



А. А. Каменский
Е. К. Касперская
В. И. Сивоглазов

Биология



**БАЗОВЫЙ
УРОВЕНЬ**



А. А. Каменский
Е. К. Касперская
В. И. Сивоглазов

Биология

10 класс

**БАЗОВЫЙ
УРОВЕНЬ**

Учебник

Допущено
Министерством просвещения
Российской Федерации

4-е издание,
стереотипное

Москва
«Просвещение»
2022



УДК 373.167.1:57+57(075.3)
ББК 28.0я721
К18

Получены **положительные** заключения
научной (заключение РАО № 1186 от 30.11.2016 г.),
педагогической (заключение РАО № 1077 от 21.11.2016 г.)
и **общественной** (заключение РКС № 537-ОЭ от 19.12.2016 г.) экспертиз.

Издание выходит в pdf-формате.

Каменский, Андрей Александрович.
К18 Биология : 10-й класс : базовый уровень : учебник : издание в pdf-формате /
А. А. Каменский, Е. К. Касперская, В. И. Сивоглазов. — 4-е изд., стер. —
Москва : Просвещение, 2022. — 159, [1] с. : ил.
ISBN 978-5-09-101670-3 (электр. изд.). — Текст : электронный.
ISBN 978-5-09-087482-3 (печ. изд.).

Учебник подготовлен в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования. Учебник является надёжным инструментом, помогающим в достижении образовательных результатов по биологии. Основной материал параграфов расширяет рубрика «Для любознательных», а методическая составляющая содержит систему заданий, которая позволяет отрабатывать широкий перечень умений и компетенций.

УДК 373.167.1:57+57(075.3)
ББК 28.0я721

ISBN 978-5-09-101670-3 (электр. изд.)
ISBN 978-5-09-087482-3 (печ. изд.)

© АО «Издательство «Просвещение», 2019
© Художественное оформление.
АО «Издательство «Просвещение», 2019
Все права защищены

УВАЖАЕМЫЕ СТАРШЕКЛАССНИКИ!

Вы продолжаете изучение школьного курса биологии. За предыдущие годы вы узнали много нового и интересного о мире живых существ, который нас окружает, а также познакомились с тем, как устроен и как работает наш собственный организм.

Нет сомнений в том, что разнообразие существ, населяющих нашу планету, удивило вас. Но, оказывается, между любыми живыми организмами, даже такими непохожими, как, например, волк и мухомор, гораздо больше сходства, чем различий. Ведь и тот и другой могут двигаться, питаются, дышат, реагируют на окружающие события, размножаются. Кроме того, все живые существа тесно связаны и между собой, и с объектами неживой природы. Принципы этих многообразных и иногда очень сложных взаимодействий нужно знать. Поэтому следующий раздел школьного курса биологии — «Общая биология» — посвящён изучению основных общих для всех живых организмов свойств и законов их существования и развития.

В наши дни достижения учёных-биологов всё шире используются для нужд практики, и биологические технологии становятся основой научно-технического прогресса человеческого общества. А для того чтобы получить от живой природы всё то, что нужно людям, и не нанести ей вреда, необходимо знать биологические принципы и закономерности. Именно их изучает общая биология.

Прошли те времена, когда учёный-биолог сидел на дереве и пересчитывал в гнезде яйца, снесённые зябликом, или бродил по болоту с огромным сачком. Сейчас биология стала комплексной наукой, которая пользуется для своих нужд достижениями химии, физики, математики, географии, геологии и многих других наук. Ведь исследовать процессы обмена веществ без знания химии невозможно. Создать новый микроскоп или изучить реакции фотосинтеза без знания современной физики не получится. Построить модель экологической системы озера или дубравы без хорошего владения математическими принципами — задача не из простых. Поэтому будущий биолог, интересующийся законами живой природы, просто обязан разбираться в основах других естественных наук.

Люди всегда вели себя по отношению к окружающей их природе так, как будто эта природа принадлежит только им. Человек пытался поворачивать реки, копал каналы там, где их не было раньше, переселял животных с одного материка на другой, уничтожал «вредителей» и переносчиков возбудителей различных болезней. При этом люди вмешивались в природные системы, которые выстраивались за многие десятки и сотни миллионов лет, плохо понимая, какой вред себе и другим живым существам он наносит. Возможно, и даже скорее всего, вы не станете профессиональными биологами, но и инженер, и фермер, и строитель, и космонавт просто обязаны знать основы общей биологии. Так будет лучше и для каждого человека, и для всей нашей замечательной планеты.

Как всегда, вашим помощником в изучении предмета будет учебник. Он поможет вам самостоятельно добывать знания и применять их в повседневной жизни. Для этого необходимо научиться внимательно его читать, понимать условные обозначения и символику.

Учебник состоит из разделов и параграфов.

Перед каждым параграфом вам предлагаются два вопроса. Для того чтобы ответить на первый, вам необходимо вспомнить ранее изученный материал, а на второй вопрос вы сможете ответить, прочитав текст параграфа.

Основные понятия в тексте выделены жирным шрифтом, в конце каждого параграфа в рамках приведены ключевые слова и выводы.

В конце каждого параграфа помещены вопросы и задания, которые помогут проверить и закрепить полученные знания.

В рубрике **Проверь свои знания** помещены вопросы на воспроизведение учебного материала, содержащегося в параграфе.

Рубрики **Выполни задания**, **Обсуди с товарищами**, **Выскажи мнение** потребуют интеллектуальных усилий: умения сравнивать и анализировать, находить дополнительную информацию, делать предположения, формулировать выводы.

Задания рубрик **«Работа с текстом»**, **«Работа с моделями, схемами, таблицами»** направлены на более глубокое осмысление текста, развитие навыков моделирования, перенесение текстовой информации в таблицы и схемы. Для их выполнения вам понадобятся рабочие тетради.

В рубрике **«Проводим исследования»** приведены лабораторные и практические работы, которые помогут вам овладеть навыками работы с натуральными объектами.

Рубрика **«Для любознательных»** содержит дополнительные сведения об учёных **Люди науки** и интересные факты **Это интересно**. Она рекомендуется для ознакомления.



Раздел 1.

Биология как комплекс наук о живой природе

Биология — наука о жизни во всех её проявлениях. Не зная основ биологических дисциплин, человек просто не сможет выжить в постоянно меняющемся мире. Но биологические объекты так разнообразны, что одна наука не может изучать все живые существа на Земле. Вот поэтому за прошедшие столетия биология превратилась в комплекс из множества наук, каждая из которых или изучает какую-то группу существ (зоология, ботаника, вирусология, антропология), или исследует процессы, происходящие в живых системах (биохимия, биофизика, физиология), или пытается познать общие биологические закономерности (генетика, экология).

§ 1. БИОЛОГИЯ КАК НАУКА. МЕТОДЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

- Какие биологические науки вы знаете? Что они изучают?
- Какие современные науки возникли на стыке биологии и других наук?

Страсть к познанию является одной из врождённых потребностей человека. С глубокой древности человек старался понять, как устроен окружающий его мир, как устроен он сам. Если судить по древним рисункам в пещерах на территории современной Франции, человек уже тогда знал, где у промысловых животных находится сердце, и умел, пусть и очень упрощённо, его изобразить. Не мог человек не интересоваться и теми растениями, которые давали ему пропитание, материал для постройки жилища, изготовления орудий и многое другое.

Вся жизнь человека зависела и зависит от того мира живых объектов, который его окружает. Мы, как и все живые существа, дышим кислородом, который вырабатывают зелёные растения; питаемся представителями флоры и фауны; строим дома из деревьев и камней (некоторые из которых, к примеру известняк, образованы раковинами морских животных); огромное количество лекарств создано на основе природных растительных и грибных препаратов (например, сердечные гликозиды и антибиотики); наша одежда в основном изготовлена из природных материалов (лён, шёлк, кожа, мех).

С самого момента возникновения человек зависел от полученных знаний о природе, а с развитием цивилизации люди стали заниматься наукой ещё и из любопытства, в познавательных целях. Изначально человек мог лишь наблюдать за тем,



Рис. 1. Современные методы исследования

что происходит в окружающем его мире. И таким образом появились первые биологические науки — *ботаника* и *зоология*. Нужды практической медицины привели к развитию *анатомии* и *физиологии*. В эпоху Великих географических открытий зародилась *биогеография*, а создание первых микроскопов послужило предпосылкой к рождению *цитологии*, *эмбриологии* и *микробиологии*. В середине XIX в. ботаник-любитель Грегор Мендель открыл законы наследственности, положив начало *генетике*, а уже к концу века в самостоятельные дисциплины выделили *паразитологию* и *экологию*.

В XX в. развитию биологических дисциплин способствовали огромные успехи в математике, физике, химии и других естественных науках. Из этих же естественных наук в биологию пришло большое количество методов исследования (рис. 1, 2). В результате как самостоятельные науки стали быстро развиваться *биохимия*, *биофизика*, *молекулярная биология*, *биоорганическая химия*, *радиобиология*, *нейробиология*, *вирусология* и др.

Биологические знания легли в основу множества технологических процессов в пищевой промышленности, используются в сельском хозяйстве, при создании и производстве новых лекарств. Различные отрасли биологии способствуют развитию новых направлений медицины, ветеринарии, животноводства, агрономии, микробиологической промышленности.

Успехи биологических наук привели к появлению *бионики*, *биотехнологии*, *нанотехнологии*.

Таким образом, наибольших успехов как в познании окружающего мира, так и в использовании своих знаний на практике учёные добились именно на стыке нескольких дисциплин: биология—химия, биология—физика, биология—медицина. В настоящее время биология превратилась в комплексную науку, использующую достижения других дисциплин. Но и эти дисциплины, в свою очередь, поль-



Рис. 2. Современные методы исследования: медицинский томограф

зуются знаниями и методами биологии. Например, многие очень ценные вещества, которые трудно синтезировать химическим путём (инсулин), можно получать методами биотехнологии.

В биологии, как и в других науках, важна достоверность получаемых данных, когда каждый полученный факт можно воспроизвести и подтвердить. Основными методами, которыми пользуются учёные-биологи, являются: *наблюдение, описание, измерение, сравнение, исторический метод, эксперимент, моделирование.*

Для того чтобы понять сущность явления, прежде всего необходимо собрать фактический материал, описать его и оценить количественно. Например, при изучении выкармливания птенцов приходится наблюдать и подсчитывать, сколько раз родители носят в гнездо пищу, что это за пища и т. д. Любой новый вид растений или животных, обнаруженный в природе, также нуждается в подробнейшем описании. **Наблюдение, описание и измерение** биологических объектов были первыми методами биологии, но без них прогресс в этой науке невозможен и по сей день.

В конце XVII в. стал применяться **сравнительный метод**, призванный находить сходство или, наоборот, различия между биологическими объектами. Во многом с помощью этого метода были созданы клеточная, эволюционная и другие теории. Сравнительный метод развился в исторический подход в биологии и не утратил своего значения.

Исторический метод позволяет выяснить закономерности развития организмов путём сопоставления собственных данных с полученными ранее. Этот метод использовал и развил Ч. Дарвин.

Экспериментальный метод стал широко применяться в биологии с конца XVIII в., хотя его основоположником справедливо считают великого английского физиолога У. Гарвея, работавшего в XVII в. Этот метод позволяет исследовать явления природы путём активного воздействия на объекты, т. е. с помощью экспериментов. Он обеспечивает глубокое проникновение в сущность явлений, позволяет изучать явления изолированно и даёт возможность многократного воспроизведения.

Высшей формой экспериментального подхода является **моделирование**. Моделирование позволяет изучать свойства объекта в специально созданной модели. Этот метод не только ускоряет исследование, но и позволяет искусственно создать условия для любого эксперимента — например, смоделировать условия обитания космонавтов на Марсе или создать условия, которые существовали на Земле во время зарождения на ней жизни.

Значение биологических знаний. Изучая живую природу во всех её проявлениях и взаимосвязи с неживой материей, биологические науки стали играть важнейшую роль в формировании современной научной картины окружающего нас мира. Без развития биологических знаний невозможно понимание принципов жизнедеятельности как отдельного организма, так и биологических систем более крупного уровня, а значит, и биосферы в целом.

Помимо удовлетворения своего врождённого стремления к познанию, человек использует полученные знания о живой природе в практических целях, и без углубления этих знаний развитие человечества невозможно. Ведь 90 % питательных веществ человек получает со своих сельскохозяйственных угодий, т. е. от культурных растений и одомашненных животных. А содержать и разводить их можно только хорошо зная ботанику, зоологию, физиологию, генетику и дру-

гие биологические дисциплины. Благодаря селекции практически все виды культурных растений приносят людям гораздо больше пользы, чем их дикие предки. Например, в семенах современного подсолнечника масла на треть больше, чем в семенах предковых растений. В клубнях картофеля стало гораздо больше крахмала. Корнеплоды свёклы стали во много раз крупнее, и их сахаристость возросла. Очень сильно селекция изменила и домашних животных. У овец шерсть стала длиннее, у коров увеличился удой и возросла жирность молока, куры несутся каждый день в течение всего года.

Успехи экологов, биогеографов позволяют расширять границы ареалов полезных для людей животных и растений. Биохимические исследования позволяют более полно использовать вещества животного и растительного происхождения.

Ещё триста лет назад средняя продолжительность жизни человека была в два раза меньше, чем сейчас. Благодаря успехам паразитологов и микробиологов медикам удалось победить такие страшные болезни, как оспа, чума, туберкулёз и множество других. Успехи иммунологов позволили врачам осуществить пересадку органов, освоить методы внедрения искусственных суставов, сосудов в человеческий организм.

Невозможно также переоценить важность экологических знаний. Понимание процессов взаимодействия живых существ с окружающей их неживой природой поможет сформировать у человека более гармоничное и бережное отношение к своей планете. У людей нет другого дома, кроме Земли, а освоение других планет — это пока несбыточная мечта.

Ключевые слова: наблюдение, описание, измерение, исторический метод, сравнение, эксперимент, моделирование.



ВЫВОДЫ

Биология — комплексная наука о живых организмах, которая включает в себя множество дисциплин. Биология пользуется большим набором методов: наблюдение, описание, моделирование, сравнительный, исторический, экспериментальный методы.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Какова роль биологических знаний в становлении человека?
2. Какие науки способствовали развитию биологических дисциплин?
3. Какой метод лежит в основе научного познания природы?
4. В чём заключается сущность метода моделирования?
5. Какова роль биологических знаний в жизни каждого человека?

Выполни задания

1. Перечислите известные вам биологические науки и укажите, что они изучают.
2. Предложите свой план наблюдений за поведением птиц в осенний период.

Обсуди с товарищами

1. Решение каких сложных проблем человечества зависит от развития биологических знаний?
2. Какие комплексные биологические науки могут появиться в будущем?

Выскажи мнение

Развитию цитологии, микробиологии и эмбриологии способствовало развитие оптики.

РАБОТА С ТЕКСТОМ

С помощью текста учебника составьте определения основных методов исследования, которые используются в биологии.

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Заполните таблицу «Методы исследования».

Название метода	Сущность метода

Проводим исследование

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. Приготовление микропрепарата кожицы лука

Цель: закрепить навык приготовления микропрепарата кожицы лука для изучения строения клеток.

Материалы и оборудование: микроскоп, луковица, предметные и покровные стёкла, препаровальная игла, раствор иода, фильтровальная бумага, вода, пипетка.

Ход работы

Приготовление микропрепарата кожицы лука

1. Протрите салфеткой предметное стекло.
2. Нанесите на него 1—2 капли воды.
3. Отделите с помощью препаровальной иглы кусочек кожицы лука.
4. Поместите его в каплю воды, расправьте иглой.
5. Накройте кожицу покровным стеклом.
6. Окрасьте препарат с помощью раствора иода. Для этого каплю иода нанесите на предметное стекло. Лишний раствор уберите с помощью фильтровальной бумаги.

Микроскопирование

1. Рассмотрите группу клеток при небольшом увеличении (объектив 8, окуляр 7). Сделайте рисунок.
2. Рассмотрите препарат при большом увеличении (объектив 20, окуляр 15), изучите одну клетку. Найдите оболочку, цитоплазму, ядро и вакуоли.
3. Зарисуйте клетку, подпишите её основные части.
4. Опишите препарат в следующем порядке: форма клеток; расположение клеток относительно друг друга; особенности клеточной стенки; структура цитоплазмы; особенности ядра, его форма и расположение в клетке; форма и число вакуолей.
5. Сделайте вывод.

§ 2. ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ЖИВОГО. УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ. БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- Чем живое отличается от неживого?
- Почему живые организмы называют открытыми системами?

Одна из задач общей биологии — выяснение сущности жизни. Однако определить, что такое жизнь и чем живое отличается от неживого, порой бывает очень сложно. В 1878 г. философ Фридрих Энгельс дал одно из определений жизни: «Жизнь есть способ существования белковых тел, важнейшим моментом которого является постоянное самообновление химических составных частей этих тел». К середине XX в. накопилось много новых научных фактов, которые позволили советскому учёному, член-корреспонденту РАН Михаилу Владимировичу Волькенштейну уточнить определение жизни: «Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров — белков и нуклеиновых кислот».

Другое современное определение гласит: «Жизнь — это активное, идущее с затратами внешней энергии, поддержание и воспроизведение специфических структур, построенных из биополимеров — белков и нуклеиновых кислот».

Сами по себе белки и нуклеиновые кислоты не являются живыми. Для живой системы характерен целый ряд обязательных свойств.

Сходный химический состав. Живые и неживые объекты построены из одних и тех же химических элементов, но в живых более 95 % приходится на кислород, углерод, водород и азот. Кроме того, в состав живых организмов входит более 90 элементов из таблицы Менделеева.

Дискретность и целостность. Любая биологическая система состоит из отдельных взаимосвязанных частей, т. е. *дискретна*: биоценоз состоит из популяций, организм — из органов и систем органов, органы — из клеток. И вместе с тем каждая система целостна. Если искусственно исключить из биоценоза какую-либо популяцию, он перестанет существовать. А если удалить из организма какой-либо орган, организм может погибнуть.

Структурная организация. Живые системы приводят в порядок хаотичное движение молекул, формируя определённые структуры. Эта структурная организация прослеживается на всех уровнях — от клеточного до биосферного.

Обмен веществ и энергии. Все живые организмы являются открытыми системами, т. е. постоянно обмениваются с окружающей средой веществами и энергией. Представьте себе, что в наш организм перестал поступать кислород. Это очень быстро приведёт к его гибели, т. е. прекращению жизни.

Репродукция, или самовоспроизведение. Все живые организмы способны воспроизводить себе подобных. Так как время жизни любого живого существа ограничено, отсутствие потомства может быстро привести к исчезновению популяции.

Саморегуляция. Несмотря на самые разнообразные внешние воздействия, которым подвергаются все живые организмы, живые системы способны поддерживать постоянство своей внутренней среды. Это обеспечивает оптимальное течение всех

биохимических и физиологических процессов в организме или, иными словами, поддерживает гомеостаз. Например, у здорового человека и зимой и летом, несмотря на колебания температуры окружающего воздуха, температура тела составляет от 35,5 до 37,4 °С.

Рост и развитие. В живых организмах генетически заложены программы роста и развития за счёт деления и специализации клеток. Индивидуальное развитие каждого организма позволяет проявиться всем его свойствам, а историческое развитие приводит к образованию новых видов и увеличению многообразия живых организмов на Земле.

Наследственность. Живые организмы способны передавать свои признаки из поколения в поколение. Это свойство обеспечивает сохранение видов.

Изменчивость. Живые организмы способны обретать под влиянием внешней среды новые признаки в процессе индивидуального развития. Изменчивость предоставляет материал для естественного отбора, что в конечном итоге приводит к появлению новых форм жизни.

Раздражимость и движение. Живой организм способен реагировать на внешние раздражители движением. Такую способность называют *раздражимостью*. Животные реагируют более активным движением на действия раздражителя, чем растения, ведущие прикреплённый образ жизни. Только живые организмы способны двигаться в направлении, противоположном действию силы тяжести.

В живой природе биологические объекты (тела) являются биологическими системами разного уровня сложности. Система — это совокупность частей (компонентов), её составляющих, взаимодействие которых приводит к появлению новых качеств системы, отсутствующих у отдельных её частей.

Современная наука выделяет в зависимости от сложности структуры несколько **уровней организации биологических систем** (рис. 3). Чаще всего это *молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный и биосферный* уровни. Иногда для удобства работы исследователи выделяют *тканевый* или *органный* уровни. Иногда клеточный и организменный уровни совпадают, как это происходит у простейших, некоторых грибов и водорослей.

На каждом вышележащем уровне возникают новые определённые качества вследствие объединения свойств и систем низшего уровня. Всем живым системам тем не менее присущи общие черты.

Молекулярный уровень. Любая живая система имеет в своей основе молекулы различных веществ — воды, белков, нуклеиновых кислот, множества других соединений, т. е. любая живая система построена из молекул. Именно на молекулярном уровне начинаются процессы, делающие живое живым, — обмен веществ и превращение энергии, передача наследственной информации, изменчивость.

Клеточный уровень. Все живые существа на Земле построены из клеток. Клетка — универсальная структурно-функциональная единица жизни. Именно у клеток появляются все свойства живого, и нормальная работа множества клеток лежит в основе функционирования систем более высоких уровней. Правильно говорится, что любая болезнь начинается с болезней отдельных клеток.

Организменный уровень. Единицей этого уровня является особь. На этом уровне организм изучается от момента зарождения до момента прекращения жизни.

Популяционно-видовой уровень представлен популяциями различных видов. Популяция — это надорганизменная система, в которой происходят элементарные эволюционные процессы. Если любая отдельная особь смертна, то популяция при оптимальных условиях может существовать неограниченно долго.

Экосистемный уровень представляет собой систему популяций различных видов, взаимосвязанных между собой и со средой обитания.

Биосферный уровень. Биосфера — высшая форма организации живой природы, объединяющая все биогеоценозы нашей планеты. На этом уровне происходят глобальные процессы, обеспечивающие кругооборот веществ и энергии, связывающие в единую систему все живые существа.

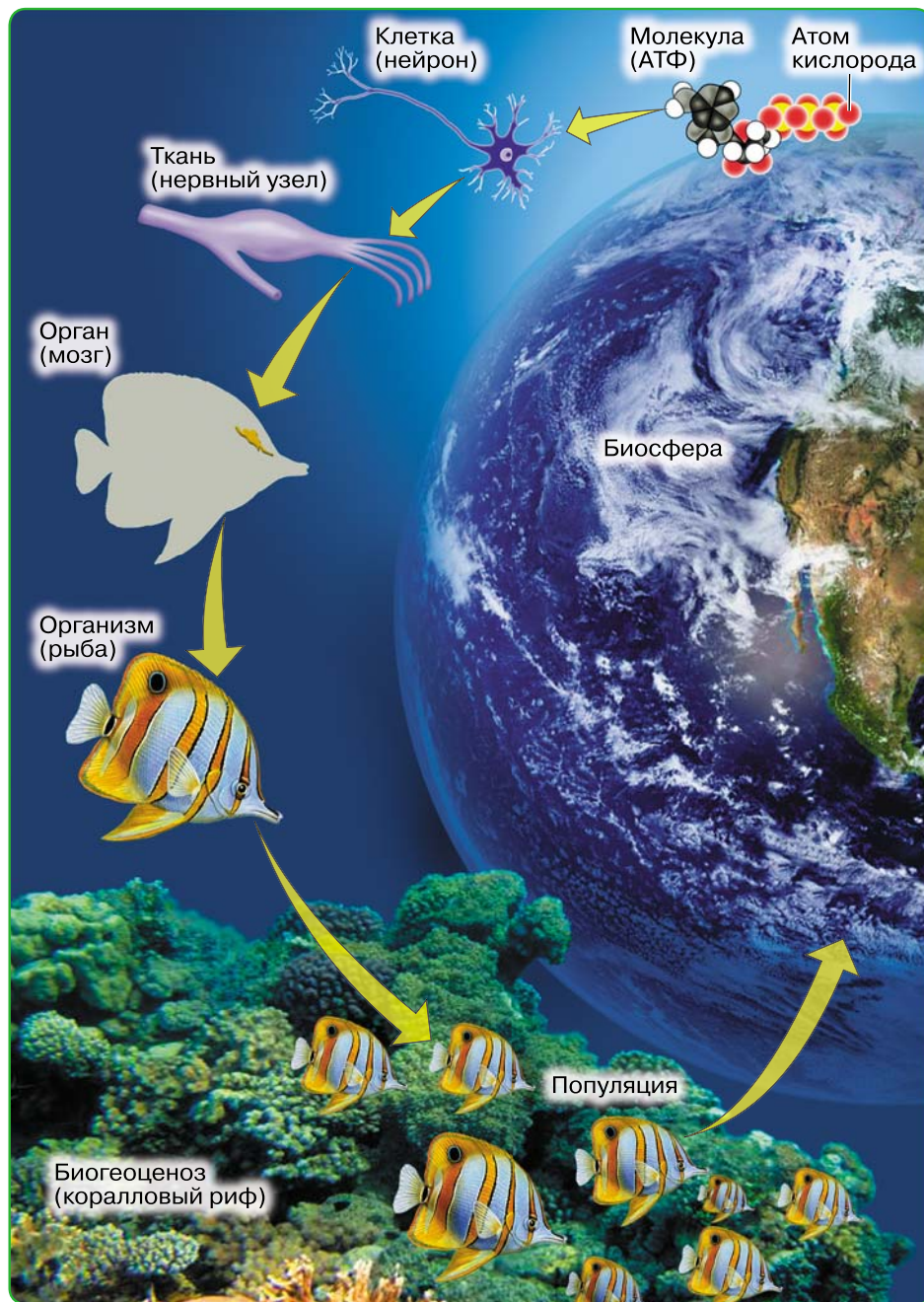


Рис. 3. Уровни организации биологических систем



Ключевые слова: свойства живого — дискретность, целостность, структура, обмен веществ и энергии, репродукция, саморегуляция, рост, развитие, наследственность, изменчивость, раздражимость; уровни организации живых систем — молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный, биосферный.

