и перегородка между дочерними клетками).
4. Сравните увиденное с микрофотографиями разных стадий митотического деления.
5. Сделайте выводы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

СРАВНЕНИЕ МИТОЗА И МЕЙОЗА

(выполняют учащиеся академического уровня обучения)

Цель: закрепить материал, усвоенный во время прохождения теоретического курса. Уметь на схемах и микропрепаратах определять те или другие фазы митотического или мейотических делений.

Оборудование и материалы: схемы и микрофотографии с изображениями всех фаз митоза и мейоза, микропрепараты митоза и мейоза.

Ход работы

1. Внимательно изучите предложенные схемы и микрофотографии.
2. Разложите в правильной последовательности схемы и микрофотографии, на которых изображены соответствующие фазы митоза, и вспомните, какие события происходят на той или иной фазе.
3. То же сделайте со схемами и микрофотографиями, на которых изображены соответствующие фазы первого и второго делений мейоза.
4. Последовательно сравните события, происходящие во время определенных фаз митоза и первого деления мейоза.
5. Выполните то же самое для определенных фаз митоза и второго деления мейоза.
6. Сделайте выводы в виде таблицы по такому образцу:

Фаза	Митоз	1 -е деление мейоза	Общее и отличное
Профаза Метафаза Анафаза Телофаза			
Фаза	Митоз	2-е деление мейоза	Общее и отличное
Профаза Метафаза Анафаза Телофаза			

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

РЕШЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЗАДАЧ ПО ТРАНСЛЯЦИИ

(выполняют учащиеся академического уровня обучения)

Цель: научиться решать элементарные задачи по молекулярной биологии.

Задача 1. Одна из цепей молекулы ДНК состоит из таких остатков нуклеотидов:

ТАЦ ГАА ЦГЦ АТГ ЦГА ТЦЦ.

Определите, в какой последовательности к функциональному центру рибосомы будут поступать молекулы тРНК с такими антикодонами:

ЦГА УЦЦ ГАА АТГ УАЦ ЦГЦ.

Пример решения.

По принципу комплементарности устанавливаем последовательность нуклеотидов молекулы иРНК, которая была синтезирована на указанном участке цепи ДНК:

АУГ ЦУУ ГЦГ УАЦ ГЦУ АГГ.

Следовательно, последовательность молекул тРНК, поступающих к функциональному центру рибосомы, такая:

тРНК с антикодоном УАЦ; тРНК с антикодоном ГАА, тРНК с антикодоном ЦГЦ % ; тРНК с антикодоном АТГ; тРНК с антикодоном ЦГА; тРНК с антикодоном УЦЦ.

Задача 2. Участок молекулы ДНК имеет такой вид:

АТА ГТЦ ЦГА ГТА ТЦЦ

ТАТ ЦАГ ГТЦ ЦАТ АГГ.

Определите, какая из двух цепей этой молекулы ДНК кодирует полипептид, состоящий из таких аминокислотных остатков:

изолейцин - валин - аргинин - валин - серин.

Пример решения.

Используя таблицу «Генетический код», устанавливаем последовательность остатков нуклеотидов молекулы иРНК, служившей матрицей для синтеза данного полипептида:

АУА - ГУЦ - ЦГА - УЦЦ.

Далее определяем, какая именно цепь молекулы ДНК служила матрицей для синтеза молекулы иРНК: ТАТ ЦАГ ГТЦ ЦАТ АГГ.

Задача 3. Цепь молекулы ДНК до мутации состояла из такой последовательности остатков нуклеотидов:

ААА ААТ ТГГ ЦАГ ТТГ.

После мутации она приобрела такой вид:

ААА ААТ ТГГ ЦАТ ТТГ.

1. Сравнив структуру молекулы ДНК до и после мутации, найдите триплет, подвергшийся изменению.
2. Определите строение полипептидов, которые кодировала цепь ДНК до и после мутации.
3. Сделайте выводы.

Задача 4. Последовательность остатков нуклеотидов одной из цепей молекулы ДНК такая:



ТАЦ ГАЦ АЦГ ГЦГ АТТ ТАЦ АГГ ЦГГ ТЦГ АЦГ.

Определите, какое количество молекул полипептидов она кодирует.

Задача 5. Последовательность аминокислотных остатков молекулы полипептида такая:

аспарагин - изолейцин - пролин - треонин - валин - цистеин.

Учитывая, что большинство основных аминокислот кодируется несколькими триплетами, определите возможные варианты последовательности остатков нуклеотидов, которые могут кодировать этот полипептид.

Задача 6. Какая последовательность аминокислот кодируется следующей последовательностью нуклеотидов иРНК: ГГ ТУП Т, А У А А Т ТТ ТУГ А Ц АГТ Т У. Какой станет последовательность аминокислот, если вследствие мутации из молекулы иРНК выпадет второй нуклеотид?

Задача 7. Одна из цепей молекулы ДНК представляет собой следующую последовательность нуклеотидов: ТТДГ ГАА АЦГ ТАА ЦАГ ГТА ЦАТ ТАТ. В какой последовательности будут подходить молекулы тРНК, транспортирующие аминокислоты, к рибосоме, которая участвует в синтезе белковой молекулы?

ТЕСТ НА ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗНАНИЙ

I. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ПРАВИЛЬНЫЙ

- 1. Укажите процесс, во время которого происходит конъюгация хромосом:**
а) митоз; б) первое мейотическое деление; в) второе мейотическое деление; г) почкование клетки.
- 2. Определите количество молекул АТФ, которые синтезируются во время бескислородного этапа энергетического обмена:** а) 1 молекула; б) 2 молекулы; в) 4 молекулы; г) 36 молекул; д) молекулы АТФ не синтезируются.
- 3. Определите количество молекул АТФ, которые синтезируются во время кислородного этапа энергетического обмена:** а) 1 молекула; б) 2 молекулы; в) 4 молекулы; г) 36 молекул; д) молекулы АТФ не синтезируются.
- 4. Укажите, когда именно в процессе фотосинтеза синтезируются молекулы АТФ:** а) во время темновой фазы; б) во время световой фазы; в) молекулы АТФ не синтезируются.
- 5. Выберите правильное определение термина «транскрипция»:** а) переписывание информации из молекулы ДНК на молекулу и РН К; б) транспорт аминокислотных остатков к месту синтеза белковой молекулы; в) соединение аминокислотных остатков в полипептидную цепь; г) переход молекулы белка в активное состояние.
- 6. Укажите, на мембранах каких органелл происходит синтез белка:** а) комплекса Гольджи; б) лизосом; в) пищеварительных вакуолей; г) зернистой эндоплазматической сети; д) незернистой эндоплазматической сети.
- 7. Укажите, где происходит кислородный этап энергетического обмена:** а) в митохондриях; б) в хлоропластах; в) в комплексе Гэльджи; г) в лизосомах; д) на зернистой эндоплазматической сети.

II. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ДВА ПРАВИЛЬНЫХ

- 1. Назовите процессы, во время которых синтезируются молекулы АТФ:**
а) световая фаза фотосинтеза; б) темновая фаза фотосинтеза; в) трансляция; г) подготовительный этап энергетического обмена; д) бескислородный этап энергетического обмена.

2. Укажите биохимические процессы, относящиеся к пластическому обмену: а) самоудвоение ДНК; б) окисление органических соединений; в) окисление неорганических соединений; г) биосинтез липидов.
3. Укажите биохимические процессы, относящиеся к энергетическому обмену: а) фотосинтез; б) окисление органических соединений; в) хемосинтез; г) расщепление органических соединений без доступа кислорода.
4. Укажите, за счет каких электронов восстанавливается фотосистема I: а) происходящих из фотосистемы II; б) собственных, возвращающихся на свой энергетический уровень; в) возникающих при расщеплении молекулы воды; г) возникающих при ионизации атомов водорода.
5. Укажите процессы, в ходе которых выделяется углекислый газ: а) кислородный этап энергетического обмена; б) световая фаза фотосинтеза; в) темновая фаза фотосинтеза; г) аэробное дыхание.
6. Укажите процессы, во время которых удваивается количество молекул ДНК в клетке: а) профазы митоза; б) метафаза первого мейотического деления; в) интерфаза между двумя митотическими делениями; г) слияние гамет.

III. ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

1. Установите соответствие между этапами энергетического обмена и количеством молекул АТФ, синтезирующихся во время каждого этапа.

Этапы энергетического обмена	Количество синтезированных молекул АТФ
А Подготовительный	1 38 молекул
Б Бескислородный	2 36 молекул
В Кислородный	3 2 молекулы
	4 Молекулы АТФ не синтезируются

2. Установите соответствие между биохимическими процессами и местами их осуществления в клетке.

Биохимические процессы	Место осуществления
А Световая фаза фотосинтеза	1 Зернистая эндоплазматическая сеть
Б Цикл трикарбоновых кислот	2 Ядро
В Удвоение ДНК хромосом	3 Митохондрии
	4 Тилакоиды

3. Установите соответствие между процессами, которые происходят в организме, и их определениями.

Процессы	Определение
А Диссимиляция	1 Совокупность биохимических процессов, направленных на образование и обновление структурных частей клеток и тканей
Б Ассимиляция	2 Совокупность биохимических процессов, направленных на расщепление сложных органических соединений
В Трансляция	3 Обретение белковой молекулой специфической структуры
Г Транскрипция	4 Синтез белковой молекулы на матрице - молекуле иРНК согласно генетическому коду
	5 Синтез молекулы иРНК на молекуле ДНК

4. Установите соответствие между этапами биосинтеза белковой молекулы и событиями, происходящими на том или ином этапе.



Процессы	Этапы биосинтеза белковой молекулы
А Переписывание информации из молекулы ДНК на молекулу иРНК Б Присоединение аминокислот к соответствующим молекулам тРНК В Образование комплексов из молекул иРНК, рибосом и тРНК Г Переведение последовательности нуклеотидов молекулы иРНК в последовательность аминокислотных остатков белковой молекулы, которая синтезируется	1 Инициация 2 Терминация 3 Транскрипция 4 Трансляция 5 Активация

5. Установите соответствие между фазами митоза и событиями, происходящими во время их.

Фазы митоза	События
А Профаза Б Метафаза В Анафаза Г Телофаза	1 Конъюгация гомологических хромосом 2 Расхождение хроматид 3 Расположение хромосом по центру клетки 4 Формирование ядерной оболочки 5 Исчезновение ядрышек

6. Установите соответствие между фазами мейоза и событиями, происходящими во время их.

Фазы митоза	События
А Профаза I Б Метафаза II В Анафаза I Г Телофаза II	1 Кроссинговер 2 Расхождение хроматид 3 Расхождение гомологических хромосом 4 Прикрепление нитей веретена деления к центромере 5 Формирование ядрышек

IV. ВОПРОСЫ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

- Почему во время деления клетки исчезает оболочка ядра ? Ответ обоснуйте.
- Известно ли мейотическое деление у организмов, не размножающихся половым способом? Ответ обоснуйте.
- Как происходит обмен веществ между клеткой и ее окружающей средой? Ответ обоснуйте.
- Известно, что алкалоид колхицин разрушает веретено деления и тем самым нарушает процесс распределения хромосом между дочерними клетками. Будет ли влиять это соединение на деление клеток цианобактерий? Ответ обоснуйте.
- Существует ли в клетках прокариот единая мембранная система? Ответ обоснуйте.
- Цианид калия - опасный для человека яд, который делает неактивными определенные компоненты цепи дыхательных ферментов, встроенных во внутреннюю мембрану митохондрий. Чем можно объяснить смерть человека, отравленного этим соединением?



РАЗДЕЛ III. ОРГАНИЗМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

ТЕМА 1. НЕКЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ ЖИЗНИ

- Особенности строения и жизнедеятельности вирусов, их положение в системе органического мира;
- роль вирусов в природе и жизни человека;
- профилактика и лечение вирусных инфекций;
- прионы и прионовые заболевания.

§ 30. СТРОЕНИЕ, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СВОЙСТВА ВИРУСОВ



Вспомните: что общего и отличительного между живой и неживой частями природы? Какие характерные признаки жизни? Каковы строение и функции клетки как структурно-функциональной единицы живых организмов? Какой принцип работы электронного микроскопа? Что такое вакцина и вакцинация?

● **Что представляют собой вирусы?** Каждый из вас перенес по крайней мере одно вирусное заболевание (грипп или др.). Но никто не видел его возбудителей, ведь размеры вирусных частиц - **вирионов** - такие мизерные (15-300 нм), что большинство из них можно увидеть лишь с помощью электронного микроскопа. Вирусы - паразиты клеток прокариот и эукариот, и вне клетки-хозяина вирионы не обнаруживают никаких признаков жизни. Для своего размножения они используют вещества и энергию клетки-хозяина. В результате взаимодействия между вирусом и клеткой-хозяином часто развиваются разные заболевания.

Наука, изучающая строение и функции вирусов, их свойства, пути передачи, способы лечения и профилактики вирусных заболеваний, называется **вирусологией**.

• **Открытие вирусов.** Первое известное свидетельство о вирусной инфекции найдено на древнеегипетском барельефе. На нем изображен жрец с признаками вирусного заболевания - паралитического полиомиелита (рис. 30.1). Изучение мумии фараона Рамзеса V показало, что он умер от вирусного заболевания - оспы - в возрасте около 35 лет в 1143 году до н. э. На его коже обнаружены следы от пустул (гнойников), типичных для этой болезни.

Много тысяч лет оспа уничтожала население Земли. Только в прошлом тысячелетии от нее погибло от 300 до 500 миллионов людей. В 1796 году произошло важное событие, благодаря которому в течение последующих веков было разработано и применено в планетарном масштабе профилактическое средство борьбы с этим заболеванием, - **вакцинация**. Еще в древнем

Китае проводили профилактику оспы, вводя здоровым людям гной из язв больных оспой. Как следствие, в одних случаях человек переносил легкую форму заболевания и приобретал устойчивый иммунитет, в других - инфекция приводила к смерти. Английский врач Эдуард Дженнер (1749-1823) предположил, что успешность вакцинации обусловлена степенью ослабления культуры паразита. Он ввел в разрез кожи восьмилетнего мальчика содержимое пустулы доярки, переболевшей так называемой коровьей оспой (заразилась от коровы). У мальчика, который никогда не болел оспой, на месте введения вакцины образовалась маленькая язва, зажившая через две недели. Через полтора месяца Дженнер сделал этому же мальчику прививку жидкостью из пустулы больного оспой человека, но болезнь не развилась. Успех Дженнера был вызван тем, что оспа у коров протекает в легкой форме, а вирионы приспособлены к условиям

организма хозяина - коровы. Поэтому они не могут вызвать тяжелую форму заболевания у человека, однако стимулируют образование антител в его крови.

В 1885 году знаменитый французский ученый Луи Пастер (1822-1895) впервые проверил на человеке действие вакцины против бешенства. Он сделал успешную прививку ребенку, укушенному бешеной собакой, сохранив ему жизнь. И хотя в то время вирусы еще не были открыты, именно он ввел термины **вирус** (от лат. **вирус** - яд) и **вакцинация** (в честь Э. Дженнера, от лат. **вакцина** - коровий). Он также разработал научные основы вакцинации.

Открыл вирусы русский ученый Д. Ивановский (1864-1920), который в 1892 г. обнаружил работу о распространении возбудителя мозаичной болезни табака. Он доказал, что сок пораженных растений,



Рис. 30.1. Первое свидетельство о вирусной инфекции – барельеф со здания в Мемфисе – столице древнего Египта (около 3500 лет до н. э.)



Рис. 30.2. Дмитрий Иосифович Ивановский – основоположник науки о вирусах

введенный здоровым, вызывает их заболевание. Заражение происходило даже после фильтрации сока через керамические фильтры очень малого диаметра, способные задерживать мельчайшие бактерии. Д. Ивановский считал возбудителей мозаичной болезни табака мельчайшими существами. В отличие от других известных в то время микроорганизмов, культуру этих загадочных паразитов не удалось вырастить в лаборатории ни на одной из питательных сред, применяемых для выращивания культур микроорганизмов.

В 1898 г. ученые установили, что возбудитель ящера крупного рогатого скота также «фильтруется». Так открыли, что эти «существа» могут вызывать инфекционные заболевания не только растений, но и животных. В 1901 году было доказано, что желтую лихорадку вызывает вирус, который переносят двукрылые кровососущие насекомые - комары. В 1915 г. были открыты вирусы в клетках бактерий - **бактериофаги** («пожиратели бактерий»).

На основе многолетних исследований были определены такие свойства вирусов:

- неклеточное строение;
- облигатный паразитизм (то есть паразит способен жить исключительно в определенных условиях) внутри прокариотических и эукариотических клеток;
- использование органелл клетки-хозяина для синтеза новых вирусных частиц;
- отсутствие собственного обмена веществ;
- отсутствие проявлений жизнедеятельности вне клетки-хозяина.

Много свойств вирусов (отсутствие клеточного строения, метаболизма, роста, способность кристаллизироваться) не присущи другим организмам. Однако вирионы состоят из органических веществ и имеют носителей наследственной информации, общих для всех живых существ, им свойственны наследственность и изменчивость; вирусы распространены на определенных территориях. Это свидетельствует о принадлежности вирусов к живой части биосферы.

● **Гипотезы происхождения вирусов.** Сегодня не существует единой точки зрения относительно происхождения вирусов. Ученые рассматривают три такие основные гипотезы.

Согласно гипотезе **регрессивной** (от лат. *регресс* — обратное движение) **эволюции**, вирусы возникли из клеток, потерявших в процессе своего исторического развития большинство органелл. (**Вспомните: есть предположение, что подобным путем из клеток прокариот возникли хлоропласты и митохондрии.**) К сожалению, убедительных доказательств этой гипотезы нет.

Согласно гипотезе **параллельной эволюции**, вирусы возникли в древнейшие времена независимо от клеток, используя их возможности для превращения энергии и синтеза белков. В последнее время большинство ученых склоняется именно к этой гипотезе, поскольку в ее пользу появляются все больше доказательств, в частности относительно эволюции РНК.

Гипотеза **«бешеных генов»**, выдвинутая Джеймсом Уотсоном (**вспомните вклад этого ученого в развитие биологии**), говорит о том, что вирусы, первоначально представлявшие собой участки наследственного

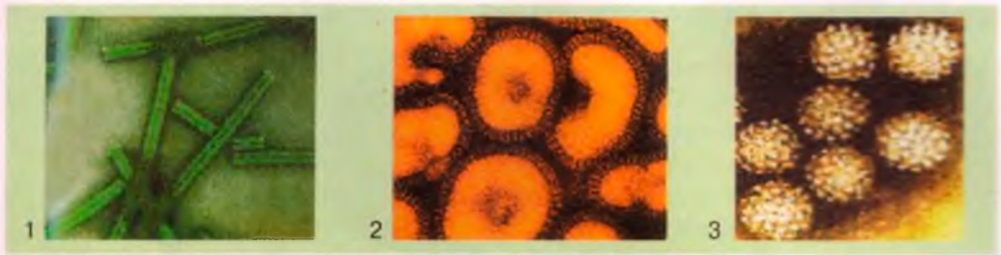


Рис. 30.3. Электронно-микроскопические изображения вирусов: 1 – вирус табачной мозаики; 2 – вирус гриппа (сложный вирус, хорошо видно внешнюю мембрану); 3 – вирус папилломы (1 и 3 – простые вирусы, их оболочки не имеют внешней мембраны)

материала клеток, приобрели способность к самостоятельному существованию. Отметим, что до сих пор не получено никаких объективных доказательств в поддержку или опровержение ни одной из этих гипотез.

• **Строение вирусов.** Внутри инфицированной клетки вирусных частиц, как правило, не обнаруживают, поскольку их компоненты (белки и нуклеиновые кислоты) задействованы в клеточном метаболизме - происходят репликация, транскрипция и трансляция вирусных нуклеиновых кислот, синтез вирусных белков. Во внешней среде (вне клетки) вирусы находятся в виде отдельных частиц - *вирионов*.

По строению различают простые и сложные вирусы. У **простых вирусов** молекула нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) окружена только белковыми молекулами (от нескольких десятков до нескольких тысяч). **Сложные вирусы** во время формирования вирионов захватывают часть клеточной плазматической мембраны, которую они «инкрустируют» собственными белками и используют в качестве дополнительной внешней оболочки (рис. 30.3).

В составе вирусной частицы может быть только один тип нуклеиновой кислоты - или ДНК, или РНК. Молекулы нуклеиновых кислот служат носителями генетической информации вирусов. Обратите внимание: если в клетках прокариот и эукариот ДНК двухцепочные, а РНК - одноцепочные, то у вирусов молекулы обеих нуклеиновых кислот могут быть и двухцепочные, и одноцепочные.

Еще одно важное отличие вирусов от клеток прокариот и эукариот заключается в их уникальном способе образовывать вирионы в результате так называемой *самосборки* (рис. 30.4). Подавляющее большинство простых вирусов собирается в четко определенном порядке, образуя симметричные структуры (рис. 30.5). В зависимости от вида вируса, вирион может иметь икосаэдрический (например, возбудители полиомиелита, папилломы), спиральный (вирус табачной мозаики

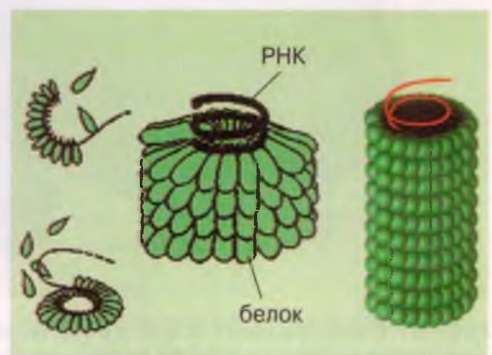


Рис. 30.4. Самосборка вируса табачной мозаики

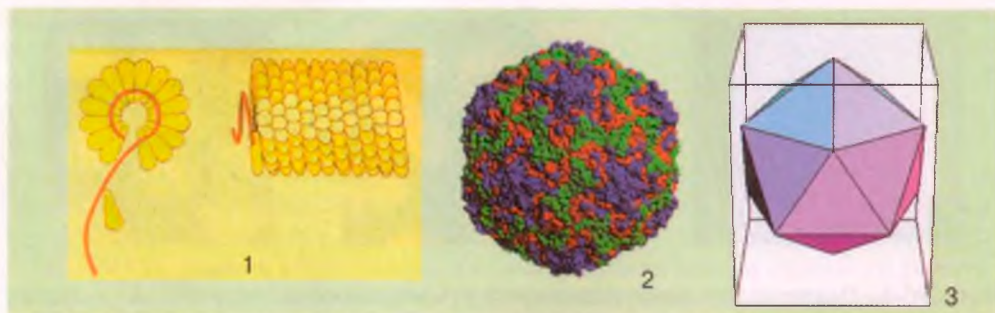


Рис. 30.5. Спиральный тип симметрии вириона табачной мозаики (1); икосаэдрический тип симметрии вириона полиомиелита (2); симметрическая геометрическая фигура икосаэдр (3)



Рис. 30.6. Электронно-микроскопическая фотография вириона бактериофага Т4

ки) или смешанный (бактериофаги) типы симметрии (**икосаэдр - объемный 20-гранник.**) На рисунке 30.6 изображен вирион бактериофага Т4, «головка» которого с молекулой ДНК внутри построена согласно икосаэдрическому типу симметрии, а «хвост» - спиральному. Хвост окружен чехлом из белков; внутри хвоста проходит полый стержень, через который молекула ДНК впрыскивается в клетку бактерии. Обратите внимание, что этот бактериофаг, несмотря на усложненное строение, относится к простым вирусам, поскольку не имеет внешней оболочки из липидов и углеводов.

Простые вирусы выходят из пораженной клетки обычно в результате повреждения ее поверхностного аппарата вирусными ферментами

или разрушения (апоптоза). Вирионы сложных вирусов покидают клетку в окружении участка ее плазматической мембраны. Этот процесс называется **почкованием** (рис. 30.7). Вирусы относятся к особому подразделению живой природы - *uavsteu Buva*.

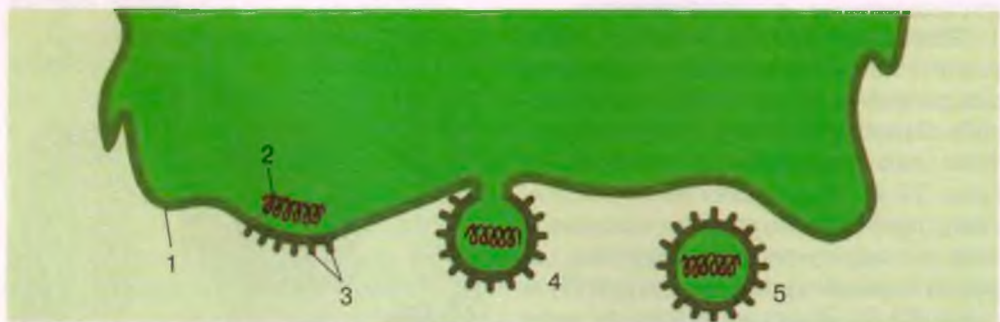


Рис. 30.7. Схема выхода сложных вирусов из клетки путем почкования: 1 - плазматическая мембрана клетки; 2 - нуклеокапсид (внутренняя белковая оболочка сложного вируса); 3 - вирусные поверхностные белки, встроенные в плазматическую мембрану; 4 - почкование через плазматическую мембрану; 5 - зрелая вирусная частица

**Ключевые термины и понятия. Вирусы простые и сложные, вирусология, вирион.**

Наука, изучающая строение и функции вирусов, их свойства, пути передачи, способы лечения и профилактики вирусных заболеваний, называется вирусологией.

Вирусы - неклеточные формы жизни. Это внутриклеточные паразиты прокариотических и эукариотических организмов. За пределами клеток хозяина вирусные частицы не обнаруживают никаких признаков живого. Для размножения вирусы используют структуры, органические вещества и энергию клетки-хозяина.

Каждая вирусная частица (вирион) состоит из единственной одно- или двухцепочной молекулы ДНК или РНК и оболочки. В зависимости от особенностей химического состава оболочки вирусных частиц вирусы делят на простые и сложные. У простых вирусов оболочка состоит лишь из белков, у сложных в ее состав входят также липиды и углеводы. Ученые относят вирусы к особому подразделению живой природы - царству Вира.

**Кратко
о
главном****Вопросы для самоконтроля**

1. Какая наука изучает вирусы? 2. Как были открыты вирусы?
3. Какие особенности строения вирусных частиц? Какие вирусы называют простыми и сложными? 4. Чем нуклеиновые кислоты вирусов отличаются от нуклеиновых кислот прокариот и эукариот?
5. Что такое вирион?

Подумайте.

Строение вирусных частиц значительно проще, чем клеток эукариот и прокариот. Могли ли вирусы появиться раньше клеточных организмов?

§ 31. РАЗМНОЖЕНИЕ ВИРУСОВ. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИРУСА И КЛЕТКИ

Вспомните: как размножаются клетки? Какие процессы называют репликацией, транскрипцией, трансляцией? Что такое мутации? Какие особенности строения бактериофагов?

Как вы уже знаете, вирусы обитают внутри клеток и не способны самостоятельно обеспечивать свой обмен веществ и превращение энергии. Вирусам свойственна избирательная способность попадать в определенные про- и эукариотические клетки, в которых существуют благоприятные условия для последующего размножения. Способы проникновения вирионов внутрь клеток весьма разнообразны и зависят от особенностей строения поверхностного аппарата видов-хозяев.

• **Вирусы растений.** Как вы знаете, клетки растений, кроме плазматической мембраны, покрыты крепкой утолщенной целлюлозной клеточной стенкой, непроницаемой для вирусов. Вирионы могут попасть в цитоплазму клеток растений лишь через поврежденные участки клеточной стенки.

Например, вирус табачной мозаики проникает в клетки новых хозяев через царапины на поверхности листовых пластинок или корневых волосков. Однако большинство вирусов растений «избрало» другой путь - они приобрели способность проникать внутрь клетки-хозяина благодаря разнообразным животным-переносчикам - насекомым (тля и др.) и круглым червям, питающимися соками определенных видов растений, прокалывая клеточную стенку. Вирусные частицы в организм переносчика попадают вместе с растительными жидкостями. Они циркулируют в организме переносчика и скапливаются в слюнных железах. Во время питания животные впрыскивают в клетки растений слюну вместе с вирусными частицами.

У ДНК-содержащих вирусов генетическая информация переписывается на молекулу иРНК, которая затем включается в механизмы синтеза белка клеткой-хозяином. Вирусная РНК после проникновения в цитоплазму сразу попадает на рибосомы, где на основе ее наследственной информации образуются вирусные белки. Однако перед вирусом «появляется», казалось бы, неразрешимая проблема: для новых дочерних вирусных частиц необходимо синтезировать такие же одноцепочечные молекулы РНК. Но в клетке отсутствуют ферменты, которые бы обеспечивали переписывание информации с одной молекулы РНК на другую. Оказывается, в состав РНК вируса входят два гена, кодирующие особый фермент. С его помощью информация непосредственно переписывается с одной молекулы РНК на другую во время синтеза вирусных частиц.

Вирусные белки бывают нескольких типов. Одни из них - это ферменты, обеспечивающие самовоспроизведение молекул вирусной РНК или ДНК, другие - структурные белки оболочек новых вирусных частиц. На построение новых вирусных частиц тратятся энергия и «строительные материалы» (аминокислоты и нуклеотиды) клетки. В результате в цитоплазме накапливается много молекул вирусных белков и нуклеиновых кислот. Из них при последующей самосборке формируются новые вирусные частицы. Этот процесс чем-то напоминает монтаж автомобиля на конвейере. В определенных местах клетки из структурных белков образуются предшественники оболочек вирусов, к каждой из которых присоединяются молекулы вирусной нуклеиновой кислоты. Так образуются полноценные вирионы.

Мы только что рассмотрели процессы, которые происходят внутри инфицированной клетки. Но как вирусная инфекция распространяется по растению и вызывает развитие заболевания? Ученые детально изучили закономерности распространения вируса табачной мозаики (рис. 31.1) в



Рис. 31.1. Структура наследственного материала вируса табачной мозаики. Показано взаиморасположение четырех генов: 1, 2 – кодируют белки, входящие в состав фермента; 3 – кодирует белок движения; 4 – кодирует структурный белок

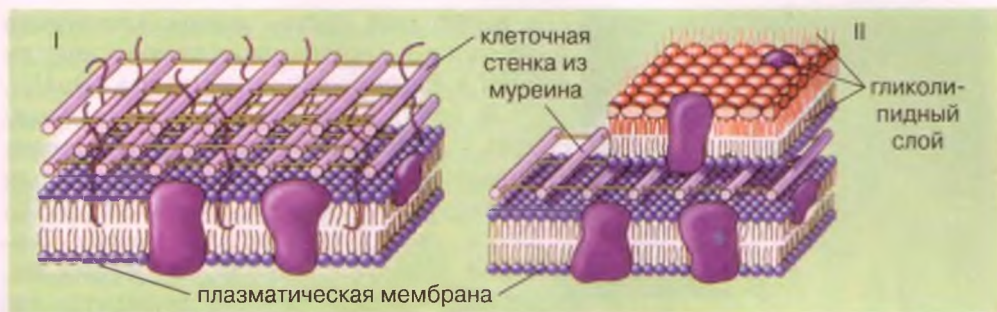


Рис. 31.2. Сравнение строения клеточных стенок грамположительных (I) и грамотрицательных (II) бактерий

клетках и органах растения-хозяина. Оказывается, для инфицирования соседних клеток вирусы используют плазмодесмы. Установлено, что РНК вируса табачной мозаики кодирует особенный белок движения. Он связывается с РНК вируса и транспортирует ее через плазмодесму к соседней здоровой клетке. К различным органам растения вирусные частицы попадают с передвижением растворов питательных веществ по ситовидным трубкам.

Следует помнить, что запись генетической информации в виде РНК способствует увеличению количества самопроизвольных мутаций, ведь надежность качественной перезаписи с одной молекулы РНК на другую приблизительно на три порядка меньше, чем при перезаписи с молекулы ДНК на молекулу иРНК, а вероятность ошибки в тысячу раз больше. Как следствие, генетическая информация РНК-содержащих вирусов очень быстро меняется. Так образуются генетически неоднородные популяции вирусов.

• **Вирусы бактерий, или бактериофаги.** Бактериальная клетка надежно защищена от окружающей среды своеобразной «крепостной стеной» — клеточной стенкой более сложного строения, чем у растений и грибов (рис. 31.2).

Рассмотрим проникновение вируса внутрь бактериальной клетки на примере уже известного нам бактериофага Т4 (рис. 31.3). К концу его хвостового отростка присоединены шесть белковых нитей, оканчивающихся особыми участками — рецепторами. В свою очередь, на поверхности клеточной стенки клетки-хозяина (бактериофаги Т4 «специализируются» на бактериях кишечной палочки) есть гликопротеиды (как вы помните, так называют соединения белков с углеводами), с которыми и связываются рецепторы вируса. После этого бактериофаг плотно прижимает

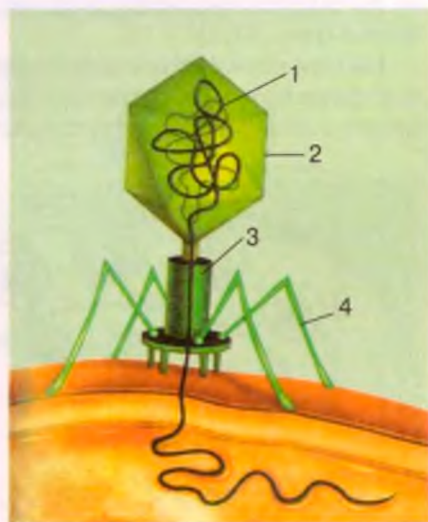


Рис. 31.3. Схематическое строение бактериофага Т4: 1 — геном в виде двухцепочной ДНК; 2 — головка; 3 — хвостовой отросток с чехлом; 4 — белковые нити

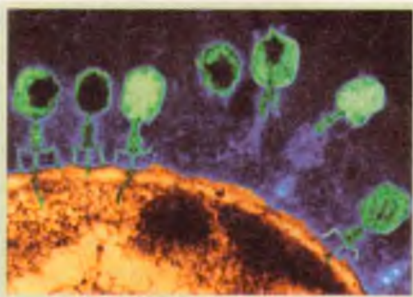


Рис. 31.4. Электронно-микроскопическая фотография момента впрыскивания ДНК бактериофага Т4 в цитоплазму бактериальной клетки

к клеточной стенке конец хвостового отростка и впрыскивает свою молекулу ДНК в цитоплазму клетки (рис. 31.4).

За очень короткое время (20-40 минут) в инфицированной клетке накапливается большое количество вирусных структурных белков и копий ДНК. После самосборки в цитоплазме бактерии образуется около 100 новых вирусных частиц. Особые ферменты вирусов растворяют клеточную стенку изнутри и вирионы оказываются в окружающей среде. Генетический материал бактериофага Т4 включает около 150 генов.

● **Вирусы человека и животных.** Рассмотрим особенности размножения вирусов человека и животных на двух примерах: вирусов полиомиелита и иммунодефицита человека. Первый из них является простым вирусом, второй — сложным. Вирион полиомиелита имеет специфические рецепторы, расположенные на его поверхности. После присоединения вирусной частицы к плазматической мембране она впячивается внутрь клетки, образуя пузырек, транспортирующий вирус к зернистой эндоплазматической сети, где освобождается вирусная РНК и происходит синтез вирусных белков. Новые молекулы РНК вируса полиомиелита синтезируются в ядре клетки, которое вследствие этого разрушается. Большое количество вирусных молекул РНК выходит из ядра, и в процессе самосборки формируются новые вирусные частицы. Вирионы попадают во внеклеточное пространство после разрушения плазматической мембраны (рис. 31.5).

На примере вируса иммунодефицита человека (ВИЧ) вы узнаете о том, как формируются сложные вирусные частицы. Однако сначала ознакомимся с основными характеристиками этого вируса. Как видно из рисун-

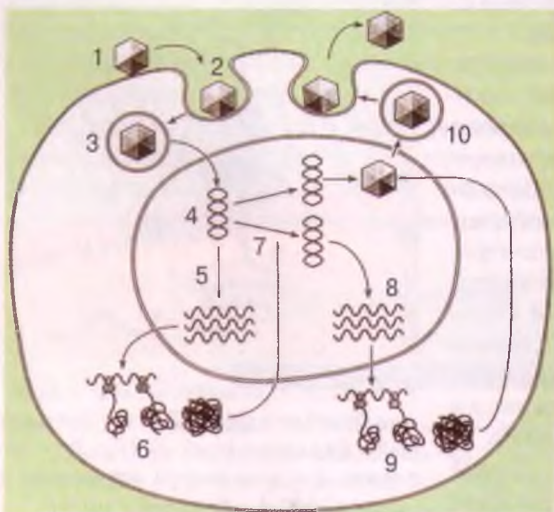


Рис. 31.5. Жизненный цикл вируса полиомиелита: 1 — присоединение к чувствительной клетке; 2 — впячивание цитоплазмы клеточной мембраны; 3 — образование пузырька; 4 — проникновение вирусной РНК в ядро; 5 — транскрипция вирусной РНК; 6 — трансляция иРНК; 7 — репликация вирусного генома; 8 — синтез структурных белков вируса; 9 — самосборка вируса; 10 — «выход» вирионов из инфицированной клетки



ка 31.6, вирусная частица состоит из двух одинаковых молекул одноцепочной РНК, окруженных белковой оболочкой. Снаружи от нее есть еще одна оболочка, которая на самом деле является участком мембраны клетки-хозяина. Она состоит из липидов и полисахаридов, а также поверхностных вирусных белков-рецепторов; в составе вириона есть специфический фермент (обратная транскриптаза) для обеспечения перезаписи генетической информации из молекулы вирусной РНК на молекулу ДНК клетки-хозяина.

• Как размножается вирус иммунодефицита человека?

С помощью поверхностных белков вирионы ВИЧ определяют чувствительные клетки (обычно это Т-лимфоциты) и прикрепляются к их поверхности. В результате поверхностная мембрана вириона сливается с плазматической мембраной клетки, а его центральная часть попадает в цитоплазму (рис. 31.7), где происходит матричный синтез двухцепочной вирусной ДНК.

На следующем этапе вирусная ДНК транспортируется к ядру, где встраивается в одну из хромосом. После этого она может длительное время сосуществовать с хромосомой (так называемый провирус) в пассивном состоянии, то есть не реализуя собственную генетическую информацию. Инфицированных вирусом иммунодефицита людей на этом этапе развития заболевания называют носителями ВИЧ.

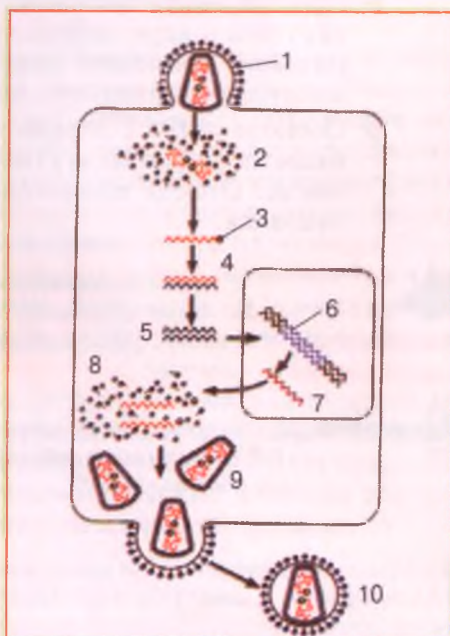
В результате воздействия определенных факторов клеточной среды ДНК вируса может перейти к активному состоянию: начинается ее транскрипция и синтез белков ВИЧ.

В результате воздействия определенных факторов клеточной среды ДНК вируса может перейти к активному состоянию: начинается ее транскрипция и синтез белков ВИЧ.

Рис. 31.7. Жизненный цикл вируса иммунодефицита человека (ВИЧ): 1 – присоединение ВИЧ к чувствительной клетке и проникновение вовнутрь; 2 – «раздевание» вируса; 3 – обратная транскриптаза генома вируса; 4–5 – образование двухцепочной ДНК вируса; 6 – встраивание генома вируса в геном клетки; 7–8 – синтез иРНК и белков вируса; 9 – сборка и почкование вируса; 10 – выход новых вирусов из клетки.



Рис. 31.6. Схематическое строение вируса иммунодефицита человека (ВИЧ)





которые накапливаются в цитоплазме. В частности белки, отвечающие за образование внешней оболочки вируса, проникают в цитоплазматическую мембрану, формируя участки, которые в дальнейшем станут внешней оболочкой сложной вирусной частицы (рис. 31.7). В одной инфицированной клетке может одновременно синтезироваться около сотни новых вирусных частиц. При их одновременном отпочковывании от плазматической мембраны клетка погибает. Поскольку ВИЧ поражает Т-лимфоциты, их гибель приводит к дефициту иммунных клеток в организме. Отсюда происходит название - *вирус иммунодефицита человека*. Напомним, что этот вирус вызывает смертельно опасное заболевание человека - *синдром приобретенного иммунодефицита человека (СПИД)*.

Ключевые термины и понятия. *Бактериофаг, вирус иммунодефицита человека (ВИЧ), синдром приобретенного иммунодефицита человека (СПИД).*

- ▶ Вирусам растений для проникновения в цитоплазму необходимо повреждение клеточной стенки в результате механических влияний или действия ротовых органов беспозвоночных животных-переносчиков (насекомых и круглых червей). Соседние клетки вирусы растений инфицируют через плазмодесмы.
- ▶ Во время нахождения вируса в клетке синтезируются вирусные белки, одни из которых действуют как ферменты, обеспечивающие последующее воспроизведение молекул вирусных нуклеиновых кислот, другие служат компонентами оболочек новых вирусных частиц.
- ▶ Бактериофаги находят прокариотических хозяев с помощью рецепторов, присоединяющихся к гликопротеидам бактериальной клеточной стенки.
- ▶ Простой вирус полиомиелита состоит из молекулы РНК (синтезируется в ядре клетки-хозяина) и белковой оболочки. Частица (вирион) сложного вируса иммунодефицита человека (ВИЧ) имеет дополнительную оболочку из мембраны клетки-хозяина.
- ▶ Поскольку ВИЧ поражает Т-лимфоциты, их гибель приводит к недостатку (дефициту) носителей клеточного иммунитета в организме. Отсюда происходит название - *вирус иммунодефицита человека*.

Кратко
о
главном



**Вопросы для
самоконтроля**


1. Какие особенности размножения вирусов растений и грибов?
2. Какие особенности размножения бактериофагов?
3. Что вам известно об образовании простых и сложных вирионов? Приведите примеры.

Подумайте.

Некоторые ученые отрицают, что вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) вызывает заболевание СПИДом. Как это можно опровергнуть или подтвердить?



§ 32. РОЛЬ ВИРУСОВ В ПРИРОДЕ И ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА. ВИРУСНЫЕ ИНФЕКЦИИ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ



Вспомните: что такое паразитизм и инфекция? Какие способы, заражения возбудителями заболеваний вам известны? Что такое переносчики? Какие организмы служат переносчиками вирусных инфекций?

• **Особенности распространения вирусов в биосфере.** Мы уже знаем, что вирусы - это внутриклеточные паразиты разнообразных видов прокариот и эукариот. Поэтому распространение вирусов в биосфере определено ареалами чувствительных к ним организмов.

Определенные виды вирусов всегда имеют определенную совокупность (круг) видов хозяев. Интересно, что вирусы растений не инфицируют человека, животных и бактерии, вирусы бактерий — соответственно растения и животных, вирусы человека и животных - растения и бактерии.

С другой стороны, организмы одного вида (например, человек) могут поражаться вирусами различных видов, паразитирующих в клетках разных тканей и органов (например: вирусные инфекции дыхательных путей, органов пищеварения, нервной системы, кожи и т. п.). Некоторые вирусные инфекции характерны только для человека (например, гепатит В, ВИЧ) или лишь определенных видов животных (ящер, чума собак), растений, грибов или бактерий. Известны вирусы с широким кругом хозяев, например общие для человека и разных видов диких или домашних животных (клещевой энцефалит, бешенство, желтая лихорадка).

Приспособления вирусов к паразитизму проявляются в разнообразии способов эффективного заражения хозяев. Рассмотрим пути передачи вирусов на примере человека. Вирионы возбудителей заболеваний органов дыхания попадают к хозяевам воздушно-капельным путем (грипп); органов пищеварения - с едой и водой (гепатит А); покровов тела — через слизистые оболочки (герпес, оспа, папиллома).

Переносчиками вирионов часто служат различные членистоногие, в частности кровососущие комары (желтая лихорадка, лихорадка Западного Нила) и клещи (таежный, или клещевой, энцефалит). Заражение возможно также при несоблюдении санитарных норм во время переливания крови или хирургических операций (вирусы гепатита В, иммунодефицита человека). Для некоторых вирусов установлена возможность передачи при половых контактах (герпес, иммунодефицит человека, гепатит С).

Не всегда попадание вируса в организм приводит к развитию болезни. Это зависит от чувствительности хозяина, состояния его иммунной системы, концентрации вирусных частиц и их патогенности (способности вызывать патологический процесс).

Достаточно часто возникают благоприятные условия для распространения вирусов, которое приводит к вспышкам эпидемий инфекционных заболеваний (гриппа, кори, СПИДа). Напомним: **эпидемией** (от греч. **эпидемия** — распространенная в народе болезнь) называют массовое распространение в определенной местности того или иного заболевания.

Следует заметить, что в перечне значительных катастрофических событий, постигших человечество за всю его историю, одно из главных мест занимает эпидемия вируса гриппа 1918 года, так называемая «испанка». Эта эпидемия

унесла свыше 50 млн жизней (сравните: во Второй мировой войне за 5 лет погибло около 50 млн людей).

Науку, которая изучает закономерности течения эпидемий, то есть исследует причины возникновения и распространения инфекционных болезней и применяет полученные знания для борьбы с ними, называют *эпидемиологией* (от греч. *эпидемия* и *логос* - наука). Значительный вклад в развитие этой науки сделал известный украинский ученый Д.К. Заболотный. Главное положение эпидемиологии гласит о том, что эпидемический процесс возникает и поддерживается только при условии общего воздействия нескольких первичных факторов: наличие источника возбудителя; осуществление механизма его передачи; высокая степень восприимчивости популяции хозяев к инфекции. Если исключить хотя бы один из этих факторов, эпидемический процесс прекращается. Именно на этом основаны средства предупреждения (профилактика) инфекционных заболеваний.

Для осуществления профилактических мероприятий необходимо правильно определить (диагностировать) возбудителя заболевания. Такая диагностика позволяет учитывать биологические особенности вируса: пути его передачи, способность поражать те или иные клетки и органы, а также правильно применять средства профилактики. Подробнее рассмотрим развитие эпидемического процесса на двух конкретных примерах вирусов, которые значительно отличаются по своим свойствам: гриппа и иммунодефицита человека.

• **Вирус гриппа**, как мы уже знаем, относится к сложным вирусам (*вспомните, какие признаки им присущи*). Его генетическая информация закодирована в восьми одноцепочных молекулах РНК (рис. 32.1).

Вирус гриппа передается воздушно-капельным путем, поражая слизистые оболочки верхних дыхательных путей. Прикрепляясь с помощью рецепторных молекул (*найдите их на рисунке 32.1*) к клеткам эпителия, вирусная РНК проникает через цитоплазму в ядро клетки. В ней происходит самосборка вирусных частиц, сопровождаемая разрушением кле-

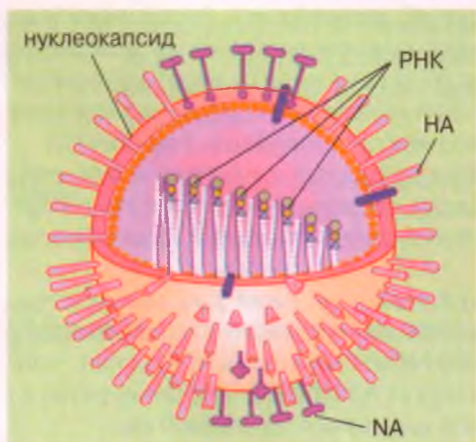


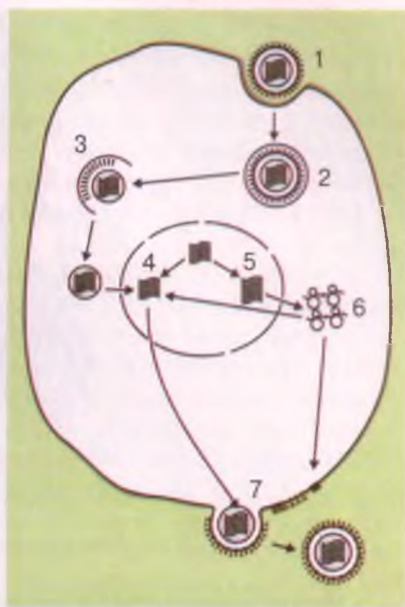
Рис. 32.1. Схематическое строение вируса гриппа: NA и HA – разные поверхностные белки

точных структур и выходом вирионов в межклеточное пространство (рис. 32.2). Когда в эпителиальной ткани накапливается много разрушенных клеток, развиваются симптомы инфекции: кашель, повышение температуры. Вирусные частицы во время кашля со слюной больного попадают на слизистые оболочки здоровых людей. Так может начаться эпидемия гриппа. Чаще всего это происходит осенью и зимой (*подумайте, почему*).

Почему почти ежегодно люди болеют гриппом? Ведь иммунная система должна была бы обеспечить невосприимчивость организма к этому вирусу. Ответ простой: каждый



Рис. 32.2. Жизненный цикл вируса гриппа: 1 – прикрепление вируса к чувствительной клетке; 2 – образование эндосомы (пузырька) с вирусом; 3 – слияние мембран и попадание РНК вируса в цитоплазму; 4 – проникновение РНК вируса в ядро клетки; 5 – транскрипция и репликация вирусной РНК; 6 – синтез вирусных структурных белков и сборка вирионов; 7 – «выход» вирионов из клетки



раз, когда начинается эпидемия, мы имеем дело с новым вирусом, генетическая информация которого изменилась (произошла мутация). Именно поэтому наша иммунная система не может его обезвредить.

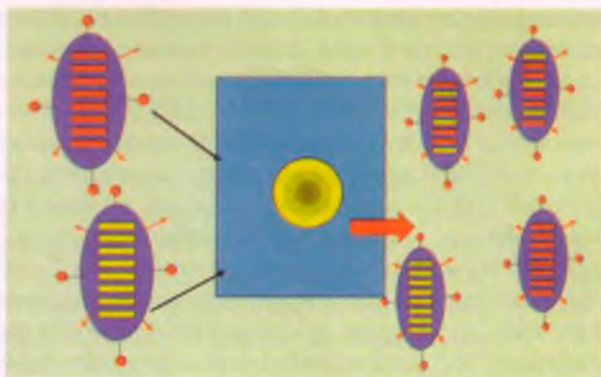
Как возникают вирусы-мутанты с измененной генетической информацией?

В первую очередь РНК вируса способна изменяться сама по себе (в результате ошибок во время перезаписи генетической информации).

Но главная причина в другом — вирусы гриппа человека по своему строению и свойствам напоминают вирусы возбудителей похожих на грипп заболеваний диких птиц и свиней. Существует гипотеза о том, что вирус гриппа попал в популяцию человека именно от птиц. Это подтверждает тот факт, что в оболочке вирионов птичьего гриппа обнаружено 25 разновидностей поверхностных белков, а у возбудителя свиного и человеческого гриппа — лишь некоторые из них. Озабоченность мирового сообщества возможным развитием эпидемии «птичьего гриппа» среди людей связывают с тем, что в оболочке вирионов этого заболевания найден белок, который раньше не обнаруживали у вирусов человека, — H5N1.

Как вирус приобретает новые признаки? Часто в одну клетку попадают не одна, а две или больше разновидностей (штаммов) вирусов, между которыми возможен обмен одной или несколькими участками РНК (рис. 32.3). Так возникают новые вирусы с ранее неизвестными свойствами. Считают, что именно так появился вирус гриппа, который повлек эпидемию «испанки» в 1918 году (рис. 32.4).

Рис. 32.3. Обмен участками молекул РНК между разными штаммами вируса гриппа; 8 красных и 8 желтых полосок — элементы РНК двух разных штаммов



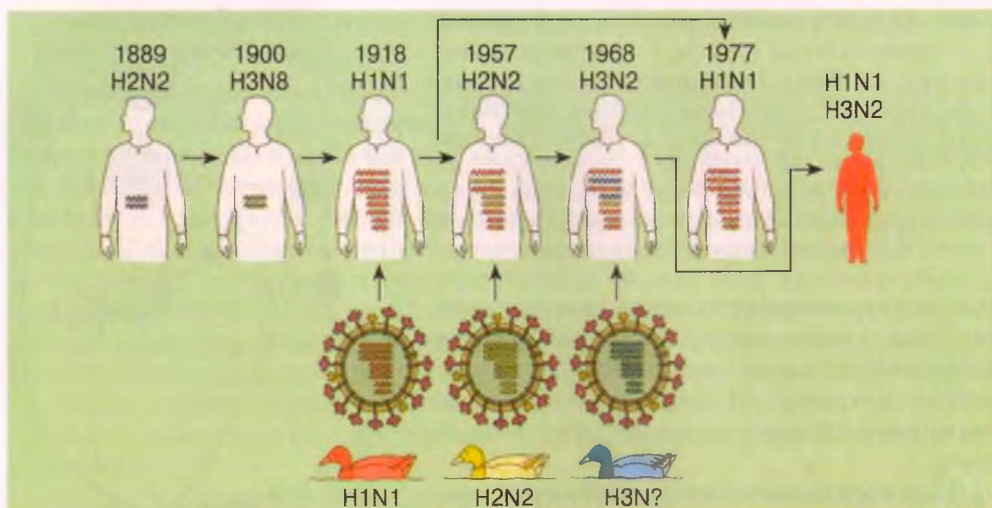


Рис. 32.4. Последовательные штаммы (эволюция) вируса гриппа

● **Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ)** приводит к развитию смертельно опасного заболевания - синдрома приобретенного иммунодефицита, то есть СПИДа. СПИД могут вызывать и некоторые другие причины, связанные с отказом иммунной системы реагировать на возбудителей тех или иных заболеваний. ВИЧ был открыт в 1983 г. учеными Пастеровского института (Париж) Л. Монтанье и Ф. Барре-Синусси, за что они в 2008 году получили Нобелевскую премию в области физиологии и медицины.

Вы уже знаете об основных биологических свойствах ВИЧ, поэтому рассмотрим эпидемиологические проблемы СПИДа. Заражение ВИЧ происходит во время половых контактов с ВИЧ-инфицированными, при нарушении санитарных правил переливания крови, инъекций лекарственных препаратов и наркотиков с помощью шприца, который перед этим использовал инфицированный человек. Кроме того, вирус может поступать от матери к ребенку во время беременности, родов или вскармливания молоком. ВИЧ не передается воздушно-капельным путем, с едой, через укусы кровососущих насекомых и клещей, через вещи и при рукопожатии.

С момента проникновения вируса в чувствительную клетку начинается скрытый период ВИЧ-инфекции - вирусоносительство, который может продолжаться 7-10 лет и более. В это время инфицированный человек чувствует себя полностью здоровым. Рано или поздно начинается само заболевание - СПИД, которое длится обычно 1-3 года и всегда заканчивается смертью. На сегодняшний день не зарегистрировано ни одного случая выздоровления ВИЧ-инфицированного человека. Это связано с тем, что ВИЧ встраивает свою генетическую информацию в виде двухцепочной ДНК в хромосому клетки, которая (а соответственно и организм) пожизненно становится носителем вируса. Поскольку вирус поражает клетки иммунной системы, в частности Т-лимфоциты и макрофаги, в случае развития СПИДа инфицированные клетки массово гибнут. Иммунная система перестает обезвреживать возбудителей различных болезней. Поэтому больной погибает не от воздействия вируса иммунодефицита, а в



результате других инфекций, возбудителей которых в норме наша иммунная система активно подавляет (например, молочницы, которую вызывает паразитический грибок). Вирус иммунодефицита человека за последние 25 лет значительно распространился среди населения разных стран. Украина занимает одно из первых мест по проценту заболевших. В настоящее время СПИД приобрел характер пандемии (от греч. **пандемия** - весь народ) - эпидемии, которая охватывает большинство стран на нашей планете.

Пандемия СПИДа — уникальное явление в истории человечества по скорости распространения, масштабам и глубине последствий. Начиная с 1981 г., когда был зарегистрирован первый случай заболевания, от СПИДа уже умерло 20 млн людей, и еще около 44 млн во всем мире живут с ВИЧ-инфекцией. Рост заболеваемости СПИДом часто бывает непрогнозируемым, поскольку пути передачи вируса меняются. Например, раньше в Украине основным путем передачи ВИЧ был инъекционный, а в последнее время начал преобладать гетеросексуальный. Если в начале эпидемии количество ВИЧ-инфицированных мужчин значительно превышало количество инфицированных женщин, то теперь женщины составляют около 50 % зараженных людей. Половина новых случаев инфицирования ВИЧ в мире приходится на возрастную группу 15-24 года. В течение последних лет свыше 6 тыс. молодых людей ежедневно заражаются этим опасным вирусом.

За это время человечество научилось эффективно противостоять эпидемии благодаря внедрению лечебных препаратов и профилактике распространения вируса. Широкая осведомленность общества и интенсивные профилактические средства позволили некоторым странам снизить уровень передачи ВИЧ-инфекции. Но в целом в мире количество инфицированных людей ежегодно возрастает.

Подытоживая проблему распространения вирусов и эпидемиологии вирусных заболеваний, следует отметить ведущую роль человека в появлении новых и увеличении опасности давно известных вирусных инфекций. Такие факторы, как широкомасштабные транспортные перевозки людей, продуктов питания и т. п., загрязнение воздуха, миграции диких животных в результате разрушения сред их обитания, расширение ареалов (интродукция) домашних животных и культурных растений, длительное выращивание на определенной территории одних и тех же культур, нарушение правил переливания крови, случайные половые контакты, употребление наркотиков, неконтролируемый рост больших городов приводят к распространению инфекций среди человеческих популяций и наследственных изменений самих вирусов.

Ключевые термины и понятия. Патогенность, эпидемиология, пандемия.

Распространение вирусов как внутриклеточных паразитов в биосфере определено ареалами чувствительных к ним организмов. Определенные виды вирусов всегда имеют определенную совокупность (круг) видов хозяев; в частности, вирусы растений не инфицируют человека, животных и бактерий, вирусы бактерий - соответственно растения и животных и т. п.

Кратко о главном

- ▶ В организмах одного вида могут обитать различные виды вирусов, которые паразитируют в клетках разных тканей и органов. Некоторые вирусные инфекции характерны только для человека или определенных видов животных, растений, грибов или бактерий. Другие виды вирусов имеют широкий круг хозяев, например известны вирусные заболевания, общие для человека и разных видов диких или домашних животных (клещевой энцефалит, бешенство, желтая лихорадка).
- ▶ Приспособления вирусов к внутриклеточному паразитизму проявляются в разнообразии способов эффективного заражения хозяев. Вирионы возбудителей заболеваний органов дыхания попадают к хозяевам воздушно-капельным путем (грипп); пищеварения - с едой и питьем (гепатит А); покровов тела - через слизистые оболочки (герпес, оспа, папиллома). Переносчиками вирионов часто служат разные членистоногие, в частности кровососущие комары (желтая лихорадка) и клещи (клещевой энцефалит). Заражение возможно также при несоблюдении санитарных норм во время переливания крови или хирургических операций (гепатит В, ВИЧ). Для некоторых вирусов установлена возможность передачи при половых контактах (герпес, ВИЧ, гепатит С).
- ▶ Науку, изучающую причины возникновения и распространения инфекционных болезней и применяющую полученные знания для борьбы с ними, называют эпидемиологией.
- ▶ Вирусы способны к наследственным изменениям путем мутаций или обмена участками РНК между разными видами. Это их свойство способствует появлению новых вирусных частиц и инфекционных заболеваний, например вируса иммунодефицита человека (ВИЧ), который вызывает смертельную болезнь - синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД).



Вопросы для самоконтроля

1. Какие вы знаете пути передачи возбудителей вирусных инфекций человека, животных и растений в природе? 2. Какие вы знаете способы предотвращения вирусных инфекций? 3. Что такое эпидемический процесс? 4. Какие основные характеристики вирусов гриппа и ВИЧ?

Подумайте.

Почему больше всего ВИЧ-инфицированных людей зарегистрировано в слаборазвитых странах?

§ 33. ПРОФИЛАКТИКА И ЛЕЧЕНИЕ ВИРУСНЫХ ИНФЕКЦИЙ



Вспомните:

что представляет собой иммунная система человека? Какие виды иммунитета вам известны? Что такое вакцина и в каких целях ее применяют? Что такое лизоцим, интерферон, макрофаги?

• Профилактика вирусных инфекций.

Вирусные инфекции наносят огромный вред здоровью человека и значительные убытки животноводству, растениеводству и микробиологической промышленности. Поэтому



вирусологи ищут пути предотвращения развития вирусных инфекций и эффективные средства лечения пораженных организмов. Поскольку вирусы являются внутриклеточными паразитами, то лекарств, которые были бы действенными против них и в то же время безопасными для всех клеток организмов хозяев, пока еще не найдено. Следовательно, в наше время главным направлением антивирусной стратегии является предотвращение (профилактика) вирусных инфекций. Все средства профилактики можно разделить на три основных категории:

- ликвидация источников распространения возбудителя (например, изоляция больных);
- прерывание механизма передачи возбудителя от инфицированных особей к здоровым: применение респираторов, средств гигиены, препаратов, уничтожающих кровососущих членистоногих — переносчиков вирусов и т. п.;
- создание специфической невосприимчивости населения (иммунизация) посредством массовой профилактической прививки.

Вы уже знаете, что после открытия Э. Дженнером вакцины против вируса оспы и исследований Л. Пастера стала возможной массовая вакцинация населения. Это способствовало резкому снижению заболеваемости определенными вирусными инфекциями. Так, в 1981 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила, что благодаря массовым прививкам и другим средствам профилактики вирус оспы в биосфере исчез, а эта болезнь перестала существовать как угроза человечеству.

• **Механизмы создания устойчивости к вирусным инфекциям.** Если ввести в организм вакцину - ослабленную или неактивную культуру определенного вируса, то иммунная система мобилизуется, то есть становится готовой к борьбе с высокопатогенными штаммами этого возбудителя. Сейчас существуют вакцины против большинства известных высокопатогенных вирусов.

Выясним подробнее процессы, происходящие во время выработки иммунитета в результате введения в кровь человека вакцины, на примере вируса оспы коров. Когда вирус появляется в организме, некоторые виды белых кровяных клеток (лимфоцитов) распознают его поверхностные белки как несвойственные человеку (инородные), то есть антигены. В ответ эти В-лимфоциты производят специфические белки — антитела, или иммуноглобулины, которые нейтрализуют (делают неактивными) антигены. Антитела, в свою очередь, приводят в действие механизмы так называемой **иммунной памяти**. Она проявляется в том, что при повторном попадании в организм определенного антигена быстро образуется большое количество антител, прекращающих развитие заболевания.

Установлено, что смертельно опасный вирус оспы человека очень подобен вирусу оспы коров, в частности их поверхностные белки практически одинаковы. Введение вируса оспы коров в составе вакцины в организм человека вызывает образование антител, эффективных и против человеческой оспы. Таким образом, благодаря «иммунной памяти» вакцинированный человек огражден от заболевания оспой. Все современные антивирусные вакцины действуют по такому же принципу: в организм вводят ослабленный вирус или вирусный белок, в ответ на который вырабатываются антитела и развивается «иммунная память». Следова-



Рис. 33.1. В результате полиомиелита человек становится инвалидом

тельно, вакцинация делает организм устойчивым к данному вирусу на многие годы или на всю жизнь.

Благодаря иммунизации человечество практически избавилось от еще одной страшной болезни — вирусного полиомиелита. Еще к середине прошлого столетия это заболевание считалось одним из самых опасных. Вирионы попадали в организм человека через кишечный тракт, а в дальнейшем поражали нейроны. У человека развивался паралитический полиомиелит в ре-

зультате блокирования нервных импульсов к двигательным скелетным мышцам (рис. 33.1). Как видно из рисунка 33.2, применение вакцинации в течение тридцати лет практически свело проблему полиомиелита на нет. На сегодня созданы и применяются эффективные вакцины против вирусов желтой лихорадки, бешенства, клещевого энцефалита, кори и др. Вакцина против вируса гепатита В одновременно предотвращает некоторые раковые заболевания, так как именно этот вирус приводит к развитию злокачественной опухоли печени.

Ученые и врачи, зная биологические свойства вируса гриппа, эффективно проводят профилактические мероприятия для предотвращения распространения инфекции. Это, в частности: изоляция больных (постельный режим при клинических проявлениях гриппозной инфекции), избегание больших скоплений людей, применение марлевых повязок для снижения риска передачи вирионов с капельками слизи и слюны. Из-за высокой изменчивости вируса гриппа до сих пор не удалось создать надежную вакцину против его разновидностей, хотя часто успешно осу-



Рис. 33.2. График частоты заболеваний полиомиелитом за последние десятилетия

ществляют иммунизацию населения к тому или иному прогнозируемому штамму.

Профилактические мероприятия, высокоэффективные против вируса гриппа, не могут быть применены для предотвращения эпидемии ВИЧ/СПИДа. В отличие от вирусов полиомиелита, ветрянки или кори, эффективной вакцины против вируса иммунодефицита человека пока еще не существует. Это связано с огромным количеством изменений, которые происходят в наследственном материале ВИЧ. Поэтому, чтобы оградить себя от инфицирования ВИЧ, следует вести здоровый образ жизни. А это в первую очередь воздержание от беспорядочных половых контактов и употребления наркотиков, поскольку именно такими путями вирус сегодня распространяется среди молодежи.

Следовательно, иммунитет развивается, когда организм выздоровел от инфекционного заболевания или в него был искусственно введен антиген - вакцина. Такой иммунитет получил название **специфического** (или приобретенного). Иммунитет может быть и **неспецифическим** (врожденным, или естественным). Его суть - в сочетании действия гуморальных (лизоцим, интерферон и др.) и клеточных (лимфоциты, макрофаги и т. п.) факторов. Неспецифический иммунитет помогает бороться с любым вирусом, независимо от видовой принадлежности возбудителя (отсюда и название). Обычно для заболеваний с коротким скрытым (латентным) периодом, во время которого симптомы еще не проявляются, неспецифический иммунитет служит главным барьером для развития болезни.

Для создания специфического иммунитета применяют вакцины нескольких типов. Живыми называют вакцины, содержащие ослабленные вирусные частицы, способные проникать в клетки организма, но потерявшие патогенность (рис. 33.3). Убитыми, или инактивированными, называют вакцины, в составе которых есть вирусы, обработанные токсичными веществами (например, формалином) или рентгеновским излучением; вирусная нуклеиновая кислота при этом становится неспособной к реализации генетической информации. В состав субъединичных вакцин входят не целые вирионы, а только отдельные вирусные белки. Следовательно, общим для всех вакцин является наличие вирусного белка, распознаваемого иммунной системой хозяина как антиген, стимулируя выработку соответствующих антител.

К вакцинам будущего, которые в настоящее время только разрабатывают, относятся синтетические вакцины (антигены для них синтезируют химическим путем) и ДНК-вакцины. При применении ДНК-вакцин в ор-

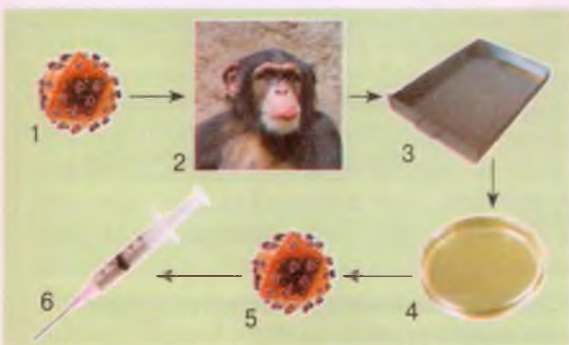


Рис. 33.3. Схема получения живой вакцины: 1 – патогенный вирус; 2 – ряд повторных искусственных заражений обезьяны; 3 – получение культуры клеток; 4 – контрольное заражение обезьяны для проверки активности вируса; 5 – выделение и очищение вируса; 6 – создание препарата

ганизм вводят генетическую информацию об антигене в виде участка двухцепочной ДНК; в результате этого антиген синтезируется в клетках человека.

В состав вакцин также входят консерванты (вещества, обеспечивающие длительное хранение вакцины), усилители иммунного ответа организма, буферный раствор. В нашей стране осуществляют обязательные вакцинации детей против некоторых вирусных заболеваний (гепатита В, полиомиелита, ветрянки, кори, паротита). Часто вакцинируют не все население, а лишь ту его часть, для которой риск заражения наиболее высок. Например, против клещевого (таежного) энцефалита прививают людей, работающих в тайге (геологи, охотники и др.). Против желтой лихорадки вакцинируют туристов, направляющихся в некоторые страны Африки или Латинской Америки. Запомните: против некоторых возбудителей вирусных болезней вакцинация обязательна, для большинства — только в случае риска заражения.

● **Противовирусные лекарства.** Если иммунная система организма неспособна противостоять вирусной инфекции, начинается заболевание. Почти все болезни бактериального и грибкового происхождения излечивают с помощью специфических лекарств (антибиотиков и фунгицидов). Но на возбудителей вирусных заболеваний лекарственные препараты влияют недостаточно эффективно. Для борьбы с ними используют или естественные соединения (в частности, интерферон), или близкие по действию к естественным синтезированные препараты. Интерферон подавляет



Рис. 33.4. Основные мишени действия антивирусных препаратов на примере вируса гриппа



Рис. 33.5. Модель активного центра фермента (протеазы) ВИЧ и ее ингибитора: красные и синие линии – две субъединицы протеазы, белая молекула – ингибитор, присоединенный к активному центру протеазы

размножение большинства вирусов в клетках организма-хозяина. Задача создания противовирусных лекарств очень сложная, ведь они должны подавлять возбудителя инфекции, не влияя на структуру и обмен веществ клетки. В настоящее время разработаны и эффективно используются немало препаратов, которые действуют на разные этапы жизнедеятельности вирусов. Ознакомьтесь с основными мишенями действия самых распространенных противовирусных веществ (**не для запоминания**) (рис. 33.4).

Важным шагом к созданию эффективных противовирусных лекарств стал химический синтез так называемых угнетателей (ингибиторов) вирусных ферментов. Такие препараты способны связываться исключительно с активным центром белка-фермента вируса и угнетать его активность. Применение угнетателя фермента, обеспечивающего синтез белков вируса иммунодефицита человека, позволило продлить жизнь больным на многие годы (поэтому такие новейшие лекарства получили название высокоэффективной антиретровирусной терапии - ВАРТ).

Развитие современной науки, сочетание достижений синтетической химии, вирусологии и биоинформатики позволяют надеяться на создание высокоэффективных противовирусных препаратов (таких как ингибитор протеазы ВИЧ) уже в ближайшее время (рис. 33.5).

Ключевые термины и понятия. Специфический и неспецифический иммунитет, ингибитор.

Главным направлением борьбы с распространением вирусных заболеваний является профилактика инфекций. Изобретение противовирусных вакцин создало условия для массовых профилактических прививок населения. Это способствовало резкому снижению заболеваемости многими тяжелыми вирусными инфекциями.

Когда вирус появляется в организме, иммунная система распознает поверхностные белки его вирионов как инородные (антигены). В ответ клетки производят антитела (белки иммуноглобулины), нейтрализующие антигены. Антитела, в свою очередь, приводят в действие механизмы «иммунной памяти». Она проявляется в том, что при повторном попадании в организм определенного антигена быстро образуется большое количество антител, которые подавляют развитие заболевания. Иммунитет, или невосприимчивость организма, к заболеванию бывает приобретенным и врожденным. При приобретенном

Кратко
о
главном

Кратко о главном

(специфическом) иммунитете соответствующие антитела появляются в результате перенесенного заболевания (естественный иммунитет) или вакцинации (искусственный иммунитет).

Неспецифический (врожденный, или естественный) иммунитет основывается на подавлении жизнедеятельности разных видов вирусов действием свойственных организму хозяина гуморальных (лизоцим, интерферон и т. п.) и клеточных (лимфоциты, макрофаги и др.) факторов.



Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается профилактика вирусных инфекций? 2. Какова роль вакцинации в борьбе с вирусными инфекциями? 3. Какие антивирусные вакцины вам известны? 4. За счет чего вирусы способны избегать защитных механизмов организма-хозяина? 5. Какие виды иммунитета направлены против вирусных инфекций? 6. Что вам известно об антивирусных лекарствах?

Подумайте. Что общего и отличительного между вирусными и бактериальными инфекциями?

§ 34. ВИРОИДЫ И ПРИОНЫ



Вспомните: как происходят передача и реализация генетической информации у вирусов?

Вы узнали об особенностях строения и жизнедеятельности вирусов, а также об их отличиях от клеточных форм жизни. К неклеточным формам жизни относятся также вириды и прионы, устроенные еще проще, чем вирусы. Эти инфекционные частицы способны к самовоспроизведению. Что же отличает вириды и прионы от обычных вирусов?

• **Вириды** открыл в 1971 г. Теодор Диннер, который изучал инфекционное заболевание картофеля, известное под названием «веретеновидность клубней» (рис. 34.1). К удивлению исследователя, во время биохимического анализа очищенного возбудителя не обнаружили никаких признаков

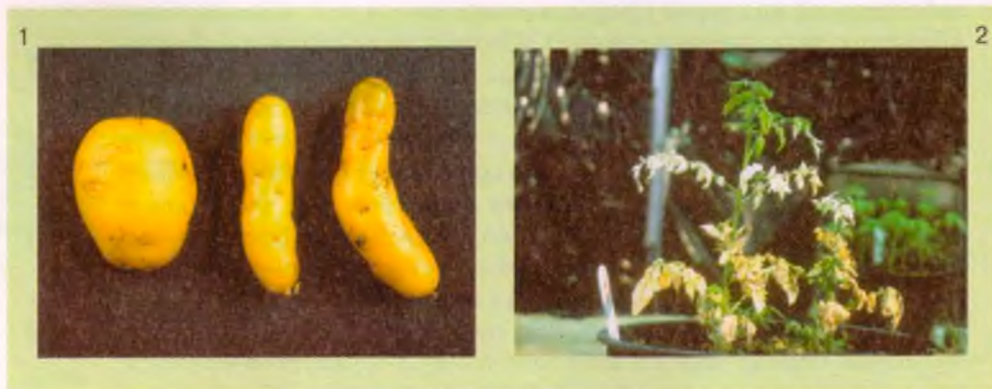


Рис. 34.1. Симптомы инфекции, вызванные виридом веретеновидности клубней картофеля: на подземной (1) и на надземной (2) части картофеля



Рис. 34.2. Схема строения молекулы вириода: 1 – комплементарные участки одноцепочной молекулы РНК; 2 – некомплемментарные участки одноцепочной молекулы РНК

белка. Выяснилось, что инфекцию вызвала одноцепочная молекула РНК. Последующие детальные исследования позволили установить, что она имеет форму замкнутой цепи и состоит всего из 375 нуклеотидов (рис.

34.2). Эта РНК не кодирует ни одного белка, поскольку самовоспроизводится в клетке хозяина. Следовательно, *вириоды – это инфекционные частицы, которые представляют собой низкомолекулярные одноцепочные молекулы РНК, не кодирующие собственных белков.*

Теперь известно уже много разных заболеваний растений (экзокортик citrusовых, «каданг-каданг» кокосовых пальм, «солнечный ожог» авокадо и др.), вызванных вириодами. Интересно, что вириоды найдены исключительно у растений: у человека, животных и бактерий подобных возбудителей не обнаружено. Вириоды передаются от растения к растению при механическом повреждении. В инфицированной клетке эта частица попадает в ядро или хлоропласт, где использует клеточный фермент РНК-полимеразу для воспроизведения собственных молекул. Симптомы заболевания возникают в результате активного воспроизведения молекул РНК вириода, что вызывает патологический процесс в инфицированной клетке.

• **Прионы** (от англ. *proteinaceous infectious particle* - инфекционные белковые частицы) - белковые частицы, способные вызывать заболевание нервной системы человека и животных. Прионные (или медленные) инфекции характеризуются медленным, но неуклонным развитием симптомов и завершаются гибелью хозяина.

Медленные инфекционные заболевания животных известны человечеству свыше 300 лет; это, например, заболевание овец под названием «скреппи». Открытие медленных инфекций у человека связано с именем Карлтона Гайдучека, который в 60-х годах XX ст. исследовал местную болезнь «куру» у представителей племени Форэ в Новой Гвинее («куру» в переводе из местного диалекта - «смеющаяся смерть»). Эта болезнь имеет очень продолжительный латентный период - от нескольких месяцев до десятков лет. К. Гайдучек доказал, что возбудитель этой инфекционной болезни передается при ритуальном каннибализме, в частности поедании мозга погибшего человека. У больных людей и овец обнаружили особый белок, получивший название «прион». Оказалось, что заболевание возникает при попадании этого инфекционного белка в организм.

Прионы в организме могут появляться в результате инфицирования или унаследования или возникать самопроизвольно без каких-либо причин. В организме человека и животных найден близкий к прионному белок, закодированный в ДНК. Таким образом, *прион – это особая форма естественного белка.* На рисунке 34.3 показано, как образуется прионный белок. При попадании в другую клетку прион превращает нормаль-



Рис. 34.3. 1. Превращение нормального клеточного белка (светлый цвет) в прионный (темный цвет) с образованием особых нитей (фибрилл). 2. Фибриллы

ный подобный ему белок в инфекционную форму. Интересно, что при этом аминокислотная последовательность клеточного белка остается прежней, а изменяется лишь его третичная структура. Прионная форма белка может накапливаться в клетке в виде кристаллов и нитей - фибрилл, которые и вызывают патологические изменения. В первую очередь это происходит в нейронах головного мозга - так развивается заболевание под названием «губковидная энцефалопатия».

На сегодняшний день у различных видов млекопитающих и птиц найден лишь один белок, который имеет прионные свойства. У человека прионы вызывают ряд медленных инфекций, а именно: куру, болезнь Крейтцфельда-Якоба, синдром Герстмана-Штрауслера и т. п. У животных описаны скрейпи овец и коз, губковидная энцефалопатия (бешенство коров), заболевания головного мозга кур, кошек, оленей и др.

Для человека наиболее опасной считают болезнь Крейтцфельда-Якоба, на примере которой можно проследить возможности передачи прионной инфекции. Существуют несколько вариантов этой болезни. Семейный вариант обуславливают изменения в гене, кодирующем естественный белок; поэтому прион передается по наследству - отсюда и название. При ятрогенной форме заболевания инфицирование происходит



Рис. 34.4. Одна из цепочек передачи возбудителя болезни Крейтцфельда-Якоба: 1 - с пищей к корове; 2 - от животного животному при поедании экскрементов; 3 - с пищей к человеку; 4 - поражение полушарий головного мозга



вследствие пересадки пациенту тканей или органов инфицированного человека. Спорадическая (от греч. **спорадикос** - рассеянный, отдельный) форма обусловлена спонтанными превращениями нормального белка в прионный. Еще один вариант болезни характеризуется тем, что человек инфицируется, поедая мозг зараженных прионами коров (рис. 34.4).

Прионные белки открыты также у дрожжей.

Ключевые термины и понятия. Вироиды, прионы.

- ▶ Вирусология, кроме вирусов, изучает также другие инфекционные неклеточные формы живого - вироиды и прионы.
- ▶ Вироиды - инфекционные частицы, представляющие собой кольцевые одноцепочные молекулы РНК, не кодирующие белки. Они вызывают инфекционные заболевания растений, которые передаются при механических повреждениях хозяев. В инфицированной клетке вироид внутри ядра или хлоропласта использует клеточный фермент РНК-полимеразу для воспроизведения собственных молекул.
- ▶ Прионы — инфекционные белковые частицы, вызывающие долговременные инфекционные заболевания нервной системы, оканчивающиеся гибелью хозяина.
- ▶ Прионы в организме могут появляться в результате инфицирования, наследования или возникать без всяких причин.
- ▶ В организмах человека и животных найден близкий к прионному закодированный в ДНК белок. Следовательно, прион - это особая форма естественного белка.

**Кратко
о
главном**



**Вопросы для
самоконтроля**

1. Что собой представляют вироиды? В организмах видов какого царства живой природы они паразитируют? **2.** Что общего и отличительного в строении РНК эукариот и вироидов? **3.** Как вироиды проникают в организм растения? **4.** Что представляют собой прионы? **5.** Какие причины возникновения прионных заболеваний? **6.** В организмах каких видов паразитируют прионы? **7.** Какие пути распространения прионных инфекций?

Подумайте.

Какие общие и отличительные черты вироидов, прионов и вирусов?



**Задание
для занятия
в группах**

Используя разнообразные источники информации, основательно ознакомьтесь с жизненными циклами таких распространенных вирусных заболеваний, как грипп и ВИЧ/СПИД. Закрепите знания относительно профилактики ВИЧ/СПИДа и других вирусных болезней, обсудив свои исследования в группе.

ТЕСТ ИЛИ ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗНАНИЙ

I. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ПРАВИЛЬНЫЙ

- 1** Определите, как называют науку, изучающую строение и свойства вирусов, пути их передачи от одного хозяина к другому, способы лечения и профилактики вирусных инфекций: а) биотехнология; б) цитология; в) биохимия; г) вирусология.

2. Назовите соединения, входящие в состав простых вирусов: а) белок и нуклеиновая кислота; б) только нуклеиновая кислота; в) белок, нуклеиновая кислота и липиды; г) белок, нуклеиновая кислота и углеводы.
3. Укажите, как размножаются вирусы: а) партеногенезом; б) половым путем; в) самосборкой; г) почкованием.
4. Назовите фамилию ученого, открывшего вирусы: а) Э. Дженнер; б) Л. Пастер; в) Д. Ивановский; г) Д. Уотсон.
5. Укажите свойства, по которым вирусы относят к живому: а) отсутствие собственных систем, способных синтезировать белки; б) возможность кристаллизации; в) наличие собственного наследственного материала; г) наличие органелл.
6. Назовите, что входит в состав вирусных частиц: а) только ДНК; б) только РНК; в) или ДНК, или РНК; г) одновременно и ДНК, и РНК.

II. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ДВА ПРАВИЛЬНЫХ

1. Определите вирусы, относящиеся к ДНК-содержащим: а) бактериофаг Т4; б) вирус табачной мозаики; в) вирус иммунодефицита человека; г) вирус герпеса.
2. Назовите вирусы, относящиеся к сложным: а) вирус гриппа А; б) вирус табачной мозаики; в) вирус полиомиелита; г) вирус иммунодефицита человека.
3. Отметьте вирусы, в распространении которых участвуют животные (насекомые, клещи или круглые черви): а) вирус гриппа; б) вирус табачной мозаики; в) вирус клещевого энцефалита; г) вирус герпеса.
4. Отметьте неклеточные формы жизни, которые состоят лишь из белка или молекулы нуклеиновой кислоты: а) бактериофаги; б) вироиды; в) прионы; г) парвовирусы.
5. Назовите вирусы-паразиты клеток человека: а) вирус огуречной мозаики; б) вирус клещевого энцефалита; в) вирус табачной мозаики; г) вирус герпеса.
6. Назовите соединения, которые могут входить в состав оболочки сложных вирусов: а) ДНК; б) липиды; в) РНК; г) углеводы.

III. ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

1. Сравните признаки, присущие прионам, вирусам, клеткам прокариот и эукариот.

Биологические системы	Признаки
А Вирусы Б Прионы В Клетки прокариот Г Клетки эукариот	1 Состоят лишь из молекулы нуклеиновой кислоты 2 Содержат нуклеоид 3 Содержат эндоплазматическую сетку 4 Состоят из белков и молекулы нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) 5 Состоят лишь из белковой молекулы

2. Сравните особенности организации прионов, вироидов, простых и сложных вирусов.

RUnnnR

Биологические системы	Признаки
А Вирусы простые Б Вирусы сложные В Прионы Г Вироиды	1 Состоят только из молекулы белка 2 Состоят из молекул белков и нуклеиновой кислоты 3 Состоят только из молекулы нуклеиновой кислоты 4 Состоят из молекул белков, липидов, углеводов и нуклеиновой кислоты

IV. ВОПРОСЫ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

1. Могли ли вирусы быть первыми формами живой материи, которые появились на нашей планете? Ответ обоснуйте.



2. Почему размножение вирусов возможно лишь в клетке-хозяине?
3. Почему против многих вирусных инфекций не удается создать эффективные вакцины?
4. Каковы возможные последствия паразитирования в одной клетке двух или больше видов вирусов?
5. Почему прионные болезни характеризуются длительным скрытым (латентным) периодом?
6. Могли ли вириды возникнуть в результате упрощения строения вирусных частиц?
7. Какие мероприятия могут обеспечить полную ликвидацию ВИЧ на планете? Возможно ли это вообще?

ТЕМА 2. ОДНОКЛЕТОЧНЫЕ ОРГАНИЗМЫ

- Особенности строения и процессов жизнедеятельности одноклеточных прокариотических и эукариотических организмов;
- отличия между прокариотами и одноклеточными эукариотами;
- колонии одноклеточных организмов;
- роль одноклеточных организмов в природе;
- значение одноклеточных организмов для человека и его хозяйства;
- значение микробиологической промышленности.

§ 35. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОКАРИОТИЧЕСКИХ ОРГАНИЗМОВ

Вспомните:

каково строение клеток прокариот и какие их основные отличия от клеток эукариот? Какие процессы называют делением и почкованием клетки? Какие отличия между автотрофными, гетеротрофными и миксотрофными организмами? Что такое симбиоз и в каких формах он проявляется? Что такое фотосинтез и хемосинтез?

Как вам уже известно, характерными чертами прокариот являются особенности их клеточного строения. Они не имеют ядра, пластид, митохондрий, комплекса Гольджи, эндоплазматической сети, лизосом.

• **Прокариоты** - одноклеточные или колониальные организмы, размеры которых обычно не превышают 10-20 мкм. Размножаются лишь бесполым путем (у отдельных представителей известен обмен наследственной информацией в форме конъюгации). Прокариот и одноклеточных эукариот благодаря их малым размерам возможно исследовать лишь с помощью светового или электронного микроскопов. Поэтому они получили общее название **микрорганов**. Их изучает наука **микробиология**.

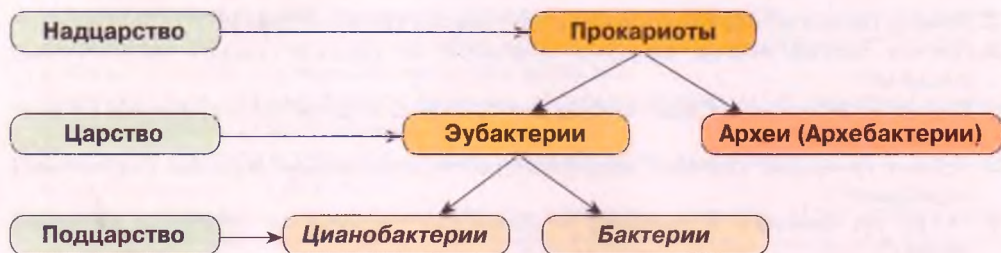


Схема. 35.1. Система прокариотических организмов

С основными группами надцарства Прокариоты (схема 35.1) вы предварительно ознакомились при изучении § 23.

Царство Археи (Архебактерии) - группа микроорганизмов, которые по особенностям строения и процессам жизнедеятельности отличаются от других прокариот - настоящих бактерий. Вы уже знаете, что у них иное строение клеточной стенки, несколько другой химический состав плазматической мембраны. В то же время наследственному материалу архебактерий присущи особенности, свойственные и эукариотам (например, некоторые последовательности нуклеотидов, наличие экзонов и интронов в генах). Особенности строения клеточной стенки позволяют некоторым архебактериям обитать в экстремальных условиях. В частности, архебактерии обнаружены в горячих источниках при температурах $+85... 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 35.1).

Среди Архебактерий есть как гетеротрофные, так и автотрофные виды, способные к хемо- или фотосинтезу. Например, гетеротрофные метанообразующие бактерии обитают на анаэробных участках переувлажненных почв, в почве болот, или водоемов, в частности очистительных сооружений, рубце (часть желудка) жвачных животных. В некоторых странах культуры этих бактерий используют для получения биогаза из органических отходов в промышленных объемах.

К царству **Настоящие бактерии (Эубактерии)** относятся разнообразные по форме клеток (рис. 35.2) и особенностям процессов жизнедеятельности прокариоты, которых насчитывают около 30 тыс. видов. Среди них известны одноклеточные и колониальные (стрептококки, стафилококки и т. п.) формы. Одни из этих бактерий неподвижны, другие способны передвигаться с помощью жгутиков или выделяя слизь. У некоторых бактерий движение достаточно быстрое; известны клетки, способные за секунду преодолевать расстояние, равняющееся приблизительно 20 диаметрам их клетки.