ВЫВОДЫ

Одна из главных задач биологии — выяснение сущности жизни и определение свойств живого существа. Биологи выделяют следующие уровни организации жизни: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный, биосферный.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Какие свойства живого вам известны?
2. В чём заключается единство структурной организации живого?
3. Какова роль репродукции живых организмов для поддержания жизни на Земле?
4. Что такое наследственность и изменчивость?
5. Какие уровни организации можно наблюдать у бактерий и простейших?
6. Как взаимосвязаны различные уровни организации живой материи?

Выполни задания

1. Дайте определение понятию *развитие*, приведите примеры прямого и непрямого развития.
2. Приведите примеры свойств живых организмов, которые можно наблюдать у неживых объектов.
3. Назовите системы органов человека, обеспечивающие гомеостаз.
4. Назовите уровни организации живой материи, присутствующие в строении млекопитающих животных.

Обсуди с товарищами

1. Почему сложно дать определение понятию *жизнь*? Приведите свои определения и обсудите их.
2. Как проявляются свойства на разных уровнях организации?
3. В чём сходство и различия свойств живой и неживой материи?

Выскажи мнение

Клетка — элементарная единица живого.

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Заполните таблицу «Уровни организации живых систем».

Уровни	Характеристика

Для любознательных

Это интересно

- Разнообразие жизненных форм на Земле необычайно велико. Наша планета заселена от глубин Марианской впадины и до высот атмосферы. Пока ещё никто не видел обитателей морских глубин, ползающих на глубине 10—11 км, оставляя на дне след, похожий на след гусеницы танка. Не удаётся как следует изучить гигантских кальмаров, наводящих ужас на обитателей подводного мира. Но судя по некоторым фрагментам тела, эти головоногие очень велики: следы от их присосок на теле кашалотов превышают диаметр тарелки.
- Да и на суше заселены все области: от тропиков до гор и ледяных пустынь. Например, плющ, цепляясь своими придаточными корнями, может прикрепляться к абсолютно гладким скалам и стенам многоэтажных домов. В поисках воды корень верблюжьей колючки уходит в песок на 20—30 м, а корни кустарника джугзгуна тянутся вдоль песков на 15—20 м от стебля этого небольшого кустарника. Никакой ураган не способен вырвать джугзгун из почвы. Бактерии свободно обитают в радиоактивной воде, охлаждающей атомные реакторы, а мельчайшие черви живут и размножаются в клетках простейших.
- Паразитические черви очень плодовиты. Свиной цепень, окончательным хозяином которого является человек, может обитать в кишечнике до 20 лет, выделяя в год по 600 млн яиц, а за всю жизнь — несколько миллиардов. Цепни являются гермафродитами и способны к самооплодотворению, так как встретить полового партнёра в организме своего хозяина обычно не удастся.
- Рыбы обладают целым рядом вкусовых рецепторов, различающих сладкое, кислое, горькое, соленое. Любопытно, что вкусовые рецепторы у многих рыб расположены не только в ротовой полости, но и на всей поверхности тела.
- К природе необходимо относиться с очень большой осторожностью и как можно меньше вмешиваться в жизнь природных сообществ, а иначе можно навредить и себе, и окружающей среде. Очень часто неосторожные действия людей приводят к плачевным последствиям. Например, строительство крупных гидроэлектростанций, когда плотины перекрывают русла рек, не дают некоторым видам рыб свободно перемещаться к местам нереста. Конечно, люди пытаются помочь рыбам с помощью специальных устройств — обводных каналов, подъёмников и т. п. Но далеко не всегда эти устройства действуют удачно. Приведем ещё один пример. В середине XX века жители Китая поняли, что воробьи поедают слишком много зерна, и решили уничтожить «вредных» птиц. Множество китайцев вышли на поля с палками, трещотками и стали гонять воробьёв, не давая им сесть на землю или деревья. Маленькие птицы не могли долго летать без отдыха и пищи, поэтому через несколько минут все они попадали на землю. Но количество собираемого зерна почему-то не увеличилось, а через несколько месяцев положение стало совсем трудным: хлебных злаков стало даже меньше. Оказалось, что, хотя взрослые воробьи питались в том числе и зерном, своих птенцов они выкармливали насекомыми — вредителями сельского хозяйства. В отсутствие своих природных врагов насекомые стали активно размножаться, пожирая зерно, в результате чего положение в сельском хозяйстве только ухудшилось. Пришлось исправлять ситуацию и завозить воробьёв из других стран. Птички тут же занялись своими основными делами, а именно ловлей и поеданием насекомых на полях и количество «нахлебников» стало снижаться. Но прошло ещё несколько лет, прежде чем производство зерновых культур полностью восстановилось.

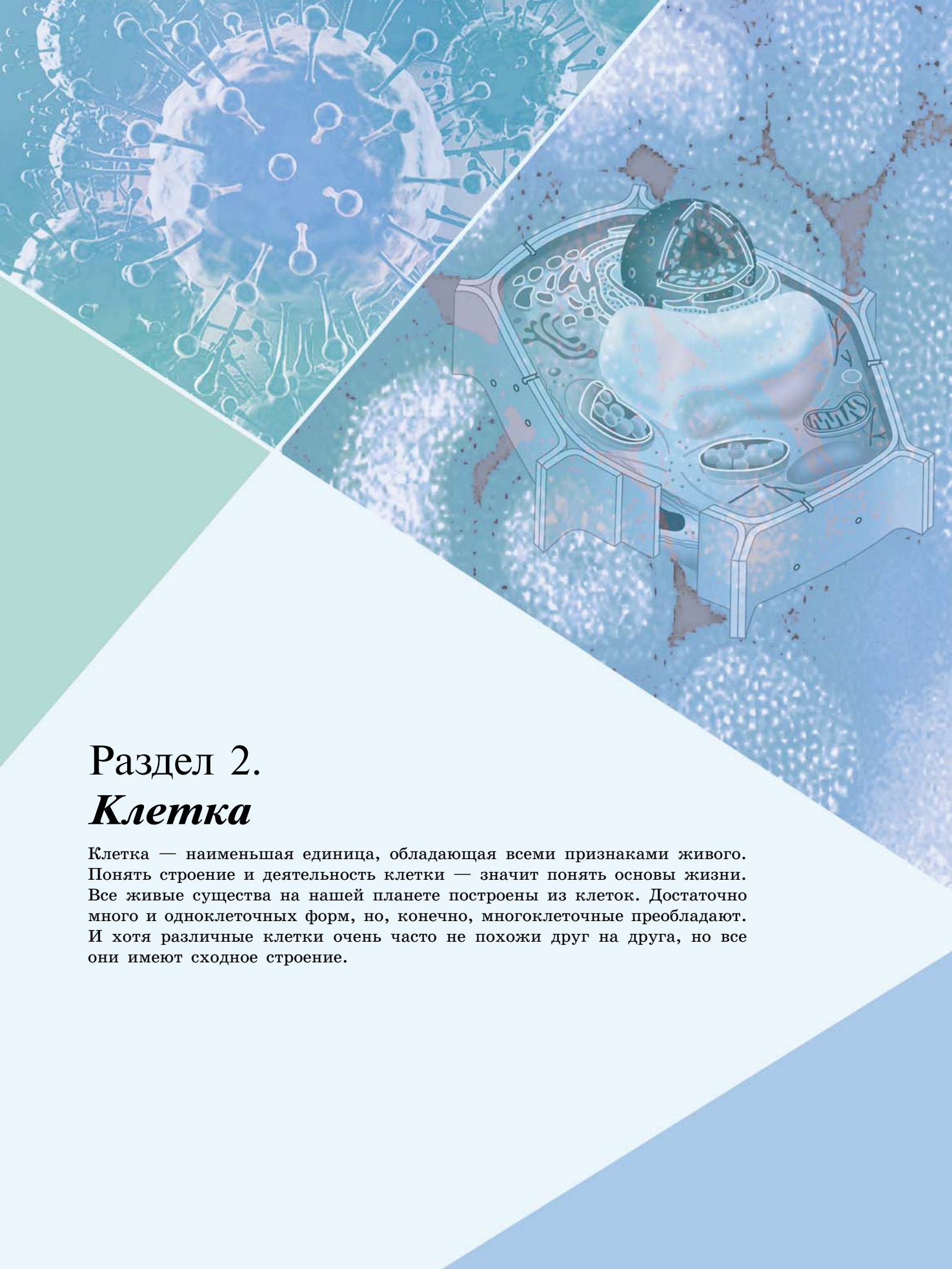
ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА

Биология за годы своего интенсивного развития стала комплексной наукой, подразделяясь в то же время на множество дисциплин. Это обусловлено многообразием объектов, которые изучают биологи, и многоуровневым подходом к изучению этих объектов. Наибольшие успехи получены учёными на стыке дисциплин и при использовании многоуровневых подходов и разнообразных методов.

Биологические знания и достижения помогли победить множество болезней человека, предотвратить массовый голод на Земле, создать новые сорта, породы и штаммы живых организмов, необходимые человеку.

Живые существа различаются целым рядом уникальных свойств, отличающих их от неживых предметов, и именно биология исследует эти свойства, всё глубже проникая в сущность живой материи.





Раздел 2.

Клетка

Клетка — наименьшая единица, обладающая всеми признаками живого. Понять строение и деятельность клетки — значит понять основы жизни. Все живые существа на нашей планете построены из клеток. Достаточно много и одноклеточных форм, но, конечно, многоклеточные преобладают. И хотя различные клетки очень часто не похожи друг на друга, но все они имеют сходное строение.

§ 3. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМОВ. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА КЛЕТКИ

- Что такое химический элемент?
- Какие элементы называются биогенными? Какова их роль в жизнедеятельности организма?

По своему предназначению клетки очень сильно отличаются друг от друга, даже если сравнивать клетки одного организма. Существенно может различаться и химический состав клеток: всё определяется функцией, которую та или иная клетка выполняет в организме. Но, тем не менее, клетки всех живых организмов построены из одних и тех же элементов, которые входят в состав Периодической системы Д. И. Менделеева (рис. 4). В последние годы усилиями биохимиков доказано, что в различных клетках можно обнаружить не менее 90 элементов. Но одни из них являются основой строения практически любой клетки, а другие встречаются редко, например только в фотосинтезирующих клетках растений или клетках щитовидной железы животных и человека.

Химические элементы, выполняющие какие-либо функции в живых системах, называют **биогенными**. По процентному содержанию в живых организмах их делят на три группы.

Элементы, которые встречаются наиболее часто, называют **макроэлементами**. Макроэлементы представлены в клетках крайне неравномерно. Примерно 98 % массы любой клетки составляют четыре элемента: кислород (70 %), углерод (15 %), водород (10 %) и азот (3 %). Кислород и водород входят в состав воды и являются основой органических соединений клетки. Около 2 % массы клетки приходится на оставшиеся макроэлементы, хотя их содержание гораздо ниже.

Элементы, на которые приходятся доли процента, называются **микроэлементами** (от 0,001 до 0,000001 %) и **ультрамикроэлементами** (менее 0,000001 %).

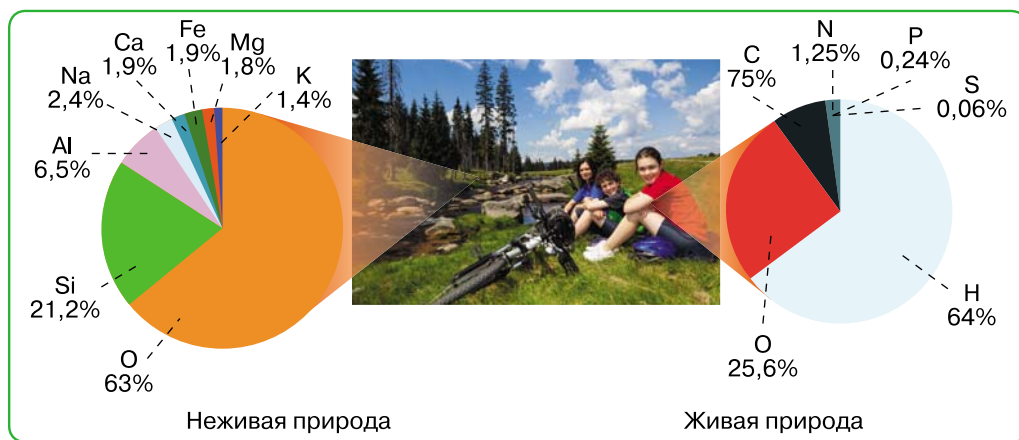


Рис. 4. Химические элементы в живой и неживой природе

Важнейшие химические элементы клетки

Элементы, входящие в состав клеток организмов, %		
Макроэлементы (до 0,001)	Микроэлементы (от 0,001 до 0,000001)	Ультрамикроэлементы (менее 0,000001)
Кислород (65—75)	Бор	Уран
Углерод (15—18)	Кобальт	Радий
Водород (8—10)	Молибден	Ртуть
Азот (1,5—3)	Медь	Золото
Фосфор (0,2—1,00)	Цинк	Бериллий
Калий (0,15—0,4)	Ванадий	Цезий
Сера (0,15—0,2)	Иод	Селен
Железо (0,01—0,15)	Бром	
Магний (0,02—0,03)		
Натрий (0,02—0,03)		
Кальций (0,04—2,00)		

Естественно, что все эти элементы не находятся в живых объектах в атомарном состоянии. Они входят в состав самых различных соединений, молекул органических и неорганических веществ (рис. 5), находясь в форме анионов (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} и др.) и катионов (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}).

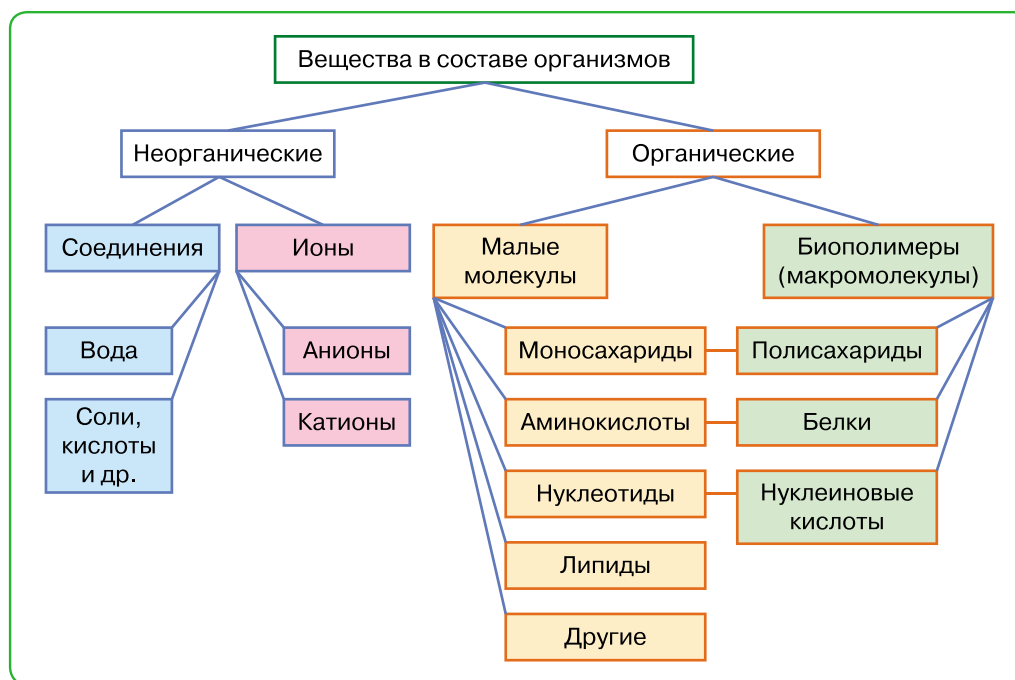


Рис. 5. Вещества в составе организмов

Важнейшим из неорганических веществ клетки является вода, содержание которой в клетках может значительно изменяться, но даже относительно небольшие потери воды (около 20 %) приводят к гибели клетки.

Чем же определяется особая роль воды для клеток живых организмов, а значит, и для жизни в целом? Современная наука признаёт, что жизнь, в нашем представлении о ней, может существовать только на тех планетах, где есть вода. Недаром такое волнение в научном мире вызвало недавнее сообщение, что на Марсе, а скорее под поверхностью этой планеты, может быть вода. Это значит, есть вероятность, что на Марсе обитают и какие-то формы жизни.

Вода является универсальным растворителем, и все реакции в клетке происходят только в водных растворах. Вещества, хорошо растворимые в воде, называются **гидрофильными**, их молекулы в растворе могут свободно перемещаться и взаимодействовать с другими веществами. Гидрофильными веществами являются многие кислоты, щёлочи, минеральные соли, моносахариды, некоторые белки. Вещества, плохо растворимые в воде или вообще не растворимые, называются **гидрофобными**. Это, например, жиры, нуклеиновые кислоты и полисахариды.

Транспорт веществ как между отдельными клетками, так и в целых организмах (кровь, лимфа) также происходит при участии водных растворов.

Вода определяет объём и упругость клеток (тургорное давление), поскольку она практически не сжимается.

Вода является участником многих процессов обмена веществ, например участвует в реакциях фотосинтеза и гидролиза.

Вода обладает высокой **теплоёмкостью**, т. е. может поглощать тепло при малом повышении собственной температуры. Это свойство воды защищает клетки и ткани организмов от перегрева. Многие организмы избегают перегрева, испаряя воду (примерами являются потоотделение у животных и транспирация у растений).

Водные растворы благодаря высокой **теплопроводности** воды обеспечивают быстрое равномерное распределение тепла по организму. Благодаря своим свойствам вода — идеальное вещество для поддержания равновесия клетки и организма.

Минеральные вещества клетки могут находиться в цитоплазме клетки в виде кристаллических включений либо в диссоциированном виде, т. е. в виде ионов.

Неорганические катионы (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и др.) и анионы (Cl^- , HPO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^-) играют огромную роль в обеспечении жизнедеятельности клеток и целого организма. Эти соединения необходимы для синтеза сложных органических молекул (белков, нуклеиновых кислот), а ионы многих элементов входят в состав жизненно необходимых веществ — ферментов, гормонов, витаминов. Например, иод входит в состав гормонов щитовидной железы, магний — в состав хлорофилла, железо — в состав гемоглобина. Кальций является одним из главных регуляторов внутриклеточных процессов. Возбуждение клеток невозможно без ионов K^+ , Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} (табл. 2).

В цитоплазме практически любой клетки имеются кристаллические включения, состоящие обычно из слаборастворимых солей кальция и фосфора. Эти соли используются для образования опорных структур клетки (например, минеральный скелет радиолярий) и организма: минеральные вещества костной ткани (соли кальция и фосфора), раковин моллюсков (соли кальция), хитина (соли кальция) и др.

Растворы могут быть кислыми, основными и нейтральными. Кислотность или основность раствора определяется концентрацией в нём ионов H^+ . Эту концентрацию выражают при помощи водородного показателя pH. Нейтральной реакции жидкости отвечает $pH = 7,0$, кислой реакции — $pH < 7,0$ и основной — $pH > 7,0$. Протяжённость шкалы pH — от 0 до 14,0.

Значение pH в клетках соответствует нейтральным значениям либо слабощелочным, близким к нейтральным (7,01—7,4), хотя в желудке, например, среда кислая, а в тонком кишечнике — щелочная. Даже небольшие колебания кислотности в организме могут быть смертельно опасны. Поэтому в организме существуют так называемые буферные системы, состоящие преимущественно из неорганических анионов, связывающих избыток ионов H^+ , и понижающие pH до 7,2—7,4.

Таблица 2

Биологическая роль некоторых химических элементов

Элемент	Биологическая роль
Углерод (C)	Входят в состав воды, органических веществ (белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды), участвуют в синтезе органических веществ и в функциях, осуществляемых этими органическими веществами
Водород (H)	
Кислород (O)	
Азот (N)	
Натрий (Na)	Участвует в процессах возбуждения клетки, в поддержании осмотического давления и pH-среды, влияет на работу почек
Кальций (Ca)	Входит в состав костной ткани, необходим при свёртывании крови, мышечных сокращениях
Калий (K)	Необходим для возбуждения нервных клеток, проведения импульсов, сокращения мышц
Хлор (Cl)	Участвует в поддержании pH желудочного сока, осмотического давления плазмы крови
Фосфор (P)	Структурный компонент костей и зубов, входит в состав АТФ, НАДФ, фосфолипидов, нуклеиновых кислот
Железо (Fe)	Структурный компонент гемоглобина крови, миоглобина мышц, многих ферментов
Иод (I)	Входит в состав гормонов щитовидной железы
Медь (Cu)	Участвует в процессах кроветворения и синтеза гемоглобина
Фтор (F)	Структурный компонент зубной и костной тканей
Магний (Mg)	Входит в состав хлорофилла, коферментов, активирует энергетический обмен и синтез ДНК
Сера (S)	Входит в состав аминокислот, белков (инсулин) и витамина B ₁
Цинк (Zn)	Компонент ферментов, необходимых для нормального роста
Кобальт (Co)	Входит в состав витамина B ₁₂
Марганец (Mn)	Необходим для окисления жирных кислот, участвует в процессах дыхания и фотосинтеза
Молибден (Mo)	Входит в состав ферментов
Селен (Se)	Участвует в обмене жиров и нуклеиновых кислот



Ключевые слова: биогенные элементы, макроэлементы, микроэлементы, ультрамикроэлементы, гидрофильные и гидрофобные вещества, теплоёмкость, теплопроводность, кристаллические включения, буферные системы.

ВЫВОДЫ

Все живые организмы построены из элементов, которые входят в состав таблицы Д. И. Менделеева. Более 98 % массы любой клетки составляют кислород, углерод, водород и азот. Особую роль в живых клетках играет вода. Жизнь клетки невозможна без неорганических соединений.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Какие химические элементы преобладают в клетках живых организмов?
2. Какие элементы называются биогенными?
3. По какому принципу все химические элементы разделяют на макроэлементы, микроэлементы, ультрамикроэлементы?
4. Какие элементы относятся к микроэлементам и какова их роль?
5. В чём заключается биологическая роль воды?
6. Какие вещества поддерживают pH клетки на постоянном уровне?

Выполни задания

1. Перечислите микроэлементы и укажите их функции.
2. Охарактеризуйте физические свойства воды.
3. Вспомните из курса неорганической химии, каково влияние структуры воды на определение её свойств как растворителя.
4. Предложите свои варианты классификации химических элементов, входящих в состав живых организмов.

Обсуди с товарищами

1. Что подтверждает единство живой природы и её общность с неживой природой?
2. Углерод составляет химическую основу жизни. Могла ли жизнь развиваться на основе какого-либо другого химического элемента? Могла бы жизнь быть «кремниевой»? Приведите доводы за и против такого варианта развития эволюционного процесса.
3. Почему недостаток или избыток какого-либо элемента вызывает в конечном итоге нарушения в работе всего организма?

Выскажи мнение

1. Иод входит в состав гормонов щитовидной железы. Какие заболевания могут развиться у человека при его недостатке или избытке?
2. Какие химические элементы могут регулировать сердечную деятельность человека?

РАБОТА С ТЕКСТОМ

Найдите в тексте параграфа информацию о том, в каких состояниях в организме могут находиться элементы.

Проводим исследование

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. Изучение плазмолиза и деплазмолиза в клетках чешуи лука

Цель: на основе проделанных опытов закрепить умения и навыки работы с лабораторным оборудованием и знание методов проведения практической работы по биологии (постановка опыта, проведение наблюдений, оформление выводов).

Материалы и оборудование: очищенный репчатый лук, препаровальная игла, пинцет, предметное и покровное стёкла, фильтровальная бумага, пипетка, стеклянная палочка, раствор иода, раствор поваренной соли, микроскоп.

Ход работы

1. Приготовьте препарат кожицы лука. Рассмотрите его и зарисуйте группу клеток. Особенное внимание обратите на цитоплазму (её расположение относительно оболочки клетки). На первом рисунке подпишите части клетки, отметьте среду, в которой она находилась.
2. С помощью фильтровальной бумаги удалите из-под покровного стекла раствор иода, а затем нанесите стеклянной палочкой каплю раствора поваренной соли.
3. Наблюдайте, что происходит с цитоплазмой. Свои наблюдения отметьте на втором рисунке. Подпишите рисунок, отметьте среду, в которой находятся клетки, стрелками покажите изменения, которые произошли с цитоплазмой.
4. Продолжите опыт: с помощью фильтровальной бумаги удалите раствор поваренной соли и нанесите каплю воды с помощью стеклянной палочки.
5. Наблюдайте, как изменилось состояние цитоплазмы. На третьем рисунке отметьте свои наблюдения, подпишите рисунок, укажите среду, в которой находились клетки, стрелками отметьте явления, происходившие в клетке.
6. Сформулируйте вывод.

§ 4. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА КЛЕТКИ. УГЛЕВОДЫ. ЛИПИДЫ

- Какие вещества, относящиеся к углеводам и липидам, вам известны? Каково строение атома углерода?
- Что является мономером полисахаридов?

Органические соединения составляют примерно 20—30 % массы клетки (рис. 6). В их состав обязательно входит углерод. Этот элемент обладает уникальными химическими свойствами. Он может вступать в химические связи со многими атомами и их группами, образовывать циклические структуры и цепочки, которые лежат в основе строения множества органических молекул. Благодаря прочности ковалентных связей могут существовать гигантские молекулы, такие как нуклеиновые кис-

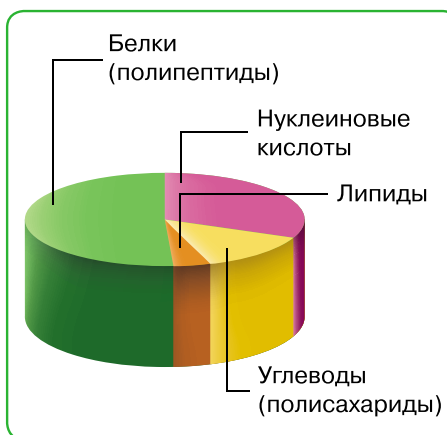
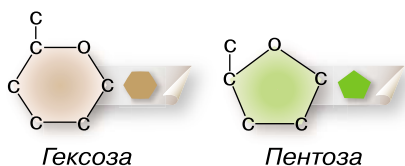


Рис. 6. Основные группы органических веществ

Моносахариды



Дисахариды

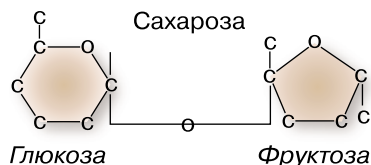


Рис. 7. Строение углеводов

лоты, белки, полисахариды. Эти вещества составляют около 97 % от сухой массы клетки.

Основой строения любых клеток являются **биологические полимеры**. Полимер представляет собой химическое вещество, построенное из многочисленных звеньев — **мономеров**. Полимерная молекула может состоять как из нескольких, так и из сотен и даже тысяч мономеров. При этом мономеры могут или быть одинаковыми, или различаться между собой.

Одним из ближайших классов органических соединений, входящих в состав клеток, являются **углеводы**, или **сахариды**. В большинстве клеток их содержание не превышает 5 %, однако в некоторых клетках растений углеводы откладываются в качестве запасных питательных веществ, и их содержание может быть очень высоким (до 90 %). Примером могут служить клетки клубней картофеля, корнеплодов свёклы и моркови.

Различают три вида углеводов — **моносахариды**, **олигосахариды** (например, дисахариды, рис. 7) и **полисахариды**.

Моносахариды — кристаллические, хорошо растворимые вещества, имеющие сладкий вкус. В клетках чаще всего встречаются *глюкоза*, *фруктоза*, *дезоксирибоза* и *рибоза* (рис. 8).

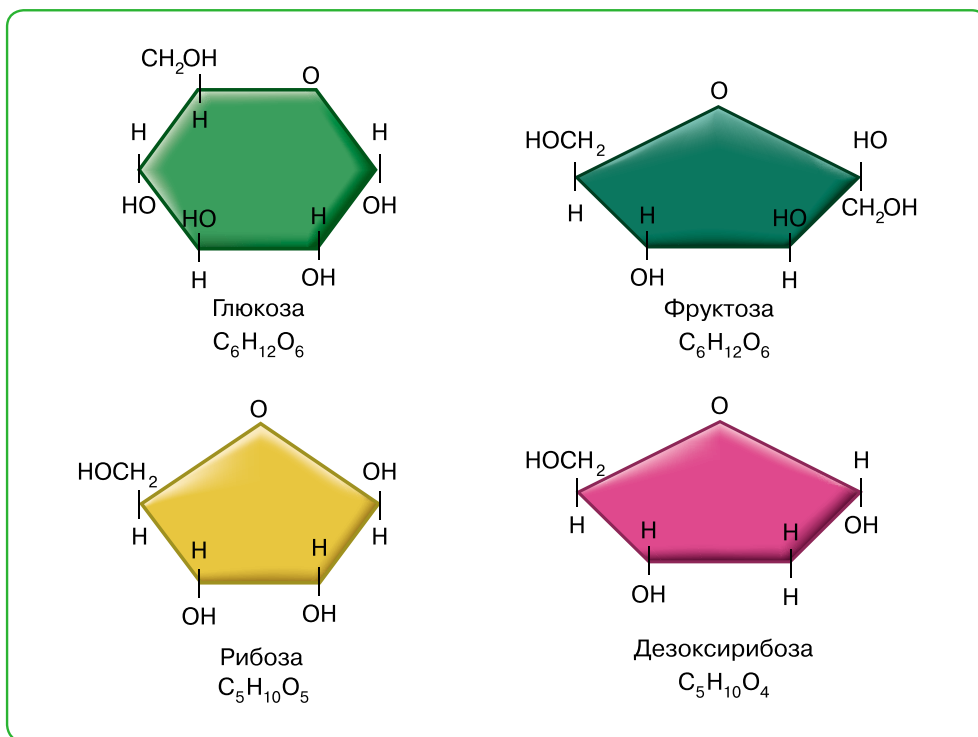


Рис. 8. Молекулы моносахаридов

Олигосахариды построены из двух или малого числа моносахаридов. Чаще растворимы и имеют сладкий вкус. Наиболее распространены *мальтоза, лактоза, сахароза*.

Полисахариды построены из большого числа (сотен и тысяч) моносахаридов, соединённых в цепочки ковалентными связями. Полисахаридами являются *крахмал, гликоген, целлюлоза* и др. Чем больше мономеров входит в состав полимера, тем хуже он растворяется в воде и тем менее он сладок на вкус.

Мономером крахмала, гликогена и целлюлозы (клетчатки) является глюкоза. Но цепочки гликогена и крахмала, построенные из глюкозы, ветвятся, а цепочки целлюлозы имеют линейное строение.

Функции углеводов. Одна из главных функций углеводов — *энергетическая*. При полном кислородном расщеплении 1 г глюкозы освобождается 17,6 кДж энергии, которая используется организмом для покрытия энергетических затрат. Особенно нуждаются в глюкозе нейроны головного мозга, которые не могут использовать для получения энергии другие химические вещества.

Строительная, или структурная, функция углеводов заключается в том, что благодаря своей прочности и нерастворимости в воде они составляют основу клеточной стенки растений, грибов, бактерий.

Защитная функция углеводов состоит в том, что они входят в состав стенок многих клеток, в частности, являются основой хитина — наружного скелета членистоногих. Кроме того, смолы, выделяющиеся при повреждении стволов вишен, слив и др., называемые камедями, — также производные сахаридов.

Запасаящая функция сахаридов заключается в том, что крахмал и гликоген являются основными запасящими веществами растительных и животных клеток. Они расходуются тогда, когда клетке приходится выполнять какую-либо интенсивную работу, например, мышечным клеткам требуется много энергии при сокращении.

Углеводы (рибоза, дезоксирибоза) являются составным компонентом РНК и ДНК, АТФ и многих других соединений, играющих важнейшую роль в обменных реакциях клеток.

Липиды, или жиры, — группа жироподобных веществ, содержащихся во всех живых клетках. Жиры гидрофобны, но зато хорошо растворимы в органических растворителях (хлороформ, эфир, бензин). Содержание жиров в клетках составляет 5—15 % сухого вещества, но, например, в клетках подкожной жировой клетчатки или семян подсолнечника содержание их может достигать 90 %.

Состав липидов. Жиры — сложные эфиры трёхатомного спирта глицерина и высокомолекулярных жирных кислот. Среди этих кислот есть насыщенные (твёрдые) — стеариновая, пальмитиновая, масляная. Это так называемые животные жиры (говяжий, свиной).

Ненасыщенные (жидкие) кислоты (олеиновая, линолевая) — это прежде всего растительные жиры, такие как оливковое и подсолнечное масла.

В клетках встречаются также *липоиды* — сложные эфиры высокомолекулярных спиртов и высокомолекулярных жирных кислот. К ним относятся *каротиноиды* (пигменты, участвующие в фотосинтезе) и *стероидные* гормоны (половые, гормоны надпочечников).

Помимо простых липидов (триглицеридов), в организме представлены сложные липиды — соединения триглицеридов и других веществ. К примеру, **фосфолипиды** (соединения липида с остатком фосфорной кислоты) и **липопротеиды** (соединения липида с белком) и др.

Функции липидов. Одна из главных функций липидов — *энергетическая*. При окислении 1 г липидов клетка может получить 38,9 кДж энергии, т. е. больше,



Рис. 9. Борец сумо

чем при окислении углеводов. Липиды обеспечивают около 30 % энергии, потребляемой организмом животных.

Запасающая функция липидов заключается в том, что большие объёмы этих соединений откладываются в организме про запас и используются при повышенных физических нагрузках (рис. 9) или при отсутствии пищи. Например, за зиму спящий в берлоге медведь теряет десятки килограммов жира.

Важнейшая функция липидов — *строительная*. Липиды являются основой биологических мембран у всех живых существ. Именно гидрофобные свойства липидов не дают мембранам свободно пропускать воду или растворяться.

Благодаря низкой теплопроводности липиды выполняют *термоизоляционную* функцию, сохраняя тепло (например, у морских животных — тюленей, моржей (рис. 10), китов).



Рис. 10. Морж

Многие органы животных и человека покрыты жировым слоем, предохраняющим эти органы от механических повреждений. Эту функцию называют *защитной*.

Регуляторная функция липидов заключается в том, что многие гормоны и другие регуляторы организма являются производными липидов. Кроме того, имеется целая группа витаминов (А, D, Е, К), которые усваиваются только при растворении в жирах.



Ключевые слова: биологические полимеры, мономеры, углеводы, моносахариды, олигосахариды, полисахариды, липиды, фосфолипиды, липопротеиды.

ВЫВОДЫ

Один из важнейших классов органических соединений в клетке — углеводы, или сахара. Основные функции этих веществ: энергетическая, запасаящая, структурно-строительная. Липиды — группа жироподобных веществ, содержащихся в клетках. Липиды выполняют ряд функций: энергетическую, запасаящую, строительную, термоизоляционную и др.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Какие виды углеводов вам известны?
2. Что такое мономер?
3. Каковы функции углеводов в организмах?
4. Какие вещества относятся к липидам?
5. Каково строение молекулы жира?

Выполни задания

1. Приведите примеры олигосахаридов и полисахаридов.
2. Составьте список липидов.

Обсуди с товарищами

1. Почему в растительных организмах углеводов значительно больше?
2. Какие особенности липидов позволяют им выполнять защитную и термозащитную функции?

Выскажи мнение

Главная функция углеводов — энергетическая.

РАБОТА С ТЕКСТОМ

С помощью текста учебника составьте определения понятий: *мономер*, *полимер*, *углеводы*, *липиды*. Выпишите понятия и определения в рабочую тетрадь.

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Заполните таблицу «Органические вещества клетки».

Название вещества	Химический состав	Функции

Для любознательных

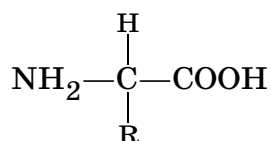
Это интересно

• Если вы возьмёте в рот кусочек сырого картофеля, то сначала он покажется безвкусным. Однако очень скоро во рту станет сладко: ферменты слюны — амилаза и мальтоза — разлагают полисахарид крахмал до ди- и моносахаридов, имеющих сладкий вкус.

§ 5. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА КЛЕТКИ. БЕЛКИ. ПРОТЕОМИКА

- Какова роль белков в организме?
- Как образуются различные структуры белков?

Чрезвычайно важным химическим компонентом клетки являются **белки**, их содержание в клетках составляет 50—80 %. Они имеют сложное строение (рис. 11), являются полимерами, построенными из мономеров — **аминокислот**. В различных клетках живых организмов встречается более 150 видов аминокислот, но в состав белков входит только 20 из них. Именно различные сочетания аминокислот образуют всё многообразие белкового мира. Общая формула для всех аминокислот:



где NH_2 — аминогруппа, обеспечивающая основные свойства; $-\text{COOH}$ — карбоксильная группа, обеспечивающая кислотные свойства; R — радикал, имеющий различное строение. При взаимодействии группы NH_2 одной аминокислоты с группой $-\text{COOH}$ другой аминокислоты высвобождается молекула воды и образуется ковалентная связь, называемая **пептидной**. Образовавшееся из двух и более аминокислотных остатков соединение носит название **пептид**. К нему могут присоединяться другие аминокислоты, образуя новые пептидные связи, и цепочка, называемая полипептидной, будет расти. На одном конце этой цепочки всегда будет аминогруппа NH_2 , а на другом — карбоксильная группа $-\text{COOH}$. Полипептидные цепи бывают различной длины, и все они синтезируются в клетке главным образом из аминокислот, получаемых из пищи.

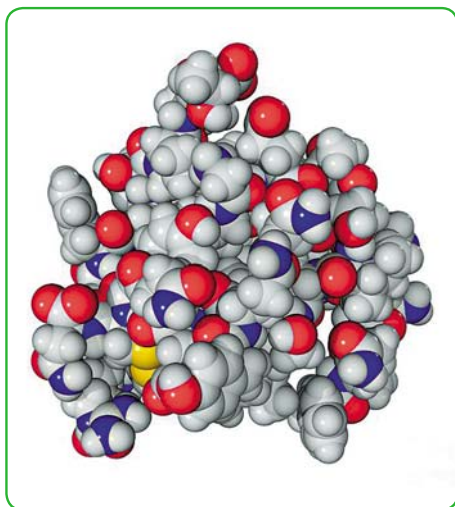


Рис. 11. Молекула инсулина
(белок человека)

Бактерии, грибы, некоторые животные могут синтезировать в своих клетках все необходимые им для строительства собственных белков аминокислоты из более простых веществ. Но многие животные (в том числе и человек) не могут вырабатывать некоторые аминокислоты и должны получать их с пищей. Такие аминокислоты называются **незаменимыми**, и для взрослого человека это — лизин, валин, лейцин, изолейцин, треонин, фенилаланин, триптофан и метионин (а для детей ещё аргинин и гистидин).

Пищевые белки, содержащие все необходимые человеку аминокислоты, называются **полноценными**. Это главным образом белки животного происхождения. Пищевые белки, не содержащие каких-либо незаменимых аминокислот, называются **неполноценными**. К ним относятся, например, белки кукурузы, ячменя, пшеницы.

Подсчитано, что за 80 суток распадается половина всех белков тела человека, т. е. за сутки распадается приблизительно 400 г белков. Однако $\frac{2}{3}$ аминокислот, образовавшихся при распаде белков нашего организма, не выводят-ся из него, а используются вновь, включаясь в состав синтезируемых белков. Таким образом, в сутки с пищей в организм должно поступать не менее 40 г белка, а оптимальным является приблизительно 100—150 г.

Растительные белки для человека являются неполноценными, поэтому при вегетарианской диете необходимо правильно подбирать рацион питания, чтобы несколькими растительными белками заменить один полноценный живот-ный (рис. 12).

Классификация белков. Протеины — это белки, построенные только из амино-кислот, а **протеиды** содержат ещё и небелковую часть. Например, переносчик кислорода в эритроцитах крови гемоглобин содержит небелковую часть — гем. *Гликопротеиды* содержат углеводную часть, *липопротеиды* — липидную часть, *нуклеопротеиды* — нуклеиновые кислоты.

Структура белков (рис. 13). *Первичная структура* белков — это последова-тельность аминокислот в полипептидной цепи, соединённых пептидными связа-ми. Первичная структура уникальна для каждого белка, и именно от неё зависят свойства молекулы. Замена даже одной аминокислоты чаще всего приводит к не-обратимым нарушениям структуры и свойств белковой молекулы.

Вторичная структура молекулы белка возникает из-за образования водород-ных связей между группами NH_2 — и — COOH полипептидной цепи. Чаще всего она представлена спиральной структурой (α -спираль), но иногда возникает склад-чатая структура (β -складка) из-за водородных связей между параллельными участ-ками полипептидной цепи (например, у кератина волос).

Третичная структура. Полипептидная цепочка, принявшая вторичную струк-туру, формирует **глобулу** — клубок специфической для каждого белка конфи-гурации. Третичная структура удерживается за счёт водородных и ионных связей, дисульфидных мостиков между атомами серы в составе некоторых аминокислот, гидрофобных взаимодействий (см. рис. 13).

Четвертичная структура. Имеется не у всех белков. Она возникает при взаимодействии нескольких глобул, каждая из которых представляет собой от-дельную полипептидную цепочку. Например, гемоглобин человека образован 4 белковыми глобулами. Удерживается такая структура водородными связями, дисульфидными мостиками, гидрофобными взаимодействиями. Часто в состав та-кой структуры белка входят ещё и небелковые компоненты.

Нарушение структуры белка называется **денатурацией**. Естественно, при де-натурации белок резко меняет свои биологические свойства. Она возникает в ре-зультате внешних влияний (химических воздействий, облучения, температуры и других факторов). Если при денатурации не нарушена первичная структура, т. е. нет разрывов полипептидной цепочки, она является *обратимой*, однако для восстановления структуры необходимо наличие специальных ферментов. Но если первичная структура нарушена, денатурация становится *необратимой*. Вспомни-те, как меняется структура белка в варёном яйце — снова превратить этот белок в исходный невозможно.



Рис. 12. Ребёнок с белковым голоданием

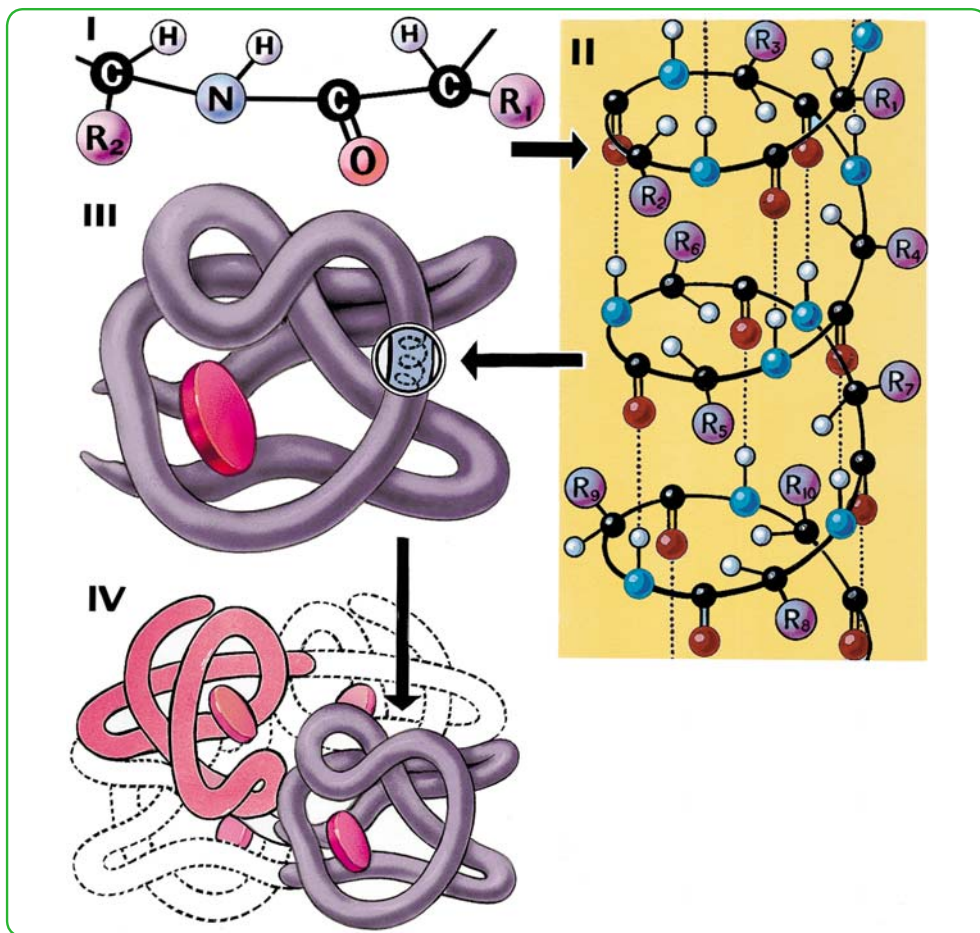


Рис. 13. Структура белковых молекул

Функции белков. Важность белков для живых структур определяется теми функциями, которые они выполняют (рис. 14).

Структурно-строительная функция. Белки входят в состав всех мембранных структур и элементов цитоскелета. Различные белки являются основой многих тканей (коллаген, кератин).

Ферментативная функция. Белки-ферменты способны ускорять течение биологических реакций в миллионы раз.

Транспортная функция. Белки способны транспортировать вещества в крови. Классический пример — переносчик кислорода и углекислоты белок клеток крови гемоглобин. Множество белков являются транспортёрами веществ через клеточную мембрану. Например, такой транспортёр существует для глюкозы.

Двигательная функция. Именно изменения конформации белков являются причиной движения. Например, мышечное движение осуществляется за счёт взаимодействия белков актина и миозина.

Защитная функция. Белки предохраняют организм от вторжения болезнетворных агентов. Например, **интерфероны** не дают вирусам размножаться, антитела связывают чужеродные белки. Белки фибриноген и тромбин предохраняют организм от кровопотери, закупоривая отверстия в стенках повреждённых сосудов.

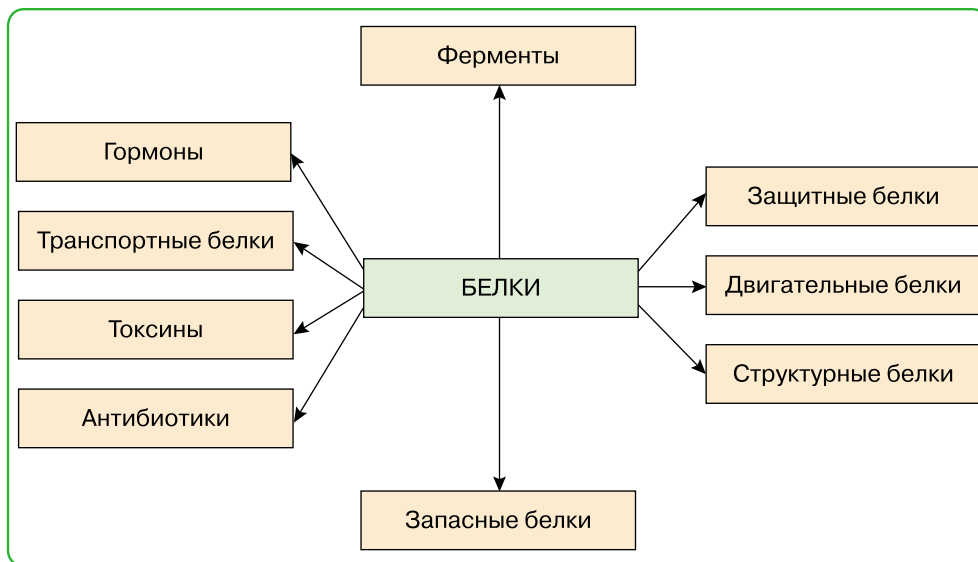


Рис. 14. Основные группы белков и их функции

Регуляторная функция. Бóльшая часть гормонов, составляющих основу химической регуляции организма, — белки или аминокислоты. Белковая природа имеется у гормонов щитовидной железы, инсулина, гормона роста и многих других регуляторных веществ.

Рецепторная функция. Рецепторы, через которые мы ощущаем окружающий мир, по природе своей являются белками. Например, зрительный пигмент **родопсин** обеспечивает восприятие света в процессе зрения, другие белки передают в мозг информацию о прикосновениях, звуках, запахах и т. д.

Энергетическая функция. Белки могут быть источником энергии в клетке. При полном расщеплении 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии. Но эту функцию белки выполняют только в случае крайнего истощения. Высвобождающиеся при распаде белков аминокислоты используются для синтеза новых белковых молекул. Кроме того, при распаде аминокислот образуются не только CO_2 и H_2O , но ещё и ядовитый аммиак NH_3 , который необходимо очень быстро нейтрализовать и удалить из организма.

Набор всех белков, содержащихся в клетке, называется *протеомом*. В последние годы даже выделилась новая биологическая наука, называемая *протеомикой*. Протеомика изучает структуру белков, их функции, расположение в клетке и их взаимодействие. В настоящее время предполагается, что в человеческом протеоме не менее миллиона белков. Основные задачи протеомики состоят в следующем:

- составление каталогов всех белков, синтезируемых различными типами клеток;
- определение функций выявленных белков;
- изучение взаимодействий различных белков между собой, а также с внеклеточными белками;
- выявление связей между повышением или понижением синтеза какого-либо белка и, например, развитием заболевания.

Связи внутри протеома очень сложны. Например, воздействие на один белок может изменить весь протеом.

По изменениям в протеоме можно установить характер таких болезней, как дистрофия, опухолевый рост, инфаркт, гепатит, воспаления, патологии беремен-

ности. Многие белки применяются в качестве лекарств, и благодаря успехам протеомики их число значительно увеличилось и будет возрастать в дальнейшем.



Ключевые слова: белки, аминокислоты, пептид, протеин, протеид, глобула, денатурация, функции белков, интерферон, родопсин.

ВЫВОДЫ

Белки — аминокислотные полимеры, являются важнейшей химической составляющей любой клетки. Белки выполняют множество функций — строительную, ферментативную, двигательную, защитную и др. Каждый белок имеет строго определённую пространственную структуру. Структуру белков в клетке и их взаимодействие изучает наука протеомика.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Какие бывают белки?
2. Что определяет первичную структуру белка?
3. Что такое денатурация?
4. Как белки осуществляют транспортную функцию?

Выполни задания

1. Запишите общую формулу аминокислоты в рабочую тетрадь.
2. Опишите процесс образования пептида.
3. Охарактеризуйте третичную структуру белка.

Обсуди с товарищами

1. В чём заключается причина многообразия белков?
2. Почему нарушение первичной структуры белка делает денатурацию необратимой?

Выскажи мнение

Протеом является набором белков в организме.

РАБОТА С ТЕКСТОМ

С помощью текста учебника составьте определения понятий: *пептид*, *протеид*, *первичная структура белка*, *полноценный белок*, *протеом*. Выпишите понятия и определения в рабочую тетрадь.

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Заполните таблицу «Значение белков в организме».

Функция белка	Значение для организма

§ 6. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА КЛЕТКИ. НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ, АТФ, ВИТАМИНЫ

- Какова роль нуклеиновых кислот в клетке?
- Каково строение молекул нуклеиновых кислот?

Нуклеиновые кислоты — сложные природные соединения с очень большой молекулярной массой (до нескольких миллионов единиц). Они обеспечивают хранение и передачу наследственной информации в живых организмах.

Нуклеиновые кислоты являются биополимерами, а их мономеры — **нуклеотиды** (рис. 15). Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания (аденин, тимин, урацил, гуанин, цитозин), пятиуглеродного сахара рибозы или дезоксирибозы и остатка фосфорной кислоты. Нуклеотиды связываются в длинную полимерную цепочку при помощи ковалентной связи между остатком фосфорной кислоты одного нуклеотида с рибозой или дезоксирибозой соседнего нуклеотида.

Различают два вида нуклеиновых кислот. **ДНК** (дезоксирибонуклеиновая кислота) содержит сахар (дезоксирибозу) и азотистые основания (аденин, тимин, гуанин, цитозин). **РНК** (рибонуклеиновая кислота) содержит сахар рибозу и азотистые основания аденин, урацил, гуанин, цитозин.