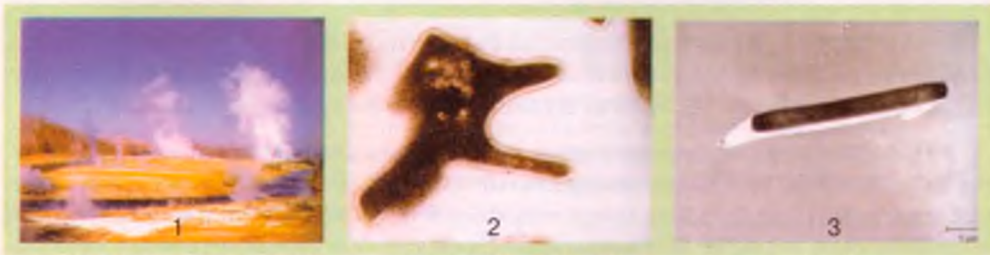


Рис. 35.1. 1. Горячие источники с температурой воды свыше $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ - места обитания термофильных (теплолюбивых) архебактерий. 2, 3 - электронно-микроскопические фотографии архебактерий

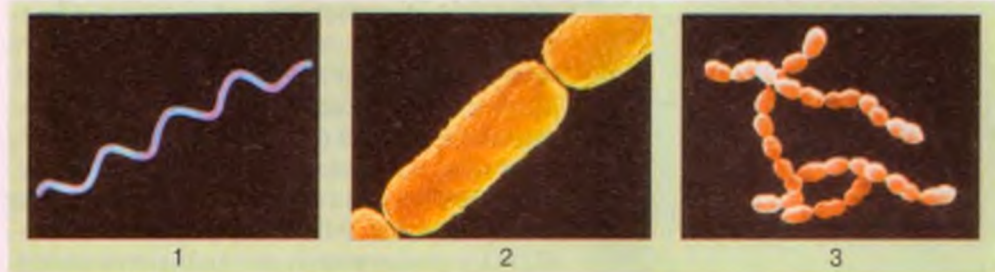


Рис. 35.2. Разные формы клеток бактерий: 1 – спириллы (палочковидная клетка, закрученная в виде спирали); 2 – цепочка клеток бацилл (палочковидная форма); 3 – колония стрептококков (из бактериальных сферических клеток – кокков)

Особое место среди настоящих бактерий занимают цианобактерии, которые насчитывают свыше 2 тыс. видов (рис. 35.3). Долгое время, на основании того, что эти прокариоты, подобно водорослям и высшим растениям, осуществляют фотосинтез с помощью хлорофилла и с выделением кислорода, их относили к царству Растения под названием «сине-зеленые водоросли». Однако клеточная стенка цианобактерий содержит вещество муреин, как и у прокариот. Кнаружи от стенки расположен слой из пектиновых веществ и белков, в том числе сократительных. Ядро отсутствует. За счет впячиваний плазматической мембраны образуются одиночные тилакоиды, в которых находится фотосинтетический аппарат.

Цианобактерии обитают преимущественно в почве и пресных водоемах, некоторые - в морях; известны виды, способные вступать в тесные взаимосвязи (симбиоз) с другими организмами (например, вместе с грибами могут входить в состав лишайников; живут внутри клеток диатомовых водорослей). Отдельные клетки и колонии окрашены в разные цвета - от сине-зеленого, откуда и происходит старое название, до красного, черного и т. п. Такая окраска является следствием одновременного присутствия в клетке хлорофилла и других ярко окрашенных пигментов.

• Особенности процессов жизнедеятельности прокариот. Питание.

Среди прокариот известны гетеротрофы

(сапротрофы, паразиты, мутуалисты, комменсалы и т. п.) и автотрофы (фототрофы и хемотрофы). **Фототрофов** среди настоящих бактерий немного: зеленые, пурпурные и некоторые другие бактерии. Их клетки окрашены пигментами в разные цвета: красный, оранжевый, зеленый. В качестве донора электронов для восстановления фотосинтезирующих пигментов они, в отличие от цианобактерий, используют не воду, а другие соединения: H_2S , H_2 , определенные органические вещества. Поэтому во время бактериального фотосинтеза кислород не выделяется.

К **хемотрофам** относятся нитрифицирующие бактерии, железобактерии, бесцветные серобактерии и др. Мы уже знаем, что

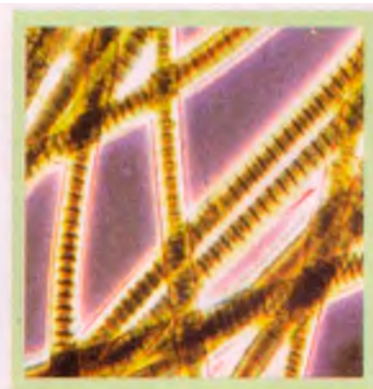


Рис. 35.3. Нитчатые цианобактерии рода *Осцеллятория*

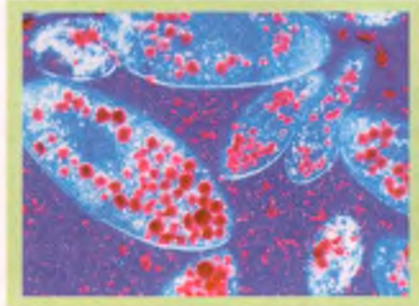


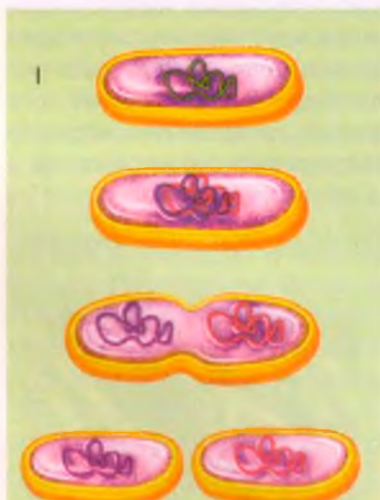
Рис. 35.4. Одноклеточные эукариоты – инфузории рода *Парамециум* с симбиотическими бактериями

недеятельности живых (навоз и др.). К ним относятся бактерии гниения, брожения и т. п. Следует отметить, что в природе не существует такого органического вещества, которое не могли бы расщеплять бактерии.

Бактерии способны существовать в разных формах симбиоза. Разнообразные паразитические виды вызывают заболевания человека, животных, грибов и растений. С другой стороны, обитание в эукариотическом организме мутуалистических бактерий полезно для обоих партнеров. Вспомните примеры взаимовыгодных отношений прокариот и эукариот: клубеньковых бактерий с бобовыми растениями, бактерий пищеварительной системы растительноядных животных, кишечной палочки в кишечнике человека и т. п.

для энергетического обеспечения хе-мосинтеза эти прокариоты окисляют некоторые неорганические соединения. Например, аммиак (NH_3) - до солей азотистой кислоты (HNO_2) - нитритов; нитриты до нитратов (соли азотной кислоты - HNO_3); различные соединения серы до сульфатов (соли серной кислоты - H_2SO_4); соединения двухвалентного железа (Fe^{2+}) до трехвалентного (Fe^{3+}).

Среди **гетеротрофных** бактерий имеются **сапротрофы** - организмы, способные использовать для питания разные отмершие организмы и продукты жиз-



Интересный пример симбиоза наблюдается между инфузориями из рода *Парамециум* и определенными видами бактерий (рис. 35.4). В клетке-хозяине эти бактерии производят токсичное вещество, которое выделяется наружу и убивает других инфузорий этого вида. Инфузории, лишённые симбиотических бактерий, при этом гибнут, так как становятся чувствительными к яду.

Дыхание. Для одних видов прокариот характерно аэробное дыхание (с использованием атмосферного кислорода), для других - анаэробное (без использования кислорода). В частности, к анаэробным видам относятся бактерии, способные вызывать разные виды брожения: молочно-кислое, маслянокислое и др.

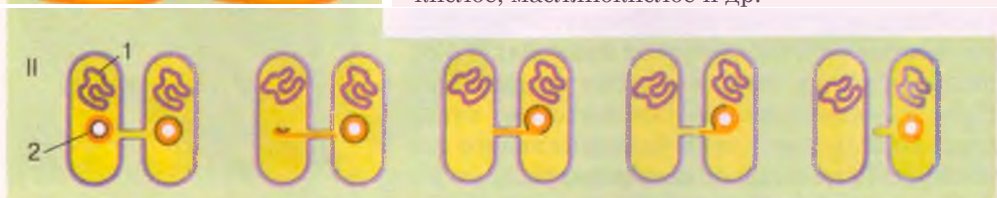


Рис. 35.5. I – этапы деления бактериальной клетки; II – процесс конъюгации: 1 – кольцевая молекула ДНК ядерной зоны; 2 – плазмиды



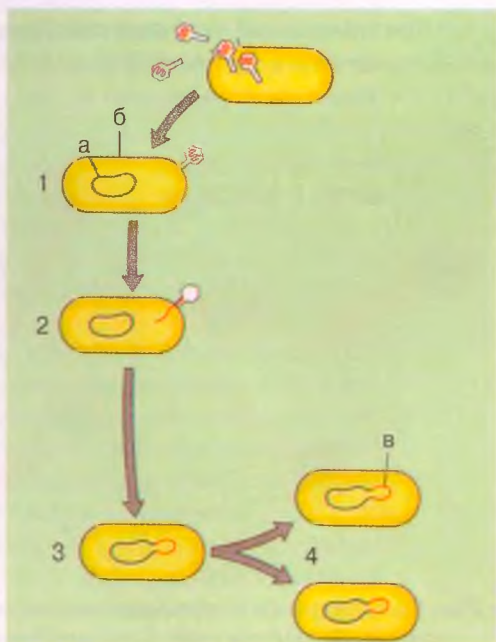
Размножение прокариот. Клетки прокариот размножаются исключительно бесполом путем: делением пополам, изредка - почкованием. Перед делением клетка увеличивается в размерах, ее наследственный материал (молекула ДНК) удваивается и равномерно распределяется между дочерними. Таким образом, каждая из дочерних клеток, образовавшихся в результате деления материнской, получает свою часть носителя наследственной информации - кольцевую молекулу ДНК (рис. 35.5,1).

Обмен наследственной информацией между двумя клетками бактерий возможен с помощью **конъюгации**. При этом генетический материал из одной клетки непосредственно перемещается в другую (рис. 35.5, II). Конъюгация происходит при прямом контакте двух клеток. Исследования показали, что не все клетки бактерий способны передавать часть своего наследственного материала другим. Для этого в клетке должна находиться особая плазмида - кольцевая молекула ДНК.

Перед переносом из клетки-донора в клетку-реципиента молекула ДНК (плазмида) удваивается и только что синтезированная как бы проталкивается внутрь клетки-реципиента. После этого в клетке-реципиенте происходит обмен участками между молекулой ДНК, поступившей из клетки-донора, и молекулой ДНК ядерной зоны. Процесс конъюгации способствует повышению способности прокариот приспосабливаться к изменениям в окружающей среде. Например, если в одной среде находятся клетки бактерий разной степени устойчивости к определенному антибиотику, то через некоторое время благодаря конъюгации клетки, неустойчивые к действию антибиотика, могут приобрести такую устойчивость.

Обмен наследственной информацией между клетками бактерий возможен и без непосредственного контакта между ними, в частности при участии бактериофагов (рис. 35.6). Эти вирусы при репликации включают участки молекулы ДНК одной клетки и переносят их в другую.

Рис. 35.6. Наследственная информация бактерий может изменяться с участием вирусов-бактериофагов (а – молекула ДНК в ядерной зоне, б – клеточная стенка, в – наследственная информация бактериофага, встроенная в молекулу бактерии): 1 – бактериофаг прикрепляется к клеточной стенке бактерии; 2 – молекула ДНК бактериофага проникает в клетку; 3 – ДНК бактериофага встраивается в молекулу ДНК бактерии; 4 – при делении бактерии дочерние клетки получают вместе с ДНК материнской клетки часть наследственной информации бактериофага



Наследственная информация от одной бактерии к другой может передаваться и на расстоянии при участии растворимых ДНК, переходящих из клетки в клетку. Этот процесс назвали **трансформация**.

• **Стратегия размножения прокариот.** Прокариотам свойственна способность к высоким темпам размножения (клетки в благоприятных условиях способны делиться каждые 20 -30 мин) и роста. Это уравнивает незначительные размеры и массу каждого отдельного организма, способствует более полному использованию ресурсов окружающей среды. Снижение межвидовой конкуренции со стороны других микроорганизмов происходит в результате выделения определенными видами биологически активных веществ. Например, молочнокислые бактерии повышают кислотность среды до уровня, при котором прекращаются рост и размножение других бактерий.

• **Переживание неблагоприятных условий.** Вы уже знаете, что при наступлении неблагоприятных условий у многих видов прокариот происходит спорообразование (рис. 35.7). Внутри споры в цитоплазме уменьшается содержание воды и все жизненные процессы прекращаются. Споры очень устойчивы к действию высоких температур, ионизирующего облучения, токсических химических соединений и т. п. Попадая в благоприятные условия, они «прорастают», то есть бактериальная клетка покидает оболочку споры. Таким образом, споры прокариот не являются формой размножения, а служат для сохранения жизнеспособности при неблагоприятных условиях.

Некоторые прокариоты способны к инцистированию (от лат. *ин* - в, внутри и греч. *кистис* - пузырь), при котором клетку целиком покрывает плотная оболочка. Цисты прокариот устойчивы к действию ионизирующей радиации, высушивания, но не переносят перегрева.

Споры и цисты служат для распространения прокариот с помощью ветра, воды, живых организмов, обеспечения заражения хозяев.

• **Колониальные прокариоты.** Прокариоты способны образовывать группы соединенных между собой клеток - колонии разной формы (рис. 35.8).

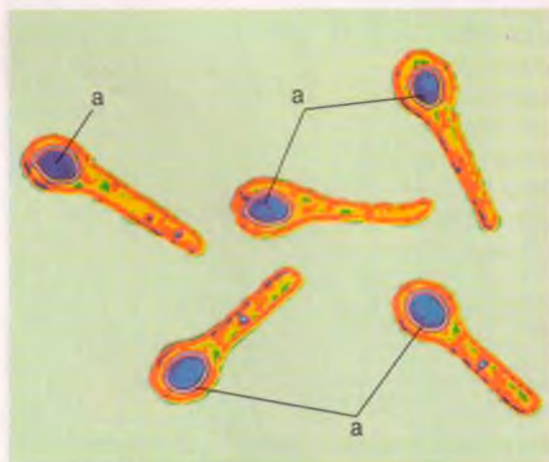


Рис. 35.7. Споры (а), образованные внутри клетки бактерий рода *Клостридиум*

Рис. 35.8. Колония настоящих бактерий

Колонии возникают за счет того, что после деления материнской клетки дочерние на определенное время остаются связанными между собой, образуя цепочки, гроздья, пакеты и т. п. Колонии бактерий часто окружены своеобразным чехлом - капсулой из слизи.

В колониях цианобактерий в отличие от настоящих бактерий соседние клетки связаны цитоплазматическими мостиками, проходящими сквозь отверстия в оболочках клеток. Кроме того, в колониях цианобактерий наблюдают дифференциацию клеток, в частности есть

особые покрытые дополнительными оболочками клетки, в которых происходит усвоение атмосферного азота (рис. 35.9).

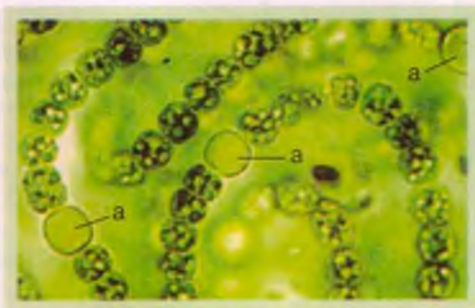


Рис. 35.9. Нитчатая цианобактерия рода Анабена. Обратите внимание на особые клетки(а), окруженные дополнительными оболочками, способные фиксировать атмосферный азот

Ключевые термины и понятия. Микроорганизмы, микробиология, конъюгация, спорообразование, инцистирование.

К прокариотам относятся одноклеточные и колониальные организмы. Клетки прокариот не имеют ядра, пластид, митохондрий и большинства одномембранных органелл.

Прокариоты — особое надцарство живых организмов, к которому относятся царства Архебактерии и Настоящие бактерии. Архебактерии отличаются от настоящих бактерий особенностями строения клеточной стенки и организацией наследственного материала. Среди архебактерий есть аэробы и анаэробы, автотрофные и гетеротрофные виды.

К царству Настоящие бактерии относятся бактерии и цианобактерии. В отличие от архебактерий, в состав их клеточной стенки входит муреин.

Среди настоящих бактерий имеются гетеротрофы (сапротрофы, паразиты, мутуалистические виды, комменсалы) и автотрофы (фототрофы и хемотрофы). Фототрофы - это зеленые и пурпурные бактерии, цианобактерии. К хемотрофам относятся нитрифицирующие бактерии, железобактерии, бесцветные серобактерии и др.

Клетки прокариот размножаются исключительно бесполом способом: делением пополам, изредка - почкованием. У некоторых видов существует обмен наследственной информацией, например в виде конъюгации. Прокариотам присуща способность к высоким темпам размножения (клетки при благоприятных условиях способны делиться каждые 20—30 мин).

В неблагоприятных условиях некоторые виды образуют споры или цисты. Споры и цисты служат для распространения прокариот с помощью ветра, воды, живых организмов и заражения хозяев.

**Кратко
о
главном**



Вопросы для самоконтроля

1. Какие организмы называют прокариотами? 2. На какие царства подразделяют надцарство Прокариоты? 3. Чем отличаются Археобактерии и Настоящие бактерии? 4. Какие особенности организации Цианобактерий? 5. Какие типы питания присущи прокариотам? 6. Какие способы дыхания наблюдают у прокариот? 7. Какие способы размножения известны у прокариот? 8. В чем биологическое значение спорообразования и инцистирования у прокариот?

Подумайте. Почему бактериальный фотосинтез происходит без выделения кислорода?

§ 36. РОЛЬ ПРОКАРИОТ В ПРИРОДЕ И ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА



Вспомните: что такое биотехнология? В каких отраслях хозяйства человека применяют разные виды брожения? Что такое экосистема, биосфера, круговорот веществ? Что такое антибиотики, биологический метод борьбы с вредными для человека видами?

● **Роль прокариот в биосфере.** Мы уже знаем, что разные виды прокариот распространены почти везде, где существует жизнь на нашей планете. Микроорганизмы обитают в почвах, водоемах, других живых организмах, их споры и цисты обнаружены на значительной высоте в атмосфере: так, в 1 г плодородной влажной почвы или 1 мл воды загрязненных органикой водоемов найдены миллионы клеток бактерий и цианобактерий. Прокариоты способны постоянно обитать в условиях, где другие организмы не встречаются (горячие источники, нефтеносные пласты на глубинах до нескольких километров и т. п.).

Задумывались ли вы над тем, что без прокариот существование биосферы было бы невозможно? Вы уже знаете, что главным условием функционирования биосферы как единой экосистемы нашей планеты является круговорот веществ. Вспомните: **круговорот веществ** - это обмен химическими соединениями между живой (организмы) и неживой частями экосистем. Естественно, что без прокариот, способных расщеплять органические вещества до неорганических, круговорот веществ был бы невозможен. В частности, это касается важных для живых организмов соединений углерода, азота, серы, фосфора, железа. Расщепляя органические соединения, бактерии образуют большое количество CO_2 , необходимого для процесса фотосинтеза.

При участии прокариот из разнообразных органических соединений образуются особые вещества (гумусные кислоты и т. п.) самого плодородного (гумусного) слоя почвы. Цианобактерии обогащают почвы и водоемы кислородом (O_2).

Санитарная роль прокариот заключается в том, что, разлагая останки организмов и продукты их жизнедеятельности, они освобождают от них поверхность нашей планеты. Прокариоты принимают участие в процессах самоочищения водоемов: питаясь органическими веществами, они уменьшают их содержание в воде и иле.

Благодаря деятельности бактерий-хемосинтетиков, которая продолжается уже около 4 миллиардов лет, в земной коре образовались залежи

железных руд, соединений серы и многих других полезных ископаемых. Наличием запасов основных энергоемких веществ - нефти и газообразных углеводородов, в частности метана, как допускают ученые, мы обязаны деятельности определенных групп бактерий.

Некоторые почвенные (свободноживущие и клубеньковые) бактерии-азотфиксаторы способны усваивать из воздуха атмосферный азот и включать его в состав различных синтезированных ими органических соединений, в первую очередь белков. Через корневые волоски проростка клубеньковые бактерии попадают в ткани корня и, выделяя особенные соединения, вызывают их разрастание в виде клубеньков (рис. 36.1). Эти бактерии поставляют растению соединения азота, получая взамен органические соединения, преимущественно сахара.

В особом отделе желудка (рубце) жвачных парнокопытных (коров, овец, коз) бактерии расщепляют целлюлозу до моносахаридов, тогда как сами животные не производят необходимых ферментов.

Цианобактерии в симбиозе с грибами образуют лишайники. Они синтезируют органические вещества, которые потребляет гриб, а гриб предоставляет клеткам цианобактерий воду и минеральные соединения, а также создает условия для фотосинтеза.

На дне глубоководных океанических впадин часто из толщи земной коры в воду выделяются ядовитые газы - сероводород и метан. Однако их сразу же поглощают придонные червеобразные животные **вестиментиферы**, лишенные органов пищеварения (рис. 36.2). В теле животного есть

особенный орган, заполненный хемотрофными бактериями, окисляющими эти соединения. Кровь постоянно приносит бактериям кислород, сероводород или метан, а от прокариот в нее поступают синтезированные органические вещества, необходимые для построения и питания тканей животного. Вестиментиферами питаются глубоководные ракообразные, рыбы и другие животные. Так на дне морей существуют своеобразные экосистемы, роль продуцентов в которых играет мутуалистический комплекс «хемотрофизующая бактерия - гетеротрофное животное».

особенный орган, заполненный хемотрофными бактериями, окисляющими эти соединения. Кровь постоянно приносит бактериям кислород, сероводород или метан, а от прокариот в нее поступают синтезированные органические вещества, необходимые для построения и питания тканей животного. Вестиментиферами питаются глубоководные ракообразные, рыбы и другие животные. Так на дне морей существуют своеобразные экосистемы, роль продуцентов в которых играет мутуалистический комплекс «хемотрофизующая бактерия - гетеротрофное животное».

• **Роль прокариот в жизни и хозяйстве человека.** В кишечнике человека всегда присутствуют определенные виды бактерий (кишечная палочка и др.), которые



Рис. 36.1. Клубеньки на корнях бобового растения



Рис. 36.2. Беспозвоночные глубоководные животные вестиментиферы

способствуют пищеварению, синтезируют некоторые витамины (В₆, В₁₂, К), предотвращают размножение болезнетворных микроорганизмов.

Мы уже знаем, что прокариот, способных осуществлять разные типы брожения, человек издавна использует в своем хозяйстве для получения разных необходимых веществ: молочных продуктов (масла, сыров, йогуртов и др.), органических кислот, квашеных овощей, силосующихся кормов и т. п. Прокариоты служат привычными объектами биотехнологии.

Биотехнология (от греч. биос - жизнь, техникос - искусный, ловкий и логос - наука, учение) - отрасль, разрабатывающая методы использования живых организмов или биологических процессов в промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях. Биотехнологи осуществляют селекцию разнообразных организмов, в частности получают новые штаммы прокариот.

Штамм (от нем. Stamm - ствол, семья, племя) - искусственная популяция (культура) микроорганизмов, обычно полученных в результате размножения отдельных клеток, выделенных из определенного источника или полученных в результате искусственных мутаций.

Одно из важных направлений биотехнологии - фармакологическая промышленность, цель которой - создание и производство лекарственных препаратов. В частности, разные виды бактерий наряду с микроскопическими грибами используют для получения антибиотиков, витаминов, гормонов, ферментов и т. п. Современные методики позволяют переносить в клетки бактерий гены эукариот, отвечающие за синтез определенных соединений. Так, в наследственный материал бактерий были введены гены, кодирующие выработку инсулина, гормонов роста, защитных белков-интерферонов и т. п.

Биотехнологические процессы применяют для очистки окружающей среды, в частности почв, водоемов, сточных вод от бытовых и промышленных загрязнений. Методы биологической очистки основаны на способности сапротрофных бактерий расщеплять органические соединения. В результате селекционной работы выведены штаммы микроорганизмов, способные разлагать отходы промышленного производства. Некоторые виды бактерий способны избирательно поглощать из окружающей среды те или иные ценные для хозяйства человека вещества и накапливать их в своих клетках. Особенные биотехнологии дают возможность отбирать и очищать эти соединения.

Умелое применение препаратов спор определенных штаммов микроорганизмов (биопрепараты) позволяет снижать численность вредных для окружающей среды видов животных и растений.

● **Много видов прокариот наносят вред здоровью и хозяйству человека.** Например, массовое размножение цианобактерий в неглубоких хорошо прогреваемых пресных водоемах, в частности водохранилищах, водоемах-охладителях тепловых и атомных электростанций, прудах и т. п. приводит к «цветению» воды, которая становится непрозрачной (рис. 36.3). Цианобактерии выделяют в воду ядовитые вещества, способные вызвать массовую гибель обитателей водоемов. Такая вода непригодна для питья, а купание в ней может вызвать отравление или аллергические реакции.

Среди бактерий есть много паразитических видов, которые, поселяясь в организме человека, животных и растений, вызывают разнообразные, часто смертельно опасные заболевания. Болезнетворные бактерии быстро размножаются, при этом продукты их жизнедеятельности отравляют хозяина, что приводит к различным нарушениям в организме и даже смерти. На органах растений, пораженных бактериями, появляются пятна, опухли и т. п.; они могут гнить и отмирать.

Распространенные бактериальные заболевания человека - это ан-

гина, дизентерия, дифтерия, туберкулез, холера, тиф, скарлатина и много других; животных - сибирская язва, бруцеллез и т. п. Бактериальные заболевания лечат с помощью антибиотиков или введением лечебных сывороток. Для здоровья и жизни человека и животных представляют опасность бактерии-лептоспир, которые часто встречаются в стоячих водоемах. Попадание лептоспир в организм человека и животных приводит к острой лихорадке и часто оканчивается смертью. Поэтому в водоемах, где обнаружены лептоспир, купание запрещено, а воду из них не следует употреблять для каких-либо хозяйственных потребностей.

В организм хозяина микроорганизмы проникают такими путями:

- через желудочно-кишечный тракт вместе с едой или питьем - бактерии — возбудители сальмонеллеза (брюшного тифа), дизентерии, холеры, чумы;
- через дыхательные пути с воздухом - возбудители туберкулеза, ангины, пневмонии, дифтерии, чумы;
- через поврежденные покровы - бактерии, паразитирующие в коже, ногтях и т. п. (например, возбудитель столбняка);
- во время половых контактов - возбудители сифилиса, гонореи, хламидиоза и других венерических заболеваний;
- с помощью насекомых и клещей-переносчиков. Так, возбудителя чумы человеку передают крысиные блохи, а сыпного тифа - человеческие вши. Домашние мухи на поверхности тела и в кишечнике переносят возбудителей дизентерии, сальмонеллеза, туберкулеза из помоек и других подобных мест в человеческие жилища, на продукты питания и т. п.

Определенные виды бактерий портят продукты питания, делая их ядовитыми и непригодными к употреблению. Например, бактерия ботулизма может развиваться в разнообразных консервированных продуктах, рыбе, колбасах, существенно не изменяя их внешний вид и вкусовые качества. Споры не погибают даже при кипячении на протяжении 5 часов и могут сохранять жизнеспособность в почвах или водоемах много лет. Токсин этой бактерии вызывает тяжелое отравление (ботулизм); он в первую очередь действует на нервную систему и мышцы, вызывает потерю голоса, головокружение, нарушает зрение, процессы пищеварения и дыхания.



Рис. 36.3. «Цветение» воды, вызванное цианобактериями. Это явление опасно для обитателей водоемов, а также для здоровья человека

Если больному человеку своевременно не ввести особую сыворотку и препараты - антитоды (от греч. **антидотон** - то, что действует против чего-то), которые обезвреживают ядовитые вещества, может наступить смерть. Поэтому во время консервирования продуктов следует строго соблюдать технологии пастеризации или стерилизации.

Стерилизация (от лат. стерилис - бесплодный) - процесс полного уничтожения микроорганизмов и их спор. Распространенным методом стерилизации является действие высоких температур (+100 °C и выше). Для стерилизации также применяют ультрафиолетовые лучи, ультразвук, химические соединения и т. п.

Пастеризация заключается в том, что для длительного хранения разнообразных продуктов (молочнокислых, соков ит. п.) их подвергают тепловой обработке при температурах +60...+70 °C в течение получаса, а затем быстро охлаждают. Этот процесс ежедневно повторяют в течение 3 суток. В итоге споры микроорганизмов, которые могли образоваться в результате предыдущей обработки, погибают при последующей. Эту технологию предложил выдающийся французский микробиолог Луи Пастер (1822-1895), поэтому она получила его имя.

Опасное заболевание органов пищеварения человека и животных (брюшной тиф, или сальмонеллез) вызывают бактерии сальмонеллы. Их споры длительное время могут сохраняться во внешней среде и пищевых продуктах.

• **Профилактика инфекционных заболеваний.** Чтобы предотвратить распространение болезнетворных бактерий, заболевших людей и животных необходимо изолировать от здоровых до полного выздоровления и очистки организма от возбудителей. Эти мероприятия получили название **карантин**. Другие способы предупреждения распространения болезнетворных бактерий - это профилактические прививки. Их применяют для предотвращения заболеваний дифтерией, столбняком и др. Больных людей и животных лечат с помощью антибактериальных препаратов, в частности лечебных сывороток.

Профилактика - средства, направленные на предупреждение заболеваний и сохранение здоровья. В частности, к ним относится организация борьбы с насекомыми и клещами - переносчиками возбудителей заболеваний.

Ключевые термины и понятия. Биотехнология, штамм, стерилизация, пастеризация, карантин.

В биосфере сапротрофные бактерии разлагают остатки и продукты жизнедеятельности организмов до неорганических и органических соединений. Тем самым они обеспечивают круговорот веществ в природе, в частности поддержание плодородия почв, в том числе существование гумусного слоя. Прокариоты принимают участие в процессах самоочищения водоемов: питаются органическими веществами, они уменьшают их содержание в воде и иле. Азотфиксирующие бактерии обогащают почвы соединениями азота, а цианобактерии - одни из основных фотосинтетиков - поставщиков кислорода в водоемах.

Благодаря деятельности бактерий образовались залежи полезных ископаемых: железных руд, нефти и т. п.



Кратко
о
главном

Прокариот, вызывающих различные типы брожения, используют для получения молочных продуктов, органических кислот, лекарств, квашеных овощей, силосных кормов и т. п. Прокариоты являются обычными объектами исследований в области биотехнологии - науки, которая разрабатывает методы использования живых организмов или биологических процессов в промышленности, сельском хозяйстве, в частности для очистки окружающей среды от бытовых и промышленных загрязнений и в биологическом методе борьбы с вредными для человека организмами.

Много прокариот вредит здоровью и хозяйству человека. Так, «цветение» водоемов, вызванное определенными видами цианобактерий, делает воду непригодной для питья и бытовых потребностей, а токсины этих прокариот вызывают массовую гибель организмов водных экосистем.

Среди бактерий есть много паразитических видов, способных вызывать опасные заболевания человека, домашних животных или культурных растений. Сапрофитные бактерии поражают продукты питания, производя опасные токсичные соединения.



Вопросы для
самоконтроля

1. Как человек использует прокариотов в своем хозяйстве?
2. Почему биологический метод борьбы с вредителями имеет преимущество перед применением ядохимикатов?
3. Что такое биотехнология?
4. Какую роль микроорганизмы играют в обеспечении плодородия почв?
5. В чем заключается значение почвенных прокариот, способных фиксировать атмосферный азот?
6. Что такое «цветение» воды и каково его значение?
7. Какие заболевания человека и домашних животных вызывают бактерии?

Подумайте. Какова роль прокариот, в образовании горных пород и поддержании постоянства газового состава атмосферы?

§ 37. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОДНОКЛЕТОЧНЫХ ЭУКАРИОТ

Вспомните: какие систематические группы одноклеточных эукариот вам известны? Что такое митоз и мейоз? Каково строение надмембранных и подмембранных комплексов эукариотической клетки?

В 1866 году выдающийся немецкий биолог Эрнст Геккель (1834-1919) в отличие от многоклеточных животных и растений выделил так называемое третье царство — Протисты (от греч. *протистос* — самый первый). К этому царству он отнес все одноклеточные организмы, имеющие ядро. Часть современных ученых употребляет этот термин как название дотканевого уровня организации (то есть ткани, образованные специализированными клетками и продуктами их секреции, отсутствуют) преимущественно одноклеточных эукариотических организмов - растений, животных и грибов.

Иногда принадлежность одноклеточного организма к определенному царству, в отличие от многоклеточного, возможно установить лишь после тщательных исследований. Например, особую группу паразитических эукариот - **микроспоридии** - долгое время считали одноклеточными животными. Хозяин (разнообразные животные, изредка - человек) заражается спорами этого паразита (рис. 37.1). На оболочке спор обнаружили хитин, характерный для клеточных стенок грибов; поэтому часть современных ученых относит микроспоридий к царству Грибы.

Эвглен одни ученые считают животными, другие - водорослями. Среди этих водных эукариот известны как способные к фотосинтезу, так и гетеротрофные, в частности паразитические, виды.

Так называемых слизевиков (рис. 37.2) - паразитов растений, цитоплазма которых окружена лишь плазматической мембраной, - одни ученые считают животными, другие - грибами.

● **Особенности организации клеток одноклеточных эукариот.** Мы упоминали, что клетки эукариот имеют ядро (обычно одно, однако иногда количество ядер достигает сотен и тысяч), хотя некоторые (ситовидные трубки высших растений, эритроциты большинства млекопитающих и т. п.) теряют ядро во время созревания. Цитоплазма клеток эукариот содержит разнообразные органеллы, большинство которых окружено двумя (митохондрии, пластиды) или одной (эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, вакуоли и т. п.) мембранами. Клетки эукариот делятся с помощью митоза или мейоза.

Поверхностный аппарат клеток различных групп протист отличается по строению. У водорослей и грибов надмембранный аппарат клетки - плотная клеточная стенка, которая препятствует образованию цитоплазм-

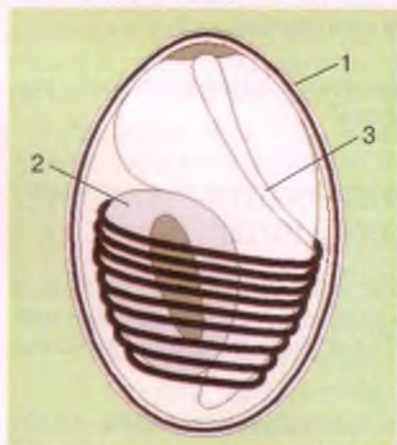


Рис. 37.1. Спора одноклеточных паразитических эукариот - микроспоридий: 1 - оболочка споры, в состав которой входит хитин; 2 - амeboидный зародыш с ядром; 3 - трубка, с помощью которой амeboидный зародыш покидает спору

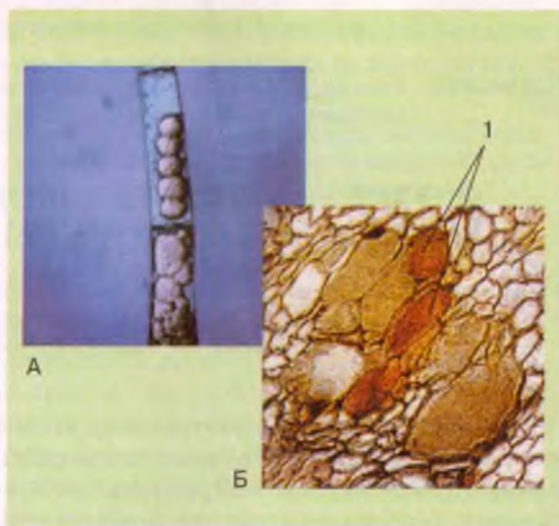


Рис. 37.2. Слизевики из рода Воронина (А) и Плазмодиофора (Б): А - паразит в клетках водоросли; Б - срез через корень капусты (1 - разросшиеся клетки корня, заполненные цистами паразита)



матических выростов - псевдоподий. У водорослей она состоит преимущественно из полисахаридов (целлюлозы и пектина). В состав клеточной стенки грибов также входит и содержащий азот полисахарид - хитин. У одноклеточных животных клетка поверх мембраны покрыта тонким пластичным слоем - гликокаликсом и поэтому способна образовывать псевдоподии (например, у амёб). У других видов клетка имеет постоянную форму благодаря наличию плотного подмембранного слоя цитоплазмы (инфузории, эвглены и др.), который у некоторых приобретает особую прочность, образуя своеобразный панцирь (рис. 37.3, А).

У многих одноклеточных животных, например фораминифер (37.3, Б), клетка находится в защитной раковине. У них основу раковины составляют органические вещества, секретируемые клеткой; раковины часто пропитаны минеральными соединениями или покрыты прилипшими песчинками, иглами губок или другим посторонним материалом.

Почти у всех одноклеточных животных под плазматической мембраной имеется слой сократительных волокон, лучше всего развитый у амёбоидных форм. Эти волокна позволяют клетке изменять форму, в частности захватывать твердые питательные частицы и передвигаться. У инфузорий-сувоек (рис. 37.4) есть особый сократительный стебелек, с помощью которого клетка прикрепляется к различным поверхностям (водные растения и проч.).

Ядерные аппараты одноклеточных и многоклеточных эукариот могут отличаться между собой. Так, у инфузорий и фораминифер есть ядра двух типов: вегетативные — отвечают за регуляцию биосинтеза белков в клетке и других процессов обмена веществ, генеративные - хранят наследственную информацию и обеспечивают ее передачу дочерним клеткам при размножении.

У фотосинтезирующих видов одноклеточных в разных комбинациях присутствуют пигменты: хлорофиллы а, b и с, каротины, ксантофилл и др. Ксантофиллы придают разнообразные окраски хлоропластам: красную (красные водоросли), бурую, коричневую (диатомовые водоросли) и т. п.

- **Колониальные одноклеточные эукариоты**, хотя и состоят из многих клеток одного или нескольких типов, но каждая из них в основном функ-

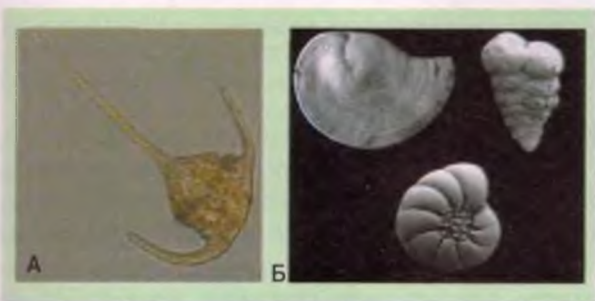


Рис. 37.3. Одноклеточные эукариоты – обитатели водоемов: А – пресноводный панцирный жгутиконосец рода Цератиум (обитает в пресных водоемах); Б – раковины морских фораминифер

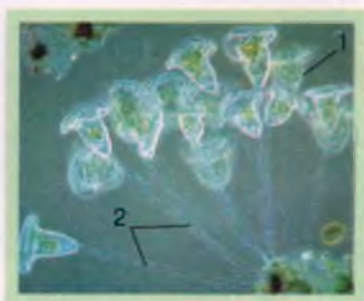


Рис. 37.4. Поселение инфузорий-сувоек: 1 – клетки; 2 – стебельки

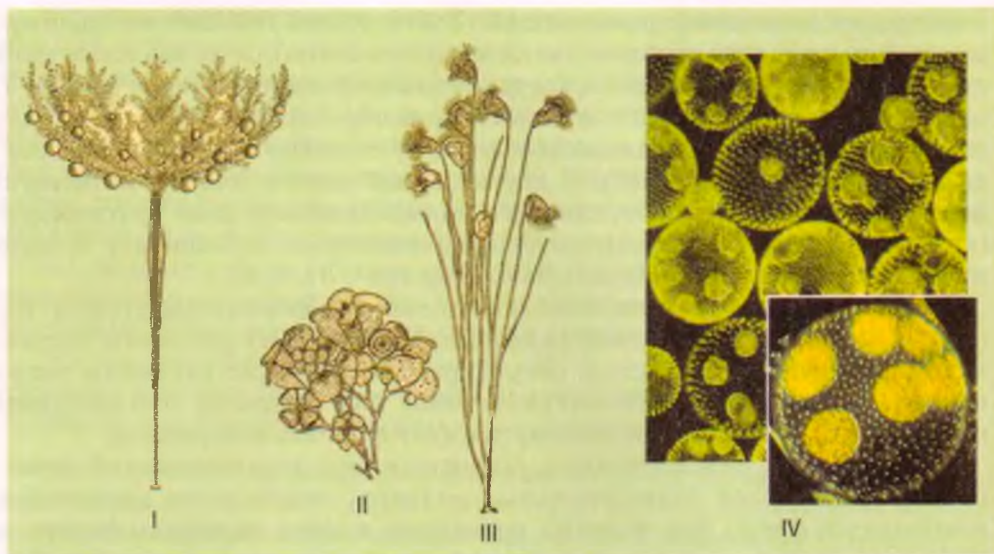


Рис. 37.5. Колонии инфузорий из родов *Зоотамниум* (I), *Кархезиум* (II), *Кампанелла* (III) и зеленой водоросли из рода *Вольвокс* (IV)

ционирует несогласованно с другими (рис. 37.5). Количество клеток колонии может со временем меняться или остается постоянным (например, у вольвокса). Колонии способны образовывать некоторые инфузории, радиолярии, дрожжи. Связь между отдельными клетками в пределах колоний осуществляется с помощью цитоплазматических мостиков (вольвокс) или общей слизистой оболочки.

Среди вегетативных клеток колонии вольвокса есть клетки больших размеров, обеспечивающие бесполое размножение: за счет их деления образуются дочерние колонии, которые впоследствии оставляют материнскую и выходят наружу.

У инфузорий колонии могут иметь вид кустиков, на верхушках ветвей которых расположены отдельные особи (см. рис. 37.5). Например, колонии рода *Зоотамниум* имеют вид пальмы с 8-9 листьями, каждый из которых содержит несколько десятков мелких особей и 1-2 больших. Большие особи отделяются от колонии, определенное время плавают с помощью ресничек, потом оседают на субстрат и дают начало новым колониям.

Ключевые термины и понятия. Протисты.

У одноклеточных эукариот тело состоит из единственной клетки, которая в то же время является самостоятельным организмом. Одноклеточные и не образующие тканей многоклеточные эукариоты (растения, грибы, животные) получили общее название «протисты».

Поверхностные аппараты клеток разных групп протист отличаются между собой: у водорослей и грибов внешний слой, расположенный над мембраной, представлен твердой клеточной стенкой, преимущественно состоящей из полисахаридов (целлюлозы, пектина и хитина). У одноклеточных животных клетка



всегда покрыта плазматической мембраной, которая может образовывать ложные ножки или же имеет постоянную форму благодаря наличию плотного подмембранного слоя цитоплазмы (пелликулы).

Среди одноклеточных известны колониальные виды, состоящие из многих клеток одного или нескольких типов; такая дифференциация связана с обеспечением размножения или расселения.



Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличаются между собой одноклеточные и многоклеточные эукариоты?
2. Каковы особенности строения оболочки клетки разных групп протист?
3. У каких одноклеточных организмов существует дифференциация ядер на вегетативные и генеративные? В чем заключается биологическое значение этого явления?
4. В чем разница между колониальными и многоклеточными эукариотическими организмами?

Подумайте.

Почему одноклеточный эукариотический организм имеет в целом более сложное строение, чем любая отдельно взятая клетка многоклеточного организма?

§ 38. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОДНОКЛЕТОЧНЫХ ЭУКАРИОТ



Вспомните: каково строение жгутиков и ресничек? Какие организмы называют автотрофными, миксотрофными и гетеротрофными? Каковы строение и функции плазматической мембраны?

• **Движение протист** обеспечивают особые органеллы: жгутики (рис. 38.1), реснички или ложные ножки (псевдоподии). Кроме двигательной функции, жгутики и реснички могут выполнять и некоторые другие. Иногда

жгутики служат для прикрепления, образуя стебельки (см. рис. 37.4). Движения жгутиков и ресничек обеспечивают постоянные потоки воды вокруг клетки, приносящие частички пищи и очищающие ее поверхность от посторонних частиц.

Амебоидное движение происходит благодаря образованию временных выростов - псевдоподий. Они бывают разной формы, у некоторых видов способны сливаться между собой в определенных участках и образовывать ловчую сеть для захвата питательных частичек (рис. 38.2).