Структура ДНК. Молекула дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) состоит из двух цепочек нуклеотидов (рис. 16), спирально закрученных друг относительно друга. Цепочки нуклеотидов соединены по всей длине водородными связями между азотистыми основаниями, обращёнными внутрь спирали. Азотистое основание

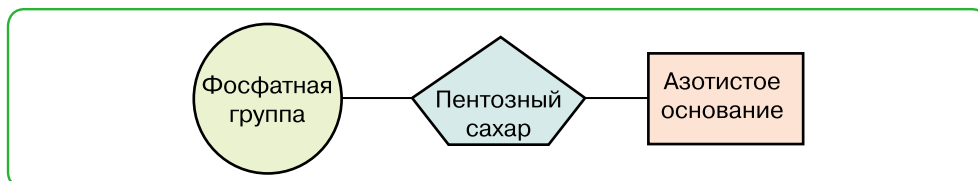


Рис. 15. Строение нуклеотида

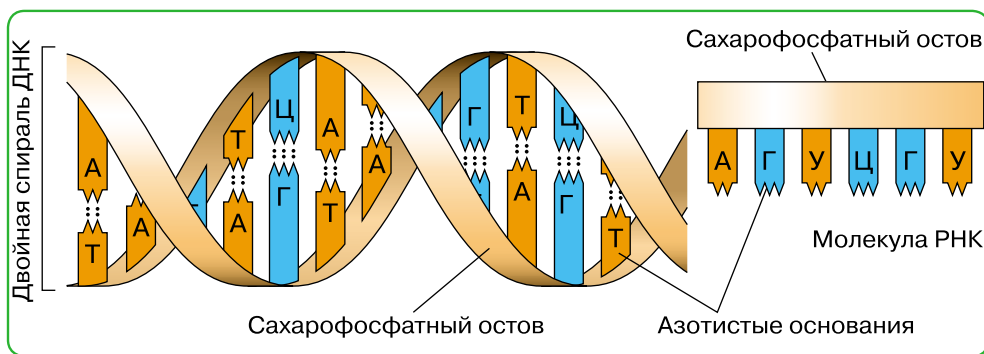


Рис. 16. Строение молекул нуклеиновых кислот: ДНК и РНК

аденин образует две водородные связи только с азотистым основанием **тимин**ом. Азотистое основание **гуанин** образует три водородные связи только с азотистым основанием **цитозин**ом. Пары аденин—тимин (А—Т) и гуанин—цитозин (Г—Ц) называются **комплементарными**.

Каждая цепочка ДНК может состоять из тысяч и даже миллионов нуклеотидов, причём согласно принципу комплементарности в любой молекуле ДНК число адениновых нуклеотидов равно числу тиминовых нуклеотидов, а число гуаниновых — числу цитозиновых. Зная последовательность нуклеотидов в одной цепи молекулы ДНК, можно установить их последовательность и в другой цепи.

В клетках эукариот ДНК находится в хромосомах ядра (рис. 17), а у прокариот — в нуклеоиде. Кроме того, ДНК у эукариот присутствует в митохондриях и пластидах, определяя свойства этих органоидов.

Молекулы ДНК способны к самоудвоению (репликации), что обеспечивает возможность передачи наследственной информации, то есть информации о строении белков, из клетки материнской в клетки дочерние. В процессе самоудвоения на каждой из цепочек нуклеотидов, входящих в молекулу ДНК, по принципу комплементарности синтезируются новые цепочки нуклеотидов. В результате образуются две одинаковые двуцепочечные молекулы ДНК, лежащие рядом. Каждая такая цепочка ДНК является основой хроматиды — половинки хромосомы. Об этом вы подробнее узнаете в параграфе, посвящённом делению клетки.

Функции ДНК. ДНК является хранилищем наследственной информации о структуре всех белков, вырабатываемой клеткой, а значит, определяет все свойства клетки.

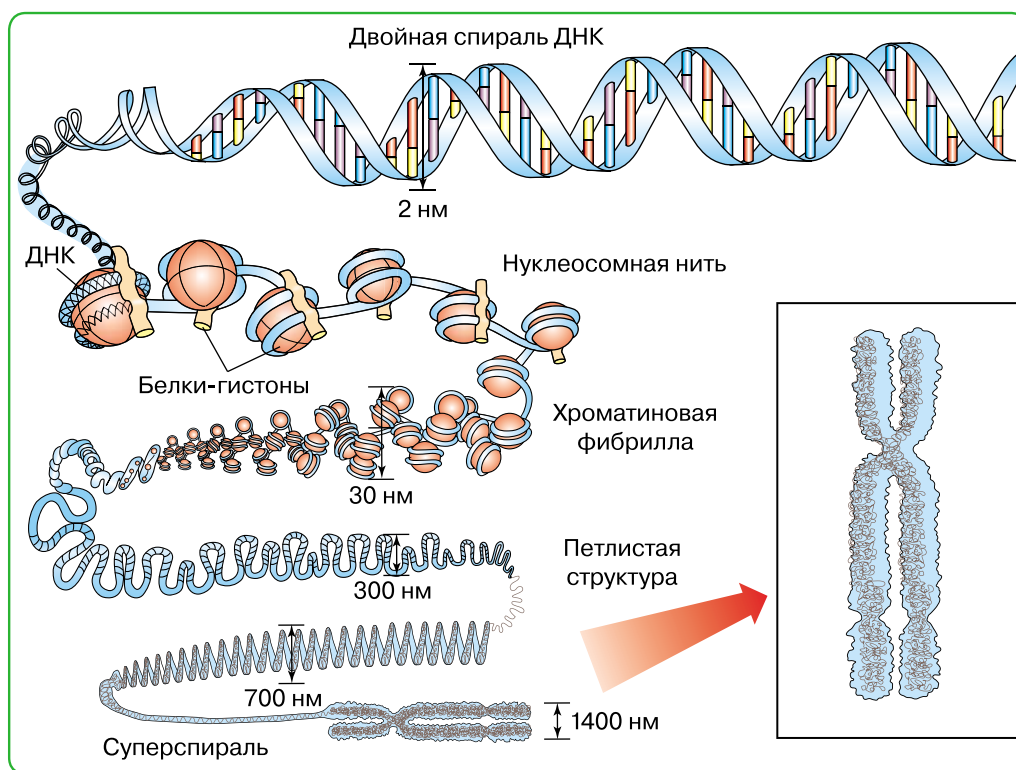


Рис. 17. Схема уровней спирализации ДНК

Структура РНК. Рибонуклеиновая кислота (РНК) представляет собой одиночную цепочку, построенную из нуклеотидов. Но длина такой цепочки гораздо меньше, а вместо нуклеотида, содержащего тимин, в РНК входит нуклеотид, содержащий **урацил**. Полимерная цепочка РНК формируется так же, как и у ДНК: образуются ковалентные связи между рибозой и остатком фосфорной кислоты соседнего нуклеотида. Молекула РНК может максимально состоять из 10 тыс. нуклеотидов.

Типы РНК. В зависимости от расположения в клетке и выполняемых функций выделяют три типа РНК.

Рибосомная РНК (рРНК) синтезируется в ядрышке ядра и является основой строения рибосом — органоидов клетки, участвующих в синтезе белка. Рибосомная РНК составляет около 80—85 % всех РНК клетки, состоит примерно из 3—5 тыс. нуклеотидов.

Транспортная РНК (тРНК) синтезируется в ядре, а затем выходит через ядерную оболочку в цитоплазму (рис. 18). тРНК состоит приблизительно из 100 нуклеотидов. Её функцией является транспортировка аминокислот к месту сборки полипептидной цепочки белка в рибосомах. Все тРНК имеют сходную структуру, напоминающую по форме лист клевера. На центральной петле находится последовательность из трёх нуклеотидов — антикодон, которая определяет, какую именно аминокислоту переносит данная тРНК. Для синтеза белка необходимо присутствие стольких же разновидностей тРНК, сколько видов аминокислот встречается в этом белке, т. е. не менее 20.

Информационная РНК (иРНК), или матричная РНК (мРНК). Эти молекулы синтезируются на каком-либо участке одной из цепочек ДНК и переносят информацию о последовательности аминокислот будущего белка в цитоплазму, к месту синтеза белковой молекулы. В зависимости от размеров синтезируемого белка размер иРНК может быть различным. На долю иРНК приходится 1,5—5 % от общего содержания РНК в клетке.

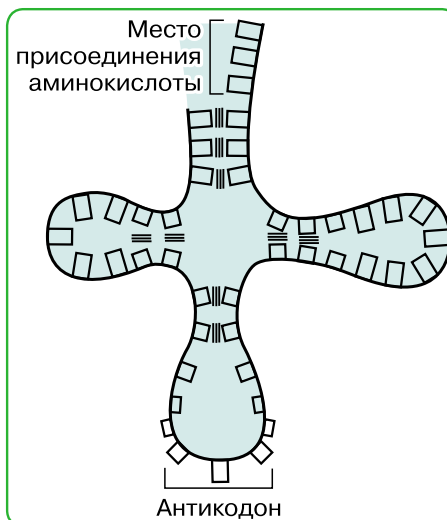


Рис. 18. Схема строения молекулы тРНК

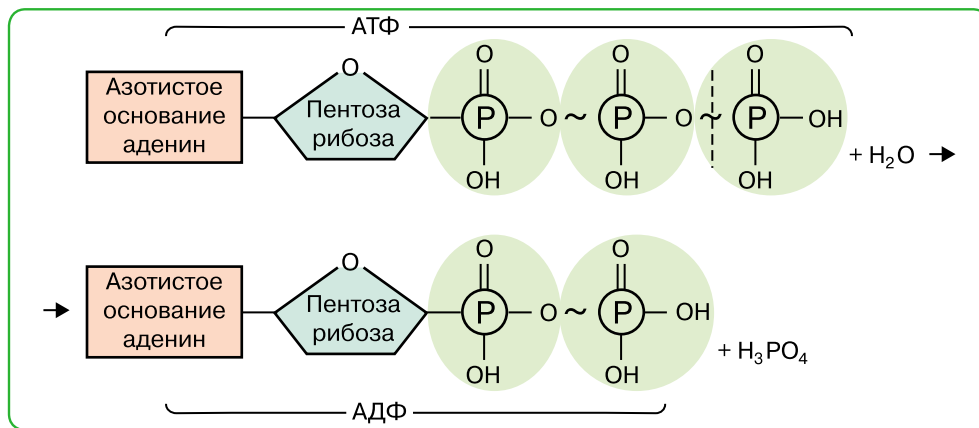


Рис. 19. АТФ

Таким образом, все виды РНК вместе являются системой, предназначенной для синтеза белка согласно наследственной программе, записанной в молекулах ДНК.

РНК присутствует в ядре, цитоплазме, рибосомах, митохондриях, пластидах клеток.

РНК прокариот и эукариот не способна к самоудвоению, а вот РНК некоторых вирусов может самоудваиваться.

Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). Важнейшим соединением, обеспечивающим энергетические нужды всех клеток, является аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). Так как практически все биохимические процессы требуют весьма существенных затрат энергии, АТФ доставляет её туда, где она необходима (рис. 19).

АТФ представляет собой нуклеотид, состоящий из азотистого основания (аденина), сахара (рибозы) и трёх остатков фосфорной кислоты, следующих один за другим. Связи между остатками фосфорной кислоты богаты энергией и называются **макроэргическими**. Разрыв такой связи приводит к выделению примерно 40 кДж/моль энергии. Синтезируется АТФ путём присоединения неорганического фосфата (Ф) к молекуле АДФ (аденозиндифосфорная кислота). Естественно, что на синтез АТФ приходится затратить ровно столько же энергии. Связь между рибозой и первым остатком фосфорной кислоты макроэргической не является, и при её расщеплении выделяется совсем немного энергии.

АТФ в клетке мало, поскольку она практически не накапливается, а быстро расходуется на нужды организма, и только в клетках, очень активно тратящих энергию (клетки мышц, печени), содержание АТФ может достигать 5 % от сухого веса.

Витамины — это низкомолекулярные органические соединения, которые или совсем не вырабатываются в организме, или вырабатываются в очень малых количествах, несмотря на то что они абсолютно необходимы для нормальной жизнедеятельности клеток и целого организма. Таким образом, витамины мы можем получать только с пищей. Небольшие количества некоторых витаминов вырабатывают микроорганизмы, живущие в кишечнике. Чаще всего витамины входят в состав ферментов, являясь их небелковой частью, и без них фермент не может проявить свою активность. Естественно, что лишение организма какого-либо фермента приводит к развитию болезни. Если эта болезнь вызвана недостатком витамина, её называют *авитаминозом*.

Витамины подразделяют на жиро- и водорастворимые. В настоящее время к витаминам относят около 15 соединений.



Ключевые слова: нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК), нуклеотиды, азотистые основания (аденин, тимин, урацил, гуанин, цитозин), комплементарность, типы РНК, макроэргическая связь.

ВЫВОДЫ

Нуклеиновые кислоты — полимеры, построенные из нуклеотидов. Нуклеиновые кислоты обеспечивают хранение и передачу наследственной информации во всех живых организмах. Различают ДНК, имеющую структуру в виде двойной спирали, и РНК — одиночную нить. АТФ — уникальное вещество, обеспечивающее все живые клетки энергией. Витамины — органические соединения, поступающие в клетку главным образом извне и часто входящие в состав активных ферментов.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Какое строение имеют молекулы ДНК и РНК?
2. Каковы функции ДНК?
3. Какие различают типы РНК и каковы их функции?
4. Чем различается строение нуклеотидов ДНК и РНК?
5. В чём заключается принцип комплементарности?
6. Какова роль АТФ в клетке?

Выполни задания

1. Составьте комплементарные пары: А—?, ?—Ц, ?—Т, Г—?.
2. Используя принцип комплементарности, достройте вторую цепь ДНК: А—Г—Ц—Г—У—Ц—Т—А.
3. Подготовьте сообщение «История открытия структуры ДНК Дж. Уотсоном и Ф. Криком».

Обсуди с товарищами

Какие особенности строения АТФ определяют её функции?

Выскажи мнение

1. Информационная РНК синтезируется на каком-либо участке одной из цепочек ДНК.
2. Витамины — органические вещества, которые не вырабатываются в организме или вырабатываются в незначительных количествах.

РАБОТА С ТЕКСТОМ

Используя учебник, найдите определения понятий: *рибоза*, *урацил*. Выпишите понятия и определения в рабочую тетрадь.

Проводим исследование

Решение элементарных задач в молекулярной биологии

1. Фрагмент цепи ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов: ГТГ, ТТТ, ГАГ, ЦАТ. Определите комплементарные последовательности нуклеотидов на иРНК и антикодонах тРНК.
2. Участок молекулы ДНК, кодирующий последовательность аминокислот в белке, имеет следующий состав: ЦАТ, ГАА, ТАГ, ТГЦ, ТАТ. Объясните, к каким последствиям может привести случайное добавление нуклеотида гуанина (Г) между 7-м и 8-м нуклеотидами.



Рис. 20. Современные методы исследования

Для любознательных

Это интересно

- Новое направление в науке — нанотехнология — начиналось, как это уже не раз бывало, с фантастики. Приставка «нано» обозначает одну миллиардную часть какой-либо единицы. В 1959 г. американский физик и популяризатор науки Ричард Фейнман опубликовал работу, в которой обосновал идею о том, что предметы и механизмы можно собирать из отдельных атомов и таким образом уменьшить их размеры. Фейнман даже назначил премию тому, кто сможет уменьшить страницу текста в 25 тыс. раз.

Биологам не привыкать работать со сверхмалыми объектами, которые теперь стали называть нано-объектами. Примером могут служить молекулы белков, нуклеиновых кислот, многие вирусы, каналы в мембранах и т. п. Но нанотехнология, пользуясь успехами биологических наук, в свою очередь может помочь биологам своими методами (рис. 20).

Какова же взаимосвязь между биологией и нанотехнологией? Биология предоставляет технологам модели, которые уже существуют в природе. Природа уже создала множество наноустройств — молекулярные сита для сортировки молекул, молекулярные моторы, индикаторы, распознающие отдельные молекулы, биохимические заводы.

Вот один из примеров. Внутри длинных отростков в нервных клетках (аксонов) натянуты тончайшие белковые нити диаметром около 10 нм. По этим нитям двигаются молекулы белков-переносчиков. Один вид белков переносит вещества от тела нейрона, а другой — к телу нейрона. Причём молекулы этих переносчиков, используя энергию АТФ, «шагают» по микротрубочке со скоростью около 1000 нм в сутки. Эффективность такого «транспорта» невероятно высока.

Биология помогает нанотехнологам ещё и строительным материалом, предоставляя биологические молекулы с известными свойствами для конструирования наноустройств из этих блоков. Чаще всего это молекулы ДНК, на основе строения которых пытаются создать мощнейшие компьютеры, а также молекулы РНК и белки.

С другой стороны, развитие нанотехнологий привело к созданию уникальных инструментов и методов исследования, которые очень пригодятся биологам и медикам. Уже созданы и используются в исследованиях наносито, нановесы, нанотермометр, нанопинцет.

Особенно широкие перспективы открывает нанотехнология перед медициной. Уже испытываются лекарства, которые представляют собой наносистему: она находит раковую клетку, проникает в неё и проносит лекарство. Лекарство избирательно убивает именно злокачественную клетку.

Конечно, нанотехнология — пока ещё новое слово в науке и практике. Но уже сейчас ясно, что освоение наномира может открыть человечеству огромные возможности.

§ 7. КЛЕТКА — СТРУКТУРНАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА ОРГАНИЗМА. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЦИТОЛОГИИ. КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ КЛЕТКИ

- Назовите основные органоиды клетки. Каковы их функции?
- Каковы основные положения клеточной теории?

Клетка — это элементарная структурная и функциональная единица живых организмов, обладающая всеми признаками живого. Она способна к саморегуляции, самообновлению, самовоспроизведению. Наука, изучающая строение и функции клетки, называется **цитологией**.

Начальный период изучения клетки связан с изобретением в 1590 г. первого микроскопа. Англичанин Роберт Гук попробовал рассматривать под микроскопом растительную ткань — срез коры пробкового дерева. Именно он и назвал мелкие ячейки, увиденные под микроскопом, клетками. Это произошло в 1665 г., а чуть позже, в 1676 г., голландец Антони ван Левенгук описал увиденные им под микроскопом животные клетки — эритроциты, клетки простейших, сперматозоиды и др.

В начале XVIII в. чешский биолог Ян Пуркине назвал содержимое клеток протоплазмой. В 1831 г. английский ботаник Роберт Броун описал ядро в растительных клетках. В 1838—1839 гг. немецкие биологи Маттиас Шлейден (рис. 21) и Теодор Шванн (рис. 22) сформулировали основные положения **клеточной теории**. Рудольф Вирхов в 1855 г. дополнил теорию положением о том, что клетка может происходить только из другой клетки путём деления.

Современная клеточная теория содержит следующие положения:

1. Все живые существа на Земле состоят из клеток. Клетка — элементарная живая система, являющаяся единицей строения, функционирования, размножения и индивидуального развития живых организмов. Вне клетки нет жизни.

2. Клетки всех живых организмов сходны по строению, химическому составу и реакциям обмена веществ, в них протекающих.



Рис. 21. М. Шлейден



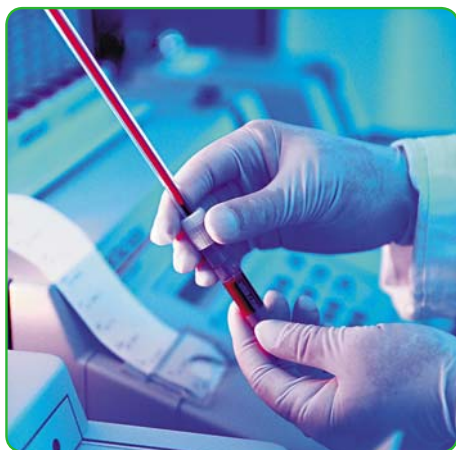
Рис. 22. Т. Шванн



Рис. 23. Электронный микроскоп



Рис. 24. Центрифугирование



3. Новые клетки возникают только в результате деления ранее существовавших клеток.

4. Клеточное строение всех ныне существующих живых организмов является доказательством единства происхождения жизни на Земле.

С развитием физических и химических методов исследования клеточная теория постоянно уточнялась и совершенствовалась. Сейчас для изучения клеток и их взаимодействия применяют множество методов.

Световая микроскопия. С помощью световой микроскопии можно получить увеличение объекта приблизительно в 3 тыс. раз и увидеть частицу размером около 500 нм. При помощи различных световых микроскопов (фазово-контрастных, флуоресцентных, ультрафиолетовых и др.) получено множество сведений о клетке и её органоидах.

Электронная микроскопия. С помощью направленного на объект и отражённого от него пучка электронов можно различить частицу размером всего в 1 нм, а сканирующий электронный микроскоп позволил создавать трёхмерную картину мельчайших объектов. Увеличение, достижимое при помощи электронных микроскопов, — до 1 млн раз (рис. 23).

Центрифугирование. Сперва разрушают оболочки клеток, затем клетки помещают в центрифугу (рис. 24). Ускорение, которому подвергается содержимое клеток, разделяет компоненты клетки на составные части в соответствии с их размерами. После этого можно биохимическими методами отдельно анализировать состав ядра, митохондрий, рибосом и других органоидов.



Рис. 25. Гистохимический метод

Радиография. Заменяв атом или атомы в каком-то химическом соединении в клетке на *радиоактивный изотоп*, можно проследить за участием помеченной молекулы в биохимических реакциях при помощи специального счётчика, улавливающего излучение. Чаще всего используются изотопы водорода, углерода, фосфора.

Биохимические методы позволяют исследовать химический состав клеток и химические реакции, происходящие в клетках.

Гистохимические методы. Основаны на свойствах некоторых красителей специфически связываться с определёнными компонентами клетки, что позволяет выявить их при помощи последующего микроскопирования (рис. 25).

Иммуногистохимические методы основаны на способности антител связываться со строго определёнными антигенами. Пометив антитела, можно качественно и количественно выявить антигены, с которыми эти антитела прореагируют.

Культуральные методы позволяют исследовать свойства живых клеток, искусственно выращенных на питательной среде (рис. 26) и являющихся потомками одной или немногих клеток.



Рис. 26. Растения, выращенные культуральным методом

Ключевые слова: цитология, клеточная теория, методы исследования клеток (световая и электронная микроскопия, центрифугирование, радиография, биохимические методы, гистохимические методы, иммуногистохимические методы, культуральные методы).



ВЫВОДЫ

Клетка — это элементарная единица живых организмов, обладающая всеми свойствами и признаками живого. Клеточная теория, которую разрабатывали многие учёные, сформирована М. Шлейденом и Т. Шванном.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Какие открытия предшествовали созданию клеточной теории?
2. Когда и кто создал клеточную теорию?
3. Какие исследователи способствовали развитию клеточной теории?
4. Какие современные методы используют для изучения клетки?
5. В чём суть иммуногистохимического метода?

Выполни задания

1. Перечислите основные положения клеточной теории.
2. Назовите и охарактеризуйте современные методы исследования клетки.
3. Подготовьте сообщение на тему «История создания клеточной теории».

Обсуди с товарищами

1. Каково значение клеточной теории для развития биологии?
2. Как связано изучение строения клетки с совершенствованием методов её исследования?

Выскажи мнение

Р. Вирхов дополнил клеточную теорию положением: новые клетки возникают только в результате деления ранее существовавших клеток.

Для любознательных

Это интересно

- АТФ является универсальным источником энергии для всех биохимических и биофизических процессов, протекающих в клетке и целом организме. АТФ используют как прокариотические, так и эукариотические клетки. Этот факт является одним из доказательств единства происхождения всех живых организмов на Земле. У всех живых форм на нашей планете был единый предок.

§ 8. СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ. КЛЕТОЧНАЯ МЕМБРАНА. ЯДРО. ГЕНОМ. ЦИТОПЛАЗМА. КЛЕТОЧНЫЙ ЦЕНТР. РИБОСОМЫ

- Что такое органоиды? Какие органоиды клетки вы знаете?
- Что такое геном человека?

Казалось бы, что общего между амёбой, нейроном человеческого мозга, клеткой столбчатой ткани листа или стрекательной клеткой гидры? Все они имеют разный внешний вид, выполняют разные функции. Но если взглянуть повнимательнее, то окажется, что в соответствии с клеточной теорией между клетками гораздо больше сходства, чем различий.

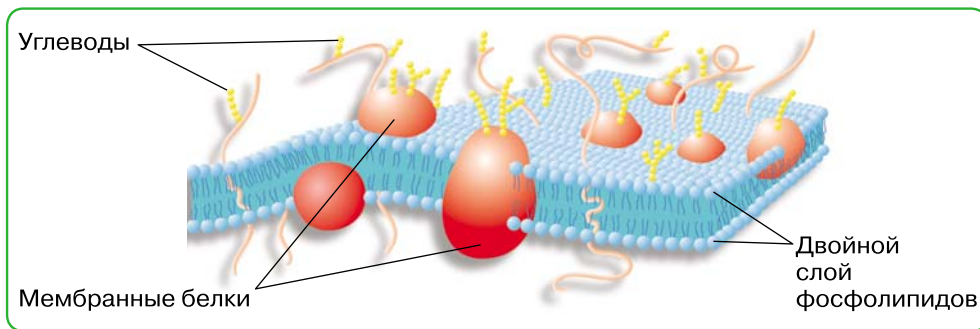


Рис. 27. Клеточная мембрана

Клеточная (цитоплазматическая) мембрана. Любая клетка покрыта клеточной (цитоплазматической) мембраной, имеющей толщину около 7—10 нм. Основой этой мембраны является двойной слой фосфолипидов, в котором молекулы обращены гидрофильными головками наружу, а гидрофобными хвостами внутрь, т. е. друг к другу (рис. 27).

В этот двойной слой липидов погружены многочисленные молекулы белков, выполняющие самые разнообразные функции. Одни из этих белков являются рецепторами, с помощью которых клетка получает различную информацию из внешнего мира и может реагировать на эти сигналы, изменяя свою активность. Другие белки являются ферментами, участвующими в регуляции происходящих в клетке процессов. Некоторые белки пронизывают двойной липидный слой насквозь, формируя каналы, по которым в клетку или из клетки проходят небольшие частицы (катионы, вода).

Для каждого класса веществ в мембране существуют свои строго избирательные каналы. Крупные частицы не могут пройти через поры (каналы) мембраны и поглощаются клеткой путём *пино-* или *фагоцитоза* (рис. 28). При пиноцитозе захватываются капельки жидкости, а при фагоцитозе — твёрдые частицы. Оба эти процесса носят название **эндоцитоз**. Если же клетке необходимо избавиться от ненужных продуктов обмена, то делает она это при помощи процесса, который называется **экзоцитоз**. Путём экзоцитоза выбрасываются вещества, вырабатываемые самой клеткой. Например, так выбрасываются в кровь гормоны, упакованные в мембранные пузырьки.

Клеточное ядро. Ядро — важнейший органоид клеток эукариот (рис. 29). Оно управляет всеми реакциями, протекающими в клетке, сохраняет большую часть наследственной информации. Более 90 % ДНК находится в ядре, и только небольшая часть присутствует в митохондриях и пластидах, определяя строение и работу этих органоидов.

Ядро обычно имеет шарообразную или слегка вытянутую форму и отделено от цитоплазмы оболочкой, построенной из двух мембран. Внутренняя мембрана — гладкая, а наружная имеет многочисленные складки и соединяется с каналами эндоплазматической сети (ЭПС). Толщина каждой мембраны 7—10 нм, толщина межмембранного пространства 15—60 нм. Через имеющиеся в оболочке ядра поры происходит непрерывный обмен различными веществами между содержимым ядра — **кариоплазмой** и цитоплазмой клетки.

В животной клетке ядро обычно расположено в её центре, а в растительной — сдвинуто к одному из полюсов клетки. В подавляющем большинстве клеток по од-

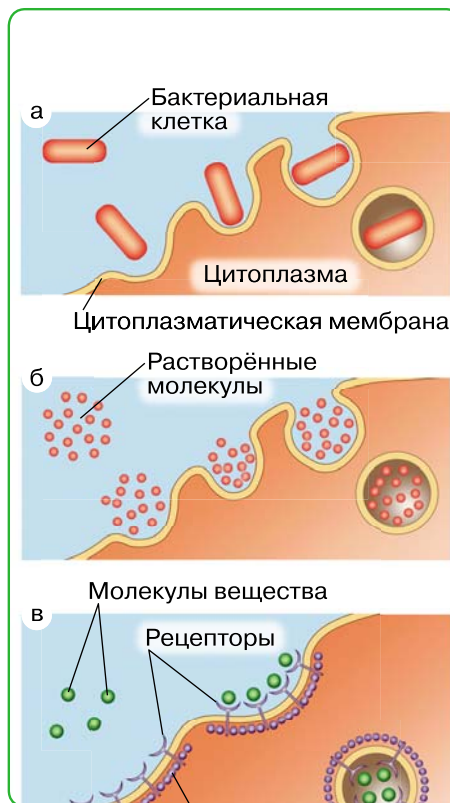


Рис. 28. Процессы: а — фагоцитоз; б — пиноцитоз; в — перенос молекул вещества при помощи рецепторов (клатрин — один из важнейших белков, участвующих в образовании пиноцитозной вакуоли)

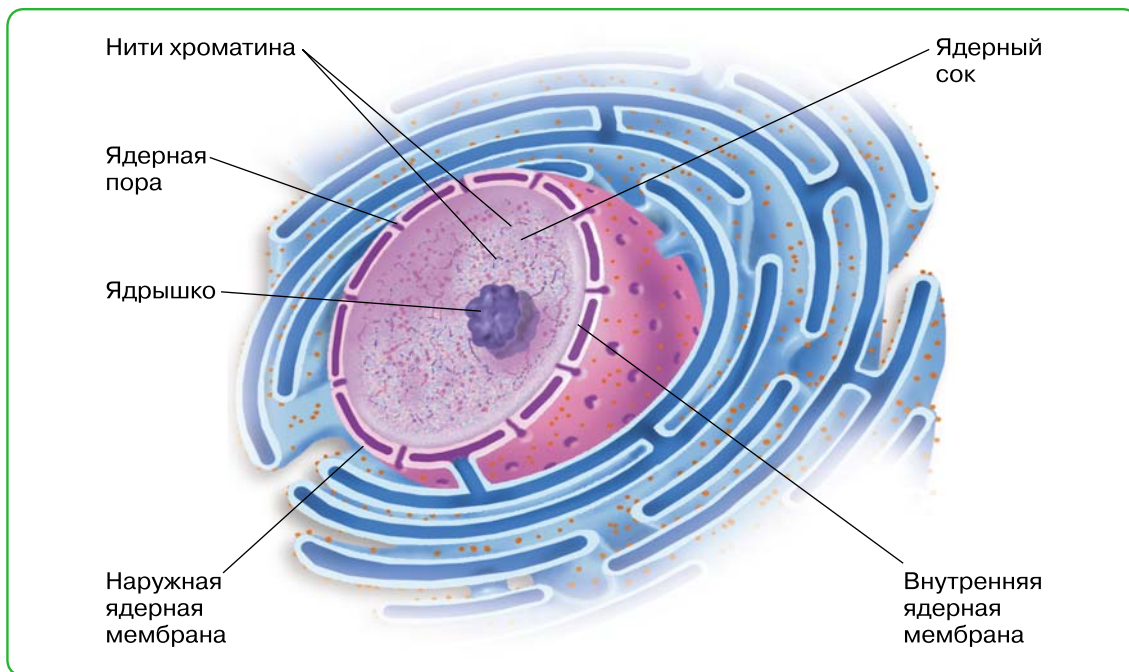


Рис. 29. Строение ядра

ному ядру, и диаметр его может колебаться от нескольких микрон до 100 мкм. Существуют многоядерные клетки, чаще всего представляющие собой слияние многих одноядерных клеток. Например, многоядерными являются клетки поперечнополосатых мышц и некоторых грибов. Эритроциты человека, напротив, в процессе своего развития теряют своё единственное ядро. Видимо, так в них умещается больше гемоглобина, переносящего кислород.

В кариоплазме находится хроматин и ядрышки. **Хроматин** — это комплекс из ДНК и белков. В промежутках между делениями нити хроматина плохо различимы в световой микроскоп, но с началом деления из хроматина образуются плотные тельца — **хромосомы** (рис. 30). Длинные молекулы ДНК скручиваются, а белки же необходимы для правильной укладки ДНК в хромосоме.

Каждая хромосома представляет собой одну молекулу ДНК. Под микроскопом хромосомы выглядят как палочковидные образования, состоящие из двух плеч, разделённых перетяжкой — **центромерой**. Так как в результате деления каждая из двух дочерних клеток должна получить двойной ($2n$) набор хромосом, характерный для клеток данного вида существ, то перед делением

каждая молекула ДНК удваивается, и в результате каждая хромосома состоит из двух одинаковых **хроматид**, соединённых в области центромеры. Надо помнить, что хромосомы можно видеть только в короткий период деления. Между делениями, т. е. в интерфазе, нити хроматина раскручены, так как только в таком виде с участков ДНК можно снять копии в виде иРНК, что необходимо для дальнейшего синтеза белковых молекул.

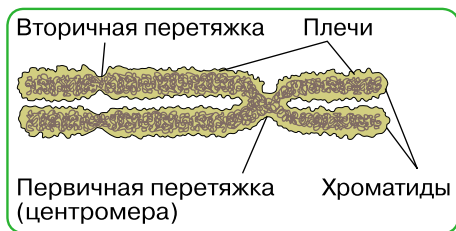


Рис. 30. Строение хромосомы

На отдельных участках ДНК происходит синтез рибосомальной РНК (рРНК). Эти участки ДНК формируют так называемые **ядрышки**. В них-то и образуются субъединицы рибосом, которые затем выходят через ядерную оболочку в цитоплазму, где образуются целые рибосомы, необходимые для синтеза белков. В одном ядре можно наблюдать до семи ядрышек.

Набор хромосом, содержащихся в ядрах клеток каких-либо живых существ, называется **кариотип**. Кариотип уникален для каждого вида, так как число и строение хромосом у живых существ различно.

Клетки, входящие в состав любого многоклеточного организма (исключая некоторые водоросли, а также гаметофиты мхов и папоротников), кроме половых клеток, содержат двойной, или **диплоидный**, набор хромосом: по одному от матери и от отца. Парные, т. е. одинаковые, хромосомы получили название **гомологичных**. Но две хромосомы представляют исключение, и их называют половыми хромосомами, так как одна из них (X) достаётся от матери, а вторая из пары X (у самок) или Y (у самцов) — от отца.

Генóm — это набор всех генов, содержащихся в одинарном наборе хромосом данного организма. Все особи данного вида имеют одинаковый генóm. Создана и успешно работает международная программа «Генóm человека». Её задача — организация работ по определению полной нуклеотидной последовательности всех ДНК человека. В результате люди будут лучше разбираться в строении и предназначении того или иного участка ДНК, что поможет победить те болезни, которые запрограммированы генетически.

Каждая клетка представляет собой сложнейшее образование, в котором одновременно протекают сотни и тысячи биохимических реакций (питание, дыхание, размножение и др.), при помощи которых клетка обеспечивает свои жизненные потребности. Кроме того, каждая клетка выполняет какие-либо функции для целого организма: клетки листа синтезируют сахара, мышечные клетки обеспечивают движение, стрекательные клетки гидры парализуют жертву, клетки желёз выделяют гормоны и т. д. Все эти разнообразные процессы происходят в цитоплазме клетки и её органоидах.

Цитоплазма клетки представляет собой всё содержимое клетки, заключённой между ядром и клеточной мембраной. Основа цитоплазмы — бесцветный густой коллоидный раствор, называемый **гиалоплазмой**. Основа гиалоплазмы — вода (до 90 %). Кроме того, в ней много белков и других органических соединений. В гиалоплазме расположены различные органоиды и элементы цитоскелета.

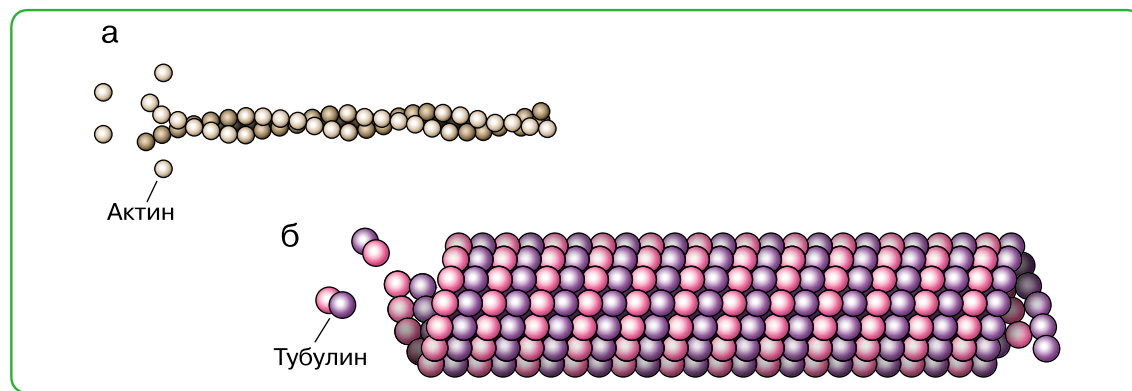


Рис. 31. Элементы цитоскелета: а — микрофиламент; б — микротрубочка

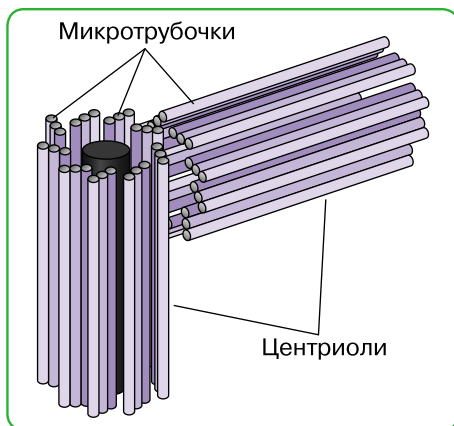


Рис. 32. Клеточный центр

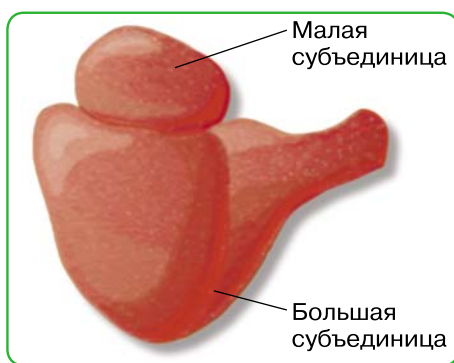


Рис. 33. Строение рибосомы

и ресничек — базальных телец. В период деления клетки центриоли расходятся к полюсам клетки, формируя нити веретена деления. В клетках высших растений и некоторых грибов клеточный центр имеет другое строение, и центриолей в этих клетках нет.

Рибосомы — небольшие органоиды, не имеющие мембран, необходимые для синтеза белков (*трансляции*). Они состоят из двух субъединиц — большой и малой (рис. 33), которые формируются в области ядрышка. Образованы рибосомы комплексами из рРНК и белков. В цитоплазму рибосомы выходят через ядерные поры.

Рибосомы могут находиться в цитоплазме в свободном состоянии, но большая их часть размещается группами на мембранах эндоплазматической сети (ЭПС), где и происходит основной синтез белков.

У всех эукариот в цитоплазме присутствует **цитоскелет** — особая опорная система, построенная из белков (рис. 31). Цитоскелет состоит из **микротрубочек** и **микрофиламентов**. Микротрубочки представляют собой полые цилиндрики диаметром 3—20 нм, стенки которых образованы глобулами белков. В сборке микротрубочек участвует **клеточный центр**. Микротрубочки прочны и упруги и располагаются в цитоплазме так, чтобы поддерживать постоянный объём и форму клетки. Кроме механической функции, микротрубочки выполняют транспортную функцию и могут обеспечить перемещение органоидов. Микрофиламенты — двойные нити, сплетённые из белка *актина*, диаметром 5—7 нм, пронизывающие цитоплазму. Микрофиламенты принимают активное участие в движениях клетки, например образование выростов цитоплазмы — ложноножек у амёб.

Клеточный центр (центросома). Этот органоид (рис. 32), образованный двумя перпендикулярно расположенными цилиндрами (центриолями), находится в цитоплазме вблизи ядра и имеет длину около 500 нм. Стенка центриоли образована девятью триплетами микротрубочек. Диаметр центриоли 150—250 нм. В единое целое триплеты центриоли соединяются белковыми связками.

Клеточный центр необходим для сборки элементов цитоскелета. Кроме того, центриоли участвуют в образовании основы жгутиков



Ключевые слова: клеточная (цитоплазматическая) мембрана, эндоцитоз, экзоцитоз, ядро, кариоплазма, хроматин, хромосомы, центромера, хроматиды, ядрышки, кариотип, геном, цитоплазма, гиалоплазма, цитоскелет, микротрубочки, микрофиламенты, клеточный центр (центросома), рибосомы.

ВЫВОДЫ

Между любыми клетками больше сходства, чем различий. Все клетки покрыты клеточной мембраной, имеют определённый набор органоидов, выполняющих различные функции. Большинство клеток имеют ядро, управляющее всеми реакциями в клетке. Внутреннее содержимое клетки — полужидкая среда, называемая цитоплазмой. Цитоплазма клетки пронизана системой микротрубочек — цитоскелетом. Клеточный центр участвует в создании веретена деления. Рибосомы — органоиды, необходимые для синтеза белка (трансляции).

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Каково строение клеточной мембраны и какие функции она выполняет?
2. В каких частях клетки находится ДНК?
3. Сколько молекул ДНК содержит одна хромосома?
4. Что такое геном?
5. Какие функции выполняет цитоскелет?

Выполни задания

1. Опишите строение и функции цитоплазмы.
2. Назовите функции рибосом.
3. Подготовьте сообщение на тему «Открытие генома человека».

Обсуди с товарищами

1. Почему хромосомы не всегда хорошо видны в световой микроскоп?
2. Каково значение изучения генома человека?

Выскажи мнение

Клеточный центр участвует в сборке элементов цитоскелета.

РАБОТА С ТЕКСТОМ

Разбейте раздел параграфа «Клеточное ядро» на смысловые части и озаглавьте их.

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Заполните таблицу «Органоиды клетки».

Название органоида	Особенности строения	Значение

Для любознательных

Это интересно

- Без мембран не может быть клеток, а без клеток нет жизни. Одна из гипотез появления мембран такова. Оказывается, на границе «океан — атмосфера» постоянно формируются микроскопические долгоживущие аэрозольные частицы размером

с клетку. С другой стороны, известно, что здесь же концентрируются вещества (например фосфолипиды), содержащие гидрофильные и гидрофобные группировки. Такие вещества называют амфифильными. Они способны окутывать сплошной оболочкой поверхность аэрозольных капель, которые отрываются потоком воздуха, и могут годами находиться в атмосфере. Но рано или поздно они опускаются на поверхность планеты и если попадают на океанскую гладь, то способны быстро захватывать второй слой амфифильных веществ и оказываются окружены уже двойным слоем фосфолипидов, т. е. двойной мембраной. Эту гипотезу высказал в 1963 г. английский учёный Бэн Голдэйкр, но подтвердить её фактами тогда было невозможно, и о ней забыли.

- Обнаружен третий вид элементов цитоскелета (помимо микротрубочек и микрофиламентов), их называют промежуточными филаментами. Их диаметр 10 нм, и образованы они белками, характерными для отдельных тканей: в эпителии это, например, кератины. А всего таких белков более 30. Эти филаменты создают в клетках сложную трёхмерную сеть, и особенно их много в клетках, подверженных повышенным механическим нагрузкам.

§ 9. СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ. ЭНДОПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ СЕТЬ. КОМПЛЕКС ГОЛЬДЖИ. ЛИЗОСОМЫ. ВАКУОЛИ. КЛЕТОЧНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ. МИТОХОНДРИИ. ПЛАСТИДЫ. ОРГАНОИДЫ ДВИЖЕНИЯ

- Какие органоиды клеток вам известны?
- Как функционируют митохондрии?

Эндоплазматическая сеть (ЭПС) — это система трубочек и полостей, образованных биологическими мембранами и пронизывающих всю цитоплазму клетки (рис. 34). ЭПС имеет ещё одно название — *эндоплазматический ретикулум*. Трубочки ЭПС переходят одна в другую, нигде не прерываясь и не открываясь в цитоплазму, занимая по объёму почти половину клетки. Под электронным микроскопом хорошо видно, что одни участки ЭПС выглядят как гладкие трубочки (*гладкая ЭПС*), а другие покрыты огромным количеством рибосом (*шероховатая ЭПС*). На гладкой ЭПС происходит синтез липидов и углеводов, а рибосомы шероховатой ЭПС участвуют в сборке первичной структуры полипептидных цепочек аминокислот, т. е. в синтезе белков. Особенно хорошо шероховатая ЭПС развита в клетках желёз внутренней секреции, которые синтезируют белковые гормоны для нужд всего организма. По трубочкам ЭПС синтезированные вещества транспортируются, например, в комплекс Гольджи.

Комплекс Гольджи, или аппарат Гольджи (КГ, АГ) — система плоских мембранных полостей, цистерн и пузырьков, расположенная обычно около клеточного ядра. В КГ накапливаются и, если надо, претерпевают дальнейшие изменения

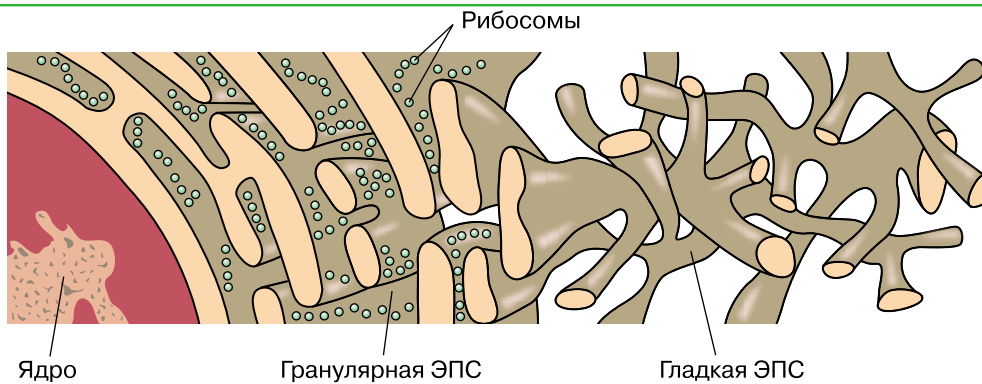


Рис. 34. Схема строения эндоплазматической сети

вещества, вырабатываемые клеткой (рис. 35). Тут же вещества, предназначенные для удаления из клетки (например, гормоны), упаковываются в мембранные пузырьки. Кроме того, в КГ происходит сборка мембран из компонентов, поступающих из ЭПС. Эти восстановленные участки затем транспортируются в те места, где мембрана, например, повреждена и нуждается в ремонте.

Лизосомы — пузырьки различных размеров, содержащие большой набор пищеварительных ферментов. Формируются лизосомы в КГ (см. рис. 35). Их функция — расщепление поступающих в клетку питательных веществ или пришедших в негодность клеточных структур и удаление непереваренных остатков из клетки. Ферменты лизосом синтезируются на шероховатой ЭПС, а затем поступают в КГ,

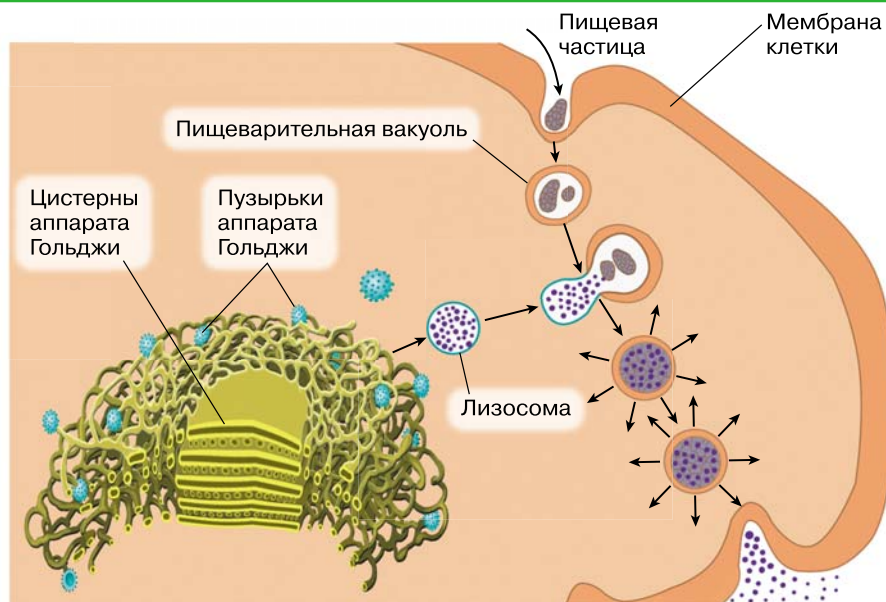


Рис. 35. Схема переваривания пищевой частицы при участии лизосомы

где активизируются и упаковываются в пузырьки из мембран. Такие пузырьки называются первичными лизосомами. Они могут сливаться с фагоцитарными или пиноцитарными вакуолями, содержащими питательные вещества, и образовывать таким образом пищеварительные вакуоли или вторичные лизосомы. Продукты пищеварения поступают из вакуолей в цитоплазму, а непереваренный материал лизосомы выводят при помощи экзоцитоза через клеточную мембрану во внешнюю среду.

Первичные лизосомы участвуют также в разрушении фрагментов повреждённой кости в процессе её восстановления. Кроме того, они могут уничтожать отработавшие свой срок органоиды. Например, среднее время жизни митохондрий в клетках печени — около 10 дней. Затем мембраны ЭПС смыкаются вокруг старой митохондрии и образуют *аутофагосому*, которая, сливаясь с первичной лизосомой, получает набор ферментов, уничтожающий отработавший органоид. Этот процесс называется *аутофагией*. Иногда он затрагивает целые клетки — например, лизосомы у головастика участвуют в аутофагии клеток хвоста при метаморфозе головастика в лягушку.

Вакуоли — полости в цитоплазме, ограниченные мембраной и заполненные жидкостью. В растительной клетке вакуолей мало, но зато они очень крупные и занимают большую часть объёма клетки. В растительной клетке именно вакуоль регулирует водно-солевой обмен и определяет *тургорное* (внутриклеточное) давление. Вакуоли являются производными ЭПС. В вакуолях растительных клеток могут храниться запасные питательные вещества.

В цитоплазме простейших находятся сократительные вакуоли, предназначенные для удаления излишков жидкости и продуктов обмена. В клетках других животных обычно не бывает крупных вакуолей.

Клеточные включения — это непостоянные компоненты клетки. Чаще всего это запасы питательных веществ: зёрна гликогена или крахмала, капли масла, вакуоли с клеточным соком, кристаллы солей. Все они, за исключением вакуолей, не отделены от цитоплазмы мембранами.

Разные виды клеток сильно различаются по характеру и количеству включений. В клетках клубней картофеля и семян злаков обычно преобладает крахмал, а в клетках семян масличных культур — липиды. Клетки соединительной ткани животных богаты жирами, в клетках печени, поперечно-полосатых мышц и нейронов много гликогена, а в клетках печени и цитоплазмы яйцеклеток накапливаются белки.

Митохондрии. Любая клетка нуждается в энергии. В клетках эукариот энергия главным образом вырабатывается в особых органоидах — митохондриях (рис. 36). Митохондрии могут иметь различную форму — округлую, палочковидную, вы-

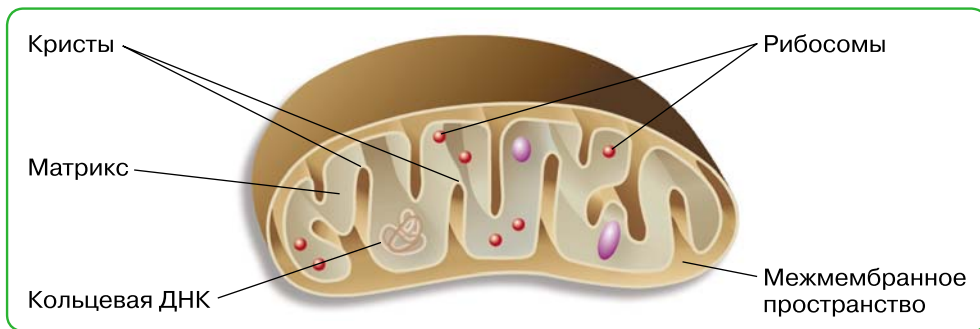


Рис. 36. Схема строения митохондрии

тянутую, но вне зависимости от формы все митохондрии имеют две мембраны. Наружная мембрана — гладкая, а внутренняя образует многочисленные складки — **кристы** (см. рис. 36). Толщина митохондрий равняется 0,5 мкм, а вот длина колеблется и может достигать 60 мкм.