Скользящее движение присуще лишь немногим группам протист:

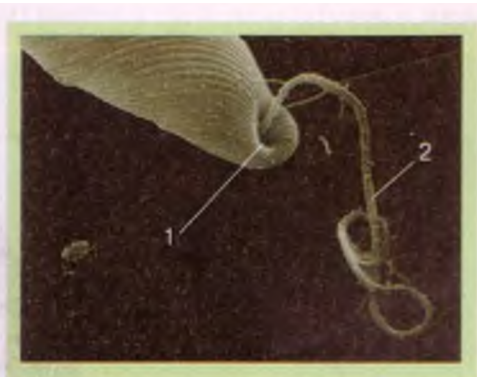


Рис. 38.1. Длинный жгутик эвглены (фотография сделана с помощью сканирующего электронного микроскопа): 1 – углубление, в котором находится жгутик (2)

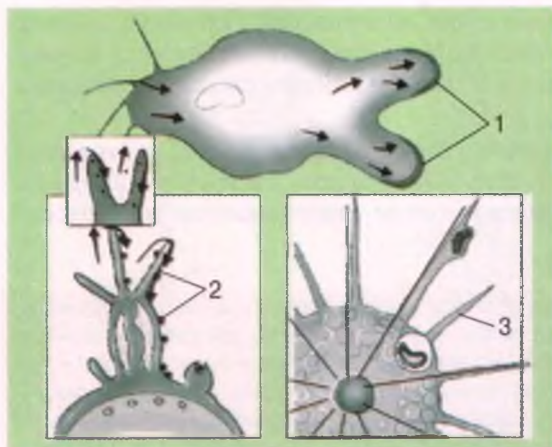


Рис. 38.2. Типы псевдоподий (стрелки показывают направление движения цитоплазмы): 1 – широкие с закругленной верхушкой; 2 – тоненькие, способные сливаться между собой; таким образом они образуют ловчую сеть вокруг клетки; 3 – тоненькие неразветвленные



Рис. 38.3. Грегарина – одноклеточный паразит членистоногих

одноклеточным животным грегаринам (рис. 38.3), диатомовым водорослям и некоторым другим. У грегарин скольжение происходит за счет волнообразных движений продольных складок поверхности клетки, у диатомовых водорослей – стекания слизи с поверхности клетки в определенном направлении.

• **Питание одноклеточных эукариот.** Среди протист по типу питания выделяют автотрофов, гетеротрофов и миксотрофов. Гетеротрофы могут поглощать еду посредством пиноцитоза или фагоцитоза (вспомните, как формируются пищеварительные вакуоли). Разновидностью фагоцитоза служит высасывание содержимого клетки добычи хищными жгутиконосцами и некоторыми инфузориями (рис. 38.4).

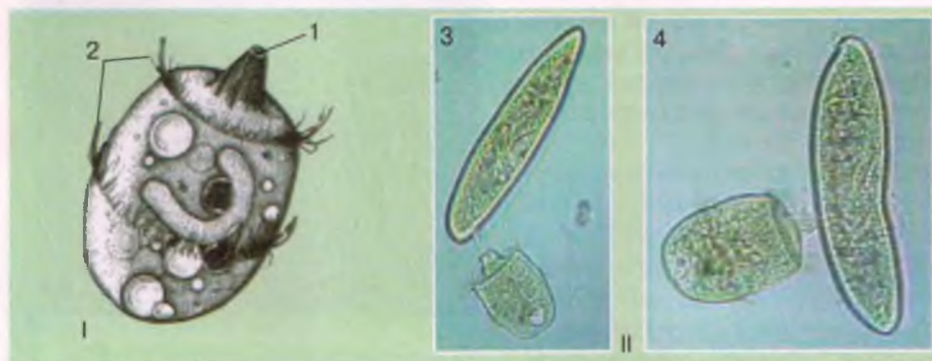


Рис. 38.4. I. Хищная инфузория дидиний: 1 – хоботок, на верхушке которого находится ротовое отверстие, проникает в тело добычи; 2 – пояски ресничек, при помощи которых дидиний плавает. II. Дидиний (3, 4), поедающий инфузорию-туфельку

Многим одноклеточным организмам присуще сложное поведение, связанное с поиском и захватом пищи. Оно заключается в распознавании рецепторными молекулами поверхности клетки химических веществ источника питания (другой клетки, органических частиц и т. п.).

Автотрофные (большинство водорослей) и миксотрофные (например, эвглена зеленая, хламидомонада) протисты способны к фотосинтезу. Запасными полисахаридами у них служат крахмал (зеленые водоросли), хризоламинин (диатомовые водоросли) и др. У гетеротрофов накапливается полисахарид гликоген.

Непереваренные твердые остатки амeboобразные организмы могут выбрасывать в любом месте своей поверхности, а у тех, которые имеют постоянную форму клетки (например, инфузория-туфелька), для этого служит участок особого строения - порошица (рис. 38.5).



Рис. 38.5. Система органелл пищеварения инфузории-туфельки

Функцию выделения из клетки из-

бытка воды вместе с растворенными в ней продуктами обмена веществ осуществляет сократительная вакуоль, присущая в основном пресноводным протистам. У паразитических видов и обитателей соленых водоемов эта вакуоль обычно отсутствует, а выделение происходит через всю поверхность клетки.

• **Размножение протист** преимущественно бесполое, иногда - половое. Для многих видов (фораминиферы, малярийный паразит и др.) характерны сложные жизненные циклы, происходящие со сменой поколений с разными формами размножения.

Бесполое размножение происходит в виде разновидностей митотического деления. В некоторых случаях во время митоза ядерная оболочка сохраняется, и ядро перешнуровывается надвое по окончании расхождения хромосом к его полюсам (например, у амeб, многих жгутиконосцев и проч.).

Бесполое размножение может осуществляться делением пополам (амеба протей, эвглена зеленая, инфузория-туфелька и др.), множественным делением (малярийный паразит), почкованием (некоторые инфузории) или с помощью подвижных (зооспоры) или неподвижных (водоросли, грибы) спор. При почковании от большей (материнской) клетки может отделяться одна или несколько более мелких (дочерних). В результате множественного деления ядро клетки многократно делится, а затем вокруг каждого из дочерних ядер отделяется участок цитоплазмы и образуются десятки или сотни мелких дочерних клеток (фораминиферы).

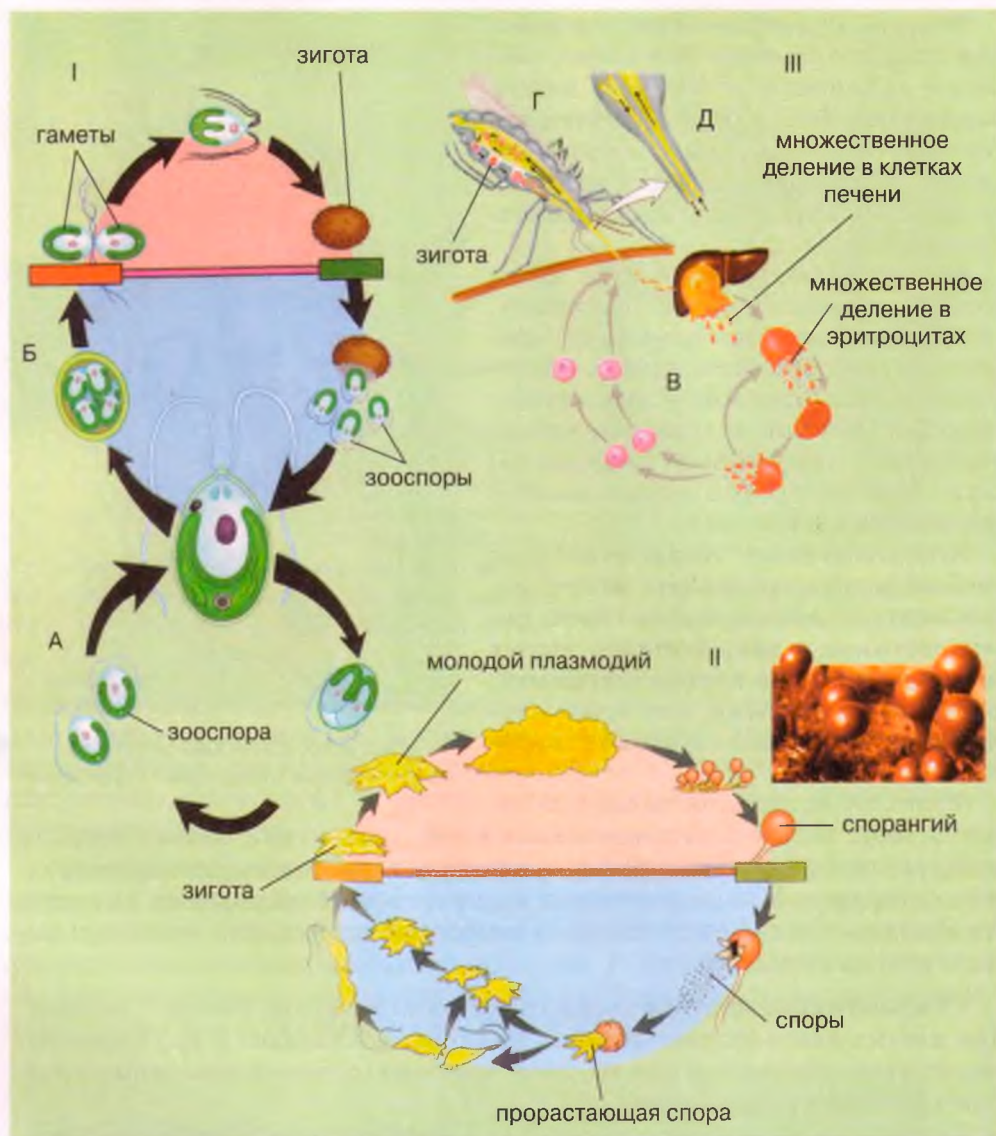


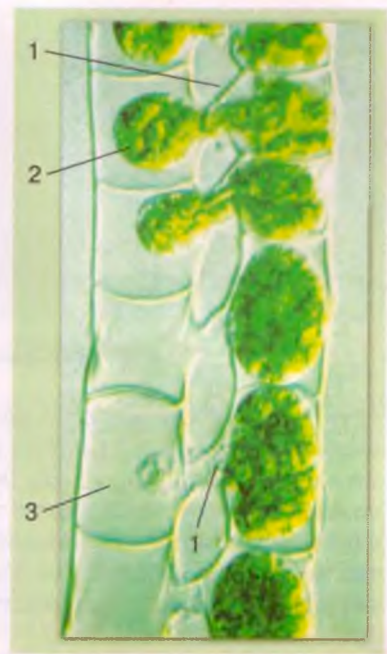
Рис. 38.6. I. Размножение хламидомонады: бесполое (А) и половое (Б). II. Размножение слизистых споровиков. III. Цикл развития малярийного паразита: В – бесполое поколение в организме человека; Г – половое размножение и развитие бесполого поколения в организме комара; Д – попадание подвижных клеток из слюнных желез комара в кровь человека

Половой процесс обычно происходит в формах попарного слияния половых клеток — гамет. У одних видов (хламидомонады, фораминиферы) все гаметы одинаковые, у других (малярийный паразит, вольвокс) — женские и мужские половые клетки отличаются между собой размерами (рис. 38.6).

Конъюгация известна у инфузорий, некоторых водорослей и грибов. Во время конъюгации две клетки инфузорий обмениваются мигрирующими ядрами. У нитчатой водоросли спирогиры между отдельными клет-



Рис. 38.7. Конъюгация у спирогиры: 1 - цитоплазматический мостик между двумя клетками; 2 - содержимое одной клетки переходит в другую с образованием зиготы; 3 - пустая клеточная оболочка



ками двух нитей возникают цитоплазматические мостики, по которым содержимое одной клетки переходит в другую с образованием зиготы (рис. 38.7). В последующем зигота прорастает новой нитью.

• Поведение одноклеточных эукариот.

Подобно другим организмам, протистам присуща раздражимость, то есть способность воспринимать раздражители окружающей среды и определенным образом на них отвечать. Двигательные реакции протист имеют название таксисы. **Таксис** (от греч. **таксис** - размещение) - направленные движения организмов к раздражителю (положительный таксис) или от него (отрицательный таксис). Например, клетки эвглены

зеленой или хламидомонады движутся в направлении источника освещения благодаря наличию особенного светочувствительного образования — глазка.

• **Адаптации протист к среде обитания.** Существование в разнообразных средах обитания возможно благодаря наличию у протист разнообразных приспособлений (адаптаций) к факторам окружающей среды. Например, у обитателей толщи воды имеются разнообразные выросты раковины, клеточной стенки или внутреннего скелета в виде шипов, радиально расположенных игл (например, у некоторых фораминифер и радиолярий), которые увеличивают площадь поверхности клетки, одновременно уменьшая ее плотность. Свободному парению в толще воды способствует и сеть из тонких псевдоподий (радиолярии) или включения капель жироподобного вещества в цитоплазме (радиолярии, панцирные жгутиковые и т. п.).

У протист, ведущих сидячий образ жизни, есть образования, с помощью которых они прикрепляются к субстрату; например, прикрепительный стебелек инфузорий-сувоек (рис. 37.4).

Обитание в мелких заполненных водой капиллярах почвы также отражается на определенных особенностях строения. Клетки почвенных протист в 5-10 раз мельче по сравнению с размерами близких видов - обитателей пресных или соленых водоемов, часто сплюснуты, несколько упрощенного строения.

• **Инцистирование.** Засушливые периоды и низкие температуры одноклеточные животные переживают в виде особенных стадий покоя - цист. В процессе образования цист (инцистирования) может происходить сложная перестройка клетки. Например, у инфузорий во время инцистирования исчезают структуры, связанные с активной жизнью (реснички,

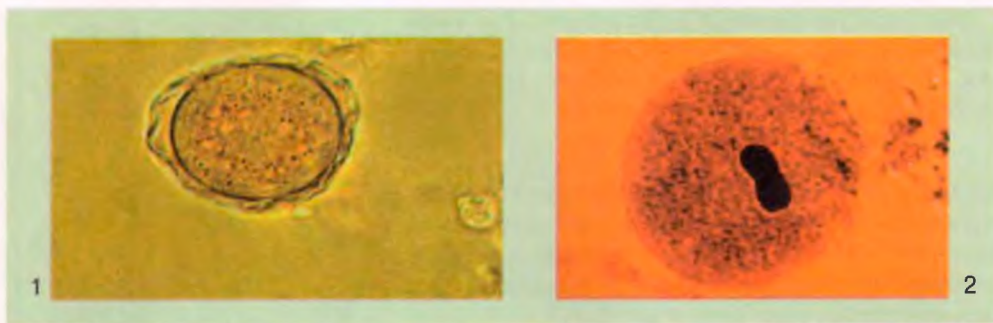


Рис. 38.8. Цисты амебы (1) и инфузории (2)

органеллы захвата пищи, вакуоли и др.)> цитоплазма обезвоживается, уплотняется, а вокруг клетки формируются защитные оболочки (обычно их не менее двух) (рис. 38.8). Эти оболочки характеризуются низкой проницаемостью и осуществляют механическую и химическую защиту клетки, которая сохраняет жизнеспособность в инцистированном состоянии многие месяцы и даже годы. Цисты обеспечивают распространение протист ветром, водой или при участии живых существ.

Ключевые термины и понятия. *Инцистирование, таксис.*

- ▶ Движения протист обеспечивают жгутики, реснички, ложные ножки (псевдоподии), волнообразные сокращения поверхности клетки или направленное стекание слизи.
- ▶ Среди протист по типу питания различают автотрофов, гетеротрофов и миксотрофов. Непереваренные твердые остатки пищи амебообразные организмы могут выбрасывать в любом месте своей поверхности, а у имеющих постоянную форму тела (например, инфузория-туфелька) для этого служит участок особого строения - порошица. Функцию выделения из клетки избытка воды вместе с растворенными в ней продуктами обмена веществ осуществляют сократительные вакуоли, присущие в основном пресноводным протистам. У паразитических видов и обитателей соленых водоемов эта вакуоль обычно отсутствует, а выделение происходит через всю поверхность клетки.
- ▶ У протист известно бесполое и половое размножение. Бесполое размножение происходит в виде разновидностей митоза: деления пополам, множественного деления, почкования и др. Половой процесс осуществляется в виде слияния гамет с образованием зиготы. Для многих видов характерны сложные жизненные циклы в результате смены поколений с разными формами размножения. Для переживания неблагоприятных условий протисты образуют споры (водоросли и грибы) или цисты (одноклеточные животные).
- ▶ Протистам присуща раздражимость - способность воспринимать раздражители окружающей среды и определенным образом на них отвечать. Двигательные реакции на раздражители имеют название таксисов.



Вопросы для самоконтроля

1. Какие формы движения известны у протист? Какие органеллы их обеспечивают? 2. Как у протист удаляются остатки пищи и выделяются конечные продукты обмена веществ? 3. Как размножаются протисты? 4. Что такое конъюгация? Каково ее биологическое значение? 5. Как протисты переживают неблагоприятные условия?

Подумайте. Что общего и отличного в размножении прокариот и одноклеточных эукариот?

§ 39. РОЛЬ ПРОТИСТ В ПРИРОДЕ И ХОЗЯЙСТВЕ ЧЕЛОВЕКА



Вспомните: в чем суть биологического способа борьбы с вредными для человека видами? Какие ископаемые называют руководящими? В чем заключаются симбиоз и мутуалистические взаимосвязи в природе? Какие вещества называют антибиотиками и витаминами?

• **Роль в природе.** Одноклеточные эукариоты, клетка которых находится в минеральной раковине (фораминиферы), панцире (диатомовые водоросли) или имеет минеральный внутриклеточный скелет (радиолярии), играют важную роль в образовании осадочных пород. Из останков организмов, в состав оболочек (например, красная водоросль кораллина) или раковин (фораминиферы) которых входит карбонат кальция, за сотни миллионов лет образовались значительные залежи известняка и мела (рис. 39.1). В результате горообразовательных процессов дно морей вместе с залежами известняка поднималось над поверхностью моря. Так возникли меловые холмы и целые горные цепи, такие как Пиренеи, Альпы, Гималаи. Панцири отмерших диатомовых водорослей, состоящие из SiO_2 , оседая на дно, в течение миллионов лет образовали осадочную породу **диатомит**. Эти залежи используют для производства взрывчатки - динамита. Внутренний скелет многих радиолярий также состоит из SiO_2 . Их скелеты образовали

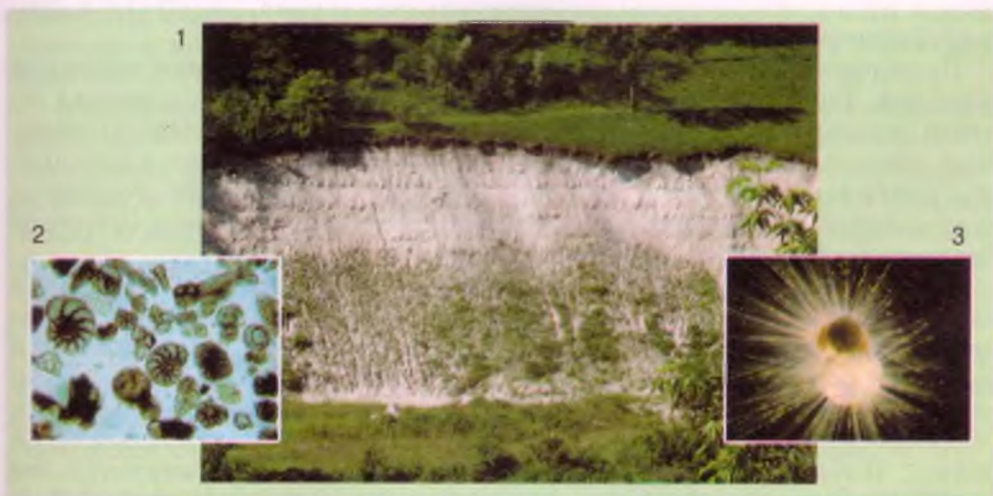


Рис. 39.1. Меловые холмы на Подолье (1); разнообразные раковины фораминифер (2); из отверстий раковин выходят многочисленные псевдоподии (3)

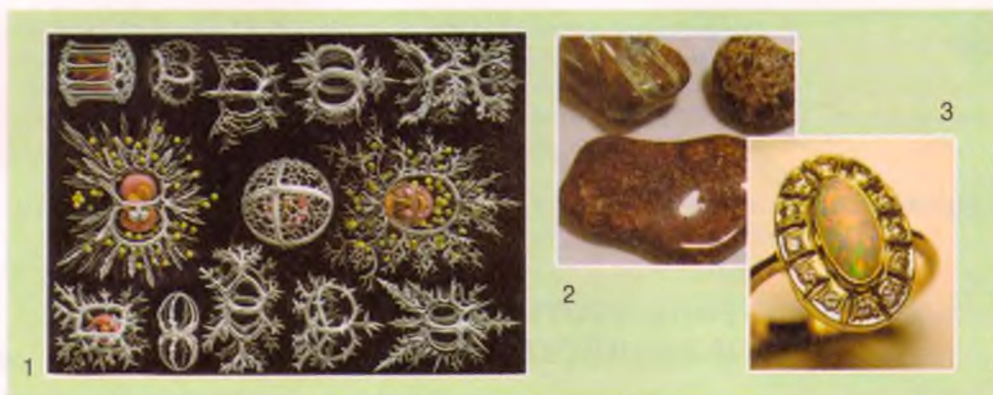


Рис. 39.2. Разнообразие скелетов радиоларий (1) (рисунок сделал Э. Геккель в 60-е годы XIX ст.); яшма (2); украшения с опалом (3)

осадочные породы **радиолариты**, из которых состоит, например, остров Барбадос в Карибском море, а также залежи таких полудрагоценных камней, как яшма, опалы, халцедоны и т. п. (рис. 39.2).

Ископаемые остатки фораминифер, диатомовых водорослей и др., хорошо сохраняющихся в составе осадочных пород, человек использует в качестве **руководящих ископаемых**. Каждая геологическая эпоха характеризуется особым видовым составом этих существ, что позволяет определить время образования (возраст) тех или иных пород. Исследователи используют такие остатки для поиска залежей полезных ископаемых, образовавшихся в определенное время геологической истории Земли.

Автотрофные протисты - обитатели водоемов - синтезируют органические соединения, которые могут потреблять другие организмы. Кроме того, в процессе фотосинтеза они выделяют кислород, поддерживая постоянство газового состава атмосферы. Одноклеточные эукариоты, способные поглощать растворы органических соединений, участвуют в процессах самоочищения водоемов.

По видовому составу протист можно определить санитарное состояние водоемов. Так, эвглена красная обитает в чистых водоемах, а эвглена зеленая отдает предпочтение воде со значительным содержанием органических веществ. Как вы помните, с подобной целью используют и прокариот, например кишечную палочку. Методы определения состояния окружающей среды с помощью видового состава организмов называют **биологической индикацией** (биоиндикацией).

Важна роль одноклеточных эукариот и в обеспечении плодородия почв. Грибы расщепляют остатки организмов до минеральных соединений, которые затем потребляют зеленые растения. При этом они выделяют большое количество углекислого газа, необходимого для фотосинтеза. Кроме того, почвенные грибы участвуют в синтезе органических соединений, из которых формируется плодородный гумусный слой почвы. Почвенные водоросли-фотосинтетики образуют значительное количество органических веществ и обогащают почву кислородом. Масовое размножение почвенных водорослей, так называемое цветение почвы, является приметой хорошего урожая. Чаще всего это явление на-



А

Б

Рис. 39.3. Скелет коралловых полипов образуется за счет их симбиоза с клетками водорослей

Рис. 39.4. Лишайники растут на камнях (А – корковый лишайник) и стволах деревьев (Б – листоватый лишайник)

блюдают весной и осенью. В это время масса этих протист может возрастать до 1500 кг/га.

Почвенные и водные протисты служат для питания других организмов. Некоторых из них, например инфузорий, человек разводит для выкармливания личинок и мальков рыб.

Много видов протист способны вступать в различные формы симбиоза с другими организмами. Часто это сосуществование имеет характер мутуалистических отношений. Вы знаете, что такое коралловые рифы. Так вот, для образования массивного внешнего известнякового скелета колонии коралловых полипов (рис. 39.3) необходимо, чтобы в их клетках поселились определенные виды водорослей. Водоросли могут обитать внутри клеток и других многоклеточных животных - гидр, ресничных червей ит. п. Водоросли поставляют клеткам животных кислород и синтезированные органические соединения, а взамен получают убежище и неорганические вещества, необходимые для осуществления фотосинтеза.

В кишечнике некоторых насекомых, например термитов и тараканов, обязательно присутствуют особые одноклеточные жгутиконосцы. Они производят фермент, расщепляющий клетчатку, который отсутствует у хозяина, а сами находят в организме насекомого пристанище и запасы пищи. В желудке травоядных жвачных животных живут различные инфузории, суммарная масса которых может достигать нескольких килограммов. Эти инфузории питаются проживающими там же бактериями; особого вреда или пользы хозяевам они не приносят.

Одноклеточные водоросли в симбиозе с грибами образуют лишайники (рис. 39.4). Водоросли синтезируют органические вещества, которые потребляет гриб, а тот, в свою очередь, предоставляет клеткам водорослей необходимые для фотосинтеза воду и минеральные соединения.

● **Роль в хозяйстве и жизни человека.** Различные виды микроскопических грибов человек использует для промышленного получения антибиотиков, витаминов, продуктов спиртового брожения и т. п.

Первый антибиотик пенициллин был получен из плесневого гриба рода **Пеницилл**. Напомним, что антибиотики - это биологически активные вещества, в небольших количествах избирательно подавляющие жизнедеятельность определенных микроорганизмов или задерживающие размножение клеток злокачественных опухолей. Суть действия этих соединений заключается в том, что одни из них нарушают образование поверхностного аппарата и целостность биологических мембран (например, пенициллин), другие - синтез белков или нуклеиновых кислот микроорганизмов (например, тетрациклин). Антибиотики являются продуктами жизнедеятельности разнообразных микроорганизмов (бактерий, грибов). Кроме естественных антибиотиков, существуют искусственные, полученные с помощью химического синтеза на предприятиях микробиологической промышленности.

Применять антибиотики следует крайне осторожно и только способом и в дозах, прописанных врачом. Однако болезнетворные микроорганизмы достаточно быстро становятся невосприимчивыми к этим соединениям, поэтому ученые постоянно выводят новые штаммы микроорганизмов, способных образовывать антибактериальные и противовирусные вещества, и добывают из них новые антибиотики.

Разные виды дрожжей используют в пекарской промышленности, виноделии, пивоварении, для получения спирта и некоторых кисломолочных продуктов, в частности кефира. Некоторые виды протист применяют для очистки промышленных и бытовых сточных вод, в биологическом способе борьбы с вредными для человека видами, в частности кровососущими комарами.

Одноклеточные эукариоты могут наносить вред здоровью и хозяйству человека. Многие виды плесневых грибов способны портить продукты питания.

Паразитические протисты, поселяясь в организме человека, животных и растений, вызывают разнообразные инфекционные (от лат. **инфекцио** - заражаю) и инвазионные (от лат. **инвазио** - нападение) заболевания. Возбудителями инфекционных заболеваний служат вирусы, бактерии и грибы, а инвазионных - животные. В организм хозяина паразитические протисты могут проникать в желудочно-кишечный тракт вместе с едой или водой (дизентерийные амебы и др.). При неосторожном обращении с кошками в организм человека через царапины или кишечный тракт могут проникать одноклеточные животные — токсоплазмы. Токсоплазмоз — заболевание, особенно опасное для беременных женщин, поскольку больная мать может передать возбудителя зародышу через плаценту. Поражаются лимфатические узлы, мышцы, нервная система, органы зрения и т. п.

С водой в носовую полость человека при купании в богатых водной растительностью стоячих пресных водоемах могут попасть некоторые свободноживущие амебы. Впоследствии они проникают в головной мозг, где размножаются, что ведет к его воспалению и смерти.

Через поврежденные покровы часто проникают паразитические одноклеточные грибы, поражающие кожу, ногти, волосы и т. п. В частности, от бродячих собак и кошек человек может заразиться стригущим лишаем и другими опасными грибковыми заболеваниями. Во время половых кон-



Рис. 39.5. Кровососущие насекомые и клещи – переносчики возбудителей заболеваний человека и позвоночных животных: 1 – мошка; 2 – комар; 3 – клещ

тактов возможно заражение некоторыми паразитическими одноклеточными животными (трихомонадами) и грибами.

Стригущий лишай - заболевание кожи, волос и ногтей, которое вызывают грибки из рода Трихофитон. Споры гриба передаются через контакты с больным, его одеждой, посудой, домашними животными и т. п. Свое название это заболевание получило потому, что волосы на пораженных участках становятся короткими, как бы стриженными. На коже образуются пятна, многочисленные чешуйки. В конечном итоге пораженные места воспаляются и выделяют гной. Особенно часто эта инфекция поражает детей школьного возраста.

Попадание паразитических одноклеточных животных в организм человека и позвоночных животных возможно через укусы переносчиков — кровососущих насекомых или клещей (рис. 39.5). Так, малярийные комары передают возбудителей малярии, кровососущие мухи це-це - возбудителей сонной болезни, клещи - пироплазм - паразитов крови собак, крупного рогатого скота, а изредка и человека. Болезни, вызываемые этими паразитами (пироплазмозы), сопровождаются малокровием и могут завершиться смертью.

Ключевые термины и понятия. *Руководящие ископаемые, биологическая индикация состояния окружающей среды.*

Одноклеточные эукариоты, клетка которых имеет раковину, панцирь или минеральный внутриклеточный скелет, играют важную роль в образовании осадочных пород - известняков, мела, диатомита, радиоляритов и т. п. Подобные остатки используют в качестве руководящих ископаемых для определения возраста осадочных пород.

Автотрофные протисты синтезируют значительное количество органических соединений, потребляемых другими организмами, и выделяют значительное количество кислорода, поддерживая постоянство газового состава атмосферы.

Протисты, способные поглощать растворы органических соединений, участвуют в процессах самоочищения водоемов. По видовому составу этих существ судят о санитарном состоянии водоемов. Методы определения состояния окружающей среды с помощью видового состава организмов называют биологической индикацией (биоиндикацией).

**Кратко
о
главном**

Кратко
о
главном

- ▶ Протисты расщепляют останки организмов, а также обогащают почву органикой. Почвенные грибы участвуют в синтезе органических соединений, из которых формируется плодородный гумусный слой почвы. Почвенные и водные протисты служат пищей для других организмов. Некоторых из них разводят для откорма личинок и мальков рыб. Многие виды применяют для очистки промышленных и бытовых сточных вод, в биологическом способе борьбы с вредными для человека видами, в частности кровососущими комарами.
- ▶ Разные виды микроскопических грибов человек использует для промышленного получения антибиотиков, витаминов, молочнокислых продуктов, продуктов спиртового брожения и т. п.
- ▶ Некоторые виды могут наносить значительный вред здоровью и хозяйству человека. Много видов грибов способны портить продукты питания, выделяя ядовитые (токсичные) соединения. Паразитические протисты, поселяясь в организмах человека, животных и растений, вызывают разнообразные инфекционные и инвазионные заболевания. Возбудителями инфекционных заболеваний служат вирусы, бактерии и грибы, а инвазионных - животные.

Вопросы для
самоконтроля

1. Какова роль протист в образовании осадочных пород? 2. Какие организмы называют руководящими ископаемыми? Где их применяют? 3. Какова роль протист в процессах почвообразования?
4. Что такое биологическая индикация состояния окружающей среды? 5. Какие особенности симбиоза протист с другими организмами? 6. Каких протист человек использует для получения лекарственных препаратов и пищевых продуктов? 7. Какие заболевания человека, домашних животных и растений вызывают протисты?

Подумайте.

О чем свидетельствует наличие в пресном водоеме большого количества планктонных гетеротрофных протист?

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

СРАВНЕНИЕ СИМПТОМОВ ЗАБОЛЕВАНИЙ,
ВЫЗВАННЫХ ВИРУСАМИ И БАКТЕРИЯМИ

Цель: научиться различать вирусные и бактериальные болезни по симптомам, проявляющихся у больного.

Ход работы

1. Сравните симптомы заболеваний ангиной и дифтерией.
2. Установите причину, источник инфекции и способ заражения.
3. Сравните симптомы заболеваний гриппом и острыми респираторными вирусными инфекциями (ОРВИ).
4. Выясните причину, источник инфекции и способ заражения.



5. Выясните основные средства лечения и способы профилактики бактериальных и вирусных заболеваний.
6. Сделайте выводы о сходстве и отличиях проявлений бактериальных и вирусных заболеваний.

ТЕСТ НА ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗНАНИЙ

I. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ПРАВИЛЬНЫЙ

1. Назовите метод, с помощью которого определяют санитарное состояние окружающей среды: а) сравнительно-описательный; б) биологической индикации; в) математической статистики; г) электронно-микроскопические исследования.
2. Определите, какие из биологических систем находятся на организменном уровне организации: а) прионы; б) дрожжи; в) вирусы; г) вириды.
3. Определите, что такое раздражимость: а) способность организмов к фотосинтезу; б) способность организмов к восприятию определенных воздействий внешней и внутренней среды и соответствующего ответа на них; в) способность организмов к выделению продуктов обмена веществ; г) способность организмов к размножению.
4. Определите, как правильно называют реакции на раздражители окружающей среды, происходящие в форме движения организма в направлении раздражителя или от него: а) таксисы; б) тропизмы; в) настии; г) нутации.
5. Отметьте, чем клетки прокариот отличаются от клеток эукариот: а) отсутствием клеточной стенки; б) отсутствием плазматической мембраны; в) отсутствием митохондрий; г) отсутствием рибосом.
6. Отметьте органеллы, присущие как клеткам прокариот, так и клеткам эукариот: а) ядро; б) митохондрии; в) рибосомы; г) эндоплазматическая сеть.

II. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ДВА ПРАВИЛЬНЫХ

1. Назовите одноклеточные организмы, способные образовывать колонии: а) протисты; б) губки; в) цианобактерии; г) бурые водоросли.
2. Назовите группы микроорганизмов, способных вступать с организмом хозяина в мутуалистические отношения: а) клубеньковые бактерии; б) пурпурные бактерии; в) бактерии рубца жвачных животных; г) палочка ботулизма.
3. Укажите органеллы, которые могут встречаться у прокариот: а) лизосомы; б) сократительная вакуоль; в) газовая вакуоль; г) рибосомы.
4. Укажите организмы, относящиеся к прокариотам: а) стафилококки; б) прионы; в) вирусы; г) цианобактерии.
5. Отметьте процессы, которые способны осуществлять цианобактерии: а) фотосинтез; б) жгутиковое движение; в) фиксация атмосферного азота; г) фагоцитоз.
6. Укажите функции, которые выполняют споры бактерий: а) размножение; б) синтез белков; в) переживание неблагоприятных условий; г) распространение.

III. ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

1. Определите соответствие органелл и структур группам организмов, в клетках которых они встречаются.

Группы организмов	Органеллы и структуры
А Зеленые водоросли Б Цианобактерии В Амеба протей Г Инфузории	1 Псевдоподии 2 Хлоропласты 3 Нуклеоид 4 Ядра вегетативные и генеративные 5 Внутриклеточный минеральный скелет

2. Определите, какие типы питания присущи перечисленным видам одноклеточных эукариот.

Тип питания	Представители
А Автотрофы Б Миксотрофы В Гетеротрофы	1 Эвглена зеленая 2 Амеба протей 3 Кишечная палочка 4 Вольвокс

3. Установите соответствие между группами прокариот и присущими им признаками.

Группы прокариот	Признаки
А Клубеньковые бактерии Б Цианобактерии В Зеленые бактерии Г Нитрифицирующие бактерии	1 Паразитический образ жизни 2 Способность к хемосинтезу 3 Фотосинтез с выделением кислорода 4 Фотосинтез без выделения кислорода 5 Способность фиксировать атмосферный азот

IV. ВОПРОСЫ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

- Почему некоторые свободноживущие виды протист, попав в организм человека или животных, переходят к паразитическому образу жизни?
- Почему в клетках протист разнообразие органелл больше, чем в клетках многоклеточных эукариот?
- Почему настоящие многоклеточные организмы известны лишь среди эукариот?

ТЕМА 3.

МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ ОРГАНИЗМЫ

- Особенности строения и функций многоклеточных организмов;
- регуляторные системы многоклеточных организмов;
- колониальные многоклеточные организмы.

§ 40.

МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ ЭУКАРИОТЫ



Вспомните: к каким царствам живой природы относятся многоклеточные организмы? Что такое вегетативное размножение? Какие уровни организации жизни вам известны? Каковы особенности строения клеток растений, грибов и животных?

*** Царства эукариот.** Ранее мы рассмотрели особенности организации одноклеточных эукариот. Многоклеточные эукариоты относятся к одному из трех царств: Растения, Грибы и Животные и находятся на организменном уровне организации живой материи. Иногда для удобства применения описательно-сравнительного метода исследований гистологи выделяют тканевый и органнйй уровни организации. В отличие от настоящих уровней организации (клеточного, организменного, популяционно-видового, экосистемного и биосферного), эти уровни не имеют специфических черт

обмена веществ и превращений энергии, способны к автономному существованию в естественной среде.

• **Царство Растения.** Как вы помните, клетки растений окружены плотной клеточной стенкой, расположенной над плазматической мембраной. В ее состав входят различные полисахариды, в первую очередь целлюлоза. Связи между соседними клетками обеспечиваются благодаря плазмодесмам. Цитоплазма клеток растений часто содержит вакуоли с клеточным соком, а также различные пластиды. Благодаря наличию хлорофилла большинство растений способно к фотосинтезу, то есть автотрофному питанию. Насекомоядные (росянка, непентес и др.; рис. 40.1, 1) или так называемые полупаразитические (например, омела; рис. 40.1, 2) растения относятся к миксотрофам. Они способны к фотосинтезу, однако наряду с этим потребляют органические соединения насекомых (насекомоядные растения) или растения-хозяина (омела). Некоторые паразитические растения (например, Петров крест, повилика; рис. 40.2) - гетеротрофы; они не имеют хлорофилла и питаются исключительно органическими соединениями растения-хозяина.

В результате фотосинтеза в цитоплазме растительных клеток откладываются полисахариды, обычно крахмал. Кроме хлорофилла, в клетках растений часто содержатся желтые, красные или бурые пигменты (ксантофилл, антоцианы и т. п.), придающие соответствующую окраску клеткам.

• **Царство Грибы** объединяет гетеротрофные организмы, среди которых известны сапротрофные, симбиотрофные и паразитические виды. Симбиотрофами называют организмы, питание которых зависит от организмов других видов, с которыми они находятся в мутуалистических отношениях (рис. 40.3). В состав клеточных стенок грибов часто, кроме других полисахаридов, входит полисахарид хитин. В цитоплазме отсутствует клеточный центр (**вспомните его строение и функции**). Там же запасается полисахарид гликоген, а в вакуолях - гранулы белков. Продуктом обмена азотсодержащих соединений является мочеви́на. В плодовых телах и грибнице часто присутствуют несколько типов клеток, однако настоящие ткани отсутствуют.



Рис. 40.1. Миксотрофные растения: 1 – насекомоядное растение росянка; 2 – растение полупаразит (омела)



Рис. 40.2. Паразитическое гетеротрофное растение Петров крест



Рис. 40.3. Микориза – следствие симбиоза шляпочных грибов с корневой системой растений

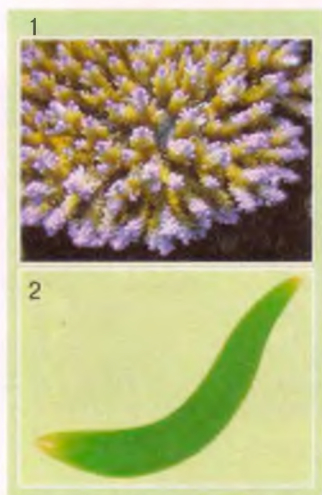


Рис. 40.4. Животные, имеющие в своих клетках водоросли: 1 – коралловые полипы из рода *Акропора*; 2 – ресничный червь

• **Царство Животные.** Многоклеточные животные - исключительно гетеротрофы, хотя некоторые из них содержат в клетках симбиотические водоросли, в результате чего приобретают зеленый цвет (например, некоторые виды губок, гидр, ресничных червей; рис. 40.4). Большинство многоклеточных животных способно активно передвигаться с помощью мышц.

Животные клетки не имеют плотной стенки, над плазматической мембраной расположен лишь тонкий упругий слой гликокаликса. Благодаря отсутствию плотной клеточной стенки некоторые клетки способны к фагоцитозу. Запасным полисахаридом, как и у грибов, является гликоген.

• **Особенности организации многоклеточных эукариот.** Мы уже знаем, что каждая клетка, входящая в состав многоклеточных организмов, предназначена для осуществления лишь определенных функций. Соответственно разные типы клеток отличаются особенностями строе-

ния, то есть дифференцированы. Поэтому функционирование многоклеточного организма как целостной биологической системы обеспечено согласованной деятельностью всех его клеток. У многоклеточных эукариот разнообразные проявления процессов жизнедеятельности (питание, дыхание, выделение, раздражимость и т. п.) лишь частично осуществляются на клеточном уровне, а преимущественно - вследствие взаимодействий тканей, органов и систем органов.

Для многоклеточных организмов характерно индивидуальное развитие (онтогенез), которое начинается от зарождения и заканчивается смертью. Онтогенез, в свою очередь, включает зародышевый и послезародышевый периоды развития.

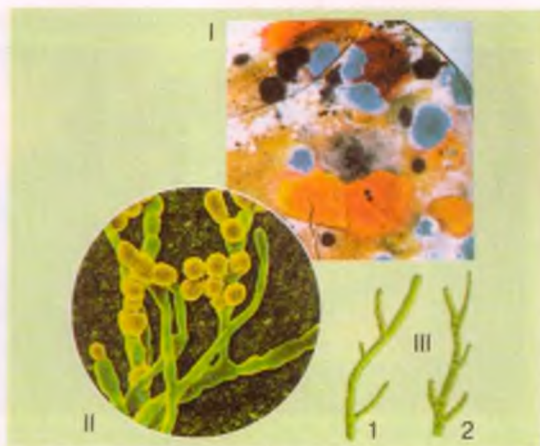
Среди многоклеточных так же, как и среди одноклеточных, встречаются колониальные организмы. Они образуются в результате вегетативного размножения, когда особи дочерних поколений остаются соединенными с материнской (например, колонии коралловых полипов).

• **Многоклеточные организмы, не имеющие тканей.** У многоклеточных грибов, водорослей и некоторых животных (например, губок) выраженные ткани отсутствуют, потому что их клетки слабо взаимодействуют между собой. Внешний слой клеток образует покровы, отделяющие внутреннюю среду организма от внешней.

Тело многоклеточных грибов состоит из последовательно размещенных клеток, образующих нити - *гифы*. Гифам присущи верхушечный рост и боковое ветвление. Их совокупность называется *грибница*, или *мицелий* (рис. 40.5). Гифы способны быстро расти: у некоторых грибов за одни сутки мицелий разрастается на много метров. Часть мицелия расположена внутри среды, на которой растет гриб (субстратный мицелий), другая часть — на ее поверхности (воздушный мицелий). За счет воздуш-



Рис. 40.5. Грибы – царство гетеротрофных организмов: I – мицелий плесневых грибов на хлебе; II – гифы плесневых грибов, на верхушках которых образуются споры; III – гифы плесневых грибов (1 – не поделены перегородками на отдельные клетки, 2 – поделены на отдельные клетки)



ного мицелия образуются так называемые плодовые тела, служащие для размножения спорами. Все грибы - гетеротрофные организмы.

Тело **многоклеточных водорослей** называется **таллом**, или **слань**. Разные группы водорослей различаются совокупностью пигментов, структурой хлоропластов, продуктами фотосинтеза, особенностями строения митохондрий и т. п. Отдел бурых (рис. 40.6) водорослей представлен исключительно многоклеточными видами. Среди зеленых водорослей, кроме одноклеточных и колониальных, известны настоящие многоклеточные (хара) и так называемые нитчатые, тело которых, подобно гифе, образовано нитями из последовательно соединенных клеток.