Именно на мембранах крист располагаются ферменты окислительного фосфорилирования, в результате которого синтезируются большие количества АТФ. Митохондрий больше в тех клетках, которые нуждаются в больших затратах энергии. Например, очень много этих органоидов в клетках летательных мышц у птиц и летучих мышей. У человека много митохондрий в мышечных клетках. Мало того, в интенсивно работающих клетках митохондрии имеют больше крист.

Внутри клеток митохондрии могут перемещаться к тем местам, где нужна энергия. Например, в мышечных клетках они располагаются возле мышечных волокон. В сперматозоидах митохондрии собираются у основания жгутика.

Во внутреннем содержимом митохондрий — *матриксе* — находится кольцевая молекула ДНК, рибосомы, молекулы РНК и богатый набор ферментов. Таким образом, митохондрии способны самостоятельно синтезировать белки и размножаться путём продольного деления. Действительно, перед делением клеток число митохондрий в них заметно увеличивается. Если же клетка малоактивна, число митохондрий в ней снижается.

Пластиды — органоиды растительной клетки. Так же как и митохондрии, содержат собственную кольцевую молекулу ДНК, рибосомы и РНК, способны к размножению. Существует три основных типа пластид: *хлоропласты*, *хромoplastы*, *лейкопласты*.

Хлоропласты содержат зелёный пигмент *хлорофилл* и являются органоидами *фотосинтеза*. В зелёных клетках листа насчитывается несколько десятков хлоропластов. Они имеют форму двояковыпуклой линзы, и их размер — около 5—10 мкм. Как и митохондрии, хлоропласты двумембранные органоиды (рис. 37). Внутреннее содержимое хлоропластов — **строма**. В строме находятся плоские мембранные диски — **тилакоиды**, расположенные стопками. Стопки тилакоидов называются **гранами**. Число гран в хлоропласте достигает 50. На мембранах тилакоидов располагаются пигменты фотосинтеза. Хлоропласты обеспечивают процесс фотосинтеза, в результате которого клетка и растение получают органические вещества из CO_2 и H_2O за счёт энергии солнечного света.

Хромoplastы — пластиды, окрашенные в красный, оранжевый и жёлтый цвета. В фотосинтезе они не участвуют, но окрашивают венчик цветка в яркие цвета для привлечения опылителей. Могут образовываться из хлоропластов, которые теряют хлорофилл и крахмал (осенние листья).

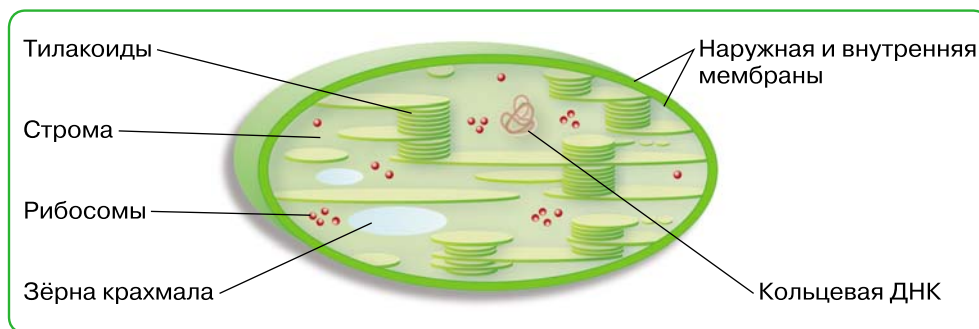


Рис. 37. Схема строения хлоропласта

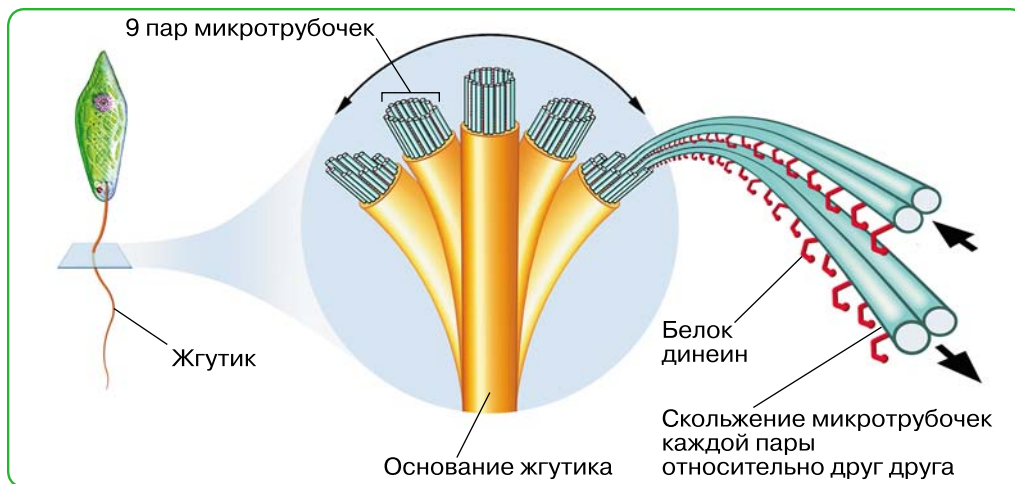


Рис. 38. Органоид движения

Лейкопласты — бесцветные пластиды. Пигментов они не содержат и приспособлены для хранения запасных питательных веществ, например в клубнях картофеля. Под влиянием света лейкопласты могут превращаться в хлоропласты.

Органоиды движения. Многие клетки имеют специальные органоиды для движения: **жгутики** (рис. 38) и **реснички**. Жгутики, например, имеются у сперматозоидов, простейших, водорослей и т. д. Жгутик у эукариот имеет длину около 100—200 мкм, по его периферии расположены 9 пар микротрубочек и ещё одна пара в центре. Пары микротрубочек связаны специальными белками, которые, затрачивая энергию АТФ, меняют свою пространственную конфигурацию, что и приводит к движению весь жгутик.

По тому же принципу движутся реснички. Они отличаются от жгутика меньшей длиной (10—15 мкм). На одной клетке, например инфузории-туфельки, может быть более 15 тыс. ресничек, причём они двигаются упорядоченно.



Ключевые слова: эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы, вакуоли, клеточные включения, митохондрии, кристы, пластиды (хлоропласты, хромопласты, лейкопласты), строма, тилакоиды, граны, органоиды движения (жгутики, реснички).

ВЫВОДЫ

Эндоплазматическая сеть (ЭПС) — система каналов, пронизывающих цитоплазму. С помощью ЭПС происходит синтез веществ и их транспорт в клетке. В системе цистерн — аппарате Гольджи (АГ) — происходит хранение и модификация веществ, а также упаковка этих веществ. Вакуоли — полости в клетке, ограниченные мембранами. Митохондрии — двумембранные органоиды, служащие для выработки и запасаания АТФ. Пластиды — двумембранные органоиды, в которых происходят реакции фотосинтеза. Жгутики и реснички выполняют функцию органоидов движения.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Какие функции выполняет эндоплазматическая сеть?
2. Какие органоиды клетки участвуют в аутофагии хвоста головастика?
3. Какую функцию выполняют митохондрии?
4. Какие бывают пластиды?
5. Какие органоиды являются специальными органоидами?

Выполни задания

1. Опишите возможные способы движения у простейших.
2. Приведите примеры, доказывающие, что строение органоидов зависит от выполняемых функций.

Обсуди с товарищами

Обсудите правомерность существования гипотезы о происхождении митохондрий и пластид от древних бактерий — внутриклеточных паразитов.

Выскажи мнение

Наличие пластид характерно только для растений.

РАБОТА С ТЕКСТОМ

Подготовьте ответ на вопрос: какова роль вакуолей в растительных и животных клетках?

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Продолжите заполнять таблицу «Органоиды клетки» на стр. 47.

Проводим исследование

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. Изучение движения цитоплазмы

Цель: изучить процесс движения цитоплазмы в клетках листа элодеи.

Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стёкла, пинцет, препаровальная игла, ветка растения элодеи, спирт, стакан с водой.

Ход работы

1. Подготовьте препарат листа элодеи.
2. Рассмотрите препарат под микроскопом. Найдите в клетках хлоропласты. Отметьте их перемещение.
3. Сделайте рисунок, отметьте на нём направление движения хлоропластов.
4. В стакан с водой добавьте несколько капель спирта и на 10—15 мин поместите в него растение, затем приготовьте из этого растения новый препарат листа элодеи.
5. Рассмотрите препарат под большим увеличением микроскопа. Обратите внимание на интенсивность перемещения хлоропластов (струйное движение цитоплазмы).
6. Сделайте вывод.

Для любознательных

Это интересно

- Сходство митохондрий и пластид очевидно. Ещё в 1894 г. первооткрыватель митохондрий Альтман выдвинул гипотезу о том, что эти органоиды являются потомками древних бактерий — внутриклеточных паразитов, которые со временем превратились в симбионтов эукариотических клеток. Будущие митохондрии утратили часть своих генов и стали во многом зависеть от клетки-хозяина, но за это они внесли неоценимый вклад во внутриклеточный метаболизм хозяина, обеспечивая его энергетический обмен на высочайшем уровне.

Сейчас эта гипотеза подтверждается всё большим числом фактов. Оказалось, что размеры и форма митохондрий такие же, как у свободноживущих аэробных бактерий, а рРНК и тРНК митохондрий хотя и отличаются от эукариотических, но схожи с РНК некоторых бактерий. Да и генетический аппарат митохондрий очень похож на генетический аппарат бактерий.

- Нужно заметить, что, независимо от Альтмана, гипотезу о происхождении митохондрий в клетках сформулировали русские биологи Константин Сергеевич Мережковский и Андрей Сергеевич Фаминцын. Однако их идеи опередили время и не получили развития. В клетках простейших наблюдается лишь одна, зато очень большая разветвлённая митохондрия. Например, такие митохондрии обнаружили у паразитических простейших трипаносом.

- В клетках животных митохондрий больше, чем в клетках растений и грибов. Так, в клетках печени человека — около 2 тыс. митохондрий, а в клетках дрожжей — около 20. Но больше всего митохондрий в созревающих яйцеклетках (сотни тысяч). А вот у малоподвижных паразитов, живущих в бескислородной среде, митохондрии совсем не обнаружены.

§ 10. СРАВНЕНИЕ СТРОЕНИЯ И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ КЛЕТОК ПРОКАРИОТ И ЭУКАРИОТ

- Каковы основные положения клеточной теории?
- В чём основные отличия прокариотической клетки от эукариотической?

Несомненно, первыми обитателями Земли были прокариоты, т. е. доядерные организмы, к которым относятся бактерии и сине-зелёные водоросли (цианобактерии) (рис. 39).

Клетки прокариот (рис. 40) значительно меньше, чем эукариотические, и редко бывают более 10 мкм, хотя описаны и исключения. Например, гигантская бактерия *Thiomargarita namibiensis* видна невооружённым глазом, так как её размер может достигать 1 мм.

У прокариот нет оформленного ядра, а их генетический аппарат представлен **нуклеоидом** — кольцевой молекулой ДНК, расположенной непосредственно в цитоплазме. Кроме того, в клетках прокариот имеются **плазмиды** — небольшие кольцевые участки ДНК. Эти плазмиды в геноме не входят, и их число может различаться.

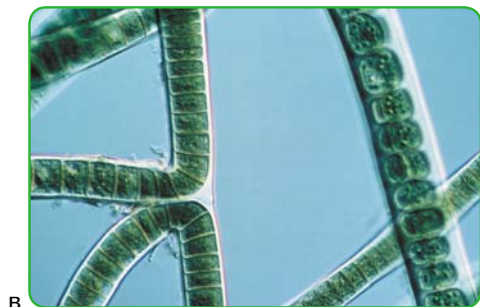


Рис. 39. Прокариоты: бактерии (а, б); цианобактерии (в)

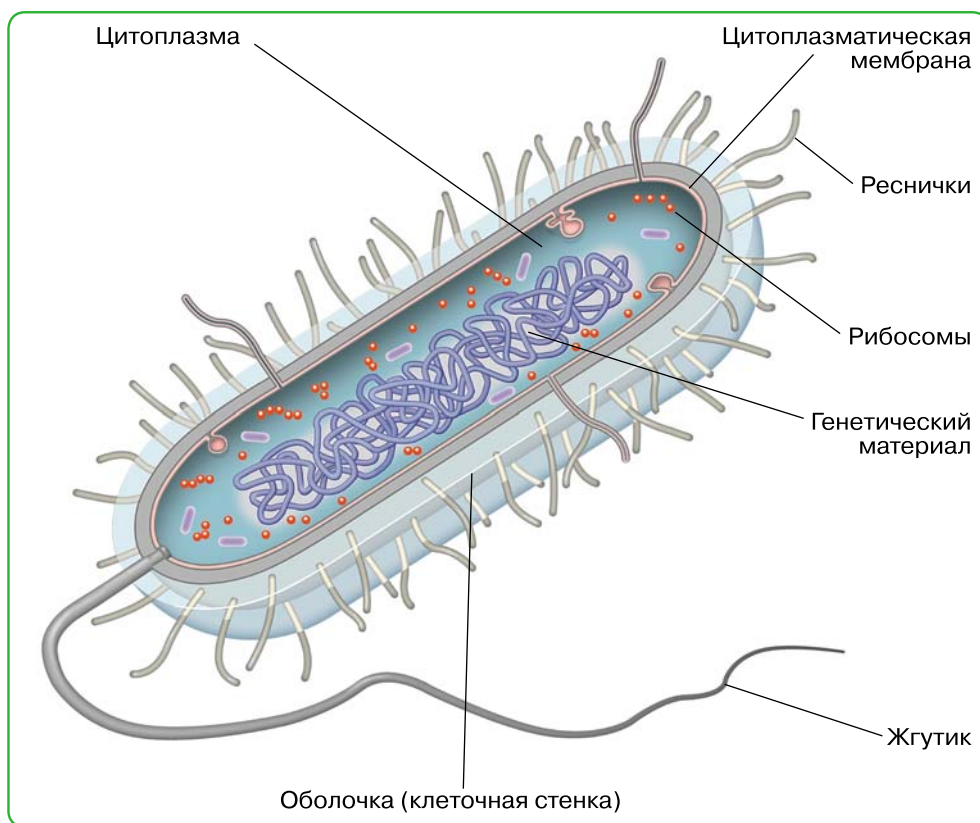


Рис. 40. Схема строения бактериальной клетки

Отличительные признаки прокариот и эукариот

Признак	Прокариоты	Эукариоты
Организмы	Бактерии и цианобактерии	Растения. Грибы. Животные
Размер клетки	Диаметр 0,5—7,0 мкм	Диаметр до 50 мкм
Клеточный состав	Чаще одноклеточные	Одноклеточные, колониальные, чаще многоклеточные
Клеточная стенка	Есть. Образована пектином и муреином, у цианобактерий — целлюлозой	Есть у растений, образована целлюлозой, у грибов — хитином. У животных отсутствует
Капсула или слизистый слой	Имеется у некоторых бактерий	Нет
Наличие ядра	Нет. ДНК находится в цитоплазме	Есть. Имеет оболочку из двух мембран, содержит ядрышки
Генетический материал	Кольцевая молекула ДНК, нуклеоид	Линейная двуцепочечная молекула ДНК. Образуют хромосомы
Организация генома	Генов не более 2000, представлены в одной копии	От 5 до 200 тыс. генов. Многие гены в нескольких копиях
Наличие плазмид	Есть	В ядре и цитоплазме нет. Могут быть в митохондриях и пластидах
Наличие ядрышек	Нет	Есть
Цитоскелет	Нет	Есть
Мембранные органоиды	Нет	Есть
Рибосомы	Есть	Есть
Цитоплазма	Есть	Есть
Способ попадания веществ в клетку	Транспорт веществ через клеточную мембрану	Эндоцитоз (пиноцитоз и фагоцитоз)
Пищеварительные вакуоли	Нет	Есть
Деление	Поперечное бинарное деление	Митоз, мейоз
Гаметы	Нет	Есть
Жгутики	Не содержат микротрубочек, состоят из микровибрилл. Диаметр 20 нм	Состоят из микротрубочек. Диаметр 200 нм

Прокариотическая клетка поверх мембраны защищена **клеточной стенкой** из сложных углеводов — пектина и муреина. В цитоплазме прокариот присутствует множество мелких рибосом, а поскольку мембранных органоидов у них нет, обменные реакции происходят за счёт ферментов, располагающихся на мезосомах. Цитоскелет у прокариот отсутствует. Жгутики прокариот значительно отличаются по строению от жгутиков эукариотических клеток. Многие прокариоты являются анаэробами, и кислород для них губителен. Но зато некоторые бактерии усваивают азот из воздуха, чего эукариоты делать не могут. У аэробных бактерий дыхательные ферменты располагаются на клеточной мембране. Подавляющее большинство эукариот — аэробы и постоянно нуждаются в кислороде для дыхания.

При неблагоприятных условиях (засуха, холод и т. п.) многие бактерии образуют **споры**. При этом вокруг нуклеоида образуется особо плотная оболочка, а остальное содержимое клетки отмирает. Споры могут десятилетиями находиться в неактивном состоянии, но при попадании в нормальные для жизнедеятельности условия из споры прорастает активная бактерия. Этот факт порождает проблемы. Около ста лет тому назад в России свирепствовали такие опасные заболевания скота и лошадей, как сибирская язва и сеп. Погибших животных закапывали в огромные скотомогильники, расположение которых давным-давно позабыто. Существует опасность, что при случайном вскрытии такого скотомогильника споры возбудителей могут активизироваться.

Размножение прокариот. Размножение у прокариот чаще бесполое: сначала удваивается бактериальная хромосома, а затем происходит поперечное деление клетки. В идеальных условиях бактерии делятся очень часто (до трёх раз в час), но такие условия в природе встречаются редко.

Половое размножение у прокариот — процесс редкий, и правильнее называть его *половым процессом*, так как при этом происходит лишь обмен генетическим материалом, а количество особей не увеличивается. Существует несколько способов полового процесса. У бактерий, например, через передачу плазмиды из клетки в клетку. Другой вариант полового процесса — перенос участка ДНК одной бактерии в другую вирусом-бактериофагом, заражающим эту бактерию. Половой процесс даёт возможность прокариотам передавать друг другу новые ценные свойства, позволяющие им выживать в новых условиях. Например, многие болезнетворные бактерии в настоящее время получили устойчивость к большинству антибиотиков.

Главные различия между клетками прокариот и эукариот приведены в таблице 3.

Ключевые слова: нуклеоид, плазида, клеточная стенка, спора.



ВЫВОДЫ

Древнейшие организмы на Земле, по-видимому, не имели оформленного ядра, т. е. были прокариотами, напоминающими современные бактерии. Клетки прокариот имеют целый ряд особенностей.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. В чём принципиальное различие в строении прокариотической и эукариотической клетки?
2. Каково строение бактериальной клетки?
3. Как устроено ядро эукариотической клетки?
4. Что такое споры бактерий?
5. Как размножаются прокариоты?

Выполни задание

Опишите процесс спорообразования у бактерий.

Обсуди с товарищами

В чём заключается роль прокариот в биоценозах?

Выскажи мнение

В основе деления живых организмов на прокариоты и эукариоты лежат особенности размножения в их клетках генетического материала.

РАБОТА С ТЕКСТОМ

Изучите таблицу 3, выделите пять ключевых, на ваш взгляд, отличий. Аргументируйте свой выбор.

§ 11. СРАВНЕНИЕ СТРОЕНИЯ И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ КЛЕТОК РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

- Что такое пластиды и каковы их функции?
- Что послужило причиной возникновения различий в строении клеток животных и растений?

Жизнь возникла на Земле несколько миллиардов лет тому назад. У учёных существует несколько мнений на этот счёт, но скорее всего, это произошло около 4 млрд лет тому назад. По современным данным, у всех живых существ был единый предок. Об этом говорит сходство химического состава живых организмов, клеточное строение, сходство многих клеточных структур, единый источник энергии в клетке, единые принципы кодирования наследственной информации, сходные процессы деления клеток и т. д. Но, зародившись, живые существа пошли различными эволюционными путями, и сейчас на Земле сосуществуют представители нескольких царств, и преобладают среди них представители растений и животных.

На заре эволюции предки растений пошли по пути **автотрофного** типа питания, т. е., получая энергию солнечного света извне, способны синтезировать в своих клетках сложные органические соединения, и прежде всего сахара из неорганиче-

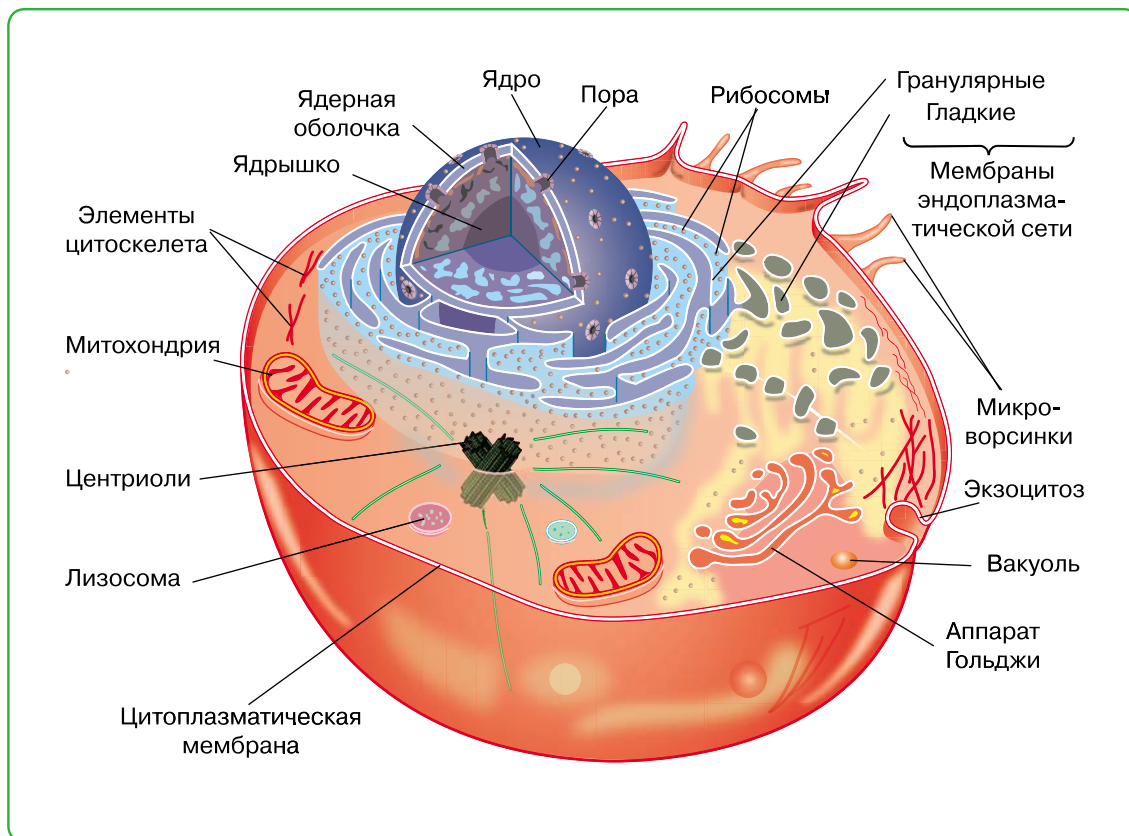


Рис. 41. Модель эукариотической (животной) клетки

ских молекул CO_2 и H_2O . А вот предки животных были **гетеротрофами**. Источником веществ для синтеза необходимых им для жизни соединений и структур служит готовая органика. Эти же вещества служат для животных и источником энергии.

Это принципиальное различие в способе питания, по-видимому, привело к значительным несоответствиям в строении клеток животных (рис. 41) и растений (рис. 42).

Важнейшим отличием растительных клеток является наличие пластид — специализированных органоидов фотосинтеза (табл. 4).

Клетки растений окружены плотной клеточной стенкой, которая откладывается на первичную оболочку клетки, после того как клетка перестаёт расти. Клеточная стенка построена из целлюлозы и ряда других веществ.

Особыми структурами растительных клеток являются **плазмодесмы** — цитоплазматические тяжи, соединяющие содержимое соседних клеток (см. рис. 42). Плазмодесмы связывают эндоплазматические сети различных клеток, проходя через каналы, образующиеся в клеточной стенке во время деления. По плазмодесмам происходит обмен веществами между клетками.

В растительных клетках обязательно имеется крупная вакуоль, заполненная клеточным соком. Из-за наличия у растительных клеток плотной клеточной стенки именно вакуоль регулирует **тургорное** (внутриклеточное) давление, контролируя водный обмен. Кроме того, в вакуолях накапливаются запасные питательные вещества, а иногда и вредные продукты обмена.



Рис. 42. Модель растительной клетки

Таблица 4

Сравнение клеток растений и животных

Признаки	Клетки растений	Клетки животных
Способ питания	Автотрофы	Гетеротрофы
Клеточная стенка	Есть	Нет
Пластиды	Хлоропласты, хромопласты, лейкопласты	Нет
Вакуоли	Немногочисленные крупные полости, заполненные клеточным соком. Содержат запас питательных веществ. Обеспечивают тургорное давление	Многочисленные мелкие пищеварительные, у некоторых — сократительные. Строение не такое, как у вакуолей растений
Синтез АТФ	В пластидах и митохондриях	В митохондриях
Запасной углевод	Крахмал	Гликоген
Способ хранения питательных веществ	Чаще располагаются в клеточном соке вакуоли	Расположены в цитоплазме в виде клеточных включений
Деление клетки	Образуется перегородка между дочерними клетками	Образуется перетяжка между дочерними клетками

Ключевые слова: автотрофы, гетеротрофы, плазмодесмы, тургорное давление.



ВЫВОДЫ

По типу питания растения — автотрофы, а животные — гетеротрофы. Эти различия в способе питания лежат в основе многих других структурно-функциональных различий между растительными и животными клетками.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Как устроена эукариотическая клетка?
2. Чем отличается автотрофный тип питания от гетеротрофного?
3. Чем растительная клетка отличается от животной?
4. Каковы функции плазмодесмы?

Выполни задания

1. Опишите роль вакуоли в растительной клетке.
2. Перечислите условия, необходимые для осуществления фотосинтеза.

Обсуди с товарищами

1. Можно ли утверждать, что все эукариоты имели общих предков?
2. Причиной различия в строении клеток растений и животных послужило различие в способе питания.

Выскажи мнение

Первые организмы на Земле были гетеротрофами.

ПРОВОДИМ ИССЛЕДОВАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. Сравнение строения клеток растений, животных, грибов

Цель: на живом примере рассмотреть черты сходства и отличительные особенности в строении различных клеток.

Материалы и оборудование: микроскоп, готовые микропрепараты, поперечный срез листа, животная ткань, культура дрожжей.

Ход работы

1. Рассмотрите по очереди предложенные для исследования микропрепараты. Зарисуйте и подпишите названия препарата и его органоидов.
2. Выявите черты сходства и различия в строении изучаемых клеток.
3. Результаты наблюдений запишите в таблицу.

Название препарата	Черты сходства	Черты различия	Рисунок

4. Сделайте вывод о сходстве и различии клеток разных организмов.

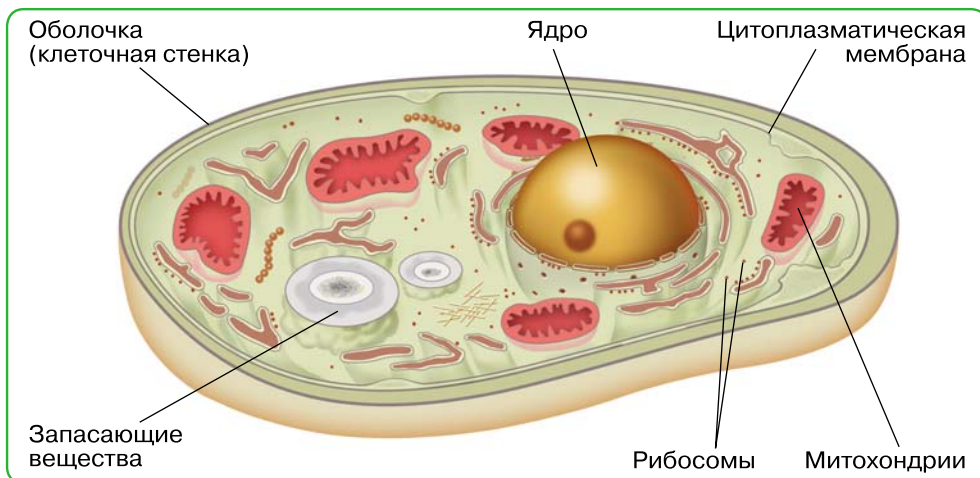


Рис. 43. Схема строения клетки гриба

Для любознательных

Это интересно

- Зелёные жгутиконосцы — одноклеточные существа. Об их невероятной древности говорит тот факт, что они имеют в своём ядре одинарный набор хромосом ($1n$). Кроме того, они питаются автотрофно, так как их клетка содержит несколько хлоропластов. Но при плохом освещении они теряют зелёную окраску, у них образуется клеточный рот, и они превращаются в хищников. Получается, что эти существа сочетают в себе свойства и растений и животных.
- Грибы, которых насчитывают около 100 тыс. видов, выделяют в отдельное царство. Схема строения клетки гриба показана на рисунке 43. Грибы, как животные, гетеротрофы. Они не имеют пластид, а их запасным питательным веществом является гликоген. Но, с другой стороны, грибы, как растения, неподвижны, растут всю жизнь, у них есть клеточная стенка, они могут размножаться спорами.

§ 12. ВИРУСЫ — НЕКЛЕТОЧНАЯ ФОРМА ЖИЗНИ. ПРОФИЛАКТИКА ВИРУСНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

- Назовите ряд свойств, характерных для живой системы?
- Каково происхождение вирусов?

Как уже говорилось ранее, на Земле обитают клеточные формы жизни. Однако на рубеже XIX и XX вв. были открыты **вирусы**, которые не имеют клеточного строения. Размер вирусов — от 10 до 400 нм, т. е. они представляют собой наночастицы. В полном смысле к живым организмам вирусы отнести нельзя, так как они не обладают всеми признаками живого и живут только внутри клетки-хозяина, являясь внутриклеточными паразитами.

Открыты вирусы российским исследователем Дмитрием Иосифовичем Ивановским (рис. 44) при изучении мозаичной болезни табака. Он заметил, что возбудители этой болезни проходят через самые мелкие фильтры, которые задерживают даже мельчайшие бактерии, и назвал эти болезнетворные частицы фильтрующимися вирусами или просто вирусами. Произошло это в 1892 г., и до 30-х гг. XX в. вирусы принимали за очень мелкие бактерии.

В настоящее время описано более 5 тыс. разновидностей вирусов (рис. 45), но вирусологи полагают, что на самом деле их во много раз больше.

Основные свойства вирусов:

1. Вирусы не имеют клеточного строения.
2. Вирусы — внутриклеточные паразиты.
3. Вирусы специфично поражают клетки животных, растений, грибов; многие вирусы вызывают заболевания.

4. У вирусов нет собственного аппарата обмена веществ, и они могут существовать и размножаться только внутри клеток каких-либо организмов.

5. Вирусы обладают наследственностью. Носителями наследственной информации у вирусов служат ДНК и РНК.

6. Вирусы обладают изменчивостью.

Строение вирусов. Вирусы имеют общий план строения (рис. 46) и представляют собой молекулу ДНК или РНК, защищённую белковой оболочкой, которая называется **капсидом**. Внутри капсида, кроме нуклеиновой кислоты, находятся ферменты, обеспечивающие жизненные процессы вируса. Капсид образован из повторяющихся белковых субъединиц, чаще расположенных симметрично. Некоторые вирусы, покидая хозяйскую клетку, могут использовать часть мембраны этой клетки для создания себе дополнительной оболочки (вирусы гриппа, герпеса). У многих вирусов, например у **бактериофагов** — вирусов, поражающих бактериальные клетки, имеются специальные приспособления для введения своего генетического материала в клетку (рис. 47).

Размножение вирусов. Вирусы проникают в клетки различным путём. Например, у бактериофагов ДНК вводится в хозяйскую клетку наподобие шприца, вирусы животных способны сливаться с мембраной клетки, после чего нуклеиновая кислота проникает внутрь.

Попав внутрь клетки, вирус так или иначе перестраивает работу генетического аппарата клетки таким образом, чтобы клетка за счёт своих материальных и энергетических ресурсов начала производить

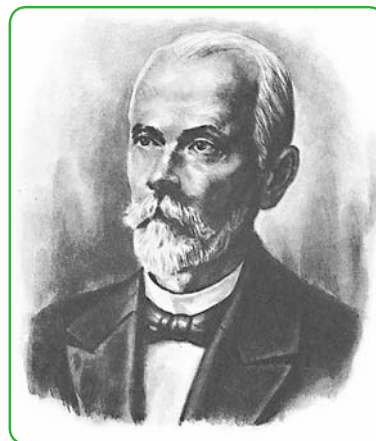


Рис. 44. Д. И. Ивановский

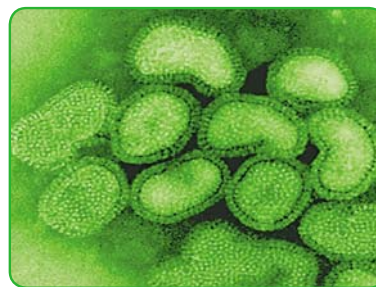
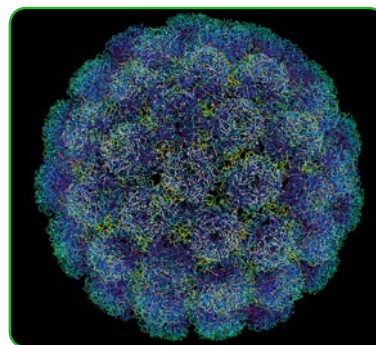


Рис. 45. Многообразие вирусов

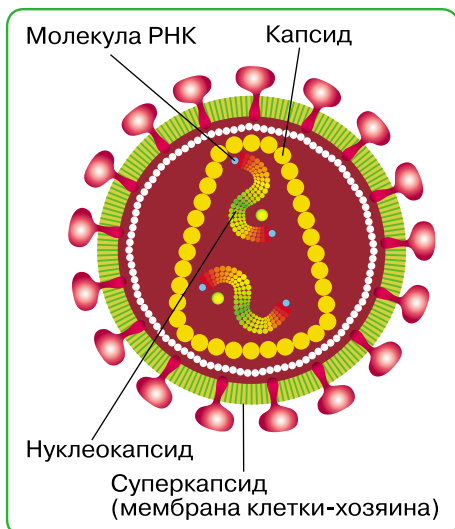


Рис. 46. Строение вируса гриппа

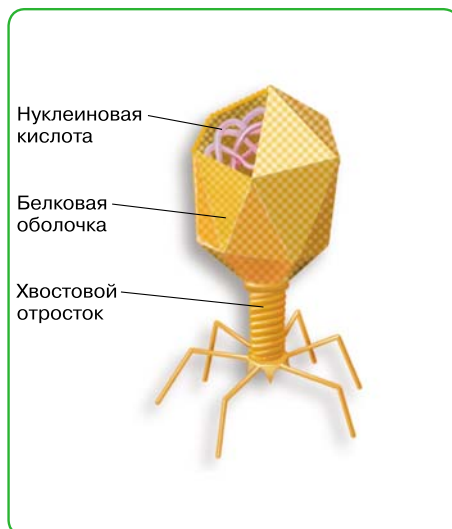


Рис. 47. Строение бактериофага

большее количество новых вирусных частиц (рис. 48). Реплицируется вирусная нуклеиновая кислота, синтезируются белки капсида, происходит сборка новых вирусов. Очень часто поражённая клетка погибает, и из неё выходит огромное количество вирусных частиц. Так действуют очень многие вирусы. Но по большому счёту, вирусу выгодно, чтобы клетка-хозяин жила как можно дольше.

Иногда заражённые вирусом клетки включают механизм запрограммированной смерти (апоптоз) и погибают, чтобы не дать вирусу возможность заражать

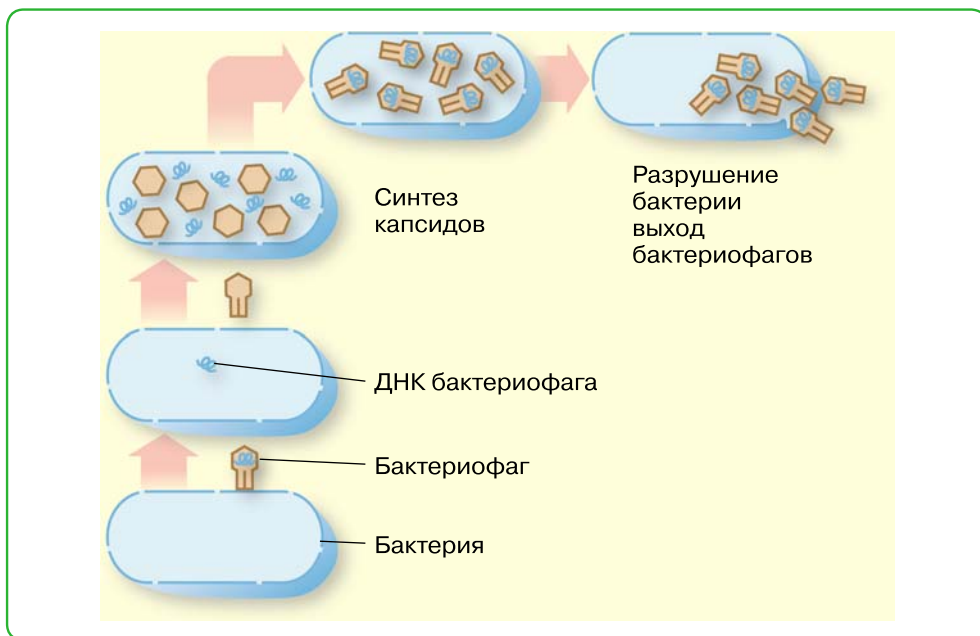


Рис. 48. Жизненный цикл бактериофага

новые клетки организма. Очень часто клетки иммунной системы организма опознают поражённые вирусом клетки и быстро уничтожают их. Но в любом случае в результате атаки вирусов погибает много клеток, что не может не вредить организму.

Известен целый ряд болезней растений, вызываемых вирусами. Это болезни многих культурных и диких растений. Таких вирусов выявлено около 500. Ещё больше известно вирусов, поражающих животных и людей.

Существуют вирусы, которые паразитируют на клетках определённого типа. К примеру, вирусы, поражающие растения, для животных не опасны. Вирус гепатита паразитирует только в клетках печени и т. д.

Каково же происхождение вирусов? Полагают, что вирусы возникли на Земле более 3 млрд лет тому назад, когда уже сформировались основные царства прокариот и эукариот. Видимо, в клетках отделилась часть генома, которая «научилась» удваиваться внутри клетки и приобрела собственную белковую оболочку. Вполне вероятно, что вирусы могут образовываться и в настоящее время. По одной из гипотез вирус иммунодефицита человека (рис. 49) появился где-то в начале XX в.

Вирусы и человек. Человечество несёт очень большие потери из-за вирусов, которые поражают сельскохозяйственных животных и растения. Но гораздо страшнее то, что множество вирусов поражает организм людей, а вирусные эпидемии неоднократно приводили к чудовищным жертвам. Трудно сказать, сколько жизней жителей Европы унесла в Средние века оспа. А эпидемия гриппа, охватившая множество стран в 1918—1920 гг., привела к гибели более 20 млн человек, т. е. больше, чем в Первую мировую войну. Этот грипп был назван «испанка», современные его разновидности также очень опасны.

В таблице 5 приведены сведения о наиболее распространённых вирусных инфекциях человека.

Вирусные инфекции опасны ещё и тем, что некоторые вирусы способствуют злокачественному перерождению клеток, например, так поступает вирус гепатита В.

Большое внимание учёных и врачей привлекает вирус иммунодефицита человека (ВИЧ), относящийся к РНК-ретровирусам (см. рис. 49). Считается, что это молодой вирус, возникший в результате мутации из вируса иммунодефицита мартишек. Диаметр ВИЧ — около 100 нм, капсид содержит две молекулы РНК. Он специфически связывается со многими клетками человека, в основном поражая иммунную систему, причём инфицирование происходит очень быстро — через минуты после попадания вируса во внутреннюю среду человека.

Основные пути заражения ВИЧ:

- 1) половые контакты с инфицированным;
- 2) через нестерильные иглы при введении лекарств или наркотиков после инфицированного;
- 3) переливание крови от инфицированного;
- 4) передача ребёнку через молоко матери или эмбриону через плаценту;
- 5) при попадании крови инфицированного на ранку.

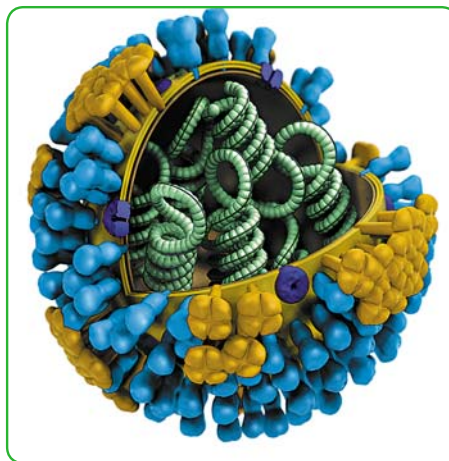


Рис. 49. Схема строения вируса иммунодефицита

Таблица 5

Наиболее распространённые и опасные вирусные болезни человека

Болезнь	Год открытия	Генетический материал вируса	Способ передачи	Наличие эффективной вакцины
Бешенство	1903	РНК	Через укусы и слюну больных животных	Есть
Натуральная оспа	1892	ДНК	Контакт с заболевшим человеком	Есть
Полиомиелит	1909	РНК	Через воду и загрязнённые продукты, через плаценту	Есть
Жёлтая лихорадка	1901	РНК	Через укусы обезьян, комаров	Есть
Герпес	1911	ДНК	Контакт с заболевшим человеком, воздушно-капельным путём	Нет
Клещевой энцефалит	1937	РНК	Через укусы клеща	Есть
Геморрагическая лихорадка Эбола	1967	РНК	Через грызунов-носителей, контакт с инфицированным человеком	Есть
Грипп	1935	РНК	Воздушно-капельным путём	Нет
Гепатит А	1973	РНК	Через загрязнённую воду и продукты (болезнь грязных рук)	Есть
Гепатит В	1970	ДНК	Через контакт с инфицированным человеком (через кровь, половым путём)	Есть
Гепатит С	1989	РНК	Через кровь, хирургические инструменты, половым путём	Нет
Корь	1935	РНК	Воздушно-капельным путём	Есть
Свинка (паротит)	1934	РНК	Воздушно-капельным путём	Есть
ВИЧ-инфекция (HIV, II)	1983	РНК	Половым путём, при переливании инфицированной крови, при использовании нестерильных медицинских инструментов	Нет

Период до появления симптомов заболевания — от 6 недель до многих лет, но всё это время инфицированный человек, сам того не зная, заразен. Когда болезнь переходит в активную стадию, происходит массовая наработка вирусных частиц и гибель клеток, главным образом Т-лимфоцитов. Иммунитет значительно снижается, и человека поражают многочисленные заболевания: туберкулёз, пневмония, опухоли, различные инфекции. После развития болезни за два года 90 % больных погибает. Вакцин или надёжных лекарств для борьбы с ВИЧ пока не разработано, но развитие болезни научились несколько сдерживать.

Что же делать, чтобы не заразиться ВИЧ?

- 1) Отказаться от употребления наркотиков.
- 2) Отказаться от случайных половых связей.
- 3) Использовать только одноразовые стерильные медицинские инструменты.

Как же защищаться от вирусных инфекций? Самое надёжное мероприятие — **вакцинация**, тем более что для большинства вирусных инфекций вакцины уже разработаны.

Впервые вакцинацию применил английский врач Эдвард Дженнер. В 1796 г. он привил мальчику вирус коровьей оспы, который вызывает у человека лёгкое недомогание. Через месяц Дженнер ввёл этому мальчику содержимое оспенных пузырьков от человека, больного натуральной оспой, и мальчик не заболел.

Огромный вклад в разработку методов вакцинации внёс великий французский учёный, химик по образованию, Луи Пастер, создавший вакцины против бешенства, холеры, сибирской язвы. При вакцинации человеку вводят ослабленные или убитые **антигены** (вирусы, бактерии), и организм вырабатывает **антитела**, связывающие эти антигены. Иммунная память способствует тому, чтобы при любом повторном заражении теми же антигенами В- и Т-лимфоциты очень быстро реагировали на это заражение, уничтожая чужеродные агенты.

Создание вакцины — дело очень дорогое и трудное, но предупреждение инфекций путём вакцинации спасло многие миллионы жизней, главным образом детские. Вакцинация позволила резко снизить заболеваемость коклюшем, столбняком, дифтерией, корью, оспой, свинкой, полиомиелитом, энцефалитом. Некоторые родители опасаются вакцинации и отказываются от неё. На самом деле при соблюдении всех правил введение качественной вакцины не может нанести вреда.

Ключевые слова: вирусы, капсид, бактериофаг, вакцинация, антигены, антитела.



ВЫВОДЫ

Вирусы — неклеточная форма жизни. Свойства живого вирусы проявляют только в клетке-хозяине. Вирусы — причина множества заболеваний человека, животных, растений.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Что такое вирус?
2. Каково строение вируса?

3. Как взаимодействуют вирус и клетка?
4. Каковы условия проявления вирусом свойств живого?

Выполни задания

1. Перечислите основные свойства вирусов.
2. Подготовьте презентацию на тему «Роль вирусов в природе и жизни человека».
3. Охарактеризуйте этапы жизненного цикла бактериофага.
4. Используя знания о распространении вирусных инфекций, предложите пути их профилактики.

Обсуди с товарищами

1. Верно ли утверждение: вирусы — неклеточная форма жизни.
2. Основные пути заражения ВИЧ.
3. Вакцинация — обязательное условие сохранения здоровья человека.

Выскажи мнение

Все вирусы — внутриклеточные паразиты.

Работа с моделями, схемами, таблицами

Используя текст параграфа, заполните таблицу.

Роль вирусов в природе и жизни человека	Примеры

Для любознательных

Это интересно

- Большая часть инфицированных ВИЧ, или больных СПИДом, проживают в Африке, южнее пустыни Сахары. В последние годы ВИЧ стал гораздо слабее, медленнее размножается и хуже сопротивляется лекарствам. Учёные полагают, что ВИЧ слабеет при передаче от человека человеку за счёт воздействия иммунной системы. Но пока он всё ещё остаётся смертельным, поскольку такие изменения происходят медленно. Существует около 200 типов вирусов, вызывающих простуду, и около 20 типов, вызывающих грипп.
- Считается, что 90 % жителей Земли — носители вируса герпеса. Люди познакомились с герпесом давно. Император Тиберий, правивший в Риме 2 тыс. лет назад, издал указ о запрещении поцелуев, для того чтобы остановить распространение «лихорадки», как и сейчас в быту называемой герпесом.
- До середины XX века о причинах простуды и насморка знали совсем немного. Поэтому в Англии провели большое исследование, участниками которого стали студенты. Их поселили в отдельные квартиры, платили им зарплату и не разрешали контактировать с посторонними лицами. Но они должны были целыми днями ходить в мокрых носках, а после горячего душа подолгу находиться в холодных помещениях. Результаты опыта показали, что само по себе охлаждение или прогулки с мокрыми ногами не вызывают ни насморка, ни простуды, ни гриппа. Для того чтобы заболеть, необходимо, чтобы в организм проникло достаточное количество болезнетворных агентов, чаще всего, вирусов. Хотя надо помнить, что переохлаждение понижает иммунитет, а чихающих и кашляющих людей в обычной жизни вокруг нас предостаточно. Кроме того, многие возбудители постоянно присутствуют в нашем организме и только ждут своего часа.

§ 13. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ В КЛЕТКЕ. ФЕРМЕНТЫ

- Что такое обмен веществ и как называются две составляющие его части?
- Что такое фермент и кофермент?

Одним из признаков живой системы является её постоянный обмен веществ и энергией с окружающей средой. Действительно, из окружающей среды организмы получают пищу для покрытия пластических и энергетических затрат, кислород для дыхания, воду, а растения — ещё и световую энергию для фотосинтеза. Во внешнюю среду выделяются избытки тепла, H_2O , CO_2 и другие продукты обмена. В результате сложнейших физиологических и химических реакций, которые прекрасно сбалансированы, в клетках сохраняются постоянные условия, которые идеально подходят для течения всех внутриклеточных процессов.

Человек может участвовать в походе по Антарктике или в экспедиции по Сахаре, и в первом случае температура воздуха будет $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, а во втором $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, но в клетках организма температура будет около $+37\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $pH = 4,2$. Относительное постоянство показателей внутренней среды биологических систем получило название **гомеостаз**. Все реакции в клетке и в целом организме направлены на поддержание гомеостаза. Для этого необходимо постоянно получать извне различные вещества. Из этих веществ в клетках синтезируются необходимые для жизнедеятельности соединения, на что тратится энергия. Совокупность всех протекающих в организме реакций биологического синтеза веществ, и их последующая сборка в более крупные структуры называется **ассимиляция**, или **анаболизм**, или же **пластический обмен**. Особенно интенсивно реакции ассимиляции происходят в молодом растущем организме, в котором клетки активно делятся. Пример ассимиляции — синтез белков или полисахаридов в клетке.

Но для реакций синтеза постоянно нужна энергия. Эту энергию клетки получают в процессе распада сложных органических молекул, чаще всего получаемых с пищей. Часть образующейся при этом энергии запасается в виде макроэргических связей АТФ, но значительная часть рассеивается в виде тепла. Весь набор реакций распада пищевых или запасных питательных веществ, в результате чего выделяется и запасается энергия, называется **диссимиляция**, **катаболизм** или **энергетический обмен**.

Ассимиляция и диссимиляция должны дополнять друг друга. Ведь если не будет веществ для распада в реакциях диссимиляции, клетка погибнет, но она погибнет и в том случае, если не будет хватать энергии для многочисленных реакций ассимиляции. Поэтому ассимиляция и диссимиляция в здоровой клетке сбалансированы и представляют собой две стороны единого процесса обмена веществ и энергии, или **метаболизма** (рис. 50). Если же диссимиляция преобладает над ассимиляцией или наоборот, то такая ситуация быстро приводит к какому-нибудь заболеванию и даже гибели клеток, а то и всего организма.

Различные организмы по-разному обеспечивают себя органическими веществами, которые абсолютно необходимы им для нужд пластического и энергетического обмена.

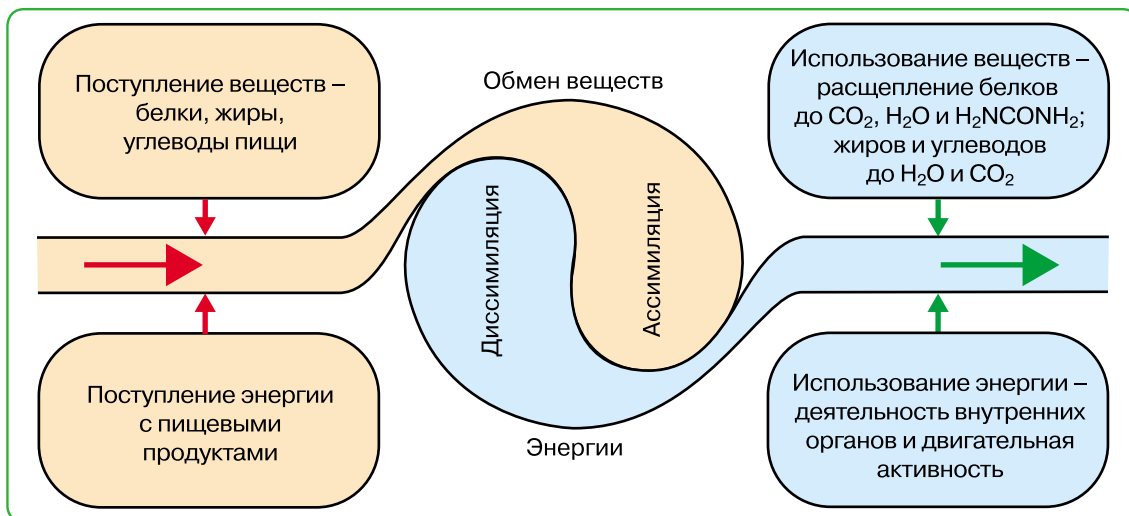


Рис. 50. Схема обмена веществ живых организмов

Видимо, ещё на заре существования жизни некоторые клетки получили возможность усваивать из окружающей среды простые неорганические вещества и энергию из неисчерпаемого источника — солнечного света. За счёт этой энергии такие клетки стали синтезировать из неорганических веществ различные органические соединения, прежде всего сахара, добывая себе таким образом пищу. Такой способ питания называли *автотрофным*. Другие клетки стали питаться теми органическими веществами, которыми тогда уже был богат океан. Такой способ питания называли *гетеротрофным*.