К **многоклеточным не имеющим тканей животным** относится несколько тысяч водных видов, которые объединяют в тип Губки (рис. 40.7). Их мешковидное тело состоит из стенок и заполненного водой внутреннего пространства, открывающегося в окружающую среду отверстием. Через него из тела животного выходит вода с неперевааренными остатками пищи. Снаружи и изнутри стенки тела покрыты защитным слоем плотно прилегающих друг к другу клеток. Основная часть стенки тела состоит из бес-

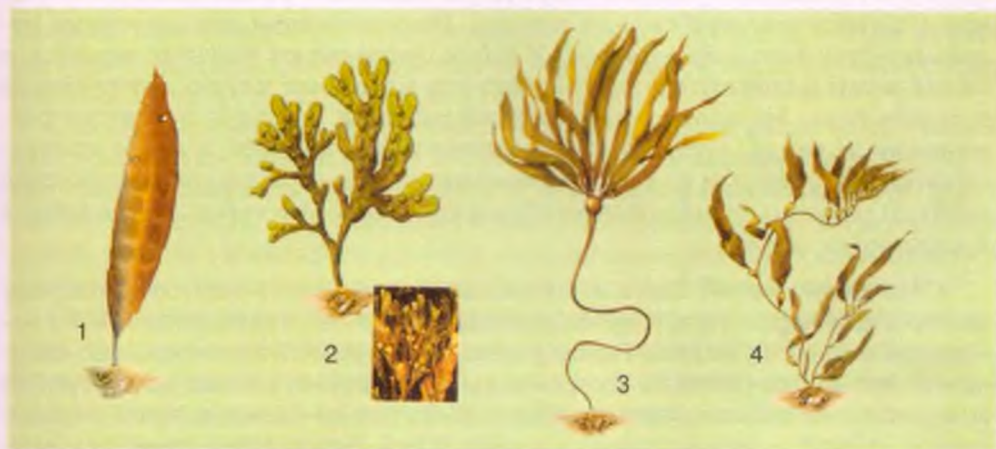


Рис. 40.6. Бурые водоросли из родов Ламинария (1), Фукус (2), Макроцистис (3), Нереоцистис (4)



*Рис. 40.7. Губки – многоклеточные животные, не формирующие тканей (1).
Схема строения губки (2); воротничковая клетка со жгутиком (3)*

порядочно расположенных клеток нескольких типов; в ней находятся опорные элементы (скелет), система полостей и каналов, через которые вода попадает из внешней среды во внутреннее пространство губки. Эти каналы начинаются маленькими отверстиями - порами. Скелет состоит из твердых крепких игл, состоящих из CaCO_3 (так называемые известняковые губки), SiO_2 или гибких волокон из рогоподобного органического вещества; две последние разновидности скелета часто находятся в одном организме, дополняя друг друга (SiO_2 придает животному прочность, а волокна - гибкость).

С каналами связаны так называемые воротничковые клетки со жгутиком, окруженным особым образованием («воротничком»). Битье жгутиков вызывает движение воды через тело животного; они же загоняют питательные частицы (преимущественно разные одноклеточные организмы) под воротничок, где их захватывают псевдоподии. У губок пищеварение исключительно внутриклеточное. Его в основном обеспечивают способные к фагоцитозу амебоидные клетки. Размножаются эти животные половым путем или почкованием. У губок отсутствуют половые железы, а яйцеклетки и сперматозоиды образуются из особых клеток, рассеянных в толще тела. Из оплодотворенной яйцеклетки выходит покрытая ресничками личинка, которая определенное время плавает, а затем прикрепляется к различным подводным предметам и превращается во взрослую особь. В результате почкования образуются колонии губок. Встречаются и одиночные особи.

● **Что такое ткань?** Тканью называют совокупность клеток, подобных по строению, функциям и происхождению. Каждая ткань выполняет в организме особые функции. Ткани растений и животных значительно отличаются по формированию и строению. У животных разные типы тканей возникают во время эмбрионального развития из определенных зародышевых тканей - зародышевых листков (экто-, мезо- и энтодермы); у высших растений все ткани берут начало от образовательной ткани (меристемы). Существенное отличие между тканями животных и растений состоит



еще и в том, что ткани животных часто построены не только из клеток, а также из межклеточного вещества, которое является продуктом жизнедеятельности самих клеток. Отдельные клетки так называемых жидких тканей (кровь, лимфа и т. п.) погружены в межклеточную жидкость. В тканях растений межклеточного вещества практически нет. Зато между оболочками растительных клеток часто расположены полости — межклетники. Содержимое соседних клеток соединено плазмодесмами.

Ткани животных изучает наука **гистология** (от греч. *гистос* - ткань и *логос* - знание, слово, наука). Микроскопическое строение тканей растений исследует микроскопическая анатомия.

• **Явление дифференциации клеток и формирование тканей.** Все многоклеточные организмы берут свое начало от одной клетки — зиготы, споры и т. п. В ДНК этой клетки закодирована вся наследственная информация о будущем организме. Дочерние клетки, хотя и являются копиями материнской, однако с каждым последующим делением все больше отличаются от нее. Впоследствии они превращаются в клетки, характерные для определенных тканей в составе тех или иных органов. Такой процесс получил название **дифференциации**. Во взрослом организме места отмерших клеток занимают им подобные, а все клетки органов и тканей действуют согласованно (явление интеграции). Следовательно, существуют определенные взаимодействия между клетками, которые обеспечивают согласованный рост и развитие молодого организма и стабильность зрелого. Что же известно о таких взаимодействиях?

Ученые установили, что уже на ранних этапах деления зиготы одни клетки зародыша влияют на другие. Это явление называли зародышевым взаимодействием (**эмбриональной индукцией**). Оно во многом остается неисследованным до нашего времени. Доказано, что некоторые зародышевые клетки (так называемые организаторы) выделяют определенные вещества, которые направляют дифференциацию других клеток. Так, реализуя лишь определенную часть собственной наследственной информации, эти клетки становятся эпителиальными, нервными, мышечными и т. п. Важную роль в дифференциации играют так называемые **стволовые клетки**, при каждом делении которых одна из дочерних клеток играет роль организатора. Сам термин «стволовая клетка» предложил в 1909 году русский гистолог А.А. Максимов (1874-1928).

Стволовые клетки расположены в особых местах различных тканей (в основном внутренней среды и эпителиальных) человека и многих позвоночных животных. Они способны к делению, при этом им свойственно самоподдержание: после деления одна из дочерних клеток остается стволовой, другая - дифференцируется. Они также определяют способность к регенерации, восстанавливая клеточный состав организмов.

Стволовые клетки характеризуются рядом специфических особенностей. Во-первых, они способны делиться неограниченное количество раз. Во-вторых, при введении стволовых клеток в организм, они находят зону повреждения и приживаются в ней, обеспечивая возобновление клеточного состава и потерянных функций.

Следует отметить, что стволовых клеток в организме человека очень мало: у зародыша человека одна такая клетка приходится на 10 000 дру-

гих, а у человека в возрасте свыше 60 лет - на 5-8 млн. Если стволовые клетки теряют свои свойства, организм обречен на гибель. Спасти его может только операция по введению стволовых клеток, полученных от донора (**вспомните, кто такой донор**), например путем пересадки красного костного мозга.

У зародышей млекопитающих стволовые клетки могут давать начало всем типам клеток. Во взрослом организме они лишь поддерживают количество дифференцированных клеток на необходимом для обеспечения жизнеспособности уровне.

● **Что такое Орган?** Орган - это часть организма, которая имеет определенное строение, выполняет одну или несколько специфических функций. Обычно органы состоят из тканей разных типов, но часто преобладает один из них (например, в сердце - мышечная ткань, почках растений - образовательная и т. п.). Органы, выполняющие общие функции, составляют определенную систему органов. Так, у большинства многоклеточных животных развиты пищеварительная, дыхательная, кровеносная, выделительная, нервная, половая и другие системы.

Органы определенной системы могут быть пространственно связаны между собой (пищеварительной или дыхательной) или «разбросаны» в организме и объединены лишь функционально (эндокринной).

Органы разных систем могут временно выполнять общие функции, образуя функциональную систему органов, например во время бега согласованно работают опорно-двигательная, дыхательная, кровеносная, нервная системы и т. п.

Органы многоклеточных организмов подразделяют на предназначенные для размножения (репродуктивные) и обеспечивающие все другие процессы жизнедеятельности - обмен веществ, движение, рост и т. п. Репродуктивные органы растений, которые служат для полового размножения, называют генеративными, а животных - половыми.

Ключевые термины и понятия. Колониальные организмы, ткань, орган, система органов, функциональная система органов.

Многоклеточные эукариоты относятся к одному из трех царств: Растения, Грибы или Животные.

Клетки, входящие в состав многоклеточных организмов, предназначены для осуществления лишь определенных функций, то есть дифференцируются на протяжении ряда последовательных делений. Поэтому функционирование многоклеточного организма как целостной биологической системы обеспечено согласованной деятельностью всех его клеток. Многоклеточным организмам присуще индивидуальное развитие (онтогенез). Стволовые клетки дают начало всем дифференцированным клеткам на протяжении всего периода онтогенеза.

Колониальные организмы образуются путем вегетативного размножения, когда особи дочерних поколений остаются соединенными с материнской.

У многоклеточных грибов, водорослей и некоторых животных (например, губок) более-менее дифференцированные клетки



почти не взаимодействуют между собой, поэтому такие организмы не имеют тканей. Тело многоклеточных грибов состоит из последовательно размещенных клеток, которые образуют нити - гифы. Их совокупность называется грибница, или мицелий. У многоклеточных водорослей тело имеет название таллом, или елань. Мешковидное тело губок состоит из стенок и заполненной водой внутренней полости.

Большинство многоклеточных животных и все высшие растения имеют ткани и органы. Ткань — совокупность подобных по строению, функциям и происхождению клеток. Орган - часть организма, которая имеет определенную форму и строение, выполняет одну или несколько специфических функций.

Органы, выполняющие общие функции, образуют систему органов. Органы разных систем могут совместно выполнять определенную функцию, образуя временную функциональную систему.

У многоклеточных организмов органы размножения (репродуктивные) отличаются от всех остальных.

Кратко
о
главном



Вопросы для самоконтроля

1. Чем характеризуются многоклеточные животные, растения и грибы?
2. Чем отличаются колониальные и многоклеточные организмы?
3. Какие многоклеточные организмы не имеют тканей?
4. Что такое ткань?
5. Что представляют собой ствольные клетки и каково их биологическое значение?
6. Что такое орган, система органов и функциональная система органов?
7. Какие органы называют репродуктивными и генеративными?

Подумайте. Что общего и отличного в организации многоклеточных животных, растений и грибов?

§ 41. ТКАНИ РАСТЕНИЙ



Вспомните: какие растения относятся к водорослям, а какие - к высшим растениям? Каково строение стенки растительных клеток? Как построен стебель многолетнего деревянистого растения? Что такое секреция и экскреция?

Ткани растений делят на образовательные, покровные, проводящие, механические и основные.

• **Образовательные ткани (меристема)** состоят из мелких, плотно прилегающих друг к другу клеток. Они имеют тонкие клеточные стенки с невысоким содержанием целлюлозы, большое ядро и обычно лишены вакуолей. Клетки образовательных тканей способны к делению и росту, что возможно благодаря растяжимой оболочке. Образовательные ткани практически не имеют межклеточного вещества. Клетки меристемы при созревании превращаются (дифференцируются) в клетки других типов.

По месту расположения выделяют верхушечную, вставную и боковую меристемы. Верхушечная меристема размещена на верхушке побега (конус нарастания) или корня (зона деления) и обеспечивает рост в длину



Рис. 41.1. Верхушечная меристема на верхушке побега (1) и корня (2)

(верхушечный рост) (рис. 41.1). Вставная меристема расположена возле оснований междоузлий некоторых растений (например, злаков) и обеспечивает их удлинение (вставной рост). Боковая меристема в виде цилиндра находится внутри стебля или корня многолетних растений и обеспечивает их утолщение.

Различают также первичную и вторичную меристемы. Первичная меристема закладывается на верхушках зародышевых корня и стебля. Вторичные меристемы возникают из различных зрелых клеток, сохранивших способность к делению (например, пробковый камбий - из клеток основной ткани или кожицы).

При повреждении тканей или вегетативном размножении некоторые клетки эпидермы, основной ткани и т. п. также способны к делению. Они обеспечивают регенерацию или образование новых особей.

• **Покровные ткани** расположены на поверхности органов и отмежевывают их от внешней среды. Они защищают организм от влияний неблагоприятных внешних факторов, обеспечивают его взаимосвязь с окружающей средой, регулируют процессы газообмена и испарения воды (транспирации). Различают первичную (эпидерма, или кожица) и вторичные (пробка) покровные ткани.

Эпидерма (кожица) состоит из одного или нескольких слоев прозрачных живых клеток, плотно прилегающих друг к другу, поэтому межклетники практически отсутствуют (рис. 41.2). Большую часть объема этих клеток занимает вакуоль с клеточным соком, а цитоплазма имеет вид тонкого пристеночного слоя, в котором находится ядро. Клетки кожицы обычно бесцветны. Исключение составляют некоторые водные высшие

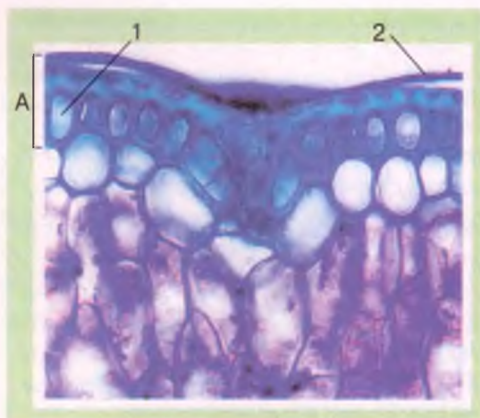
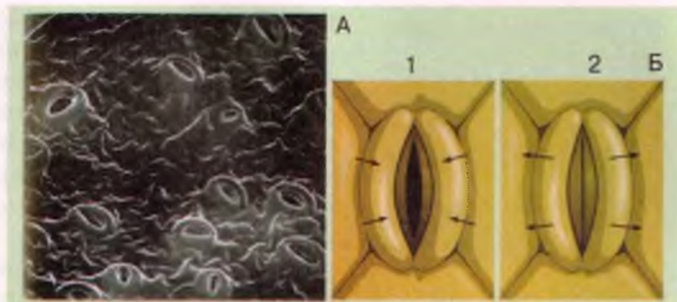


Рис. 41.2. Кожица (эпидерма): А – покровные клетки (1), слой восковидного вещества (2)

растения, теневыносливые папоротники и клетки устьиц, содержащие хлоропласты. Иногда клетки кожицы окрашены в синий или фиолетовый цвет благодаря наличию соответствующих пигментов в клеточном соке. Внешние стенки этих клеток заметно толще внутренних и часто пропитаны минеральными веществами (например, у хвощей откладывается SiO_2). Кожица покрывает все органы однолетних и молодые побеги многолетних древесных растений в течение одного вегетационного периода, а ее клетки долго сохраняют способность к делению.

Рис. 41.3. Строение (А) и схема строения (Б) устьиц. Когда вода заходит в клетки устьиц, давление в них растет и устьичная щель открывается (1). Когда вода оставляет клетки устьиц, давление в них падает и щель закрывается (2)



Сверху эпидерма обычно покрыта продуктом секреции своих клеток - особым слоем восковидного вещества (кутикулой), предотвращающего испарение воды. Лучше всего этот слой развит у растений засушливых местностей, например у некоторых пальм его толщина может достигать 5 мм. Интересно, что таким растениям легче выживать в больших городах. Толстый слой кутикулы защищает их от влияния загрязненного воздуха.

Попарно расположенные бобовидные клетки устьиц, содержащие хлоропласты, окружают устьичные щели и обеспечивают их раскрытие или закрытие (рис. 41.3). Стенки этих клеток вокруг устьичной щели толще стенок, обращенных к соседним клеткам. Если давление цитоплазмы возрастает, внешние стенки растягиваются, а внутренние вгибаются, и щель расширяется. Когда давление падает, устьичная щель закрывается, что предотвращает испарение воды. Днем, когда в клетках происходит фотосинтез, внутриклеточное давление увеличивается и устьичная щель открывается, а ночью, когда фотосинтез прекращается, давление падает и щель закрывается. Через устьица также происходит транспирация. Устьица обычно расположены с обеих сторон листа, но более всего их с нижней стороны. Количество устьиц может достигать нескольких сотен на 1 мм².

Особые образования кожицы — водяные устьица - несколько клеток, окружающих щель, через которую на поверхность выделяются капли жидкости. Это происходит в том случае, когда воздух перенасыщен вла-

гой и растение не может испарять необходимое количество воды. Водяные устьица чаще всего расположены по краям листьев и обычно характерны для растений, произрастающих в условиях влажного климата.

На эпидерме часто имеются одно- или многоклеточные волоски разнообразного строения, представляющие собой живые или отмершие удлиненные клетки. Одни из них защищают растение от избыточных потерь влаги, другие - от выедания животными или выполняют секреторную функцию (железистые волоски) (рис. 41.4). Железистые волоски жгучей крапивы пропитаны SiO₂ и содержат заполненные муравьиной кислотой вакуоли. Заостренная верхушка волоска легко пронзает кожу человека или животных. Вместе



Рис. 41.4. Железистые волоски (фотография сделана с помощью сканирующего микроскопа)



Рис. 41.5. Корневые волоски



Рис. 41.6. Пробка с чечевичкой (1)

с ней в ранку попадает кислота, сильно раздражающая кожу. Одревесневшие волоски - шипики, расположенные на коже малины, ежевики и некоторых других растений, защищают их от выедания животными. Минеральное питание в основном происходит через корневые волоски - выросты клеток кожицы всасывающей зоны корня (рис. 41.5).

Пробка замещает эпидерму у древесных и многолетних травянистых растений. Особый пробковый камбий кнаружи образует слой клеток, утолщенные стенки которых пропитаны липидами и непроницаемы для газов и воды. Поэтому их содержимое быстро отмирает. Так возникает слой пробки. Вовнутрь пробковый камбий продуцирует живые клетки основной ткани. Клетки пробки вытянуты, плотно прилегают друг к другу и расположены во много слоев (рис. 41.6). Верхние слои пробки со временем отшелушиваются, поэтому пробковый камбий в течение всего существования растения образует новые клетки.

На поверхности пробки есть *чечевиčky*, через которые происходит газообмен. Они имеют вид бугорков со щелью посередине (рис. 41.6). Внешне напоминают семена чечевицы, откуда и происходит их название.

• **Проводящие ткани** обеспечивают два потока веществ: восходящий (растворы минеральных солей, а также органических веществ передвигаются от корня к надземным частям растения и дальше) и нисходящий (синтезированные в зеленых побегах органические вещества поступают к другим органам). Эти потоки осуществляются в двух типах проводящих тканей — ксилеме и флоэме. Кроме проводящих элементов (сосуды, трахеиды в ксилеме; ситовидные трубки во флоэме), в состав комплексной ткани

входят клетки основной и механической тканей.

Ксилема пронизывает все части растения и образует целостную проводящую систему. Она состоит из собственно проводящих элементов (стенок отмерших клеток - сосудов и трахеид), а также живых сопутствующих клеток основной ткани (рис. 41.7, 1). Трахеиды - одноклеточные образования веретенообразной формы длиной от долей миллиметра до 12 см (у лотоса), оболочки которых пронизаны мелкими отверстиями - порами (рис. 41.7, 2).

Стенки удлиненных клеток сосудов пропитаны жироподобным веществом. Они

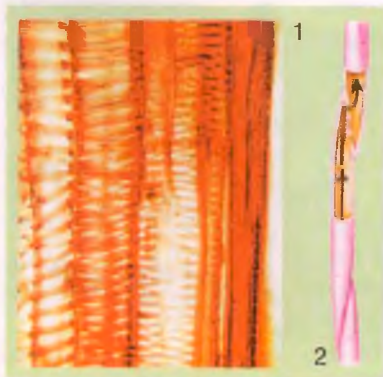
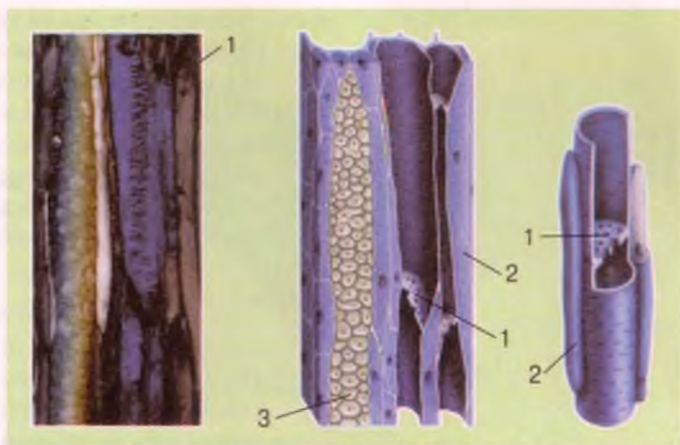


Рис. 41.7. Сосуды (1) и трахеиды (2)



Рис. 41.8. Флоэма:
 1 – ситовидные пластинки (через их отверстия соединяется цитоплазма двух соседних клеток);
 2 – клетки-спутницы;
 3 – клетки основной ткани, окружающие ситовидные трубки



расположены последовательно одна за другой; поперечные стенки между ними имеют большие отверстия или вообще отсутствуют. Средняя длина такого сосуда составляет приблизительно 10 см, но иногда может достигать нескольких метров (например, у дуба - до 2 м), диаметр - около 0,5 мм. Стенки сосудов и трахеид имеют утолщения разнообразной формы (в виде колец, спиралей, сплошных наслоений с порами и т. п.), препятствующими их слипанию.

Элементы ксилемы одновременно выполняют опорную функцию благодаря утолщенным твердым стенкам. Так, в стеблях древесных растений расположенные ближе к сердцевине сосуды часто закупорены жироподобным веществом; теряя проводящую функцию, они усиливают опорную. Весной по ксилеме к побегам поступают не только растворы минеральных солей из почвы, но и сахара, образующиеся в результате гидролиза крахмала в запасующих тканях корней и стеблей. Они служат для роста листьев до начала фотосинтеза.

Флоэма, как и ксилема, является комплексной тканью. Кроме проводящих элементов, в ее состав входят клетки основной и механической ткани. Проводящие элементы флоэмы состоят из ситовидных трубок - живых удлинённых клеток, лишенных ядер (рис. 41.8). Они последовательно соединены между собой поперечными участками стенок — ситовидными пластинками, пронизанными большим количеством пор и поэтому напоминающими сито. Через отверстия пластинок соединяется цитоплазма соседних клеток и осуществляется нисходящий поток растворов органических веществ. Стенки клеток утолщены, но не одревесневают. Рядом с ситовидными трубками расположены клетки-спутницы с ядрами. Через поры этих клеток в цитоплазму ситовидных трубок поступают вещества, ускоряющие передвижение органических соединений.

Сосуды, трахеиды и ситовидные трубки вместе с механическими и основными тканями образуют **сосудисто-волокнистые пучки**, например жилки листьев (рис. 41.9). Их подразделяют на закрытые и открытые. Закрытые сосудисто-волокнистые пучки, в отличие от открытых, лишены камбия и потому неспособны к утолщению. Закрытые пучки присущи однодольным, открытые - голосеменным и двудольным растениям. Проводящую функцию выполняют также клетки основной ткани, кото-

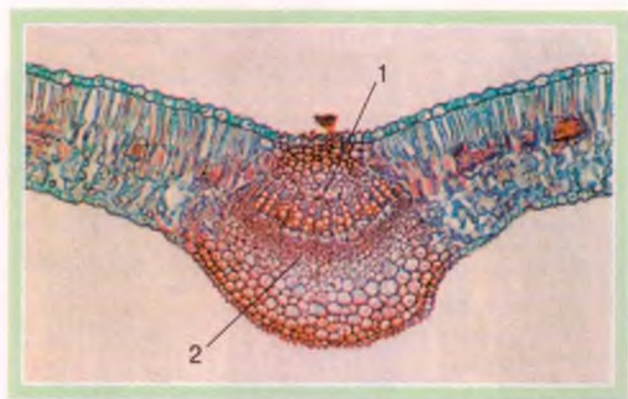


Рис. 41.9. Строение сосудисто-волокнистого пучка (жилка листа):
1 – ксилема; 2 – флоэма

рые служат для транспорта веществ между тканями (например, сердцевинные лучи обеспечивают перемещение веществ в горизонтальном направлении между разными слоями стебля: корой, камбием, древесиной и сердцевиной).

Молочники — система удлинённых клеток, по которым движется сок молочно-белого (одуванчик, разные молочаи и т. п.) или оранжевого (чистотел) цвета, под названием **латекс**. Это смесь жидкостей, в которой, кроме водного раствора сахаров, белков и минеральных веществ, есть капли липидов и других гидрофобных соединений. Из латекса получают каучук.

Механические ткани выполняют опорные функции: придают растению упругость и прочность, поддерживают его части в определенном положении. Они состоят из живых или отмерших клеток. Часто клетки этой ткани вытянуты в виде волокон (лен, конопля и т. п.), но в листьях или плодах их форма может быть другой.

Живые клетки механической ткани (рис. 41.10, 1) имеют неравномерно утолщенные стенки. Они обычно расположены под покровами и чаще всего входят в состав коры молодых побегов преимущественно двудольных растений.

Отмершие клетки механической ткани (рис. 41.10, 2) бывают двух типов. Одни из них имеют вид удлинённых клеток - волокон до 40 мм (лен) и более длиной. Оболочки этих клеток равномерно утолщены и обычно

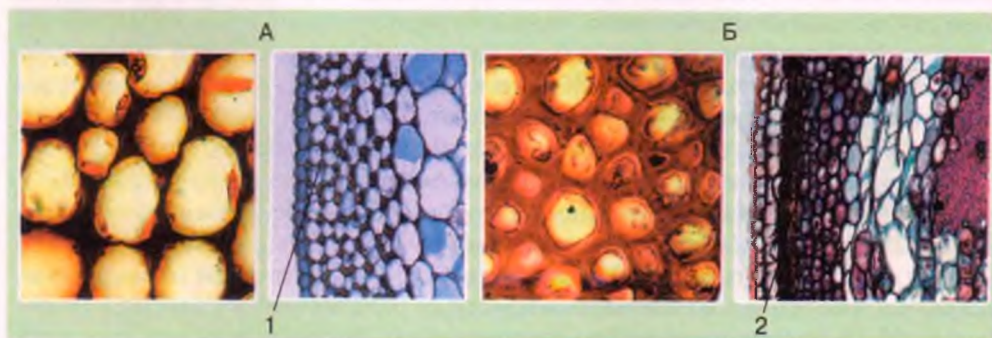


Рис. 41.10. Разнообразие механической ткани. А – ткань, состоящая из живых клеток (1); Б – ткань, состоящая из мертвых клеток (2)

одревесневшие. В стебле эти клетки расположены в виде отдельных пучков или же образуют сплошной цилиндр, на поперечном срезе имеющий вид кольца. Клетки другого типа - округлые или палочковидные. Они часто находятся в плодах (например, каменистые клетки, образующие оболочку косточки плодов вишни, сливы и т. п.).

● **Основные ткани** состоят из живых клеток с тонкими стенками. Между клетками обычно находятся межклетники. Эти ткани расположены между другими, в частности механическими и проводящими, и составляют основную массу растений. В зависимости от особенностей строения и функций различают три вида основной ткани.

Хлорофиллоносная, или ассимиляционная, основная ткань состоит из клеток, содержащих хлоропласты (рис. 41.11, 1). Она находится в зеленых частях (преимущественно в листьях) под покровной тканью. В ее клетках происходит фотосинтез.

Запасающая основная ткань (рис. 41.11, 3) присутствует во всех частях растения, иногда образуя особые слои (например, сердцевина стеблей). В ее клетках расположены лейкопласты, иногда - хромопласты (околоцветник цветков, околоплодник). Главная ее функция - накопление запасных питательных веществ (крахмал и др.), а у растений засушливых местностей - еще и воды (кактусы, агавы и т. п.).

Воздухоносная основная ткань служит для газообмена и имеет межклетники (рис. 41.11, 2). Лучше всего она развита у растений, произрастающих в местностях с низким содержанием кислорода (водные и болотные растения), а также в корнях видов, распространенных на уплотненных почвах. Эта заполненная газом ткань не только способствует газообмену, но и дает возможность водным растениям или их частям удерживаться на поверхности или в толще воды.

Отдельные клетки основной ткани выполняют секреторную функцию, синтезируя смолы, эфирные масла и др. и выделяя их наружу.

* **Экскреция у растений** имеет определенные особенности по сравнению с животными. Экскреторные соединения (экскреты) обычно накапливаются в определенных клетках; так они изымаются из обмена веществ. Наружу часть экскретов выводится через отдельные выделительные клетки или железы (нектарники и т. п.). Часто продукты обмена имеют определенное значение для жизнедеятельности самого организма. Выделительную функцию выполняют видоизменения эпидермы - многоклеточные железистые волоски или пластинки разнообразного строения. Внутри

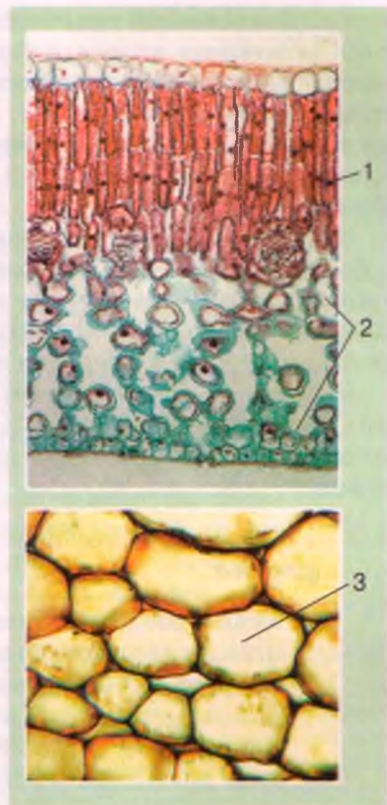


Рис. 41.11. Разные виды основной ткани: 1 - хлорофиллоносная; 2 - воздухоносная; 3 - запасающая

растений в основной ткани есть особенные железистые клетки, где образуются некоторые вещества (преимущественно эфирные масла, бальзам и смолы), межклеточные полости, в которых накапливаются секреты, и система выделительных ходов, которыми они выводятся наружу. Эти ходы пронизывают стебли и частично листья в разных направлениях и окружены оболочкой, состоящей из нескольких слоев отмерших и живых клеток.

Нектарники расположены в цветке или, реже, - на разных частях побегов. Они состоят из клеток основной ткани, образующих нектар; протоков, которыми секрет выходит наружу; покровных клеток, окружающих протоки, и придают нектарнику различные формы (ямчатая, холмовидная, рожковидная и т. п.).

Нектар - водный раствор глюкозы и фруктозы, концентрация которых составляет от 3 до 72 %, с примесями ароматических веществ. Он привлекает опылителей - насекомых и птиц - сладким вкусом и запахом.

Ключевые термины и понятия. *Меристема, эпидерма, ксилема, флоэма.*

Ткани растений бывают образовательные, покровные, проводящие, механические и основные.

Образовательные ткани (меристема) состоят из мелких, плотно прилегающих друг к другу клеток. Эти клетки способны к постоянному или периодическому делению и росту, который возможен благодаря тонкой растяжимой оболочке; при созревании они дифференцируются, то есть превращаются в клетки различных тканей.

По месту расположения выделяют верхушечную, вставную и боковую меристемы, по особенностям развития - первичную и вторичную меристемы.

Покровные ткани расположены на поверхности органов и отграничивают их от внешней среды. Они защищают организм от влияний неблагоприятных внешних факторов, осуществляют его взаимосвязь с окружающей средой, регулируют процессы газообмена и испарения воды (транспирации). Различают первичную (эпидерма, или кожица) и вторичную (пробка) покровные ткани.

Эпидерма (кожица) состоит из одного или нескольких слоев прозрачных живых клеток, плотно прилегающих друг к другу, поэтому межклетники отсутствуют. Сверху эпидерма обычно покрыта восковым слоем - кутикулой, который предотвращает испарение воды через ее поверхность. В эпидерме размещены регулирующие газообмен устьица.

Пробка со временем замещает эпидерму у древесных и многолетних травянистых растений. Она состоит из утолщенных оболочек отмерших клеток. На поверхности пробки есть особые образования — чечевички, через которые осуществляется газообмен.

Проводящие комплексные ткани (ксилема и флоэма) обеспечивают восходящий (растворы минеральных солей, а также орга-

Кратко
о
главном

нических веществ передвигаются от корня к надземным частям растения) и нисходящий (синтезированные в зеленых побегах органические вещества поступают к другим органам) потоки веществ.

- ▶ Сосуды, трахеиды и ситовидные трубки вместе с механическими и основными тканями образуют сосудисто-волокнистые пучки, например жилки листьев.
- ▶ Механические ткани выполняют опорные функции: придают растению упругость и прочность, поддерживают его части в определенном положении. К ним относятся живые и мертвые клетки (волокна) с утолщенными стенками.
- ▶ Основные ткани образованы живыми клетками с тонкими стенками и большими межклетниками. Они расположены между другими тканями. В зависимости от особенностей строения и функций различают разные виды основной ткани, например хлорофиллоносную, или ассимиляционную, запахающую, воздухоносную. Отдельные клетки основной ткани выполняют секреторную функцию, синтезируя летучие вещества – смолы, эфирные масла и др. и выделяя их наружу.

**Кратко
о
главном**



Вопросы для самоконтроля

1. Какие типы растительных тканей вы знаете? 2. Что такое образовательные ткани? Какие виды меристем вам известны? 3. Какие функции осуществляют покровные ткани? Какие есть виды покровных тканей? 4. Что такое эпидерма и пробка? 5. Что такое устьица, из каких клеток они состоят? Каковы их функции? 6. Что такое пробка и пробковый камбий? 7. Каковы строение и функции проводящих тканей? 8. Каковы строение и функции механических тканей? 9. Каковы строение и функции основных тканей? 10. Какие особенности экскреции и секреции у растений?

Подумайте.

1. В каких условиях произрастают растения, листья которых лишены устьиц? 2. Какую роль играют ароматические и пластичные вещества (эфирные масла, бальзамы, смолы) в жизни растений? Ответ аргументируйте.

§ 42. ТКАНИ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ. ГИСТОТЕХНОЛОГИЯ

Вспомните:

что такое межклеточное вещество? Что такое нервный импульс, рефлекс, фагоцитоз, регенерация? Какие функции крови? Что такое замкнутая и незамкнутая кровеносные системы? Что такое нейrogормоны и нейромедиаторы? Что такое гомеостаз? Какие основные направления биотехнологических исследований?

Современная классификация тканей животных и человека утверждена в 1987 г. на Международном анатомическом конгрессе. Согласно ей выделяют четыре основных типа тканей: эпителиальные, мышечные, нервные и внутренней среды.

● **Эпителиальные ткани** покрывают тело, выстилают его полости и полости внутренних органов. Они образованы одним или многими слоями

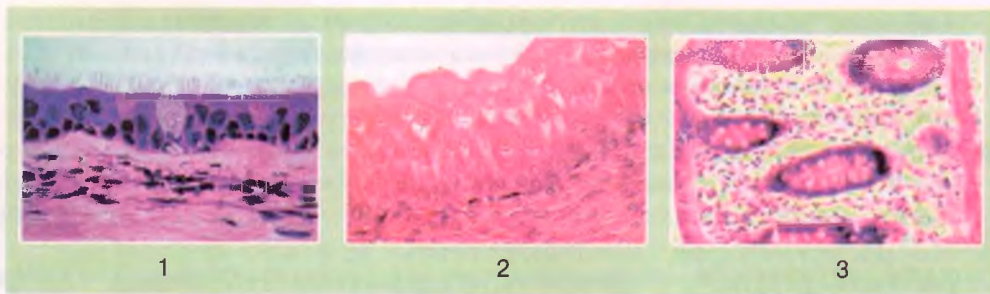


Рис. 42.1. Эпителиальные ткани: 1 – мерцательный эпителий; 2 – покровный эпителий; 3 – железистый эпителий

плотно прилегающих друг к другу клеток. Межклеточное вещество в эпителиальных тканях почти отсутствует. Клетки полярные: их верхушка отличается по строению от основы и может иметь реснички (мерцательный эпителий; рис. 42.1). Покровный эпителий часто выделяет наружу плотную внешнюю оболочку - кутикулу (членистоногие, круглые черви и др.). У моллюсков и некоторых других животных покровный эпителий выделяет наружу защитную раковину из органических и минеральных соединений.

Клетки эпителия в основном расположены на базальной мембране - тонком слое межклеточного вещества. В эпителии отсутствуют кровеносные сосуды, потому его клетки питаются за счет поступления через базальную мембрану питательных веществ от расположенных глубже тканей.

Различают несколько видов эпителиальных тканей (рис. 42.1). **Покровный однослойный эпителий** образует кожные покровы многих беспозвоночных животных, а также ланцетников. Кроме того, однослойный эпителий выстилает вторичную полость тела, образует внутренние оболочки кишечника, кровеносных и лимфатических сосудов и др. Особая разновидность однослойного эпителия - это мерцательный (рис. 42.1, 1), выстилающий стенки дыхательных путей. **Покровный многослойный эпителий** образует верхний слой кожи (эпидермис) позвоночных животных и выстилает полость рта. Клетки его внутреннего слоя способны к делению, а внешнего - могут роговеть, погибать и постепенно отшелушиваться. Поэтому на местах отмерших клеток оказываются клетки из расположенных глубже слоев, что способствует обновлению эпителия. У многих позвоночных животных ороговевшие участки в определенных частях тела образуют структуры, выполняющие защитные и другие функции: чешуя пресмыкающихся, перья и клюв птиц, когти, ногти, рога, копыта млекопитающих и т. п.

Клетки **железистого эпителия** (рис. 42.1, 3) выделяют различные вещества и часто входят в состав желез.

По форме клеток различают плоский, кубический и цилиндрический типы однослойного эпителия.

Высокая способность эпителиальных тканей к самообновлению (регенерации) является одной из причин самозаживления ран. В целом эпителиальные ткани выполняют разграничительную, защитную, секреторную, газообменную, экскреторную и всасывательную функции.



• **Мышечные ткани** характеризуются способностью к сокращению в ответ на возбуждение - поступление нервного импульса (рис. 42.2). Они входят в состав опорно-двигательной системы и стенок большинства внутренних органов и обеспечивают движения (перемещение в пространстве) всего тела или отдельных его частей, а также определенное фиксированное положение в пространстве - позу. Этим тканям свойственна способность к регенерации (за исключением сердечной мышцы). Их подразделяют на неисчерченные и исчерченные.

Мышечные клетки содержат множество расположенных в определенном порядке пучков миофибрилл - нитей, состоящих из сократительных белков (актина, миозина и др.). Группы клеток собраны в пучки, между которыми расположена соединительная ткань с кровеносными и лимфатическими сосудами и нервными волокнами.

Неисчерченная (гладкая) мышечная ткань состоит из клеток, которые чаще всего имеют веретенообразную форму, одно ядро и входят в состав гладких мышц (рис. 42.2, А). Их сократительные волокна лишены исчерченности, а сокращения непроизвольные и медленные. Клетки этой ткани способны к сильному растяжению и длительное время могут находиться в состоянии сокращения. Неисчерченные мышцы - часть оболочек внутренних органов позвоночных

животных. Мускулатура плоских и кольчатых червей, а также моллюсков и некоторых других животных образована неисчерченными мышцами.

Исчерченная (поперечнополосатая) мышечная ткань состоит из многоядерных удлинённых волокон (рис. 42.2, Б). Их клетки кажутся исчерченными, потому что в них правильно чередуются светлые и темные диски из сократительных белков актина и миозина, имеющих разные коэффициенты преломления света. Исчерченные мышцы способны сокращаться значительно быстрее, чем неисчерченные. Различают исчерченные скелетную и сердечную мышечные ткани.

Исчерченные скелетные мышечные волокна образуют скелетные мышцы, соединенные сухожилиями с элементами скелета, реже - с кожей. Они входят в состав опорно-двигательной системы; это также мышцы языка, глотки, гортани, верхней части пищевода, диафрагмы. Отдельные волокна и мышцы в целом покрыты соединительнотканной оболочкой, предотвращающими избыточное растяжение. Исчерченная мышечная ткань развита у человека, позвоночных животных и членистоногих. У круглых червей (аскарида, острица и др.) мышцы состоят из особенной



Рис. 42.2. Типы мышечных клеток (1 - ядра): А - неисчерченные мышечные клетки; Б - скелетные исчерченные волокна; В - сердечные исчерченные волокна

косоисчерченной мышечной ткани, напоминающей исчерченную по свойствам. Сокращения скелетных мышц человека находятся под контролем коры больших полушарий, то есть происходят произвольно.

Исчерченные сердечные мышечные волокна образуют один из слоев стенок сердца позвоночных животных — миокард и некоторые участки кровеносных сосудов большого диаметра (аорты, верхней полый вены и др.) (рис. 42.2). По особенностям строения они подобны скелетным, но в определенных местах срослены между собой. Такая структура способствует быстрому распространению импульсов, возникающих в особых клетках самого миокарда. Сердечной мышце присущи произвольные сокращения, не зависящие от сознания. Клетки сердечной мышцы имеют название *кардиомиоциты* (от греч. *кардиа* - сердце, *миос* - *мышца* и *китос* - клетка). Они расположены между элементами волокнистой соединительной ткани и покрыты оболочкой, в состав которой, кроме плазматической мембраны, входит еще и базальная, содержащая коллагеновые волокна. По особенностям строения кардиомиоциты делят на три группы. Одни из них, их называют *рабочими*, составляют основу сердечной мышцы. Они имеют вид разветвленных волокон, которые содержат сократительные нити - миофибриллы. Эти рабочие кардиомиоциты образуют межклеточные контакты, объединяясь в сердечные мышечные волокна.

Другая группа кардиомиоцитов - *водители ритма*, обеспечивающие правильную ритмичность сокращений. Эти клетки имеют вид тонких волокон, окруженных рыхлой соединительной тканью. В них периодически возникают нервные импульсы, которые передаются к рабочим кардиомиоцитам и вызывают их сокращение. Благодаря этому сердце способно сокращаться, даже когда нервные импульсы не доходят до него от центральной нервной системы. Часть кардиомиоцитов характеризуется *секреторной активностью*. Они выделяют гормон, регулирующий артериальное давление. Характерной чертой сердечной мышцы является то, что она, в отличие от скелетных, иннервируется лишь вегетативной нервной системой.

Видоизмененные исчерченные мышечные волокна составляют основу электрических органов (известны у более чем 300 видов рыб: электрических скатов, угрей, сомов и др.). Например, у электрических скатов

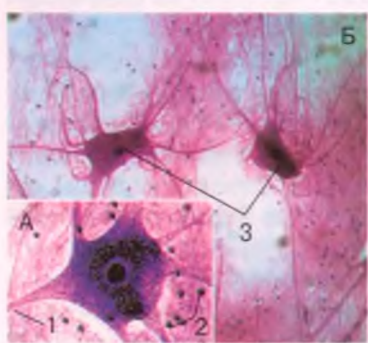


Рис. 42.3. Нервная ткань: А — нейрон с аксоном (1) и дендритами (2); Б — нервная ткань, в состав которой входят нейроны (3)

эти органы расположены между грудными плавниками. Разряды, мощность которых может достигать свыше 200 вольт, рыбы используют для охоты и защиты от врагов.

» **Нервная ткань** способна к возбуждению в ответ на воздействия определенных факторов и его проведению в организме. В ней возникают нервные импульсы электрической природы: они перемещаются по определенным нервным волокнам в противоположных направлениях — от рецепторов к центральной нервной системе и от центральной нервной системы к рабочим органам. Эта ткань состоит из нервных (нейронов) и вспомогательных клеток (рис. 42.3). Совокупность вспомогательных клеток образует **нейроглию**.



Нейрон - клетка, представляющая собой структурно-функциональную единицу нервной системы. Нейроны способны воспринимать раздражения, превращать их в нервные импульсы и проводить эти импульсы к клеткам других типов тканей. В зрелом состоянии нейроны не способны к делению. Как вы помните из курса биологии 9-го класса, нейрон состоит из тела и отростков (аксонов и дендритов). В теле расположены ядро и другие органеллы. *Аксон* - удлинённый (до 1 м в длину) и разветвлённый на конце отросток, по которому импульсы направляются от тела нейрона к другим клеткам. *Дендрит* - в основном короткий, сильно разветвлённый отросток, по которому возбуждение передается от рецепторов или других нейронов к телу нервной клетки.

Нейроны обычно имеют один аксон и один или несколько дендритов. По количеству отростков, отходящих от тела клетки, различают *униполярные* (имеют один отросток, который после выхода из тела клетки разделяется на аксон и дендрит), характерные для беспозвоночных животных, *биполярные* (имеют по одному аксону и дендриту) и *мультиполярные* (содержат один аксон и несколько дендритов) нейроны (рис. 42.4). Кроме проведения нервного возбуждения, некоторые нейроны выделяют нейрогормоны и нейромедиаторы. Первые выполняют в организме те же функции, что и секреты эндокринных желез - гормоны. Вторые (ацетилхолин и т. п.) обеспечивают передачу нервных импульсов между отдельными нейронами или между нейронами и мышечными клетками, а также между нейронами и рабочими органами.

По характеру функций нейроны делят на чувствительные, вставочные и двигательные. *Чувствительные* (сенсорные) нейроны воспринимают раздражители внешней и внутренней среды. *Вставочные* (ассоциативные) - осуществляют связи между отдельными нейронами, а *двигательные* нейроны передают сигналы к рабочим органам. В нервной ткани различают серое вещество, состоящее из тел нейронов и коротких дендритов, и белое, построенное из отростков нейронов, покрытых миелиновой оболочкой, - нервов.

В отличие от нейронов, зрелые клетки нейроглии способны к делению. Они заполняют промежутки между нейронами, поставляют им питательные вещества, образуют электроизолирующие оболочки вокруг отростков нервных клеток, синтезируют некоторые биологически активные вещества, необходимые для функционирования нервной системы.

• **Ткани внутренней среды** выполняют разнообразные функции: поддержания гомеостаза, защитную, распределительную, транспортную, опорную, запасную, восстановления поврежденных частей и т. п.

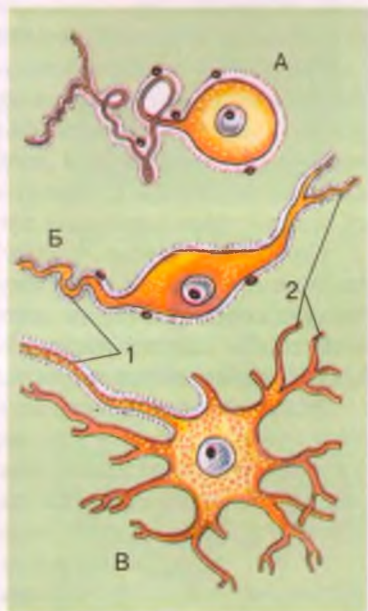


Рис. 42.4. Типы нейронов: А - униполярный нейрон, отросток которого разветвляется на чувствительный и двигательный; Б - биполярный нейрон; В - мультиполярный нейрон: 1 - аксон; 2 - дендриты

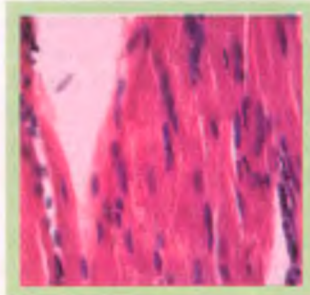


Рис. 42.5. Соединительная ткань

Они состоят из клеток и межклеточного вещества разнообразного строения. Эти ткани создают внутреннюю среду организма, откуда и происходит их название. Их подразделяют на соединительные, скелетные и жидкие (кровь и т. п.).

Соединительные ткани имеют несколько разновидностей (рис. 42.5). *Волокнистая, или собственно соединительная, ткань* включает клетки, волокна разного строения и окружающее их бесструктурное (аморфное) основное вещество. Волокна придают органам прочность и упругость. Например, в составе стенок кровеносных сосудов они препятствуют излишнему

растяжению, обеспечивают эластичность кожи и др.

В зависимости от соотношения волокон и аморфного основного вещества различают рыхлую и плотную соединительную ткань.

Рыхлая соединительная ткань находится во многих органах, в частности образует слой так называемой подкожной клетчатки. Она состоит из большого количества основного вещества, в котором расположены волокна и клетки нескольких типов. Некоторые из них (макрофаги) способны захватывать микроорганизмы и другие частицы путем фагоцитоза, обеспечивая защитную функцию; другие - синтезируют белки межклеточного вещества (коллаген, эластин и проч.), участвуют в заживлении ран, образовании соединительнотканых капсул вокруг инородных тел (например, паразитических организмов) и т. п.

Плотная соединительная ткань содержит большое количество плотно прилегающих друг к другу волокон, немного основного вещества и клеток. Ее подразделяют на неоформленную и оформленную. Волокна неоформленной ткани расположены беспорядочно. Она входит в состав собственно кожи (дермы) и надкостницы. Волокна оформленной ткани образуют параллельные пучки. Из нее образованы связки и сухожилия.

Соединительные ткани со специальными свойствами - это эмбриональная, жировая и ретикулярная. Эмбриональная ткань во время индивидуального развития дает начало клеткам всех типов соединительных тканей. Ее клетки звездчатой или веретенообразной формы имеют отростки, которые, переплетаясь, образуют сетку.

Жировая ткань есть во многих органах (рис. 42.6). Основные ее функ-

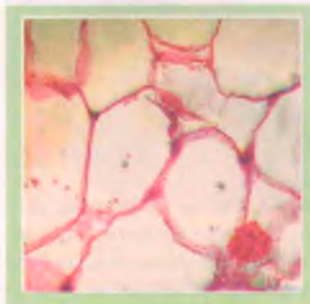


Рис. 42.6. Жировая ткань

ции - накопление запасов питательных веществ (например, жировое тело членистоногих, подкожные отложения жира у человека, млекопитающих и птиц) и теплоизоляция. Размещаясь под кожей и вокруг внутренних органов, эта ткань обеспечивает их механическую защиту. Различают белую и бурую жировые ткани. Белая жировая ткань участвует в поглощении из крови, синтезе и хранении липидов. Бурая жировая ткань служит для терморегуляции.

Ретикулярная ткань расположена в печени, селезенке и других органах, составляет основу кроветворных органов, входит в состав слизи-

стых оболочек кишечника, некоторых лимфатических узлов и т. п. (рис. 42.7). Состоит из волокон и образующих сетку клеток - фибробластов, а также стволовых клеток. В кроветворных органах она окружает развивающиеся клетки крови.

Кровь и лимфа состоят из жидкого межклеточного вещества (плазмы), в котором расположены отдельные клетки (форменные элементы; в крови это эритроциты, тромбоциты и лейкоциты) (рис. 42.8). Основные функции этих тканей заключаются в поддержании гомеостаза, транспорте питательных соединений, гормонов и других биологически активных веществ, продуктов обмена, газов, обеспечении иммунитета. Обогащенная кислородом кровь называется артериальная, а углекислым газом - венозная.

Эритроциты осуществляют транспорт газов. Они содержат дыхательный пигмент гемоглобин, придающий им красный цвет и способный образовывать неустойчивые соединения с O_2 и CO_2 . Зрелые эритроциты большинства млекопитающих лишены ядра. У членистоногих, моллюсков и некоторых других беспозвоночных животных разнообразные (красные, розовые, голубые и др.) дыхательные пигменты растворены в плазме.

Лейкоциты имеют ядро и выполняют защитные функции, обеспечивая иммунные реакции. Разновидности лейкоцитов (лимфоциты, моноциты ит. п.) отличаются размерами, особенностями строения и функций, продолжительностью жизни. Одни из них (например, макрофаги) путем фагоцитоза захватывают и переваривают посторонние тела (бактерии, твердые частицы и т. п.), обеспечивая клеточный иммунитет. Другие (например, Т-лимфоциты) - способны образовывать особенные защитные соединения — антитела, обеспечивая гуморальный иммунитет.

Тромбоциты принимают участие в свертывании крови позвоночных. Это лишенные ядер части крупных клеток красного костного мозга.

Скелетные ткани позвоночных животных характеризуются упругостью (хрящевая ткань) и прочностью (костная ткань) межклеточного вещества; они входят в состав опорно-двигательного аппарата.

Хрящевая ткань состоит из клеток и органического основного вещества, определяющего ее прочность и упругость (рис. 42.9, 1). У зародышей позвоночных животных скелет образован хрящевой тканью. У взрослых особей хрящи присутствуют в суставах, сухожилиях, связках, стенках воздухоносных путей и т. п. Они обеспечивают подвижные (в суставах) и полуподвижные соединения костей, препятствуют спаданию воздухоносных путей, обеспечивают возобновление костей при переломах и т. п. Из хрящей полностью состоит скелет некоторых взрослых рыб (акулы и скаты).

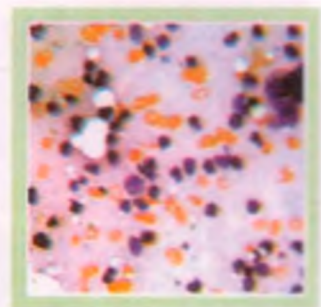


Рис. 42.7. Ретикулярная ткань

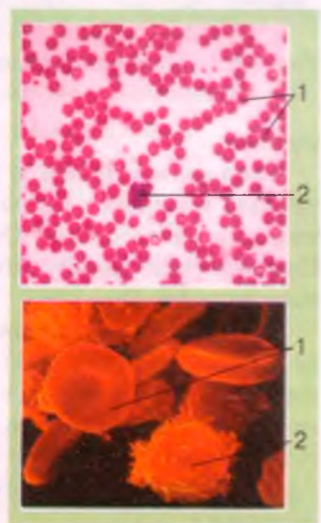


Рис. 42.8. Кровь: 1 – эритроциты; 2 – лейкоцит

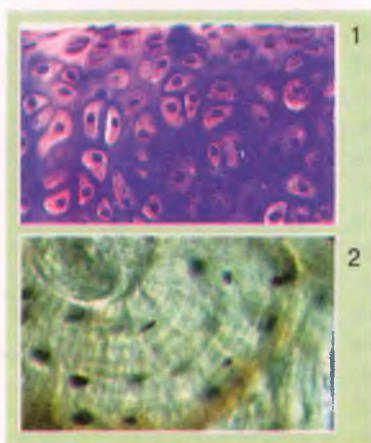


Рис. 42.9. Скелетные ткани:
1 – хрящевая; 2 – костная

Костная ткань имеет высокое содержание неорганических солей, которое придает ей особенную прочность (рис. 42.9, 2). В межклеточном веществе содержатся карбонаты и фосфаты кальция, а также особые белки (коллаген и др.). Одни клетки костной ткани образуют материал, из которого состоят ее волокна и основное вещество. Они принимают участие в восстановлении костной ткани. Будучи замурованными межклеточным веществом, превращаются в зрелые, не способные к делению.

В костной ткани имеются также крупные многоядерные клетки, которые с помощью ферментов разрушают костную и хрящевую ткани. Различают губчатую и компактную костную ткани (губчатое и компактное ве-

щество).

Губчатое вещество расположено внутри костей и состоит из переплетенных костных пластинок, сориентированных в направлениях сил сжатия или растяжения. Оно имеет вид губчатой массы, откуда и название. Промежутки между костными пластинками заполнены красным костным мозгом.

Компактное вещество образует внешние части костей. Оно имеет вид сплошной массы с отдельными полостями внутри, где размещены клетки. Основной его структурной единицей служит остеон - совокупность концентрически расположенных цилиндрических костных пластинок (от 4 до 20). В центре остеона проходит канал, заполненный соединительной тканью, в котором находятся кровеносные сосуды и нервные волокна.

● **Гистотехнология** - направление исследований в отрасли биотехнологии, которое разрабатывает методики длительного хранения (консервирования) тканей вне организма и изготовления тканевых и клеточных препаратов для последующего изучения и практического применения. Например, пробы тканей замораживают, а затем с применением разных методов микроскопической техники разрезают на тонкие пластинки, обезживают, окрашивают различными веществами и т. п. Гистотехнологические методы позволяют своевременно обнаружить патологические изменения в тканях, свидетельствующие о развитии какого-либо заболевания, в частности злокачественных (раковых) опухолей. В Украине любое хирургическое вмешательство, а также отключение сознания больного или обезболивание под действием определенных соединений (анестезия) осуществляют с учетом результатов предварительного анализа состояния структуры и жизнедеятельности его тканей, органов и их систем.

Перед современной гистотехнологией открываются широкие перспективы, связанные с изъятием стволовых клеток из организма и выращиванием их на искусственных питательных средах. Как исходный материал используют, например, клетки пупочного канатика, соединяющего зародыш с организмом матери. Ученые разных стран разрабатыва-



ют методики, позволяющие из культур ствольных клеток выращивать целостные органы, которыми можно было бы заменять больные или поврежденные.

Ключевые термины и понятия. Ретикулярная ткань, остеон, гистотехнологии.

- ▶ В организме животных и человека выделяют четыре основных типа тканей: эпителиальные, мышечные, нервные и внутренней среды.
- ▶ Эпителиальные ткани покрывают тело, выстилают его полости и полости внутренних органов.
- ▶ Мышечная ткань способна к сокращениям в ответ на раздражение, в частности на нервный импульс. В зависимости от строения и особенностей функционирования различают неисчерченную (гладкую) и исчерченную (поперечнополосатую) мышечные ткани.
- ▶ Нервная ткань способна в ответ на действие раздражителя к возбуждению и его проведению в организме. Она состоит из нервных (нейроны) и вспомогательных (нейроглия) клеток.
- ▶ Ткани внутренней среды выполняют разнообразные функции: поддержания гомеостаза, защитную, распределительную, транспортную, опорную, запасающую, возобновления поврежденных органов и т. п. Они состоят из клеток и хорошо развитого межклеточного вещества различного строения. Их подразделяют на соединительные, скелетные и жидкие (кровь и т. п.).



Вопросы для самоконтроля

1. Какие типы тканей существуют у многоклеточных животных? 2. Что представляют собой эпителиальные ткани? Какие их разновидности вам известны? 3. Каковы особенности строения и функции мышечных тканей? Какие виды мышечной ткани вам известны? 4. Каковы свойства и строение нервной ткани? 5. Что представляют собой ткани внутренней среды? Какие виды этих тканей вам известны? 6. Что такое гистотехнология? Каково ее значение в жизни человека?

Подумайте.

1. Почему электрические органы рыб образованы именно исчерченной мышечной тканью? 2. Почему перед любым хирургическим вмешательством необходимо учитывать результаты гистологической экспертизы?

§ 43. ОРГАНЫ И СИСТЕМЫ ОРГАНОВ

Вспомните: что такое вегетативные, репродуктивные и генеративные органы растений? Какие системы органов есть у животных?

• **Органы высших растений.** Как вы помните, органы высших растений подразделяют на вегетативные и репродуктивные (рис. 43.1). Вегетативные органы (побег и корень) выполняют функции обеспечения различных процессов жизнедеятельности: питания, выделения продуктов обмена, газообмена и т. п. Однако они не образуют специализированных клеток, ко-

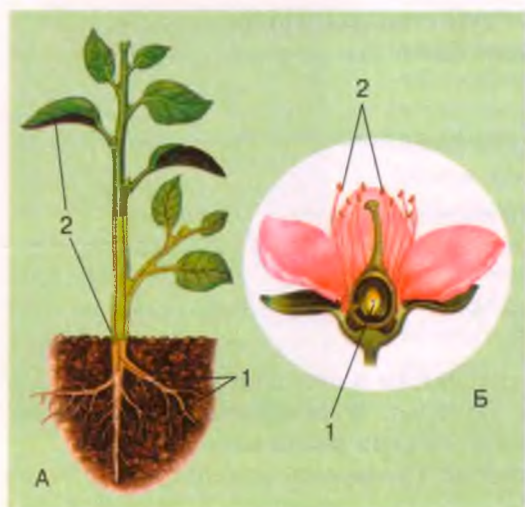


Рис. 43.1. Органы растения: А – вегетативные: 1 – корни; 2 – побег; Б – репродуктивный: цветок – орган, обеспечивающий семенное размножение: 1 – пестик; 2 – тычинки

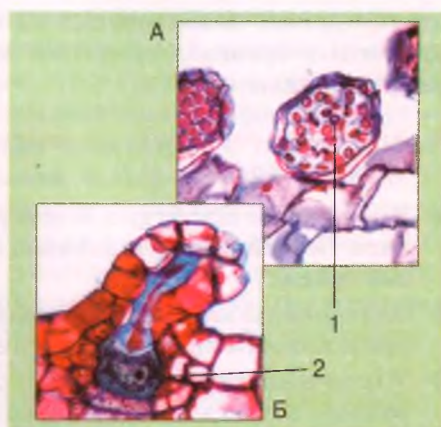


Рис. 43.2. Репродуктивные органы, которые обеспечивают половое размножение высших споровых растений: А – мужские половые органы (антеридии), в которых образуются сперматозоиды (1); Б – женский половой орган с яйцеклеткой (археогоний) (2)

которые обеспечивали бы половое или бесполое размножение. Растение часто способно размножаться за счет вегетативных органов или их видоизменений, то есть многоклеточных образований. Например, с помощью видоизмененных побегов, таких как усы, клубни, луковицы, корневища.

Подземный вегетативный орган высших растений имеет название корень. Он обычно расположен в почве и закрепляет растение в ней, обеспечивает поглощение растворов питательных веществ и транспортирует их к надземным частям. У мхов корень отсутствует, а его функцию выполняют **ризоиды** – нитчатые выросты, образованные последовательным рядом клеток. Надземный орган высших растений побег состоит из осевой части (стебель) и боковых (листьев). Видоизменения побегов могут размещаться под землей: корневища, стеблевые клубни, луковицы, клубнелуковицы. Стебель обеспечивает связи между разными частями растения, он образует почки, из которых развиваются новые побеги. Основными же функциями листьев являются фотосинтез, дыхание и испарение воды.

У растений одни репродуктивные органы обеспечивают бесполое размножение (с помощью спор), другие (генеративные) – половое. Генеративные органы высших споровых растений (мхов, папоротников, хвощей и плаунов) (рис. 43.2) образуются на особях полового поколения – гаметофитах. У одних растений мужские и женские половые органы размещены на одной особи (однодомные виды, например щитник мужской), у других – на разных (двудомные виды, например кукушкин лен).

После слияния мужской и женской половых клеток образуется зигота. Из нее развивается особь бесполого поколения (спорофит). На спорофите развиваются органы бесполого размножения – спорангии, которые часто собраны в группы (спороносные колоски и др.). В спорангиях образуются споры. Из споры развивается особь полового поколения (гаметофит). Та-



ким образом, этим растениям присущ сложный жизненный цикл с чередованием полового и бесполого поколений. У мхов спорофит образуется на зеленом гаметофите.

Если у высших споровых растений оба поколения хорошо развиты (у мхов преобладает половое поколение, у папоротников, плаунов и хвощей - бесполое), то у семенных растений (голосеменных и покрытосеменных) половое поколение (гаметофит) значительно редуцировано. Мужской гаметофит представлен клетками пыльцевого зерна (как вы помните, у цветковых растений перед оплодотворением это вегетативная клетка и два спермия), а женский - семью клетками зародышевого мешка (вместе с яйцеклеткой и центральной клеткой, из которой развивается запасаящая зародышевая ткань эндосперм). У голосеменных растений мужские и женские половые органы собраны на видоизмененных генеративных побегах — шишках. Генеративные органы покрытосеменных растений — это цветки. Они содержат пестики и тычинки, где формируются соответственно женские и мужские гаметы (рис. 43.1). Из различных частей цветков после оплодотворения формируются другие типы генеративных органов - семена и плоды.

• Органы и системы органов, присущие многоклеточным животным.

Кожа образует покровы тела, защищающие организм от вредных внешних влияний (рис. 43.3). Она также часто участвует в газообмене (например, голая влажная кожа лягушек). Основой кожи является однослойный (у большинства беспозвоночных животных) или многослойный (у большинства хордовых) эпителий, под которым может располагаться соединительная ткань. В коже может находиться много разных желез и отдельных секреторных клеток. Например, у млекопитающих — это потовые (выполняют терморегуляционную и экскреторную функции), сальные (смазывают поверхность тела), молочные (у самок служат для вскармливания детенышей), пахучие (для отпугивания врагов или привлечения особей противоположного пола) железы и секреторные клетки. Функцию защиты от врагов осуществляют железистые клетки, размещенные в коже многих земноводных (некоторые саламандры, лягушки, жабы). Они выделяют ядовитые вещества.

Снаружи кожа часто покрыта защитным слоем — кутикулой. Ее выделяют клетки покровного эпителия. Кутикула членистоногих и круглых червей одновременно служит наружным скелетом и защищает тело от неблагоприятных влияний окружающей среды. Поскольку кутикула не растягивается, то эти животные растут благодаря линькам: старый плотный покров сбрасывается и, пока не затвердеет новый, размеры животного быстро увеличиваются.

Скелет и прикрепленные к нему мышцы составляют опорно-двигательную систему, благодаря которой тело поддерживается в определенном положении, осуществляются



Рис. 43.3. Кожа млекопитающих: 1 – рецепторы; 2 – волосы; 3 – эпидермис (многослойный покровный эпителий); 4 – дерма, или собственно кожа

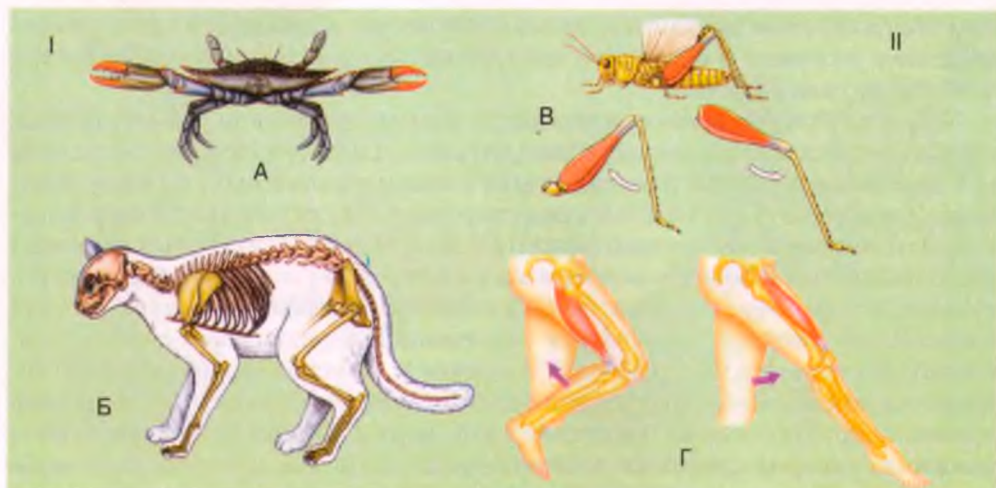


Рис. 43.4. I. Скелет животных: А – наружный скелет членистоногих образован кутикулой; Б – внутренний скелет млекопитающих состоит из костей и хрящевой ткани. II. Мускулатура конечностей членистоногих (В) и млекопитающих (Г)

движения отдельных его частей и перемещение в пространстве. У членистоногих есть наружный скелет из кутикулы, в состав которой входит полисахарид хитин. Он окружает тело со всех сторон, а мышцы прикрепляются к нему изнутри (рис. 43.4, А). Наружный скелет надежно защищает тело животного снаружи, но, в отличие от внутреннего скелета, ограничивает его размеры. У позвоночных животных и человека скелет внутренний, то есть расположен внутри тела. К нему крепятся скелетные мышцы (рис. 43.4, Б).

У кольчатых червей и некоторых других животных, лишенных твердого скелета, тело покрыто кожно-мускульным мешком, состоящим из эпителия и нескольких сплошных слоев мышц. При сокращении они действуют как антагонисты: например, сокращения продольных мышц укорачивают, а кольцевых - вытягивают тело.

Механические и химические превращения веществ в составе еды, всасывание продуктов пищеварения в кровь и лимфу, выведение наружу непереваренных остатков (дефекацию) обеспечивают органы пищеварительной системы (рис. 43.5). У кишечнополостных и плоских червей анальное отверстие отсутствует, и непереваренные твердые частицы пищи удаляются через ротовое отверстие. Такой тип кишечника называют **замкнутым**. У круглых и кольчатых червей, моллюсков, членистоногих, позвоночных животных кишечник **сквозной** - он оканчивается анальным отверстием или отверстием клоаки (рис. 43.5). Появление сквозного кишечника способствовало интенсификации обмена веществ, ведь одновременно с выведением непереваренных остатков поглощаются новые порции еды.

Отдельные железистые клетки и пищеварительные железы (слюнные, поджелудочная и др.) продуцируют пищеварительные ферменты, расщепляющие питательные вещества (высокомолекулярные органические соединения) на их составляющие (аминокислоты, моносахариды, глицерин и жирные кислоты, нуклеотиды), а также соединения, эмульгирующие жиры, то есть облегчающие воздействие соответствующих пищеварительных ферментов (например, желчь - секрет клеток печени позвоночных

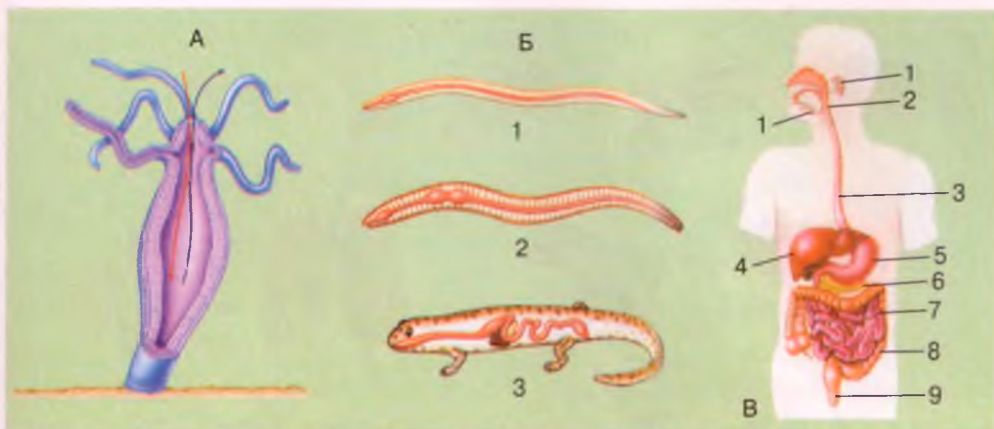


Рис. 43.5. Пищеварительная система животных: А – замкнутая кишечная полость гидры; Б – сквозной кишечник круглого (1), кольчатого (2) червей и позвоночных животных (3); В – пищеварительная система человека: 1 – слюнные железы; 2 – глотка; 3 – пищевод; 4 – печень; 5 – желудок; 6 – поджелудочная железа; 7 – тонкий кишечник; 8 – толстый кишечник; 9 – прямая кишка

животных). У многих животных (хищные клещи, пауки, личинки мух и др.) известно так называемое внешнее, или внекишечное, пищеварение. Эти животные вводят пищеварительные ферменты в составе пищеварительных соков в находящуюся вне организма питательную среду, а спустя некоторое время всасывают жидкие частично переваренные продукты.

Дыхательная система обеспечивает поступление кислорода в организм и выведение из него углекислого газа, образовавшегося в процессе окисления различных соединений (рис. 43.6). С помощью трахей или легких

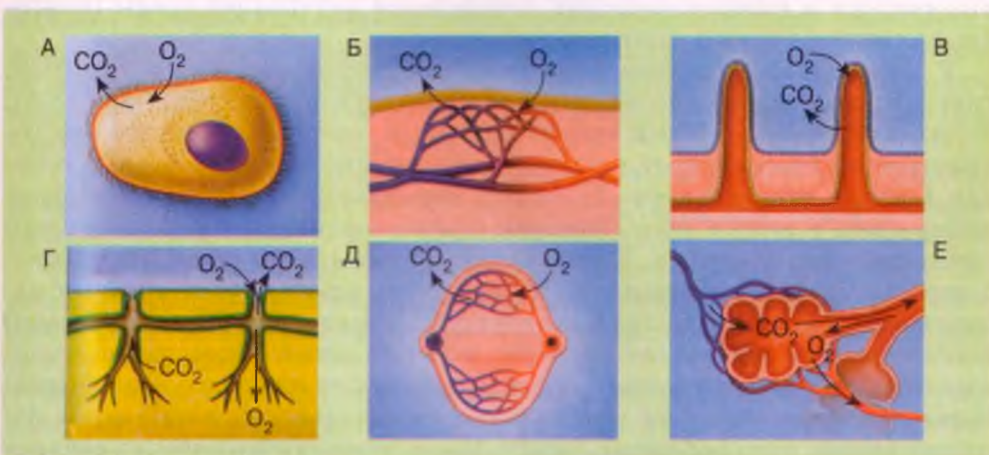


Рис. 43.6. Разные варианты газообмена: А – у одноклеточных организмов через оболочку клеток; Б – у амфибий, кольчатых червей – через кожу; В – у иглокожих (морские звезды, морские ежи) через выросты кожи – кожные жабры; Г – органы дыхания насекомых – трахеи, в которые воздух заходит через дыхальца; Д – жабры рыб позволяют дышать им кислородом, растворенным в воде; Е – у наземных позвоночных животных газообмен происходит через стенки альвеол легких

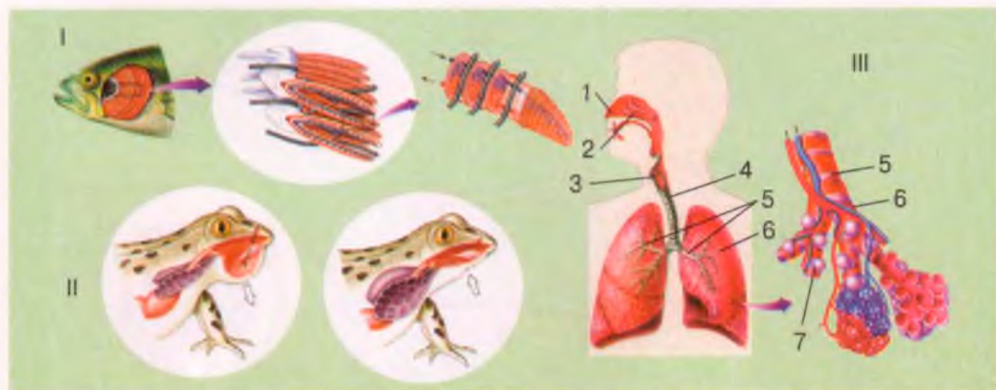


Рис. 43.7. I. Циркуляция воды через жабры рыб. II. Легкие земноводных имеют ячеистое строение, дифференцированных дыхательных путей нет. III. Дыхательная система человека включает дифференцированные дыхательные пути: 1 – носовая полость; 2 – носоглотка; 3 – гортань; 4 – трахея; 5 – бронхи и губчатые легкие, бронхи в губчатых легких разветвляются на мелкие каналы (6), заканчивающиеся альвеолами (7)

животные поглощают атмосферный кислород, чередуя вдыхание и выдыхание воздуха (рис. 43.7). Водные животные дышат растворенным в воде кислородом через жабры - выросты тела с проникаемыми для водных растворов покровами. В жабрах часто разветвляются сосуды, в которых циркулирует кровь или другая жидкость.

Кровеносная и лимфатическая системы служат для транспорта питательных веществ, продуктов обмена, кислорода и углекислого газа, биологически активных веществ. Они участвуют в защитных реакциях против паразитов, ядов и т. п. и поддержании постоянства физико-химических и физиологических показателей внутренней среды (гомеостаза) при изменениях окружающей среды.

У позвоночных животных и человека *кровеносная система замкнутая*, то есть кровь движется по сосудам и не попадает в полость тела (рис. 43.8). У них есть сердце - полый мышечный орган, который периодически сокращается и обеспечивает движение крови по системе кровеносных сосудов. Сосуды, несущие кровь от сердца, называются *артериями*, а поставляющие кровь к нему — *вены*. Артерии и вены соединены сосудами малого диаметра - *капиллярами*. В капиллярах артериальная кровь отдает кислород, преобразуясь в венозную. Часть плазмы крови через стенки капилляров попадает в полость тела, преобразуясь в *тканевую (межклеточную) жидкость*. Она поставляет кислород и питательные вещества, полученные из крови, во все клетки и органы, забирая от них продукты обмена. Затем тканевая жидкость через стенки лимфатических капилляров попадает внутрь них, формируя лимфу. По системе лимфатических сосудов лимфа возвращается в большие вены кровеносной системы. У кольчатых червей кровеносная система также замкнута, однако сердце отсутствует, а направленное движение крови происходит благодаря ритмичным сокращениям мышц стенок определенных кровеносных сосудов.

У животных с *незамкнутой кровеносной системой* (моллюски, членистоногие) капилляры отсутствуют, то есть кровь из артерий попадает в по-

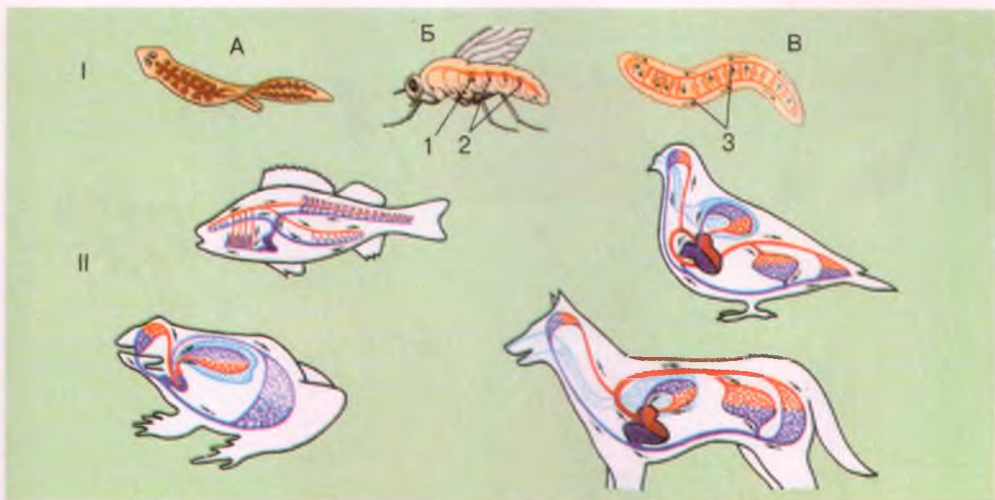


Рис. 43.8. I. Циркуляционные системы беспозвоночных животных: А – плоские черви лишены кровеносной системы, транспорт газов производит межклеточная жидкость; Б – членистоногие имеют незамкнутую кровеносную систему, состоящую из сердца (1) и артерий (2); В – у кольчатых червей кровеносная система замкнутая, но сердца нет; (3) – кровеносные сосуды). II. Разные варианты строения замкнутой кровеносной системы позвоночных животных (вспомните особенности их строения)

лость тела. Там она смешивается с полостной жидкостью. Полость тел! представляет собой промежутки между внутренними органами, в кото рых циркулирует межклеточная жидкость. Функции этой жидкости по добны функциям кровеносной и лимфатической систем. Существуют раз ные типы полости тела: первичная, вторичная и смешанная. *Первичная полость* не имеет собственных стенок и представляет собой промежутк! между внутренними органами (например, у круглых червей). В отличи) от первичной, *вторичная полость* имеет собственную эпителиальную выстилку, отделяющую ее от внутренних тканей и органов (кольчатые черви, моллюски, хордовые, человек).

У человека и млекопитающих полость тела включает грудную и брюш ную части, разделенные плоской мышцей - диафрагмой. В полости чере па содержится головной мозг, в полости позвоночного канала - спинной.

У членистоногих развита *смешанная полость тела*. У этих животные во время зародышевого развития закладывается вторичная полость, но е< выстилка впоследствии разрушается и остатки первичной полости слива ются с вторичной.

Выделительная система обеспечивает выведение из организма (экс крецию) конечных продуктов обмена веществ. У разных групп животны? существуют разные типы органов выделения (рис. 43.9).

У плоских и кольчатых червей, ланцетников выделительные органы - это разные варианты выделительных трубочек - *нефридиев*, у ракообраз ных - *зеленые железы*, у насекомых и паукообразных - *мальпигиевы сосуды*, у моллюсков и позвоночных животных - *почки*. Все эти органы невзирая на значительные отличия в строении, действуют по одно! схеме:

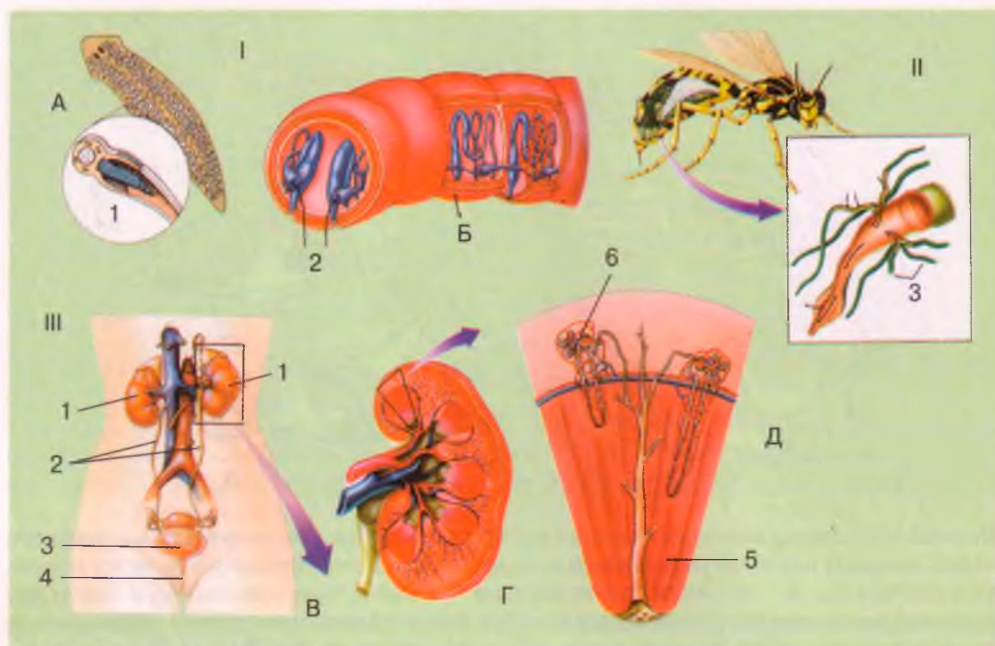


Рис. 43.9. I. Выделительная система плоских (А) и кольчатых (Б) червей (1 – протонефридии плоских червей; 2 – метанефридии кольчатых). II. Выделительная система членистоногих представлена мальпигиевыми сосудами (3). III. Выделительная система человека: В – план строения: 1 – почки; 2 – мочеточники; 3 – мочевой пузырь; 4 – мочеиспускательный канал; Г – почка в разрезе, показаны почечные канальцы, в состав которых входят структурные единицы почек – нефроны (6). Д – почечная пирамидка (5) с нефронами (6)

- жидкость крови или полостной жидкости через однослойный эпителий попадает в просвет начала выводного канала (первичная моча);
- при протекании первичной мочи по каналу через его стенки в организм возвращается большая часть воды, сахара и другие необходимые ему вещества (процесс обратного всасывания);
- концентрированная вторичная моча выводится наружу через мочеиспускательный канал.

Выделительная система, кроме выведения конечных продуктов обмена веществ, часто участвует в процессах регуляции концентрации солей в организме. От этого зависит осмотическое давление в клетках (**вспомните, что такое осмотическое давление**). Способность регулировать осмотическое давление важна для обитателей водоемов, содержание солей в которых периодически изменяется. Представьте себе: рачок **артемия** может обитать в разных водоемах - от почти пресных до тех, концентрация солей в которых составляет до 300 ‰ (1 промилле равняется концентрации 1 г солей, растворенных в 1 л воды).

Нервная система и железы внутренней секреции обеспечивают регуляцию жизненных функций организма, его функционирование как целостной биологической системы, реакции на разнообразные раздражители внешней и внутренней среды. Известно несколько типов нервной системы (рис. 43.10). У кишечнополостных полипов она состоит из раз-

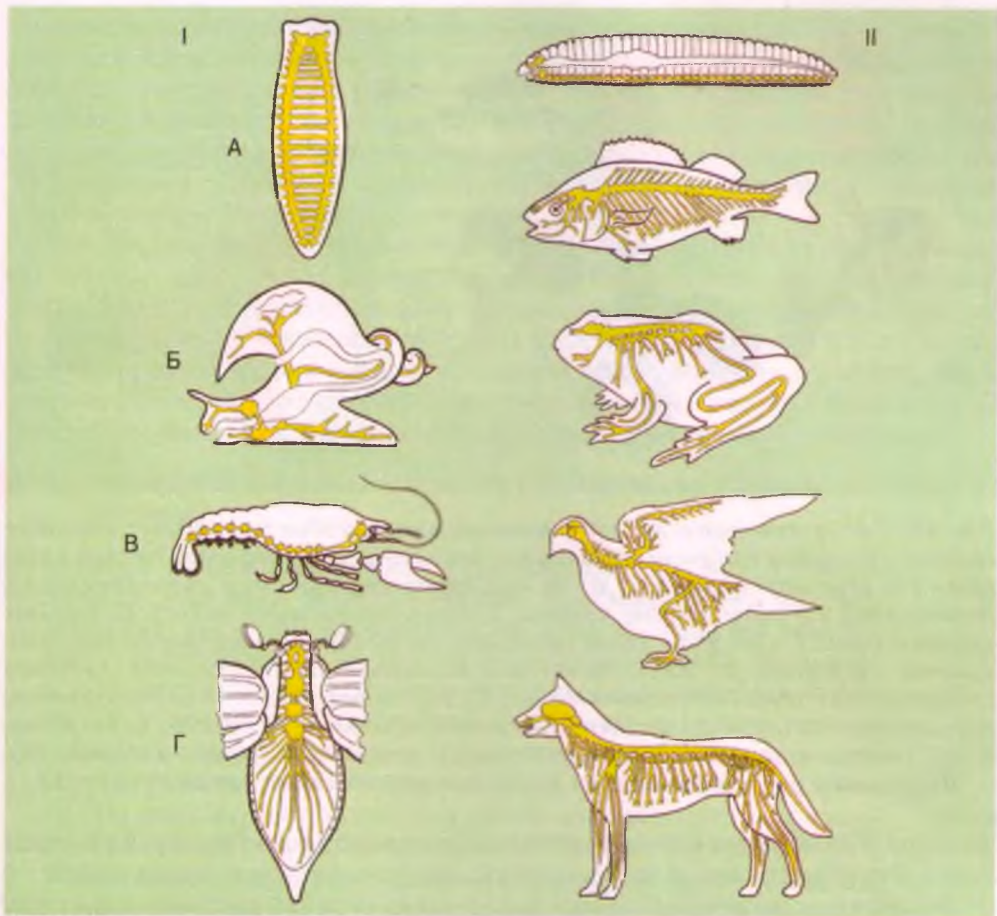


Рис. 43.10. I. Нервная система: А – лестничного типа плоских червей; Б – разбросанно-узловой типа моллюсков; В, Г – цепочечного типа членистоногих. II. Разные варианты строения нервной системы трубчатого типа хордовых животных (вспомните особенности их строения)

бросанных по телу нейронов, соединенных своими отростками. Нервные узлы у этих животных отсутствуют (диффузная нервная система).

У плоских червей в передней части тела размещен парный нервный узел - головной мозг. От него отходят парные продольные стволы, соединенные поперечными нервами (нервная система лестничного типа). Следовательно, у плоских червей есть разделение нервной системы на центральную (головной мозг и продольные нервные стволы) и периферическую (нервные окончания, которые от них отходят) части.

У моллюсков нервные узлы могут находиться в разных частях тела, они соединяются с помощью нервных стволов (нервная система разбросанно-узловой типа). У видов, которым присущ активный образ жизни (брюхоногие, головоногие моллюски), большинство нервных узлов входит в состав головного мозга.

У кольчатых червей и членистоногих центральная часть нервной системы включает головной мозг и брюшную нервную цепочку, состоящую

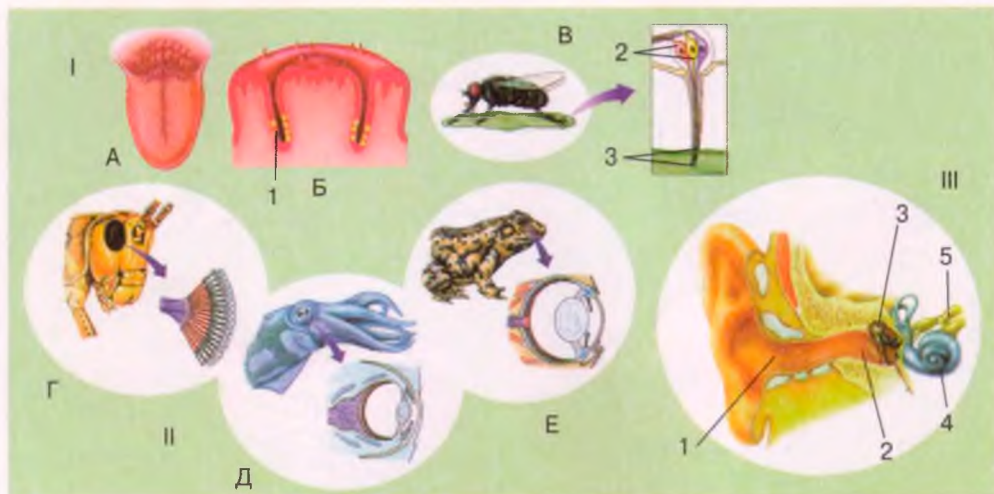


Рис. 43.11. I. Органы вкуса: А – язык человека имеет особые рецепторы – вкусовые сосочки, способные воспринимать разные типы вкуса; Б – вкусовой сосочек в разрезе (1 – вкусовая луковица); В – у мух вкусовые рецепторы расположены на лапках ног (2 – рецепторные клетки, 3 – чувствительный волос). II. Органы зрения – глаза: Г – сложные глаза насекомых состоят из совокупности простых глазков – фасеток; Д – глаз головоногих моллюсков имеет строение, подобное строению глаз позвоночных животных (Е). III. Строение органа слуха человека: наружное ухо начинается наружным слуховым проходом (1), барабанная перепонка (2) отделяет наружное ухо от среднего, где находятся слуховые косточки (3). Внутреннее ухо – это улитка (4), от которой отходит слуховой нерв (5)

из пары сближенных нервных стволов (проходят вдоль брюшной стороны тела). Эти стволы, как и нервные узлы, могут срастаться между собой.

У хордовых животных центральная часть нервной системы имеет вид трубки, расположенной на спинной стороне тела. У ланцетника передний конец этой трубки лишь немного расширен, а у позвоночных животных центральная нервная система разделена на расширенный головной и удлинённый спинной мозг. У позвоночных головной мозг состоит из пяти отделов (**вспомните, каких**).

Органы чувств обеспечивают связь организма с окружающей средой, восприятие раздражителей внешней и внутренней среды. Проще всего органы чувств устроены у кишечнополостных. У полипов раздражители окружающей среды воспринимают исключительно рецепторные клетки, а у медуз есть многоклеточные органы восприятия света (глазки) и равновесия. Глазки позволяют медузам распознавать степень освещённости, а органы равновесия – контролировать положение тела в пространстве. Кроме того, органы равновесия способны воспринимать колебания воды перед штормом, они служат сигналом для удаления медуз от берегов. У других многоклеточных животных есть органы зрения, слуха, обоняния, осязания и т. п. (рис. 43.11).

Половая система состоит из органов, которые обеспечивают половое размножение, а в некоторых случаях – начальные этапы развития потомства. Органы мужской половой системы – это в первую очередь половые железы – семенники, в которых образуются мужские половые клетки, а также система протоков, которыми они выводятся из организма. В состав

органов женской половой системы обязательно входят половые железы — яичники, где формируются яйцеклетки, а также система выводящих путей. У многих животных (например, у большинства плоских червей) есть особенные железы - желточники, в которых образуются желточные клетки с запасом питательных веществ для зародыша, а также семязприемники (например, у дождевых червей), где накапливаются мужские половые клетки, полученные при спаривании.

У большинства животных в теле одних особей образуются *сперматозоиды* (самцы), а других - *яйцеклетки* (самки). Таких животных называют **раздельнополыми** (млекопитающие, птицы, пресмыкающиеся, земноводные, хрящевые рыбы, большинство костных рыб, членистоногих и т. п.). Но есть и животные, у которых в одном организме образуются как мужские, так и женские половые клетки (малощетинковые черви, пиявки, большинство плоских червей и т. п.). Таких животных называют *гермафродитами*.

Ключевые термины и понятия. *Раздельнополые животные, гермафродиты.*

Органы высших растений подразделяют на вегетативные (побег и корень) и репродуктивные. Половые органы высших споровых растений образуются на особях полового поколения - гаметофитах. Из зиготы развиваются особи бесполого поколения (спорофиты), обеспечивающие размножение спорами. У голосеменных мужские и женские половые органы собраны на видоизмененных генеративных побегах - шишках. Генеративные органы покрытосеменных растений - это цветки. Из разных частей цветков после оплодотворения формируются другие генеративные органы - семена и плоды.

У животных существуют органы, которые образуют покровы, опорно-двигательную, пищеварительную, выделительную, кровеносную, дыхательную, нервную и половую системы. Органы чувств обеспечивают связь организма с окружающей средой, восприятие раздражителей внешней и внутренней среды. Среди животных известны раздельнополые и гермафродитные виды.

Кратко
о
главном



Вопросы для самоконтроля

1. Каковы функции побега и корня?
2. Какие органы растений относятся к репродуктивным? Что такое цветок, семя и плод?
3. Что такое гаметофит и спорофит? Каковы их функции?
4. Что представляют собой покровы тела многоклеточных животных?
5. Из чего состоит опорно-двигательная система разных многоклеточных животных? Каковы ее функции?
6. Каковы основные типы пищеварительных систем многоклеточных животных и как они функционируют?
7. Какие органы дыхания встречаются у животных?
8. Какие типы кровеносных систем есть у животных? Какие функции выполняет кровеносная система?
9. Каковы функции органов дыхания?
10. Какое значение для существования организма имеют нервная система и органы чувств?

Подумайте. Почему заполненную жидкостью полость тела круглых и кольчатых червей иногда называют гидроскелетом?

§ 44. РЕГУЛЯЦИЯ ФУНКЦИЙ У МНОГОКЛЕТОЧНЫХ ОРГАНИЗМОВ



Вспомните: какие регуляторные системы многоклеточных организмов вам известны? В чем заключаются нервная и гуморальная регуляции? Что такое гомеостаз?

● **Что такое биологически активные вещества и регуляторные системы?** Биологически активные вещества - это соединения, которые влияют на проявления жизнедеятельности организмов. Регуляторные системы обеспечивают функционирование многоклеточного организма как целостной биологической системы, определяют его реакции на смену условий внешней и внутренней среды. У животных и человека к регуляторным системам относятся нервная, иммунная и эндокринная; у растений - отдельные секреторные клетки. Регуляция деятельности клеток, органов и их систем направлена на поддержание гомеостаза внутренней среды многоклеточного организма.

Регуляцию жизненных функций у многоклеточных растений в первую очередь осуществляют фитогормоны. Эти соединения синтезируются растениями и грибами. Они в малых количествах регулируют процессы обмена веществ, координируют индивидуальное развитие, влияя на деление и рост клеток, дифференцирование тканей, формирование органов, развитие почек, прорастание семян и т. п. Одни фитогормоны ускоряют выполнение жизненных функций (деление клеток, развитие побегов, созревание плодов), другие их тормозят (например, вызывают опадение листьев).

К фитогормонам относятся ауксины, цитокинины, гиббереллины и абсцизовая кислота.

Ауксины синтезируются в верхушечной образовательной ткани и обеспечивают растяжение клеток, в результате которого побег удлиняется. Они также влияют на дифференциацию проводящих тканей, стимулируют деление клеток камбия, ускоряют формирование дополнительных корней черенков и т. п. В сельском хозяйстве ауксины используют для стимулирования образования дополнительных корней черенков, опадения плодов перед уборкой урожая, а в высоких концентрациях как гербициды (разновидность пестицидов; используют для борьбы с сорняками).

Цитокинины ускоряют процессы деления клеток, рост и развитие боковых почек, стимулируют прорастание семян, обмен веществ, задерживают процессы старения.

Гиббереллины ускоряют рост растений, процессы цветения, формирования плодов, стимулируют прорастание семян, развитие клубней и луковиц и т. п.

Абсцизовая кислота стимулирует переход растений в состояние покоя, увеличивает продолжительность этого периода, ускоряет опадение листьев, подавляет прорастание семян и рост почек.

С помощью биологически активных соединений растения могут влиять на особей своего или других видов. Так, **фитонциды** подавляют жизнедеятельность других организмов. В частности, пырей и ясень с помощью этих веществ могут тормозить развитие растений других видов, то есть уменьшать уровень межвидовой конкуренции. Поэтому, высевая на одном участке семена растений разных видов или планируя севообороты, следует учитывать, как эти виды будут влиять друг на друга. Фитонциды,

которые производят, например, сосна, чеснок или лук репчатый, убивают микроорганизмы. Поэтому эти растения человек издавна использовал для лечения и профилактики многих инфекционных и инвазионных заболеваний.

Алкалоиды - особые ядовитые для животных соединения. Они занижают растения от паразитов и выедания животными-фитофагами. Алкалоиды найдены приблизительно у 2500 видов покрытосеменных растений преимущественно из семейств Пасленовые, Лилейные, Маковые, Коноплевые. Немало алкалоидов используют в медицине. Например, хинин (экстракт коры хинного дерева) применяют при лечении малярии. Интересно, что лечебные свойства хинина были известны индейцам еще до того, как Колумб открыл Америку. Алкалоид колхицин применяют для экспериментального получения клеток с кратно увеличенными наборами хромосом. Он разрушает веретено деления.

Фитогормонам, как и гормонам животных, свойственна дистанционность воздействия. Это значит, что их образуют определенные клетки, от которых фитогормоны транспортируются к тем частям растения, на которые они влияют, по проводящим тканям с течением соков или непосредственно от одной клетки к другой. Растения способны воспринимать раздражители окружающей среды и реагировать на них определенными движениями, а именно - с помощью тропизмов, настий и т. п.

Тропизмы - перемещение органов во время роста в ответ на раздражитель, который имеет определенную направленность (рис. 44.1, А, Б). Так, ростовые реакции на направление падения лучей света получили название **фототропизмы**, силу притяжения Земли - **геотропизмы**, химические соединения - **хемотропизмы** и т. п. Если движения направлены в сторону раздражителя, то тропизмы называют положительными, если в противоположную - отрицательными.



Рис. 44.1. Реакции растений на раздражители: тропизмы (А, Б), настии (В–Е). А. Побеги свойственен отрицательный геотропизм (реакция на силу притяжения земли), поэтому его рост направлен вверх. Б. Корню свойственен положительный геотропизм: его рост направлен в глубь почвы. В, Г – сейсмонастия (реакции на сотрясения) мимозы стыдливой. Листочки сложного листа в состоянии покоя расправлены (В), если растение ощущает сотрясение, листочки сложного листа складываются (Г). Д, Е – фотонастии у маранты трехцветной: днем листья маранты расправлены (Д), ночью давление в их клетках падает и листья сворачиваются (Е). Ж. Круговые движения (нutation): когда растение прикасается к какой-нибудь опоре, оно во время роста обвивается вокруг нее

Настии - движения органов в ответ на действие раздражителей, которые не имеют определенного направления (изменения освещенности, температуры и т. п.) (рис. 44.1, В-Е). Примером настий могут служить открытие и закрытие венчика цветка в ответ на изменение освещенности (фотонастии), сворачивание листьев при изменениях температуры (термонастии), закрытие листьев насекомоядных растений как реакция на движения насекомого (сейсмонастии) и т. п. Настии могут быть связаны с растяжением органов в результате неравномерного роста или изменением внутриклеточного давления в определенной части растения вследствие колебаний концентрации клеточного сока. Таким образом, движения растений, в отличие от животных, не связаны с перемещением всего организма, а лишь отдельных его частей - корня, стебля, листьев, цветков и т. п.

Нутации (от лат. *нутацио* - колебание) - круговые или колебательные движения органов растений. Круговые нутации осуществляются за счет упорядоченных, идущих по кругу местных ускорений роста клеток в зоне растяжения. Эти процессы стимулируют определенные биологически активные вещества (например, фитогормоны гиббереллины). Нутации хорошо выражены у растений-лиан или растений, имеющих вьющиеся усики (горох посевной, виноград) (рис. 44.1, Ж).

• Регуляция жизненных функций у многоклеточных животных.

ставителей большинства видов животных одновременное функционирова-

ние нервной, иммунной и эндокринной систем и их взаимодействия обеспечивают нейрогуморальную регуляцию жизненных функций.

Особенности нервной регуляции. Нервная система регулирует жизненные функции с помощью импульсов, поступающих к нейронам и мышечным или другим клеткам. Нервные импульсы имеют электрическую природу, однако в местах контакта двух соседних нейронов импульс часто передается химическим путем при участии особых веществ — **медиаторов** (ацетилхолина, норадреналина и т. п.). Структуры, обеспечивающие контакты между двумя нейронами, называют **синапсами**. В синапсе окончания отростков нейронов разделены щелью (рис. 44.2). Когда нервное возбуждение подходит к окончанию одного нейрона, то высвобождается медиатор, который химически изменяется и вызывает возбуждение в окончании рецептора другого нейрона.

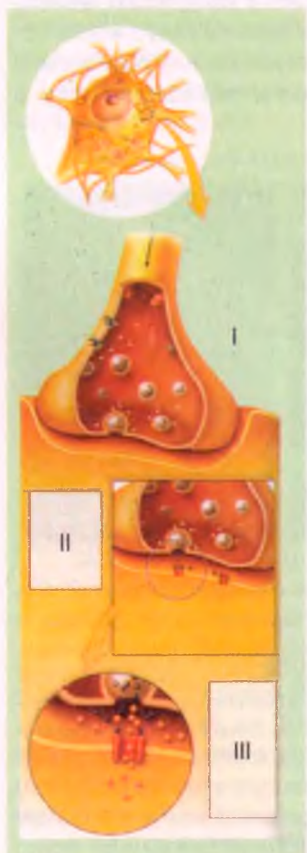
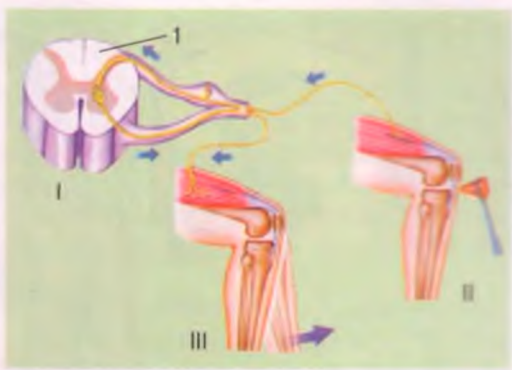


Рис. 44.2. Строение и функционирование синапса:
 I. Под влиянием нервного импульса пузырьки с медиатором подходят к мембране нервного окончания.
 II. Пузырьки с медиатором выделяются в синаптическую щель.
 III. Медиатор взаимодействует с рецептором в составе мембраны другого нейрона и проникает внутрь него. Это вызывает потенциал действия и последующее перемещение импульса



Рис. 44.3. Коленный рефлекс у человека: I. Центр коленного рефлекса расположен в сером веществе (1) спинного мозга. II. При легком ударе по коленному суставу возбуждаются рецепторы, от которых нервный импульс направляется к соответствующему центру в спинном мозге. III. Центр посылает новый импульс; он направляется к мышцам, которые сокращаются и обеспечивают соответствующее движение ноги



После проведения нервного возбуждения медиатор при участии ферментов разрушается. Синапс передает сигнал только в одном направлении. Различные медиаторы могут ускорять или замедлять передачу нервного импульса.

Рефлексы. Нервные импульсы передаются от рецепторов к центральной нервной системе. Там осуществляются анализ и синтез полученной информации, после чего новые импульсы поступают к рабочим органам, изменяя их деятельность. Благодаря нервной системе животные способны своевременно воспринимать раздражители окружающей среды, а также изменения в собственной внутренней среде, и быстро на них реагировать. Таким образом, рефлекс - это реакция организма на раздражители внешней и внутренней среды, которая осуществляется при участии нервной системы (рис. 44.3). Основу рефлекторной деятельности составляют явления возникновения и торможения нервного возбуждения.

Все разновидности рефлексов И.П. Павлов отнес к безусловным (врожденным) и условным (приобретенным). Совокупность безусловных и условных рефлексов обеспечивает приспособление к непостоянным условиям окружающей среды.

Безусловные рефлексы передаются по наследству и не изменяются в течение жизни. Они играют ведущую роль для обеспечения определенных реакций, в частности сразу после рождения, и составляют основу для образования условных рефлексов. Некоторые безусловные рефлексы (коленный и др.) используют для определения состояния нервной системы. Безусловные рефлексы бывают пищевые, половые, ориентировочные, защитные (чихание, кашель, моргание и т. п.).

Совокупность последовательных безусловных рефлексов, определяющих обеспечение определенной жизненной функции, называют инстинктом.

Условные рефлексы возникают и угасают в течение жизни на основании безусловных под воздействием определенных факторов внешней среды. С возрастом количество условных рефлексов увеличивается в меру накопления жизненного опыта. Вместе с тем условные рефлексы, которые длительное время не воспроизводятся, могут исчезать (угасать). У человека и животных с высоким уровнем высшей нервной деятельности одни условные рефлексы могут формироваться на основании других, выработанных ранее.

Высшей нервной деятельностью называют функционирование определенных отделов центральной нервной системы, которая обеспечивает

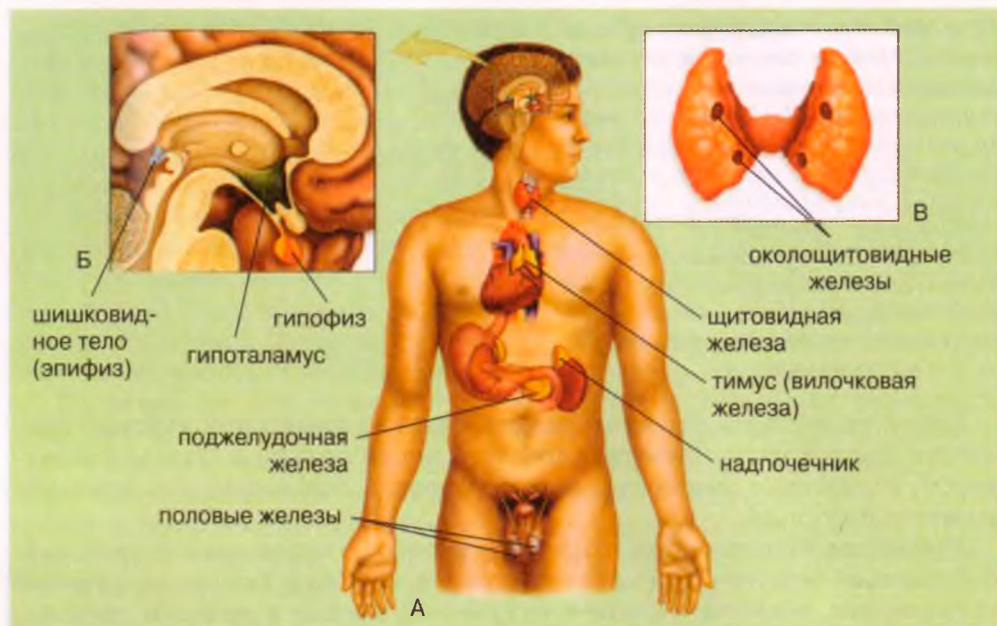


Рис. 44.4. Эндокринная система человека. А. Расположение эндокринных желез. Б. Срез через головной мозг. В. Задняя поверхность щитовидной железы

соответствующие условно-рефлекторные реакции организма на внешние изменения условий окружающей среды. Так, у человека и позвоночных животных высшая нервная деятельность обеспечивается корой головного мозга и подкорковыми нервными центрами; у членистоногих - грибовидными телами переднего мозга и т. п.

Гуморальная регуляция жизненных функций осуществляется благодаря разнообразным биологически активным соединениям: гормонам, нейrogормонам, витаминам и т. п. Важная роль при этом принадлежит системе желез внутренней секреции, или эндокринной системе (рис. 44.4).

Железы внутренней секреции не имеют выводных протоков, их клетки выделяют гормоны непосредственно в кровь или другую жидкость внутренней среды организма.

Некоторые нервные клетки (нейросекреторные) выделяют в кровь биологически активные вещества, получившие название **нейрогормоны**. Принцип их действия такой же, как и у гормонов. Гормоны и нейрогормоны влияют на деятельность нервной системы.

Поскольку отдельные железы внутренней секреции не связаны между собой пространственно, их согласованная работа осуществляется или благодаря нервной регуляции, или же под воздействием определенных гормонов, которые производятся одними железами, а влияют на работу других. Как вы помните, гипофиз - железа внутренней секреции, производящая гормоны, способные влиять на деятельность других эндокринных желез.

По сравнению с работой нервной системы, воздействие гормонов и нейрогормонов отличается меньшей скоростью, но производит более длительный эффект. Под гормональным контролем находятся все этапы индивидуального развития и процессы жизнедеятельности. В частности,



они обеспечивают поддержание гомеостаза и регуляцию активности ферментов.

Гуморальная регуляция жизненных функций также может осуществляться с помощью других биологически активных веществ. Например, концентрация углекислого газа в крови регулирует функцию дыхательного центра головного мозга позвоночных животных, а изменения концентрации ионов кальция и калия — деятельность сердца и т. п. Витамины участвуют в обмене веществ и превращении энергии в основном как компоненты сложных ферментов.

У позвоночных животных существует тесная связь между гипоталамусом (структура промежуточного мозга) и гипофизом (ведущая железа внутренней секреции, связанная с промежуточным мозгом). Эта система получила название *гипоталамо-гипофизарной*. Ее функции заключаются в том, что синтезированные клетками гипоталамуса нейрогормоны по кровеносным сосудам поступают в переднюю часть гипофиза. Там они стимулируют или тормозят выработку гормонов, влияющих на деятельность других желез внутренней секреции. Основное биологическое значение гипоталамо-гипофизарной системы заключается в осуществлении регуляции вегетативных функций и размножении как реакции на влияние внешних и внутренних раздражителей.

Иммунная система (рис. 44.5) играет важную роль в обеспечении нормальной жизнедеятельности животных и человека. В состав иммунной системы позвоночных животных и человека входят вилочковая железа (тимус), красный костный мозг, селезенка, лимфатические узлы, скопления лимфоидной ткани вокруг различных частей пищеварительной и дыхательной систем, а также большинство разновидностей лейкоцитов.

Иммунитет — способность организма обеспечивать невосприимчивость к возбудителям определенных заболеваний и инородным веществам. Различают гуморальный и клеточный виды иммунитета.

Гуморальный иммунитет. Защиту организма от паразитов и инородных веществ обеспечивают особые белковые соединения - антитела (или иммуноглобулины). Они присутствуют в плазме крови, лимфе, материн-

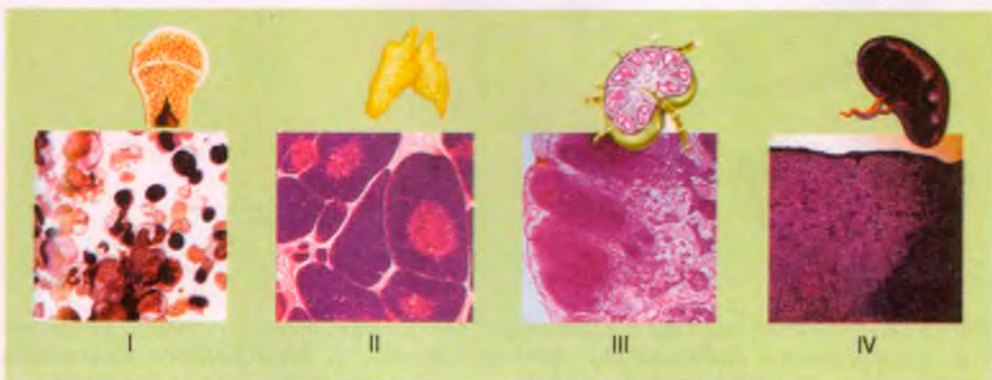


Рис. 44.5. Органы иммунной системы: I — красный костный мозг, в котором образуются лимфоциты; II — тимус, где дозревают Т-лимфоциты; III — лимфатические узлы, в которых обезвреживаются микроорганизмы; IV — селезенка, где дозревают лейкоциты

ском молоке, слюне и образуются в особенных клетках крови (лимфоцитах) в ответ на присутствие инородных химических соединений - антигенов. Источником антигенов служат вирусы, бактерии, микроскопические грибы, одноклеточные животные и биологически активные вещества, которые попали внутрь организма. Ученые открыли сотни тысяч разных антигенов.

Каждый вид антител вступает в химическую связь лишь с соответствующим ему антигеном, нейтрализуя вредные свойства последнего. Это один из механизмов гуморального иммунитета (рис. 44.6, А). Молекула антитела имеет активный центр особой конфигурации, который соответствует особенностям строения антигена.

К гуморальному иммунитету относится и система комплемента. Она состоит из разных белков в составе плазмы крови. При специфической реакции антиген-антитело эти белки активизируются в определенной последовательности. Например, они могут связываться с рецепторными молекулами в составе оболочки бактериальной клетки (рис. 44.6, А). Это обеспечивает образование отверстий в оболочке, через которые поступают растворы солей. Давление внутри бактериальной клетки растет, что приводит к ее разрушению.

Клеточный иммунитет. Выдающийся украинский ученый И.И. Мечников установил, что способность определенных групп лейкоцитов к фагоцитозу определяет невосприимчивость организма к некоторым инфекционным заболеваниям. Это явление получило название клеточного иммунитета. Например, макрофаги путем фагоцитоза могут поглощать и обезвреживать клетки бактерий (рис. 44.6, Б). Клеточный иммунитет обеспечивают не только лейкоциты, но и особые неподвижные клетки, расположенные в лимфатических узлах, селезенке, печени, костном и головном мозге.

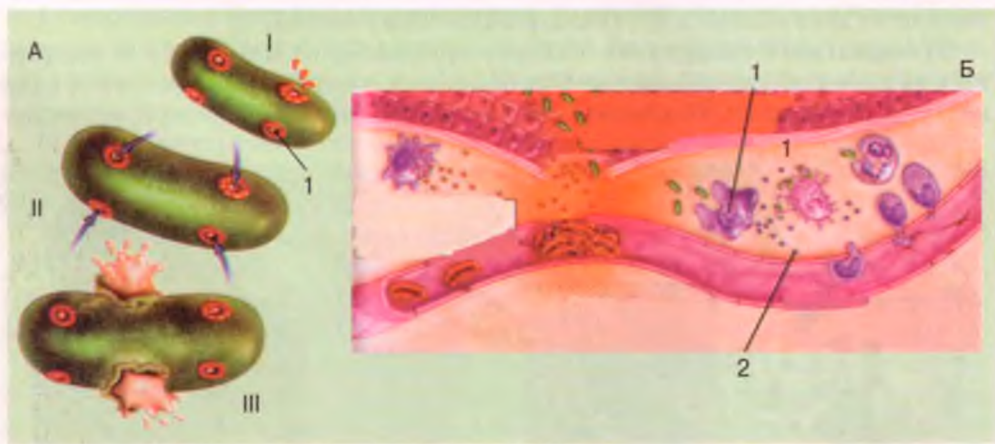


Рис. 44.6. Гуморальный (А) и клеточный (Б) иммунитет. А – действие системы комплемента (антитела) против клетки: I. Мембранные комплексы поверхности бактериальной клетки, с которыми связывается комплемент (антитело). II. Образование отверстий в оболочке бактериальной клетки, через которые поступают растворы солей. III. Давление внутри бактериальной клетки растет, что приводит к ее разрушению. Б – клеточный иммунитет: макрофаги (1) путем фагоцитоза обезвреживают клетки бактерий (2)

Деятельность разнообразных органов и систем органов многоклеточных животных направлена на поддержание гомеостаза, который достигается благодаря действию регуляторных механизмов и транспортных систем.

• **Транспортные, или циркуляционные, системы** организма часто представляют собой жидкость, заполняющую промежутки между тканями и органами (плоские и круглые черви) (рис. 43.8, А). У других организмов (членистоногие, моллюски, кольчатые черви, хордовые) эти функции (транспорт питательных веществ, биологически активных соединений, конечных продуктов обмена) выполняют жидкие ткани - кровь (рис. 43.8,1, Б, В, 43.8.2), полостная (межклеточная) жидкость, лимфа (рис. 44.7) и системы их обращения.

• **Взаимодействие клеток.** Особенности организации многоклеточного организма являются взаимосвязи между его клетками. Регуляция клеточного деления, процессов дифференцирования клеток, межклеточных взаимодействий, поддержания процессов жизнедеятельности отдельных клеток обеспечивается сложной системой сигнальных путей. Этими путями внешние относительно клетки сигналы передаются вовнутрь ее. Затем целые комплексы сигнальных белков направляют их к специфическим мишеням в цитоплазме или ядре. Таким образом, у многоклеточных организмов за счет межклеточных взаимодействий образуются сложные клеточные комплексы, функционирование которых может поддерживать-

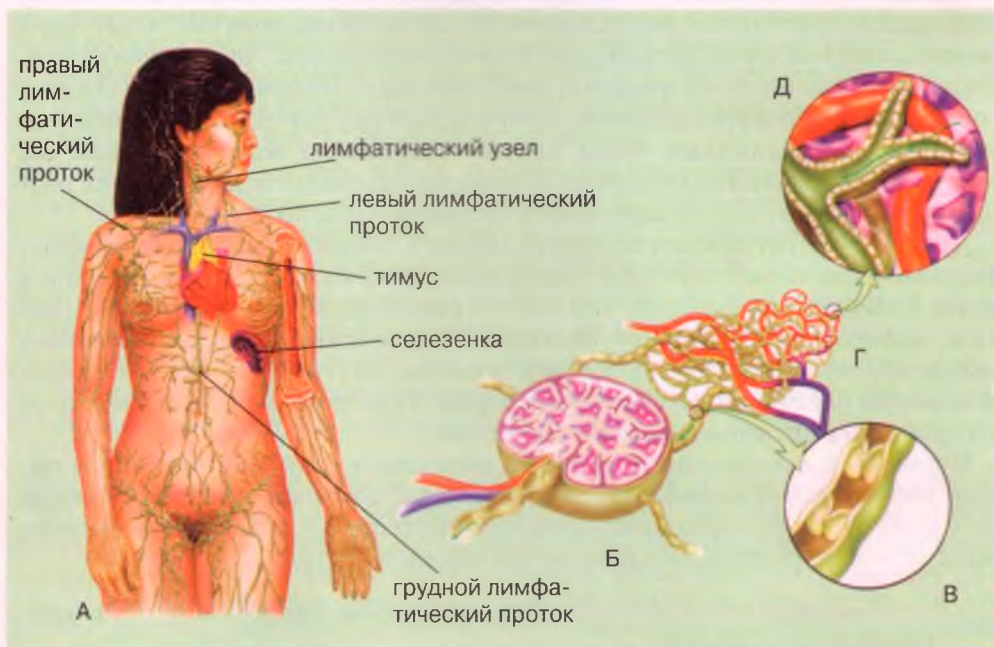


Рис. 44.7. Лимфатическая система человека: А – общий план; Б – лимфатический узел в разрезе; В – лимфатический сосуд в разрезе; Г – лимфатические капилляры (обозначены оливковым цветом) переплетаются с кровеносными (обозначены красным цветом). Это обеспечивает связь (Д) межклеточной жидкости с кровеносной и лимфатической системами

ся различными путями. Примерами таких комплексов являются разновидности тех или иных тканей.

Что обеспечивает целостность тканей и выполнение отдельными клетками специфических функций? Многочисленными экспериментами доказана способность клеток распознавать друг друга и соответствующим образом взаимодействовать. Отметим, что взаимодействие клеток — это не только способность передавать сигналы от одной клетки к другой, но и свойство действовать согласованно.

Вам уже известно, что на поверхности каждой клетки расположены рецепторы, благодаря которым она распознает различные внешние влияния, например разные химические соединения. Такие рецепторы позволяют распознать и другую, подобную себе клетку. Функционируют эти рецепторы согласно правилу «ключ — замок» (*вспомните, по этому принципу взаимодействуют и ферменты со вступающими в реакцию веществами*).

Известны два основных способа межклеточного взаимодействия: диффузионный и адгезионный. *Диффузионный способ* — это взаимодействие на основе межклеточных каналов, пор в мембранах соседних клеток.

Адгезионный способ взаимодействия (от лат. *адгезио* — прилипание, слипание) — механическое соединение клеток, длительное и стабильное удерживание их на близком расстоянии одна от другой. Вам уже известны разные виды межклеточных соединений (плазмодесмы, синапсы и др.). Такое взаимодействие является основой для объединения клеток в различные многоклеточные структуры (ткани, органы).

Каждая клетка ткани не только соединяется с соседними клетками, но и взаимодействует с межклеточным веществом, получая через него питательные вещества, сигнальные молекулы (гормоны, медиаторы) и т. п. С помощью химических веществ, поступающих ко всем клеткам, тканям и органам тела, осуществляется гуморальный тип регуляции жизненных функций. На различные типы клеток человека и животных, как вы помните, могут влиять такие биологически активные вещества, как гормоны, нейrogормоны, медиаторы, а растений — фитогормоны.

Другой путь регуляции осуществляется с помощью нервной системы. Нервные импульсы достигают определенных клеток, тканей и органов в сотни и тысячи раз быстрее, чем любые химические соединения. У человека, позвоночных и многих беспозвоночных животных согласованная работа клеток и тканей, входящих в состав внутренних органов, обеспечивается благодаря вегетативной нервной системе, в нервных центрах которой генерируются нервные импульсы.

Нервный и гуморальный способы регуляции функций органов и систем тесно взаимосвязаны. Однако следует помнить, что образование большинства химических регуляторных веществ и выделения их в кровь находятся под постоянным контролем нервной системы.

Ключевые термины и понятия. *Регуляторные системы, нейрогуморальная регуляция.*

Регуляторные системы обеспечивают функционирование многоклеточного организма как целостной биологической системы, определяют его реакции на изменения условий внешней и внутренней среды и поддерживают гомеостаз.



**Кратко
о
главном**

- ▶ У многоклеточных растений регуляцию жизненных функций осуществляют биологически активные вещества, в частности фитогормоны, фитонциды и алкалоиды.
- ▶ У большинства животных все процессы жизнедеятельности и их координация подлежат гуморальной и нервной регуляции. Взаимодействие нервной, иммунной и эндокринной систем обеспечивает нейрогуморальную регуляцию всех жизненных функций.
- ▶ Нервная система регулирует жизненные функции с помощью рефлексов. Рефлекс - реакция организма на раздражители внешней и внутренней среды, которая осуществляется при участии нервной системы. Рефлексы бывают безусловными и условными. Нервные импульсы имеют электрическую природу. Передача импульса между двумя нервными клетками или между нервной клеткой и другими типами клеток происходит с помощью особых веществ - медиаторов.
- ▶ В основе деятельности нервных центров лежат процессы возбуждения и торможения нервного возбуждения.
- ▶ Высшей нервной деятельностью называют функционирование отделов центральной нервной системы, которое обеспечивает сознательные реакции на внезапные изменения условий окружающей среды, в частности выработку и угасание условных рефлексов, запоминание и т. п.
- ▶ Гуморальная регуляция жизненных функций осуществляется благодаря разнообразным биологически активным веществам: гормонам, нейрогормонам, витаминам и т. п. Ведущая роль в гуморальной регуляции принадлежит системе желез внутренней секреции и нейрогуморальным клеткам.
- ▶ Согласованная работа желез внутренней секреции осуществляется благодаря нервной регуляции и под воздействием определенных гормонов и нейрогормонов, производимых одними железами, а влияющими на работу других.
- ▶ Иммунитет - способность организма обеспечивать невосприимчивость к возбудителям определенных заболеваний. Защита организма с помощью антител получила название гуморального иммунитета. Клеточный иммунитет основан на способности определенных групп лейкоцитов к фагоцитозу.



Вопросы для самоконтроля

1. Что такое регуляторные системы? **2.** Как происходит регуляция жизненных функций у растений? **3.** Что такое фитогормоны, фитонциды, алкалоиды? Каковы их функции? **4.** Как происходит регуляция жизненных функций у многоклеточных животных? **5.** Каковы особенности нервной регуляции? **6.** Каковы особенности гуморальной регуляции у животных? **7.** Что такое гормоны, нейрогормоны, медиаторы? **8.** Что такое иммунитет и иммунная система?

Подумайте.

Почему в организмах большинства многоклеточных животных одновременно действуют нервная и гуморальная регуляторные системы?

ОБОБЩЕНИЕ

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО, КЛЕТОЧНОГО И ОРГАНИЗМЕННОГО УРОВНЕЙ ЖИЗНИ

На **молекулярном уровне жизни** происходят химические процессы и превращения энергии, а также кодируется, сохраняется, изменяется и реализуется наследственная информация. Со взаимодействиями молекул неорганических (вода, соли, неорганические кислоты) и органических (белки, липиды, углеводы, нуклеиновые кислоты и т. п.) соединений связаны процессы жизнедеятельности организмов, в частности обмен веществ. Средой для нормального функционирования этого уровня служат клетки.

Клеточный уровень организации живой материи характеризуется тем, что в каждой клетке как одноклеточных, так и многоклеточных организмов происходит обмен веществ и превращение энергии, хранение и реализация наследственной информации. Клетки способны к размножению и передаче наследственной информации дочерним клеткам. Одноклеточные организмы всегда развиваются из одной клетки при основных способах размножения - половом и бесполом. Следовательно, клетка является элементарной единицей строения, жизнедеятельности и развития живой материи. Средой существования клеток одноклеточных организмов служит экосистема, многоклеточных — сам организм.

Организменный уровень жизни характеризуется тем, что каждое существо является самостоятельной открытой живой системой, в которой происходят обмен веществ и превращение энергии, хранение и реализация наследственной информации. Большинство многоклеточных организмов имеет органы и системы органов, построенные из разных типов тканей. Организмы способны к размножению и передаче наследственной информации потомкам. Многоклеточные организмы часто развиваются из одной клетки при половом и бесполом размножении. При вегетативном размножении они развиваются из многоклеточных частей материнского организма. Многоклеточным организмам присуще индивидуальное развитие, или онтогенез, который начинается зарождением и заканчивается естественной смертью. Каждый организм относится к определенному биологическому виду и представляет собой самостоятельную единицу, входящую в состав популяции. Средой обитания организмов служит экосистема.



ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

СТРОЕНИЕ ТКАНЕЙ РАСТЕНИЙ

Цель: *ознакомиться с особенностями строения разных типов тканей растений, обратить внимание на соответствие их строения выполняемым функциям.*

Оборудование и материалы: *световые микроскопы, постоянные микропрепараты покровной, проводящей, механической, образовательной и основной тканей растений, микрофотографии этих тканей.*

Ход работы

1. Подготовьте микроскоп к работе.
2. При малом увеличении микроскопа найдите на препаратах клетки образовательной ткани корня подсолнечника, кукурузы и т. п. Рассмотрите эту ткань при большом увеличении микроскопа. Обратите внимание на особенности строения: относительно тонкие стенки клеток, увеличенные ядра, отсутствие хорошо выраженного межклеточного вещества и т. п.
3. Рассмотрите микропрепарат клеток кожицы листа подсолнечника, кукурузы, лука, элодеи и т. п. Обратите внимание на форму клеток, характер соединения их между собой, строение устьиц.
4. Рассмотрите препарат поперечного среза через стебель многолетнего древесного растения. Обратите внимание на пробку и другие элементы коры, строение луба, ситовидные трубки, камбий, сосуды, сердцевину. Найдите годовые кольца и сердцевинные лучи.
5. Зарисуйте все рассмотренные препараты и сравните увиденное с микрофотографиями.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

СТРОЕНИЕ ТКАНЕЙ ЖИВОТНЫХ

Цель: *ознакомиться с особенностями строения разных типов тканей животных, обратить внимание на соответствие их строения выполняемым функциям.*

Оборудование и материалы: *световые микроскопы, постоянные микропрепараты эпителиальной, нервной и мышечной тканей, тканей внутренней среды, микрофотографии этих тканей.*

Ход работы

1. Подготовьте микроскоп к работе.
2. При малом увеличении микроскопа найдите на микропрепаратах клетки эпителиальной ткани. Рассмотрите эту ткань при большом увеличении микроскопа. Обратите внимание на форму клеток, их взаиморасположение, соотношение клеток и межклеточного вещества.
3. Так же рассмотрите препарат хрящевой, костной и других разновидностей тканей внутренней среды. Обратите внимание на строение межклеточного вещества, в частности на размещение в нем волокон.

- Рассмотрите препарат нервной ткани спинного или головного мозга, найдите серое вещество, а в нем — нервные клетки. Отметьте характерные особенности строения нервной ткани.
- Рассмотрите препараты мышечной ткани. Найдите ядра и сократительные волокна.
- Зарисуйте рассмотренные препараты, сравните увиденное с микрофотографиями каждой из тканей. Найдите особенности строения эпителиальной, нервной, мышечной тканей и тканей внутренней среды.

ТЕСТ НА ЗАКРЕПЛЕНИЕ ЗНАНИЙ

I. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ПРАВИЛЬНЫЙ

- Отметьте ткани растений, принадлежащие к покровным: а) кожа; б) сосуды; в) ситовидные трубки; г) древесина.
- Укажите мышцы, способные к произвольным сокращениям: а) неисчерченные в составе стенок кровеносных сосудов; б) исчерченные глотки; в) сердечная; г) неисчерченные в составе стенок кишечника.
- Назовите ткань, в состав которой входят устьица: а) основная фотосинтезирующая; б) пробка; в) кожа листа; г) образовательная.
- Отметьте ткань, у которой хорошо развито межклеточное вещество: а) эпителиальная; б) мышечная; в) нервная; г) соединительная.

II. ВЫБЕРИТЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ОТВЕТОВ ДВА ПРАВИЛЬНЫХ

- Назовите клетки, в которых встречаются хлоропласты: а) основной запасющей ткани; б) образовательной ткани; в) устьиц; г) основной фотосинтезирующей ткани.
- Назовите ткани, клетки которых способны к делению: а) пробка; б) камбий; в) кожа; г) верхушечная меристема.
- Назовите свойства, присущие эпителиальной ткани: а) межклеточное вещество почти отсутствует; б) межклетники хорошо развиты; в) клетки расположены на базальной мембране; г) клетки имеют длинные и короткие отростки.
- Укажите ткани, клетки которых способны производить антитела: а) эпителий кожи; б) нервная; в) кровь; г) лимфа.

III. ЗАДАНИЕ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Установите соответствие между клетками организмов животных и человека и принадлежащими им тканями.

Клетки	Ткани
А Нейроглия Б Лейкоциты В Остеоциты Г Хондроциты	1 Кровь 2 Хрящевая 3 Ретикулярная 4 Нервная 5 Костная

IV. ВОПРОСЫ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

- Что общего и отличного в осуществлении нервной и гуморальной регуляции жизненных функций организмов животных?
- Почему гомеостаз является необходимым условием существования любого организма? Ответ обоснуйте.
- Что общего и отличного в регуляции жизненных функций организмов животных и растений?
- Какие органы и системы органов принимают участие в поддержании гомеостаза у животных?

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ

Авитаминоз – заболевание, вызванное отсутствием или невосприятием определенных витаминов.

Автотрофные организмы (автотрофы) – живые существа, способные синтезировать органические вещества из неорганических с использованием световой энергии (*фотосинтетики*) или энергии определенных химических реакций (*хемосинтетики*).

Адаптация – приспособление живых систем (организмов, популяций, экосистем и т. п.) к определенным изменениям их внешней или внутренней среды.

Алкалоиды – биологически активные органические соединения в основном растительного происхождения. Большинство из них ядовиты для человека и животных, некоторые оказывают наркотическое влияние. Считают, что они защищают растения от выедания животными.

Аллелопатия – взаимное влияние растений различных видов вследствие выделения ими определенных биологически активных веществ.

Аминокислоты – органические соединения, которые одновременно обладают щелочными и кислотными свойствами. 20 основных аминокислот являются мономерами белков. *Заменимые аминокислоты* синтезируются всеми организмами; *незаменимые* – лишь растениями, бактериями и грибами.

Амфифильные вещества – органические соединения, одна часть молекулы которых обнаруживает гидрофильные свойства, другая – гидрофобные.

Анатомия – наука, исследующая форму и строение отдельных органов, систем органов и многоклеточного организма в целом. Подразделения анатомии: *анатомия животных, человека, растений*.

Анаэробные организмы (анаэробы) – живые существа, способные к жизни, развитию и размножению при отсутствии в среде обитания газообразного кислорода (O_2).

Андрогены – мужские стероидные половые гормоны (*тестостерон* и т. п.); отвечают за формирование вторичных половых признаков, развитие сперматозоидов, половое влечение.

Антибиотики – биологически активные вещества, негативно влияющие на микроорганизмы (бактерии, грибы и т. п.) и клетки раковых опухолей. Их продуцируют грибы, бактерии и некоторые другие организмы.

Антикодон – триплет нуклеотидов, расположенный на верхушке петли молекулы тРНК; определяет аминокислоту, которую транспортирует эта молекула тРНК и узнает комплементарный ему участок из трех нуклеотидов (кодон) молекулы иРНК.

Антитела – особые сложные белки (иммуноглобулины) позвоночных животных; каждый из которых способен распознавать и обезвреживать определенные бактерии, вирусы и посторонние для организма химические соединения.

Антропология – наука о становлении человека как особого биологического вида с общественной организацией; о человеческих расах и т. п.

Ассимиляция – одна из сторон обмена веществ; совокупность процессов поглощения из окружающей среды, усвоение и накопление химических веществ, которые служат для синтеза необходимых клетке или организму в целом соединений.

Атеросклероз – заболевание, которое характеризуется уплотнением артериальной стенки вследствие отложения жирового вещества на внутренних поверхностях стенок артерий с образованием «атеросклеротических бляшек». Эластичность стенок сосудов при этом снижается, а поток крови уменьшается; соответственно возрастает кровяное давление, которое может вызвать другие опасные заболевания, особенно у людей среднего и пожилого возраста.

АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) – нуклеотид, состоящий из остатков азотистого основания (аденина),

углевода (моносахарида рибозы) и трех молекул фосфорной кислоты; запасаает энергию в виде высокоэнергетических (макроэргических) химических связей. Служит универсальным накопителем и переносчиком энергии в биологических системах.

Аэробные организмы (аэробы) – живые существа, способные к жизни, развитию и размножению исключительно в присутствии газообразного кислорода (O_2), который они используют как окислитель в процессах метаболизма.

Бактериология – наука о прокариотических организмах – бактериях и цианобактериях.

Бактериофаги – вирусы, паразитирующие в клетках прокариотических организмов.

Белки – высокомолекулярные биополимеры, мономерами которых служат остатки аминокислот; имеют определенную пространственную структуру (первичную, вторичную, третичную, четвертичную) и молекулярную массу свыше 6000 дальтон.

Биогеография – наука о распространении живых организмов в пределах биосферы.

Биогеохимия – наука о биохимической деятельности живых организмов по преобразованию геологических оболочек земного шара.

Биологически активные вещества (ферменты, гормоны, нейгормоны, фитогормоны, витамины, антибиотики и т. п.) – органические соединения разной химической природы, способные влиять на обмен веществ и превращение энергии в живых существах.

Биологические законы – статистически выверенные закономерности явлений или процессов в живой природе, которые, как правило, не имеют исключений и могут быть истолкованы лишь однозначно.

Биология – система наук о жизни на разных уровнях организации; ее задача – познание сути жизни.

Биология индивидуального развития – наука о закономерностях индивидуального развития многоклеточных организмов от зарождения до смерти

Бионика – наука, изучающая особенности строения и жизнедеятельности организмов с целью создания

различных технических систем и приборов.

Биополимеры – высокомолекулярные (молекулярная масса – 10^3 – 10^9 дальтон) органические соединения (белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды), молекулы которых состоят из большого количества подобных между собой структурных единиц – мономеров.

Биоразнообразие – разнообразие живых систем на разных уровнях организации: различают биоразнообразие органических веществ, генов, организмов (внутривидовое биоразнообразие) видов (межвидовое биоразнообразие), экосистем и т. п.

Биотехнология – прикладная наука, которая разрабатывает и внедряет в производство промышленные методы с использованием живых организмов и биологических процессов.

Биофизика – наука о физических процессах в живых системах.

Биохимия – наука о химическом составе живых систем, строении, свойствах и роли выявленных соединений, путях их возникновения и преобразования.

Ботаника – комплексная наука о растениях; подразделения ботаники: *альгология* – наука о водорослях; *бриология* – наука о мхах; *птеридология* – наука о папоротникообразных; *дендрология* – наука о кустах и деревьях; *фитопатология* – наука о заболеваниях растений и т. п.

Буферные системы – водные растворы, способные противостоять изменению показателя pH при добавлении к ним определенного количества кислоты или щелочи. Они состоят из слабой кислоты (донора H^+) и основания (акцептора H^+), способных соответственно связывать ионы гидроксила (OH^-) и водорода (H^+), благодаря чему pH внутри системы практически не изменяется.

Вакуоли – органеллы, представляющие собой заполненные жидкостью ограниченные мембраной участки в цитоплазме.

Вирусология – наука о неклеточных формах жизни – вирусах.

Вирусы – внутриклеточные паразиты, не имеющие клеточного строения и составляющие отдельное царство Вири; *простые вирусы* имеют лишь белковую

оболочку; **сложные вирусы**, кроме белковой, дополнительно окружены липо-протеидной поверхностной мембраной.

Включения – непостоянные компоненты цитоплазмы; запасные соединения или конечные продукты обмена веществ.

Водный баланс – соотношение между поступлением воды и ее расходом в живых системах.

Водородный показатель, или pH – значение отрицательного десятичного логарифма концентрации ионов H^+ .

Воски – сложные эфиры высших жирных кислот и высокомолекулярных одноатомных спиртов.

Ген – участок молекулы нуклеиновой кислоты, содержащий информацию о первичной структуре молекул полипептида, белка, определенного типа РНК или взаимодействующий с регуляторным белком; служит элементарным носителем наследственной информации.

Генетика – наука о закономерностях наследственности, изменчивости, механизмах передачи наследственной информации от родителей потомкам.

Генетическая инженерия – прикладная область молекулярной генетики и биохимии, разрабатывающая методы перестройки наследственного материала организмов путями изъятия или введения отдельных генов или их групп.

Генетический код – присущая всем живым организмам единая система кодирования наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот в виде определенной последовательности нуклеотидов, определяющей порядок введения аминокислот в полипептидную цепь во время ее синтеза.

Геном – совокупность генов гаплоидного набора хромосом определенной клетки или целостного организма.

Гетеротрофы – организмы, потребляющие органические соединения, созданные другими существами, но не способные синтезировать их из неорганических веществ.

Гиалоплазма – бесцветная полужидкая основа цитоплазмы.

Гидрофильность – способность органического вещества растворяться в воде.

Гидрофобность – неспособность органического вещества растворяться в воде.

Гипервитаминоз – болезненное состояние, вызванное излишком определенных витаминов.

Гиповитаминоз – болезненное состояние, вызванное недостатком определенных витаминов.

Гипотеза – научно обоснованное предположение, выдвинутое для объяснения того или иного факта, процесса или явления.

Гистология – раздел биологии, изучающий микроскопическое строение тканей животных; ткани растений изучает *микроскопическая анатомия*.

Гликолипиды – сложные липиды, состоящие из молекул липидов и углеводов.

Гомеостаз – способность биологических систем разных уровней организации сохранять относительно постоянное состояние состава и свойств внутренней среды.

Гормоны – биологически активные органические соединения животных различной химической природы, способные включаться в циклы биохимических реакций и регулировать обмен веществ.

Грана – стопка из размещенных один над другим тилакоидов.

Дальтон – единица массы микрочастиц (молекул, атомов, атомных ядер и элементарных частиц) в так называемой углеродной шкале, где составляет $1/12$ массы изотопа углерода с массовым числом 12.

Дегидратация – обезвоживание клетки или многоклеточного организма.

Денатурация – процесс нарушения естественной структуры (вторичной, третичной или четвертичной) белка, нуклеиновых кислот и некоторых других биополимеров. Происходит под воздействием определенных факторов (температуры, химических соединений) вследствие разрывов разных типов слабых (водородных и т. п.) химических связей, но без разрушения прочных ковалентных. Обычно денатурация сопровождается потерей биологической активности молекулы; бывает полной или частичной, обратимой и необратимой.

Деструкция – необратимый процесс разрушения первичной структуры белков.

Диссимиляция – одна из сторон обмена веществ; совокупность процессов, которые приводят к расщеплению сложных химических соединений в организме до более простых.

Дифференциация – возникновение отличий в строении и функциях клеток, тканей и органов во время индивидуального развития организмов.

ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) – нуклеиновая кислота; биополимер, мономерами которого служат остатки нуклеотидов: *аденина* (А), *гуанина* (Г), *тимина* (Т) и *цитозина* (Ц). Состоит из двух спирально закрученных цепей. Содержится в клетках всех организмов, а также в некоторых вирусах. ДНК обеспечивает кодирование, хранение и передачу наследственной информации дочерним клеткам во время размножения материнской.

Жгутик – органелла в виде нити, основа которой находится в цитоплазме; у прокариот жгутик – спирально закрученные белковые нити, у эукариот – комплекс микротрубочек; осуществляет винтообразные или волнообразные движения.

Жиры – сложные эфиры, образованные трехатомным спиртом глицерином и тремя остатками жирных кислот.

Зоология – комплексная наука о животных; подразделения зоологии: *протистология* – наука об одноклеточных животных; *гельминтология* – наука о паразитических червях; *малакология* – наука о моллюсках; *энтомология* – наука о насекомых; *ихтиология* – наука о рыбах; *орнитология* – наука о птицах; *териология* – наука о млекопитающих и т. п.

Изменчивость – способность организмов приобретать новые наследственные или ненаследственные признаки на протяжении жизни.

Иммунитет – способность организма противостоять возбудителям заболеваний и сохранять собственную целостность. *Гуморальный иммунитет* возникает вследствие производства антител особыми лейкоцитами; *клеточный иммунитет* обеспечивается способностью определенных видов лейкоцитов к

фагоцитозу вредных микроорганизмов и веществ; *врожденный иммунитет* формируется к моменту рождения; *приобретенный иммунитет* возникает во время индивидуального развития (вследствие перенесенных заболеваний, вакцинации или введения лечебных сывороток).

Интерфаза – период между двумя последовательными делениями клетки или от ее последнего деления до гибели. Во время интерфазы происходят процессы роста, удвоение ДНК, синтеза белков, АТФ и других органических соединений, деление митохондрий и пластид.

Инцистирование – процесс образования плотной оболочки (цисты) у некоторых одноклеточных и многоклеточных организмов.

Канцерогены – факторы химического (разные неорганическое и органическое соединения, например нитриты и диоксины), физического (разные виды облучения, высокие температуры и т. п.) и биологического (вирусы) происхождения, способные вызывать образование опухолей, массовое размножение патологически измененных клеток крови: лейкоцитов (лейкозы), реже – эритроцитов (эритроцитозы).

Кариотип – специфический для каждого вида организмов набор хромосом ядра; характеризуется определенным количеством хромосом и особенностями их строения.

Клетка – основная единица строения, функционирования и развития живых организмов (за исключением вирусов), элементарная биологическая система.

Клеточная стенка – плотная надмембранная структура растений (большей частью состоит из целлюлозы), грибов (из хитина и других полисахаридов) и прокариот (у бактерий – преимущественно из особого полимерного вещества мурина, цианобактерий – из целлюлозы).

Клеточный центр – органелла, состоящая из двух центриолей, расположенных в уплотненном участке цитоплазмы; участвует в образовании веретена деления.

Клеточный цикл – период жизни клетки от одного деления до другого или от последнего деления до гибели; состоит из периодов собственно деления



и перерыва между двумя последовательными делениями (интерфазы).

Кодон – триплет нуклеотидов, единица генетического кода в молекуле нуклеиновой кислоты, которая несет информацию об определенной аминокислоте. Последовательность кодонов в гене определяет очередность включения аминокислотных остатков в синтезируемую молекулу белка.

Комплекс Гольджи – органелла эукариотической клетки; состоит из покрытых мембранами плоских цистерн, пузырьков и канальцев; накапливает, превращает и выделяет разные вещества, принимает участие в образовании лизосом, клеточных стенок, сократительных вакуолей и других структур.

Комплементарность – согласованная последовательность нуклеотидов в двух цепочках молекулы ДНК, соединенных водородными связями; обусловлена особенностями химического строения соответствующих нуклеотидов.

Космическая биология – наука, изучающая особенности функционирования живых систем в условиях космических аппаратов и Вселенной.

Кофактор – небелковая часть сложного фермента. Кофакторами могут быть неорганические катионы или анионы, а также органические вещества (коферменты).

Кофермент – кофактор органической природы, например производные витаминов.

Криобиология – наука о влияниях низких температур на живую материю.

Кросинговер (перекрест хромосом) – обмен определенными участками между гомологическими хромосомами во время конъюгации последних в профазе первого деления мейоза. Обеспечивает комбинативную изменчивость организмов.

Лейкопласты – бесцветные пластиды разнообразной формы, в которых запасаются питательные вещества.

Лизосомы – одномембранные органеллы; содержат ферменты, расщепляющие разнообразные органические соединения и обеспечивающие процессы внутриклеточного пищеварения.

Липиды – гидрофобные органические соединения разнообразного строения (жиры, воски, стероиды и др.).

Липопротеиды – сложные липиды, состоящие из молекул липидов и белков.

Макромолекулы – в биологии этот термин употребляют как синоним *биополимеров* со значительными (не менее чем 10^3 дальтон) молекулярными массами.

Макроэлементы – 12 химических элементов, содержание каждого из которых представляет не менее чем 0,01 %, а суммарное – около 99,9 % массы организма. К ним относятся водород, углерод, азот, кислород, кальций, калий, натрий, железо, магний, сера, хлор, фосфор.

Математическая биология – наука, разрабатывающая теоретические основы математических моделей биологических процессов и явлений.

Математическая модель – численное выражение парных связей (в виде системы дифференциальных уравнений) в пределах определенного объекта, процесса или явления. Изменяя числовое значение одного из показателей, введенных в модель, можно наблюдать соответствующие изменения других. Математические модели позволяют наблюдать за возможными вариантами хода событий, выделять отдельные связи, комбинировать их и т. п.

Математическое моделирование в биологии – совокупность математических методов анализа сложных количественных взаимосвязей и закономерностей в биологических системах. Его осуществляют с помощью компьютерной техники.

Медицина – наука о здоровье человека и его сохранении, заболеваниях, методах их профилактики, диагностики и лечения.

Мейоз (редукционное деление) – способ деления эукариотических клеток, вследствие которого хромосомный набор уменьшается вдвое; мейоз происходит путем двух последовательных делений, интерфаза между которыми укорочена или практически отсутствует. Мейоз обеспечивает постоянство числа хромосом организмов, которым присуще половое размножение.

Метаболизм (обмен веществ) – совокупность процессов поступления веществ из внешней среды, их превра-

щений в организме или отдельной клетке и удаление наружу продуктов жизнедеятельности.

Микология – наука о грибах.

Микроэлементы – около 60 химических элементов, доля каждого из которых равна 10^{-12} – 10^{-3} %, а суммарная – около 0,01 % массы живого организма. К ним относятся йод, кобальт, марганец, медь, молибден, цинк и т. п.

Митоз (непрямое деление) – основной способ деления эукариотических клеток; сопровождается образованием особого аппарата, обеспечивающего точную передачу наследственной информации от материнской клетки дочерним; состоит из четырех последовательных этапов (фаз): *профазы, метафазы, анафазы и телофазы*.

Митохондрии – двухмембранные органеллы эукариотических клеток разнообразной формы; в них происходит синтез АТФ.

Молекулярная биология – наука, изучающая процессы, происходящие в живых системах на молекулярном уровне.

Мономеры – низкомолекулярные химические соединения, способные реагировать между собой и образовывать молекулы полимеров (например, аминокислоты – мономеры белков).

Моносахариды – водорастворимые углеводы с общей формулой $C_nH_{2n}O_n$, где n = от 3 до 10. В живых организмах наиболее распространены гексозы с 6 атомами углерода (глюкоза, фруктоза и др.) и пентозы с 5 атомами углерода (например, рибоза и дезоксирибоза).

Настии – двигательные реакции частей растений в виде изгибов, которые возникают в ответ на действие раздражителей окружающей среды, не имеющих определенного направления (например, изменения температуры).

Нейрогормоны – биологически активные вещества животных разной химической природы, которые производятся нервными клетками; по действию подобны гормонам.

Нуклеиновые кислоты – биополимеры, которые состоят из мономеров (нуклеотидов); к ним относятся дезоксирибонуклеиновые (ДНК) и рибонуклеиновые (РНК) кислоты.

Нуклеопротеиды – соединения белков с нуклеиновыми кислотами.

Нуклеотид – мономер нуклеиновой кислоты, которая состоит из остатков азотистого основания, моносахарида (пентозы) и фосфорной кислоты.

Олигосахариды – полимерные углеводы, в которых 2–10 моносахаридных звеньев соединены ковалентными (гликозидными) связями (например, сахароза).

Орган – часть многоклеточного организма, занимающая определенное положение в организме, имеет присущие лишь ему особенности строения и выполняет определенные функции; как правило, состоит из тканей разных типов; *вегетативные органы* обеспечивают разнообразные жизненные функции (движение, рост и т. п.), но не специализированы на функции размножения; *репродуктивные органы* выполняют функции полового, бесполого или вегетативного размножения (органы полового размножения растений и грибов называют *генеративными*, животных – *половыми*).

Органеллы – постоянные компоненты клетки определенного строения, обеспечивающие те или иные процессы жизнедеятельности.

Органические вещества – соединения углерода с другими элементами, которые возникли в живых существах или являются продуктами их жизнедеятельности; присутствуют в атмосфере, поверхностных и подземных водах, осадках, почвах и горных породах. Химики создали много синтетических органических веществ.

Органогенные элементы – четыре макроэлемента (водород, углерод, азот, кислород) – основные составляющие органических соединений; их суммарная доля составляет почти 98 % массы живых существ.

Открытая система – материальное тело (например, живой организм), способное к обмену с окружающей средой веществом и энергией.

Охрана природы – система мероприятий по сохранению биоразнообразия и естественной окружающей среды, базирующаяся на экологических закономерностях.

Палеонтология – наука о вымерших организмах и экосистемах прошлого.

Паразитология – наука о живых существах – паразитах живых организмов других видов.

Парниковый (тепличный) эффект – увеличение концентрации высокотеплоемкого углекислого газа (CO_2) в воздухе препятствует излучению тепла с поверхности Земли в космическое пространство, что может привести к глобальному потеплению.

Пигменты – ярко окрашенные органические соединения различной химической природы (*гемоглобины, хлорофиллы* и т. п.).

Пиноцитоз – процесс поглощения жидкостей клетками живых организмов.

Плазматическая мембрана (плазмалемма) – биологическая мембрана, окружающая цитоплазму.

Пластиды – органеллы клеток растений и некоторых одноклеточных животных, покрытые двумя мембранами. В зависимости от содержания пигментов различают *хлоропласты* (зеленого цвета), *хромoplastы* (красные, синие и др.) и *лейкопласты* (бесцветные).

Пластический обмен – совокупность реакций, обеспечивающих рост клеток и организма в целом и обновление их химического состава; процессы биохимического синтеза необходимых биологическим системам соединений.

Полипептиды – биополимеры, состоящие из небольшого числа (от 6–10 до нескольких десятков) аминокислот с молекулярной массой ниже 6000 дальтон.

Полисахариды – биополимеры; молекулярная масса некоторых из них может достигать нескольких миллионов. Мономерами полисахаридов служат моносахариды или их производные. Полисахариды плохо растворимы в воде и не имеют сладкого вкуса (например, *крахмал, целлюлоза, гликоген, пектин, лигнин, хитин*).

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – показатель безопасного уровня содержания определенного вредного вещества или суммы таких веществ в окружающей среде. Его значение отвечает максимальному количеству вредного вещества в единице объема или массы, которая при еже-

дневном влиянии на протяжении неограниченного времени не вызывает каких-либо изменений в организме человека и животных и неблагоприятных наследственных изменений у потомков, а также не приводит к нарушению нормального воспроизведения основных звеньев экологической системы данного природного объекта. Обычно ПДК разрабатывают государственные органы охраны здоровья.

Прионы – особые белковые частицы, не содержащие нуклеиновых кислот, которые при попадании в организмы человека и других млекопитающих вызывают смертельно опасные поражения центральной нервной системы (так называемые медленные инфекции), вызванные массовым некомпенсированным отмиранием клеток головного мозга. Возникают вследствие нарушения синтеза белков из-за мутаций соответствующих генов.

Прокариоты – надцарство, к которому относятся одноклеточные и колониальные организмы (бактерии, цианобактерии), клетки которых не имеют ядра и большинства других органелл.

Протисты – общее название всех одноклеточных и некоторых многоклеточных эукариотических организмов независимо от их систематического положения (растения, грибы, животные), предложенное Э. Геккелем в 1866 г.

Радиобиология – наука о влиянии разных видов ионизирующего излучения на биологические системы.

Радионуклиды – атомы с радиоактивными ядрами, которые вследствие своего распада излучают α - и β -частицы, а также рентгеновские лучи, или γ -излучение. Известно свыше 1800 радионуклидов естественного или искусственного происхождения. В зависимости от стойкости ядер периоды полураспада радионуклидов составляют от нескольких секунд, например у N^{16} и O^{19} , до многих миллиардов лет.

Радиозэкология – наука о влиянии разных видов ионизирующего излучения на популяции, экосистемы и биосферу.

Регенерация – процессы восстановления утраченных или поврежденных частей, а также воспроизведение целостного организма из определенной его части.

Ренатурация – процессы восстановления естественной структуры определенных биополимеров (белков, нуклеиновых кислот и т. п.), измененные вследствие *денатурации*.

Реснички – органеллы эукариот, состоящие из микротрубочек; подобны по строению жгутикам; движение всех ресничек одной клетки скоординировано и несколько напоминает работу весел.

Рефлекс – ответ животного организма на раздражение, который осуществляется при участии нервной системы. Различают врожденные, или *безусловные рефлексы*, и приобретенные на протяжении жизни, или *условные*.

Рибосомы – немембранные органеллы в виде сферических телец, в состав которых входят рРНК и белки; состоят из двух частиц разного размера (*субъединиц*); обеспечивают биосинтез белков в клетке.

РНК (рибонуклеиновые кислоты) – нуклеиновые кислоты, в состав нуклеотидов которых входят остатки азотистых оснований (*аденина, гуанина, цитозина, урацила*), рибозы и фосфорной кислоты. Как правило, они состоят из одной цепочки нуклеотидов. Различают *транспортные* (тРНК), *информационные*, или *матричные* (иРНК, или мРНК), и *рибосомальные* (рРНК) рибонуклеиновые кислоты. Входят в состав многих вирусных частиц.

Селекция – прикладная наука о создании новых штаммов микроорганизмов, сортов растений и пород животных.

Синапс – место контакта между двумя нейронами или нейроном и эффекторной клеткой; служит для межклеточной передачи нервных импульсов.

Система – целостный объект, состоящий из отдельных взаимосвязанных частей.

Система органов – совокупность органов, выполняющих одну или несколько общих функций (дыхание, пищеварение, выделение и т. п.).

Систематика – наука о видовом разнообразии современных и вымерших живых существ. Систематики описывают новые для науки виды, относят их к высшим систематическим единицам – родам, семействам и т. д. и на основе обобщения достижений других областей биологии упорядочивают

(классифицируют) знания о живой материи, создавая систему организмов.

Спейсеры – участки, расположенные между генами в молекуле ДНК, не несущие наследственной информации.

Стероиды – простые липиды, представляющие собой одноатомные циклические спирты. К ним относятся некоторые гормоны (*эстрогены, андрогены, кортикостероиды*), *холестерин* и т. п.

Суккуленты – многолетние травянистые растения засушливых местностей с утолщенной сочной листвой (агава, алоэ, молодило) или стеблем (кактусы), в особых клетках которых накапливаются запасы воды.

Теория – форма научного знания, которая дает целостное представление о закономерностях и взаимосвязях определенных биологических объектов и явлений и подтвержденная практической деятельностью.

Теплоемкость – физическая величина, определяемая количеством теплоты, которую нужно придать телу для повышения его температуры на один градус.

Тилакоиды – производные внутренней мембраны хлоропластов в виде уплощенных вакуолей или мешочков.

Ткань – группа подобных по строению клеток, структурно и функционально связанных между собой. У животных в состав тканей также входит межклеточное вещество – продукт выделения клеток.

Транскрипция – этап синтеза белка, когда на матричной ДНК синтезируется молекула иРНК.

Трансляция – этап синтеза белка, когда происходит перевод последовательности нуклеотидов в молекуле иРНК (матрице) в очередность аминокислотных остатков синтезированной молекулы белка.

Тропизмы – направленные ростовые движения органов растений в ответ на раздражитель с направленным действием (например, освещенность).

Тургор – напряженное состояние клеточной стенки, обусловленное давлением на нее цитоплазмы изнутри. У большинства растений тургорное давление составляет 5–10 атмосфер, а у клеток грибов и растений солонцов – 50–100 атмосфер. У животных клеток

твердая стенка отсутствует, а клеточная мембрана не способна противостоять большой разнице давления с обеих сторон; поэтому этот показатель обычно не превышает одну атмосферу.

Углеводы – органические соединения, в основном отвечающие общей формуле $(CH_2O)_n$, где n равно 3 или более. Некоторые из них содержат также атомы азота, фосфора или серы. Входят в состав всех биологических систем. Среди углеводов различают моно-, олиго- и полисахариды.

Ультрамикрорезультаты – микроэлементы, содержание которых меньше 10^{-3} % массы живых существ (свинец, бром, серебро, золото и др.).

Фагоцитоз – процесс активного поглощения твердых объектов клетками животных.

Ферменты – вещества белковой природы, которые ускоряют (катализируют) биохимические реакции в живых организмах.

Физиологический раствор – 0,9 %-й водный раствор хлорида натрия, который отвечает концентрации этого соединения в плазме крови человека.

Физиология – наука о процессах жизнедеятельности организмов. Подразделения физиологии: физиология бактерий, растений, грибов, животных, человека.

Филогения – наука о конкретных путях и этапах исторического развития различных групп живых организмов.

Философия биологии – наука, развещающая философские проблемы мировосприятия в свете достижений биологии.

Фитогормоны – биологически активные вещества высших растений и грибов; в очень малых количествах способны влиять на метаболизм, рост и развитие.

Фитонциды – вещества, выделяемые растениями и угнетающие деятельность других видов живых организмов.

Фосфолипиды – сложные липиды, состоящие из молекул липидов и фосфорной кислоты.

Фотосинтез – синтез растениями, некоторыми прокариотами и одноклеточными животными органических веществ из неорганических благодаря

преобразованию световой энергии в энергию химических связей синтезированных соединений.

Фототрофы – автотрофные организмы, использующие энергию света для процессов синтеза органических соединений из неорганических.

Функциональная система органов – временное объединение действий разных систем органов для осуществления определенной жизненной функции.

Хемосинтез – процессы образования органических веществ из неорганических *хемотрофами* за счет энергии, освобождаемой вследствие окисления определенных неорганических соединений.

Хемотрофы – виды автотрофных прокариот, для синтеза органических веществ использующие энергию, которая освобождается вследствие химических реакций.

Хитин – азотсодержащий полисахарид, входящий в состав клеточной стенки грибов и наружного скелета членистоногих.

Хлоропласты – пластиды, окрашенные в зеленый цвет благодаря наличию пигментов – хлорофиллов; в них происходит фотосинтез.

Хлорофиллы – группа пигментов зеленого цвета, содержащих магний; с их помощью фотосинтезирующие организмы улавливают энергию света и осуществляют процессы фотосинтеза.

Холестерин (холестерол) – стероидный ненасыщенный спирт, присутствующий во всех эукариотических организмах. У позвоночных животных его синтезируют клетки печени; предшественник половых гормонов.

Хроматида – структурный элемент хромосомы, формирующийся в интерфазе.

Хроматин – нитевидные образования, представляющие собой комплексы ядерных белков и нуклеиновых кислот (нуклеопротеидов); из них состоят хромосомы.

Хромопласты – пластиды, окрашенные в разные цвета (желтый, красный и т. п.) благодаря наличию соответствующих пигментов.

Хромосомы – внутриядерные структуры, в которых размещены гены; способны к самодублированию.

Цитология – наука о строении и процессах жизнедеятельности клетки.

Цитоплазма – внутренняя среда клетки. Представляет собой коллоидный раствор органических и минеральных веществ; содержит органеллы и включения.

Цитоскелет – система микротрубочек и микронитей (микрофиламентов) белковой природы, которая служит опорой клетки и принимает участие в ее движении.

Эволюция – процесс необратимых исторических изменений живых систем.

Экология – наука о взаимосвязях организмов между собой и условиями среды обитания, структуре и функционировании многовидовых систем (экосистем, биосферы).

Эмбриология – наука о зародышевом этапе развития многоклеточных организмов.

Эндоплазматическая сеть – система полостей в виде соединенных между собой и окруженных мембраной микроскопических канальцев и вакуолей; *незернистая (агранулярная)* эндоплазматическая сеть лишена рибосом; на

ней синтезируются углеводы и липиды; *зернистая (гранулярная)* эндоплазматическая сеть несет на мембранах рибосомы, при участии которых происходит синтез белка.

Эстрогены – женские стероидные половые гормоны; отвечают за формирование вторичных половых признаков и половое влечение, обеспечивают женские месячные циклы, возможность зачатия, нормальное течение беременности и родов.

Эукариоты – организмы (растения, грибы, животные), клетки которых имеют одно или несколько ядер. Составляют отдельное надцарство живой природы.

Ядро – компонент эукариотических клеток, окруженный двумя мембранами. Регулирует процессы синтеза белков, обеспечивает хранение и передачу наследственной информации.

Ядрышки – размещенные в ядре плотные структуры, состоящие из комплексов РНК с белками, хроматина и гранул – предшественников субъединиц рибосом.



НОБЕЛЕВСКИЕ ЛАУРЕАТЫ, СДЕЛАВШИЕ ОТКРЫТИЯ В БИОЛОГИИ

Нобелевская премия - одна из наиболее престижных международных премий. Основана согласно завещанию шведского химика, изобретателя взрывчатого вещества динамита Альфреда Бернарда Нобеля (1833-1896), который все свои доходы (около 31,5 млн шведских крон) отдал на финансирование международной премии. Согласно его воле, ежегодную прибыль от этого наследства Нобелевский комитет должен разделять на пять равных частей между лицами, которые в предыдущем году больше всего прислужились человечеству в разных сферах деятельности. Вручение премий началось в 1901 году в областях физики, химии, медицины и физиологии, экономики, литературы и защиты мира. Нобелевские премии, за исключением премии мира, вручают шведские монархи каждый год в Стокгольме 10 декабря - в годовщину смерти Альфреда Нобеля; премию мира вручают в Осло (Норвегия) тоже 10 декабря. Накануне нобелевские лауреаты читают лекции. Биологи получают Нобелевские премии в областях химии, медицины и физиологии.

В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНЫ И ФИЗИОЛОГИИ

Год	Имя	Тема
1901	Эмиль Адольф фон Беринг	«За работу по сывороточной терапии, преимущественно за ее применение при лечении дифтерии, которое открыло новые пути в медицинской науке и дало в руки врачей победоносное оружие против болезней и смерти»
1902	Рональд Росс	«За работу по малярии, в которой он показал, как возбудитель попадает в организм, и тем самым заложил основу для дальнейших успешных исследований в этой области разработки методов борьбы с малярией»
1904	Иван Павлов	«За работу по физиологии пищеварения»
1906	Камилло Гольджи, Сантьяго Рамон-и-Кахаль	«В знак признания работ о структуре нервной системы»
1908	Илья Мечников, Пауль Эрлих	«За работы об иммунитете»
1910	Альбрехт Коссель	«За вклад в изучение химии клетки, внесенный исследованием белков, включая нуклеиновые вещества»
1919	Жуль Борде	«За открытия, связанные с иммунитетом»
1920	Август Крог	«За открытие механизма регуляции просвета капилляров»
1922	Арчибальд Гилл	«За открытие в области теплообразования в мышце»
	Отто Мейергоф	«За открытие тесной взаимосвязи между процессом поглощения кислорода и метаболизмом молочной кислоты в мышце»

Год	Имя	Тема
1923	Фредерик Бантинг, Джон Маклеод	«За открытие инсулина»
1929	Кристиан Эйкман	«За вклад в открытие витаминов»
	Фредерик Гоулэнд Хопкинс	«За открытие витаминов, которые стимулируют процессы роста»
1930	Карл Ландштейнер	«За открытие групп крови человека»
1933	Томас Хант Морган	«За открытия, связанные с ролью хромосом в наследственности»
1936	Генри Дейл, Отто Леви	«За открытия, связанные с химической передачей нервных импульсов»
1943	Генрик Карл Петер Дам	«За открытие витамина К»
	Едуард Адальберт Дойзи	«За открытие химической структуры витамина К»
1945	Александр Флемминг, Эрнст Борис Чейн, Говард Волтер Флори	«За открытие пенициллина и его целебного влияния при разных инфекционных болезнях»
1946	Герман Джозеф Меллер	«За открытие появления мутаций под влиянием рентгеновского излучения»
1947	Карл Фердинанд Кори, Герт Тереза Кори	«За открытие каталитического преобразования гликогена»
	Бернардо Альберто Усай	«За открытие роли гормонов передней доли гипофиза в метаболизме глюкозы»
1949	Волтер Гесс	«За открытие функциональной организации промежуточного мозга как координатора активности внутренних органов»
1950	Эдуард Кендалл, Тадеуш Рейхштейн, Филипп Хенч	«За открытия, которые касаются гормонов коры надпочечных желез, их структуры и биологических эффектов»
1953	Ханс Адольф Кребс	«За открытие цикла лимонной кислоты»
	Фриц Альберт Липман	«За открытие кофермента А и его значения для промежуточных стадий метаболизма»
1955	Гуго Теорель	«За открытия, которые касаются природы и механизма действия окислительных ферментов»
1958	Джордж Бидл, Эдуард Тейтем	«За открытия, которые касаются роли генов в специфических биохимических процессах»



Год	Имя	Тема
1959	Северо Очоа, Артур Корнберг	«За открытие механизмов биологического синтеза рибонуклеиновой и дезоксирибонуклеиновой кислот»
1962	Фрэнсис Крик, Джеймс Ватсон, Моррис Уилкинс	«За открытия, которые касаются молекулярной структуры нуклеиновых кислот и их значения для передачи информации в живых системах»
1963	Джон Эклс, Аллан Ходжкин, Эндрю Филдинг Хаксли	«За открытия, которые касаются ионных механизмов возбуждения и торможения в периферических и центральных участках нервных клеток»
1964	Конрад Блох, Феодор Линен	«За открытия, которые касаются механизмов и регуляции обмена холестерина и жирных кислот»
1965	Франсуа Жакоб, Андре Львов, Жак Моно	«За открытия, которые касаются генетического контроля синтеза ферментов и вирусов»
1968	Роберт Голли, Гар Гобинд Хорана, Маршалл Ниренберг	«За расшифровку генетического кода и его роли в синтезе белков»
1969	Макс Дельбрюк, Альфред Херши, Сальвадор Лурия	«За открытия, которые касаются механизма репликаций и генетической структуры вирусов»
1972	Джералд Эдельман, Родни Портер	«За открытия, которые касаются химической структуры антител»
1973	Карл фон Фриш, Конрад Лоренц, Николас Тинберген	«За открытия, связанные с созданием и установлением моделей индивидуального и группового поведения животных»
1974	Альбер Клод, Кристиан де Дюв, Джордж Паладэ	«За открытия, которые касаются структурной и функциональной организации клетки»
1980	Барух Бенасерраф, Жан Доссе, Джордж Снелл	«За открытия, которые касаются генетически определенных структур на клеточной поверхности, которые регулируют иммунные реакции»
1981	Роджер Сперри	«За открытия, которые касаются функциональной специализации полушарий головного мозга»
	Дэвид Хьюбелл, Торстен Визел	«За открытия, которые касаются принципов обработки информации в нейронных структурах»
1983	Барбара Мак-Кинток	«За открытие транспозиционных генетических систем»
1986	Стэнли Коен, Рита Леви-Монтальчини	«В знак признания открытий, которые имеют наиболее важное значение для раскрытия механизмов регуляции роста клеток и органов»



Год	Имя	Тема
1993	Ричард Робертс, Филипп Шарп	«За открытие, независимо друг от друга, прерывчатой структуры гена»
1995	Эдвард Льюис, Кристиана Нюсляйн- Фольхард, Эрик Вишаус	«За открытия, которые касаются генетического контроля на ранней стадии эмбрионального развития»
1996	Питер Дозерти, Рольф Цинкернагель	«За открытия в области иммунной системы человека, в частности ее способностей обнаруживать клетки, пораженные вирусом»
1997	Стэнли Прузинер	«За открытие прионов, нового биологического принципа инфекции»
	Эрик Кандел	«За открытие молекулярных механизмов работы синапсов»
2001	Леланд Гартвелл, Тимоти Хант, Пол Нерс	«За открытие ключевых регуляторов клеточного цикла»
2002	Сидни Бреннер, Роберт Горвиц, Джон Салстон	«За открытие в области генетического регулирования развития человеческих органов»
2006	Эндрю Фаер, Крейг Мэлло	«За открытие РНК-интерференции - возможности контроля активности определенных генов»
2008	Люк Монтанье, Франсуаза Барр-Синусси, Гаральд цур Гаузен	«За изучение вируса иммунодефицита человека (ВИЧ) и папилломавируса»
2009	Элизабет Блэкбурн, Кэрол Грейдер, Джек Шостак	«За открытие того, как хромосомы защищены теломерами и энзимом теломеразы»

СОДЕРЖАНИЕ

Дорогие десятиклассники!.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
§ 1. Система биологических наук. Связь биологических наук с другими науками.....	4
Очерк об истории развития биологической науки.....	7
§ 2. Уровни организации жизни.....	12
§ 3. Методы исследований в биологии. Значение достижений биологической науки в жизни человека и общества.....	18
РАЗДЕЛ 1. МОЛЕКУЛЯРНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ	
Тема 1. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА ОРГАНИЗМОВ.....	24
§ 4. Элементный состав организмов.....	24
§ 5. Роль неорганических веществ в жизнедеятельности организмов.....	29
§ 6. Функции воды в жизнедеятельности организмов.....	33
Практическая работа М 1. Определение содержания воды в собственном организме (выполняют учащиеся академического уровня обучения).....	40
Тема 2. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА.....	41
§ 7. Органические вещества организмов. Липиды.....	41
§ 8. Углеводы: разнообразие, свойства и функции.....	46
§ 9. Белки: строение и свойства.....	49
§ 10. Функции белков.....	54
§ 11. Нуклеиновые кислоты. Свойства и функции РНК. АТФ.....	58
§ 12. Строение, свойства и функции ДНК.....	62
§ 13. Биологически активные вещества. Витамины, гормоны, факторы роста.....	66
Лабораторная работа М 1. Определение некоторых органических веществ и их свойств.....	71
Лабораторная работа М 2. Изучение свойств ферментов.....	72
Практическая работа М 2. Решение элементарных задач на транскрипцию и репликацию.....	73
Решение элементарных задач на трансляцию.....	73
Решение элементарных задач по репарации.....	74
Практическая работа № 3. Ознакомление с инструкциями по использованию отдельных медицинских препаратов, средств бытовой химии. Оценка степени опасности этих веществ.....	74
Практическая работа № 4. Оценка продуктов питания по их составу	75
РАЗДЕЛ II. КЛЕТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ	
Тема 1. ОБЩИЙ ПЛАН СТРОЕНИЯ КЛЕТКИ. ПОВЕРХНОСТНЫЙ АППАРАТ. ЯДРО.....	79
§ 14. Клетка - основная структурно-функциональная единица организмов. Методы цитологических исследований.....	79

§ 15. Строение и функции клеточных мембран.....	86
§ 16. Надмембранные и подмембранные комплексы клеток.....	94
§ 17. Строение и функции ядра клеток эукариот. Нуклеоид прокариот.....	98
§ 18. Особенности организации кариотипа разных организмов.....	103
<i>Лабораторная работа № 3. Строение клеток прокариот и эукариот</i>	108
<i>Лабораторная работа № 4. Наблюдение за явлениями плазмолиза и деплазмолиза в клетках растений (выполняют учащиеся академического уровня обучения).....</i>	109
<i>Лабораторная работа № 5. Микроскопическое и ультрамикроскопическое строение ядра (выполняют учащиеся академического уровня обучения).....</i>	110
Тема 2. ЦИТОПЛАЗМА КЛЕТОК.....	112
§ 19. Цитоплазма. Клеточные включения.....	112
§ 20. Одномембранные органеллы.....	115
§ 21. Двухмембранные органеллы: митохондрии и пластиды.....	121
§ 22. Рибосомы. Органеллы движения. Клеточный центр.....	126
§ 23. Строение клеток прокариот. Гипотезы происхождения эукариот.....	130
<i>Лабораторная работа № 6. Изучение строения одномембранных органелл.....</i>	136
<i>Лабораторная работа № 7. Изучение строения двухмембранных органелл . .</i>	137
<i>Лабораторная работа № 8. Движение цитоплазмы в клетках растений . .</i>	139
Тема 3. КЛЕТКА КАК ЦЕЛОСТНАЯ СИСТЕМА.....	141
§ 24. Клеточный цикл. Митоз.....	141
§ 25. Мейоз.....	147
§ 26. Общая характеристика обмена веществ и превращения энергии в клетках.....	153
§ 27. Пластический обмен. Биосинтез белков и нуклеиновых кислот.....	160
§ 28. Хемосинтез и фотосинтез.....	167
§ 29. Современная клеточная теория. Возможности и перспективы использования цитотехнологий.....	172
<i>Лабораторная работа № 9. Строение хромосом.....</i>	178
<i>Лабораторная работа № 10. Митотическое деление клеток.....</i>	178
<i>Практическая работа М 5. Сравнение митоза и мейоза (выполняют учащиеся академического уровня обучения).....</i>	179
<i>Практическая работа № 6. Решение элементарных задач по трансляции (выполняют учащиеся академического уровня обучения).....</i>	180

РАЗДЕЛ III. ОРГАНИЗМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

Тема 1. НЕКЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ ЖИЗНИ.....	184
§ 30. Строение, химический состав и свойства вирусов.....	184
§ 31. Размножение вирусов. Основные этапы взаимодействия вируса и клетки.....	189
§ 32. Роль вирусов в природе и жизни человека. Вирусные инфекции человека и животных.....	195
§ 33. Профилактика и лечение вирусных инфекций.....	200
§ 34. Вироиды и прионы.....	206



Тема 2. ОДНОКЛЕТОЧНЫЕ ОРГАНИЗМЫ.....	211
§ 35. Особенности строения и процессов жизнедеятельности прокариотических организмов.....	211
§ 36. Роль прокариот в природе и жизни человека.....	218
§ 37. Особенности организации одноклеточных эукариот.....	223
§ 38. Особенности процессов жизнедеятельности одноклеточных эукариот.....	227
§ 39. Роль протист в природе и хозяйстве человека.....	233
<i>Практическая работа № 5. Сравнение симптомов заболеваний, вызванных вирусами и бактериями.....</i>	<i>238</i>
Тема 3. МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ ОРГАНИЗМЫ.....	240
§ 40. Многоклеточные эукариоты.....	240
§ 41. Ткани растений.....	247
§ 42. Ткани человека и животных. Гистотехнология.....	255
§ 43. Органы и системы органов.....	263
§ 44. Регуляция функций у многоклеточных организмов.....	274
ОБОБЩЕНИЕ	
<i>Принципы организации и функционирования молекулярного, клеточного и организменного уровней жизни.....</i>	<i>284</i>
<i>Лабораторная работа № 11. Строение тканей растений.....</i>	<i>285</i>
<i>Лабораторная работа № 12. Строение тканей животных.....</i>	<i>285</i>
Краткий словарь терминов и понятий.....	287
ПРИЛОЖЕНИЕ	
<i>Нобелевские лауреаты, сделавшие открытия в биологии.....</i>	<i>297</i>

Навчальне видання

**БАЛАН ПАВЛО ГЕОРГІЙОВИЧ
ВЕРВЕС ЮРІЙ ГРИГОРОВИЧ
ПОЛІЩУК ВАЛЕРІЙ ПЕТРОВИЧ**

БІОЛОГІЯ

10 клас

Рівень стандарту, академічний рівень

Переклад з української

Редактор *Людмила Мялківська*
Обкладинка, художнє редагування та оформлення *Юлії Куц*
Технічний редактор *Валентина Олійник*
Комп'ютерна верстка *Олени Вілохвост*
Коректори *Любов Федоренко, Мирослава Маковська*

Згідно із Законом України «Про авторське право
та суміжні права» у підручнику частково використано
ілюстрації з таких видань:

Raven P. H., Johnson G. B., Losos J. B., Singer S. R. Biology. –
7th ed. – McGraw-Hill, 2005

Uno G., Storey R., Moore R. Principles of botany. – 1th ed. –
McGraw-Hill, 2001

Mader S.S. Biology. – 9th ed. – McGraw-Hill, 2007

Формат 70×100/16. Умовн. друк. арк. 24,7.
Обл.-вид. арк. 22,35. Наклад 3000 прим.
Вид. № 1072. Зам. № 0-1094.

Видавництво «Гене́за»,
вул. Тимошенка, 2-л, м. Київ, 04212.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців серія ДК № 25 від 31.03.2000 р.

Виготовлення фотоформ та друк на
ВАТ «Харківська книжкова фабрика “Глобус”»
61012, м. Харків, вул. Енгельса, 11
Свідоцтво ДК № 2891 від 04.07.2007 р.
www.globus-book.com