Ферменты. Реакции обмена веществ в клетках протекают при малых колебаниях физических и химических параметров, что обеспечивается гомеостазом. В таких условиях химические процессы протекают с небольшими скоростями. Но в живых клетках эти реакции происходят очень быстро. Дело в том, что в живых системах множество реакций происходят при участии ферментов — биологических катализаторов, способных ускорить ход какого-либо биохимического процесса в тысячи и даже миллионы раз (рис. 51). Например, при окислении различных соединений в клетках образуется ядовитая перекись водорода, от которой помогает избавиться фермент *каталаза*. Одна молекула этого фермента за 1 минуту расщепляет до 5 миллионов молекул пероксида водорода.

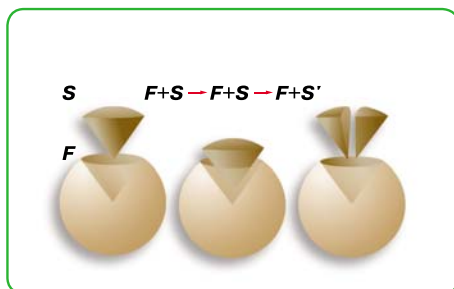


Рис. 51. Схема действия ферментов (S — субстрат; F — фермент)

Каталитические возможности ферментов (другое название — *энзимы*) обусловлены их способностью значительно снижать энергию активации тех соединений, которые вступают в реакцию. Они представляют собой белковые молекулы, в состав которых часто входит небелковая часть — **кофермент**, без которого фермент не может проявлять свою активность. Многие коферменты являются витаминами. Именно поэтому нехватка какого-либо витамина так плохо сказывается на здоровье.

В клетке часть ферментов находится в ядре и отвечает за процессы, связанные с синтезом ДНК (ДНК-полимеразы) и РНК (РНК-полимеразы). В митохондриях находится набор ферментов, ответственных за производство и накопление энергии, а в лизосомах — пищеварительные ферменты.

Ферменты отличаются высокой специфичностью, и каждый из них ускоряет течение какой-нибудь одной реакции, причём активно действуя при строго определённой температуре и кислотности.

Изменение активности фермента (как снижение, так и возрастание) приводит к заболеваниям или гибели клетки. Например, при нехватке у ребёнка фермента, превращающего сахар галактозу в глюкозу, развивается умственная отсталость. Определение активности многих ферментов используется для диагностики болезней.

Ферменты широко применяют в различных отраслях промышленности, особенно пищевой и фармацевтической.

Ключевые слова: гомеостаз, ассимиляция (анаболизм, пластический обмен), диссимиляция (катаболизм, энергетический обмен), метаболизм, ферменты, кофермент.



ВЫВОДЫ

Обмен веществ — это совокупность всех реакций, происходящих в клетке. Реакции обмена веществ направлены на поддержание постоянства внутренней среды организма — гомеостаза.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Что такое гомеостаз?
2. Что такое метаболизм? Какие процессы его составляют и в чём их сущность?
3. Каковы функции ферментов, какова их химическая природа?

Выполни задания

1. Охарактеризуйте явление гомеостаза и его роль для организма.
2. Перечислите специфические особенности ферментов.

Обсуди с товарищами

1. Как изменяется баланс ассимиляции и диссимиляции в процессе жизни человека?
2. Ферменты — это биологические катализаторы.

Выскажи мнение

Часть энергии образуется при распаде сложномолекулярных молекул, запасается в виде макроэргических связей АТФ.

§ 14. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН В КЛЕТКЕ

- Что такое АТФ?
- Какие этапы выделяют в энергетическом обмене?

Энергетический обмен — совокупность реакций распада органических веществ, в результате которых выделяется энергия, частично используемая клеткой на синтез АТФ — уникального источника энергии для всех живых систем.

АТФ синтезируется в результате реакций фосфорилирования, т. е. присоединения ещё одного (третьего) остатка фосфорной кислоты к молекуле АДФ — аденозиндифосфата.

Но откуда клетка берёт энергию для синтеза АТФ из АДФ, ведь для производства молекулы АТФ требуется от 40 до 60 кДж энергии? Оказывается, эта энергия выделяется при окислении органических веществ, чаще всего сахаров. В зависимости от вида клеток диссимиляция проходит в два или три этапа.

У аэробных организмов, которых на Земле гораздо больше, чем анаэробных, энергетический обмен проходит в три этапа: **подготовительный, бескислородный (гликолиз)** и этап **полного кислородного расщепления (клеточное дыхание)** (рис. 52).

Первый, подготовительный, этап у животных проходит в пищеварительном тракте или в цитоплазме клеток. На этом этапе биологические полимеры распадаются на составляющие их мономеры: белки — до аминокислот, липиды — до глицерина и жирных кислот, полисахариды — до простых сахаров, чаще всего до глюкозы. На этом этапе вся образующаяся энергия рассеивается в виде тепла.

На втором этапе происходит многоступенчатый распад тех соединений, которые образовались на первом этапе, причём эти процессы происходят без участия кислорода, что свидетельствует об их древности. Наиболее доступным и удобным

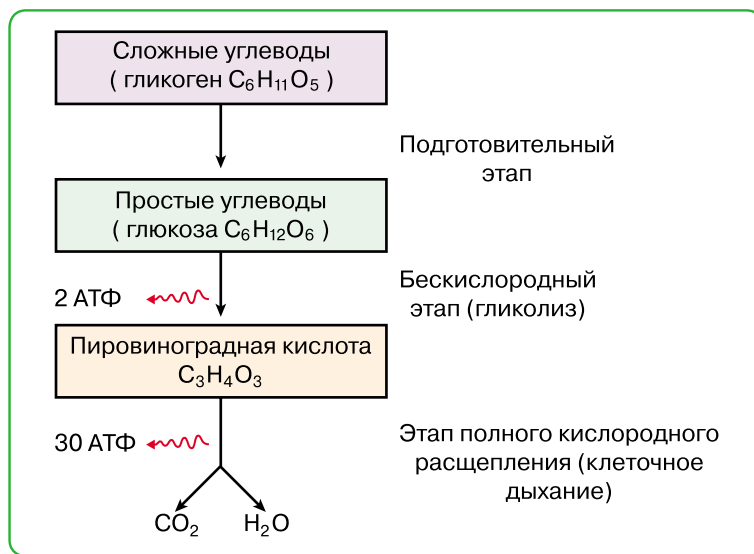
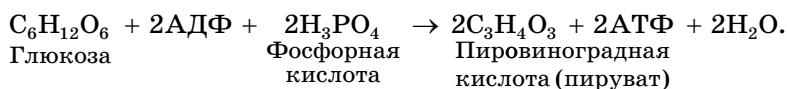


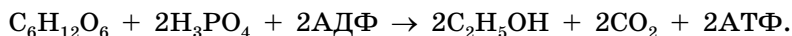
Рис. 52. Этапы энергетического обмена

источником энергии в клетках является продукт распада крахмала и гликогена — глюкоза. В большинстве клеток животных и грибов этот процесс ферментативного распада глюкозы носит название *гликолиз*. Суммарно реакции гликолиза можно представить в следующем виде:



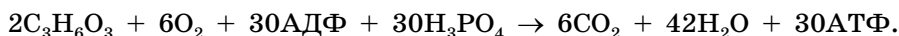
Происходит распад глюкозы с образованием двух молекул пировиноградной кислоты. Выделяемой и захваченной клеткой энергии достаточно для образования двух молекул АТФ из АДФ. Реакции гликолиза многостадийны, в них участвует много ферментов. КПД гликолиза — 40 %, а 60 % энергии рассеивается в виде тепла. Происходят реакции гликолиза в цитоплазме без участия мембранных органоидов.

В клетках растений и некоторых грибов бескислородное окисление глюкозы протекает по-другому и носит название **спиртовое брожение**. В этом случае пировиноградная кислота превращается в анаэробных условиях в этиловый спирт и углекислый газ:

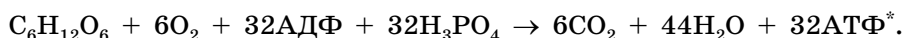


Энергетическая «прибыль» при спиртовом брожении также представляет 2АТФ.

У подавляющего большинства земных организмов вслед за бескислородным расщеплением глюкозы следует **этап расщепления — клеточное дыхание**. Клеточное дыхание представляет собой набор окислительных реакций, в результате которых вещества, образовавшиеся на втором этапе энергетического обмена, распадаются до CO_2 и H_2O . Процессы клеточного дыхания происходят в митохондриях. Как мы знаем, на втором этапе энергетического обмена из одной молекулы глюкозы могут образоваться две молекулы пировиноградной кислоты. При дальнейшем окислении их в митохондриях в присутствии O_2 запасается 30 молекул АТФ.



Весь процесс полного окисления глюкозы в целях получения энергии можно представить в виде следующего уравнения:



Таким образом, полное использование молекулы глюкозы для получения энергии даёт 32 молекулы АТФ. КПД у дыхания несколько выше, чем у гликолиза: 55 %. Это очень высокий КПД, и достичь его в технике вряд ли возможно.

Уже говорилось, что для получения и запасаания энергии клетки чаще всего используют сахара и липиды. Липиды, как правило, участвуют в энергетическом обмене при повышенных нагрузках, а аминокислоты нужны клетке для пластического обмена.

Ключевые слова: диссимиляция (подготовительный этап, бескислородный этап — гликолиз, этап полного кислородного расщепления — клеточное дыхание), спиртовое брожение.



* До недавнего времени считалось, что при полном окислении глюкозы образуется 38 молекул АТФ (и эта цифра встречается во многих учебниках). Но в результате последних исследований цифра была уточнена и оказалась меньше — 32 молекулы АТФ.

ВЫВОДЫ

Совокупность реакций распада органических соединений, в результате которых происходит выделение энергии, запасание и синтез АТФ, называется диссимиляцией или энергетическим обменом. Реакции энергетического обмена разделяются на три этапа: подготовительный, бескислородный (гликолиз), полного кислородного расщепления (клеточное дыхание).

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Какова сущность процесса диссимиляции?
2. Какова роль АТФ в обмене веществ в клетке?
3. Какие организмы относятся к аэробам?
4. В чём суть спиртового брожения?
5. В каких органоидах клетки происходит клеточное дыхание?

Выполни задания

1. Перечислите и охарактеризуйте этапы энергетического обмена у аэробных организмов.
2. Предложите свой вариант схематического изображения процесса диссимиляции.

Обсуди с товарищами

В чём сущность процесса клеточного дыхания?

Выскажи мнение

Клеточное дыхание представляет собой набор окислительных реакций, в результате которых образовавшиеся ранее вещества распадаются до CO_2 и H_2O .

Для любознательных

Это интересно

- Кажется, что организм тратит очень много энергии, но это не совсем так. Например, на то, чтобы пройти пешком 5 км, организм потратит столько энергии, сколько ему даст окисление 150 г глюкозы, т. е. покрыть эти затраты можно, съев всего одно крупное яблоко.
- Спиртовое брожение чаще всего встречается в клетках дрожжей. Дрожжи — аэробы, а спиртовое брожение лучше всего происходит в анаэробных условиях. На это обратил внимание Луи Пастер, научивший виноделов добавлять в молодое вино кислород для прекращения дальнейшего брожения при достижении нужной крепости.
- Спиртовое брожение не единственный вариант брожения. У различных групп бактерий встречается маслянокислое, муравьинокислое, пропионовокислое, молочнокислое брожение с образованием соответствующих кислот. Например, молочнокислые бактерии используются для изготовления силоса, квашеной капусты и многих молочных продуктов (сметана, йогурт, простокваша, творог, кумыс и др.). Большинство бактерий, осуществляющих брожение, являются анаэробами. Многие из них — возбудители опасных болезней человека (столбняк, газовая гангрена, ботулизм).

§ 15. ПЛАСТИЧЕСКИЙ ОБМЕН В КЛЕТКЕ. ФОТОСИНТЕЗ. ХЕМОСИНТЕЗ

- Что такое фотосинтез? Какова его биологическая роль?
- Какие фазы различают в процессе фотосинтеза?

Все происходящие в клетке реакции биосинтеза, в результате которых образуются присущие этой клетке вещества, объединяют понятием **пластический обмен**. К пластическому обмену относят процессы фотосинтеза, синтеза белков, нуклеиновых кислот, жиров и углеводов и т. д.

Фотосинтез — это самый сложный комплекс создания органических веществ из CO_2 и H_2O за счёт энергии солнечного света (рис. 53). Питание, происходящее посредством фотосинтеза, называют автотрофным. Кроме фотосинтетиков, к которым относятся зелёные растения и некоторые микроорганизмы, к автотрофному питанию способны ещё и *хемотробы*, или *хемосинтетики*. Хемотробы представлены несколькими группами бактерий, и необходимую для синтеза энергию они получают при окислении неорганических соединений.

Солнце является единственным неисчерпаемым источником энергии на нашей планете. Возникновение на заре существования жизни фотосинтеза, позволяющего преобразовывать солнечную энергию в потенциальную энергию химических связей сложных органических соединений, навсегда изменило облик Земли.

Фотосинтез происходит в две стадии, и обе они протекают в особых органоидах растительных клеток — хлоропластах (см. рис. 37).

Функциональной единицей хлоропластов являются тилакоиды — плоские мембранные структуры. В хлоропластах тилакоиды, уложенные в стопки, называются гранами. Граны похожи на столбики из монет, положенных одна на другую. Именно на мембранах тилакоидов расположены пигменты фотосинтеза (главным образом хлорофилл), а также молекулы переносчиков электронов — *цитохромов*. Хлорофилл обладает уникальной способностью улавливать кванты света (фотоны). Существует несколько разновидностей хлорофилла, улавливающего фотоны в разных частях светового диапазона.

Световая фаза фотосинтеза необходима для запасания энергии солнечного света в виде химических связей молекул АТФ, которая в темновую фазу тратится на синтез органических веществ из неорганических.

Световая фаза начинается с того, что один из квантов света захватывается молекулой хлорофилла, и эта молекула на очень короткое время возбуждается, в результате чего один из её электронов получает избыток энергии. Этот электрон перемещается по цепи переносчиков и отдаёт избыток энергии на синтез двух молекул АТФ из АДФ. Этот процесс очень эффективен, и в хлоропластах образуется гораздо больше АТФ, чем в митохондриях растительной клетки.

Но часть возбуждённых электронов идёт по другому пути: они захватываются ионами H^+ , которые постоянно образуются при диссоциации воды ($\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$). Ион водорода, таким образом, получает от электрона его избыток энергии и захватывается специальными молекулами-переносчиками. Образовавшиеся в результате распада молекулы воды ионы OH^- взаимодействуют между собой: $4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$. Освободившиеся при этом лишние электроны переносятся к молекулам хлорофилла. Процесс разложения воды за счёт энергии солнечного

го света получил название **фотолиз**. Именно при фотолизе выделяется в качестве побочного продукта тот кислород, которым дышит большинство живых существ на Земле. На этом световая фаза фотосинтеза заканчивается, и в результате в хлоропласте накапливаются богатые энергией соединения.

Темновая фаза фотосинтеза. Реакции темновой фазы протекают в строме хлоропластов, причём от освещённости они не зависят. В строму из пластидов поступают богатые энергией вещества, в частности АТФ, а также CO_2 , который попадает в клетки листьев через устьица. В результате многоступенчатой реакции CO_2 в темновую фазу восстанавливается до глюкозы, затрачивая при этом энергию, запасённую в световую фазу. Таким образом, суммарное уравнение фотосинтеза выглядит следующим образом:

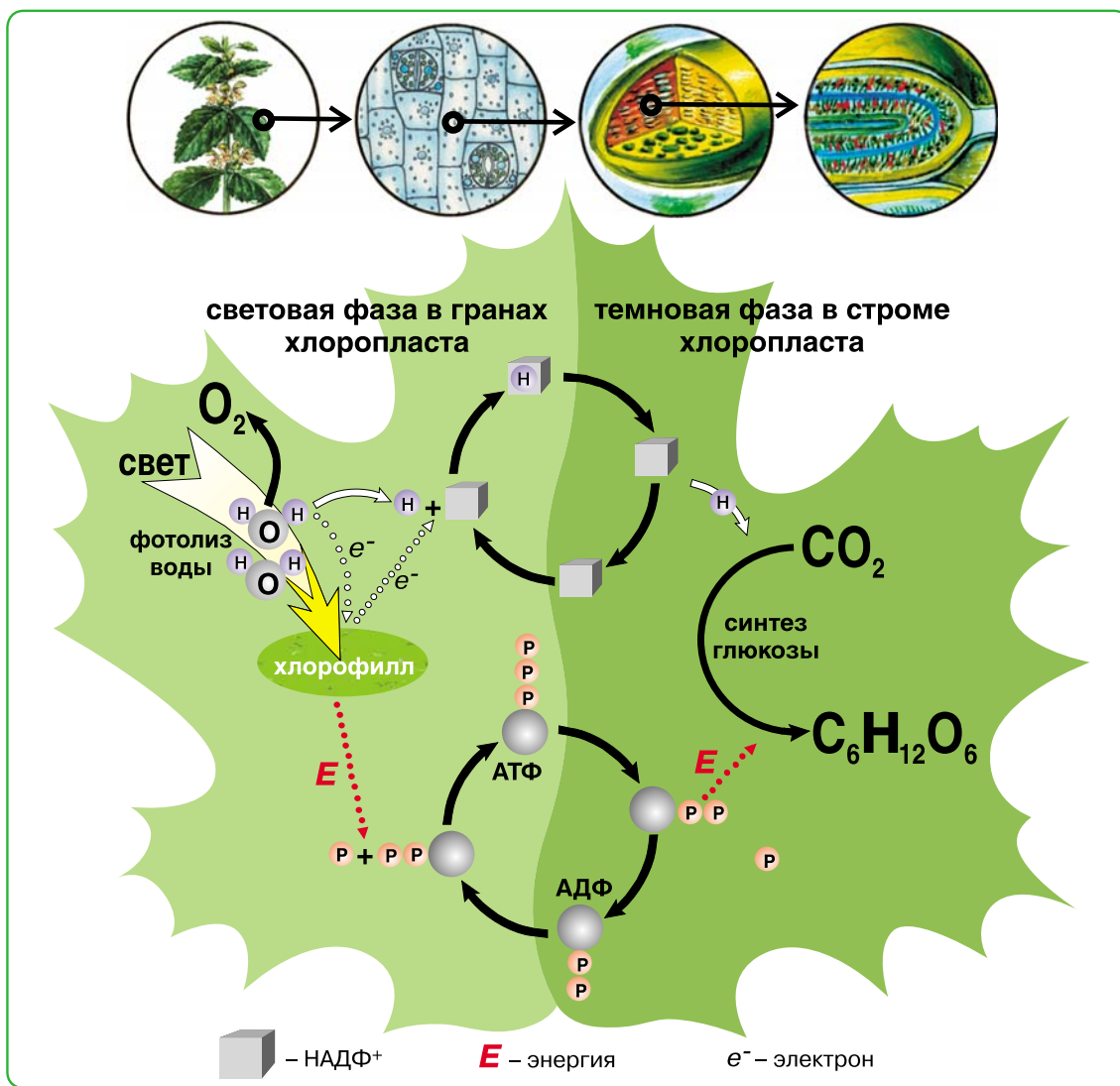
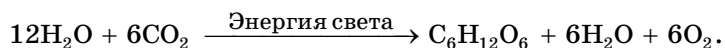


Рис. 53. Схема фотосинтеза

Продуктивность фотосинтеза составляет 1 г сахаров с 1 м² листьев за 1 час. Учитывая, что пока ещё значительная часть суши покрыта зеленью, суммарное количество органических соединений, синтезируемое за счёт фотосинтеза, составляет 150 млрд т веществ и 200 млрд т кислорода. Именно эти вещества, вырабатываемые зелёными растениями, поддерживают экологическое равновесие и состав атмосферы, обеспечивающей дыхание всех живых существ на Земле, за исключением небольшой группы анаэробов.

Фотосинтез потребляет огромные объёмы CO₂, что не даёт нашей планете перегреваться, предотвращая парниковый эффект. Из рисунка следует, что зелёные растения улавливают лучистую энергию солнца и за счёт неё синтезируют глюкозу из CO₂ и H₂O. В качестве побочного продукта выделяется O₂.

В процессе клеточного дыхания и животные и растения потребляют O₂ и окисляют органические вещества до CO₂ и H₂O, которые вновь используются для фотосинтеза. Вещества могут участвовать в таком кругообороте сколь угодно долго, участвуя то в фотосинтезе, то в дыхании. Но энергия солнца необходима им непрерывно, иначе жизнь в её нынешнем виде прекратится.

Хемосинтез. Единственные существа на Земле, которые напрямую не зависят от фотосинтеза, — хемосинтезирующие бактерии. Хемосинтетики — это автотрофные организмы, которые используют для синтеза собственных сложных химических соединений энергию, выделяющуюся в результате окисления неорганических соединений. Хемосинтез был открыт русским микробиологом Сергеем Николаевичем Виноградским в процессе исследования почвенных бактерий в 1887 г.

Известно несколько групп хемосинтезирующих микроорганизмов: железобактерии получают энергию при окислении соединений из $\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$, серобактерии — при окислении $\text{S}^{-2} \rightarrow \text{SO}_4^{-2}$, нитритные бактерии — из $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$, нитратные бактерии — из $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ и др. Все эти реакции позволяют получить соединения, которые можно использовать в качестве удобрений в сельском хозяйстве. Кроме того, одновременно эти микроорганизмы разрушают ядовитые соединения, такие, как сероводород и аммиак. Некоторые из этих бактерий применяются для очистки сточных вод.

Ключевые слова: пластический обмен, фотосинтез (световая фаза, темновая фаза), хемосинтез.



ВЫВОДЫ

Реакции синтеза веществ в клетке, в результате которых образуются необходимые вещества, но затрачивается АТФ, объединяются понятием «ассимиляция или пластический обмен». К подобным реакциям относятся реакции синтеза белков, фотосинтез и др. Фотосинтез — сложный комплекс процессов создания органических веществ (чаще всего сахаров) из CO₂ и H₂O за счёт энергии солнечного света. Хемосинтез — процессы синтеза органических веществ, необходимых клетке, за счёт энергии, выделяющейся при окислении неорганических соединений.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Что такое фотосинтез?
2. Каково строение хлоропласта?
3. В чём сущность темновой фазы фотосинтеза?
4. Какой газ выделяется в процессе фотосинтеза?

Выполни задания

1. Назовите и охарактеризуйте фазы фотосинтеза.
2. Опишите особенности строения хлоропласта.
3. Подготовьте презентации по выбору: «Хемосинтетики — их роль в природе», «Космическая роль земных растений».

Обсуди с товарищами

1. Проблема загрязнения окружающей среды, влияющая на фотосинтезирующую способность растений, неразрывно связана с проблемой повышения продуктивности растений.
2. Без зелёных растений жизнь животных на Земле невозможна.

Выскажи мнение

Функциональной единицей хлоропластов являются тилакоиды.

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Предложите свой вариант схемы, характеризующей процесс фотосинтеза. Нарисуйте схему в рабочей тетради.

Для любознательных

Это интересно

- Фотосинтез — это основа всей жизни на Земле, поскольку продукты фотосинтеза: являются строительным материалом для клеток; поставляют клеткам растений энергию; являются основой питания всех гетеротрофных организмов; составляют основу всех отраслей пищевой промышленности.
- В первичной атмосфере Земли кислорода не было, и она состояла из азота, аммиака, метана, водорода, паров воды, т. е. была смертельно ядовита почти для всех ныне живущих на Земле организмов. Когда же на нашей планете появились первые фотосинтетики, в атмосферу стал поступать кислород, который, в свою очередь, был смертельным ядом для обитавших тогда анаэробных существ. Когда через миллионы лет уровень кислорода достиг 1 % от современного содержания в атмосфере, то у клеток появилась возможность использовать его как очень эффективный окислитель для клеточного дыхания. Произошла так называемая кислородная революция, и множество видов анаэробов постепенно исчезли. Но зато возник озоновый экран, надёжно защищавший поверхность океана и суши от ультрафиолетового излучения. Живые существа стали занимать поверхностные слои воды и поверхность суши. В конечном итоге всё это способствовало быстрой прогрессивной эволюции.

§ 16. ПЛАСТИЧЕСКИЙ ОБМЕН В КЛЕТКЕ. БИОСИНТЕЗ БЕЛКА В КЛЕТКЕ. ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД

- Какова биологическая роль белков и нуклеиновых кислот?
- Где и как происходит биосинтез белка?

Любая клетка содержит в своих структурах тысячи белков. Есть очень часто встречающиеся белки, характерные для множества клеток, но есть и уникальные (ферменты, регуляторные белковые молекулы), которые встречаются только в одном виде клеток. И все эти белки необходимо синтезировать в самой клетке, тем более что их молекулы живут не очень долго, и приблизительно за 200—250 дней белки животного организма практически полностью обновляются. Кроме того, многие клетки должны синтезировать белки «на экспорт», например клетки эндокринных желёз, выделяющие в кровь белковые гормоны.

Синтез белков, как и любой другой процесс ассимиляции, требует затрат, которые покрываются за счёт молекул АТФ.

Генетический код. Любой белок состоит из мономеров, которыми являются аминокислоты. Каждой аминокислоте белка соответствует последовательность из трёх расположенных друг за другом нуклеотидов ДНК — **триплет**, или **кодон**. Это свойство генетического кода получило название *триплетность*. К настоящему времени составлена карта генетического кода, т. е. известно, какие триплеты в ДНК соответствуют каждой из 20 аминокислот, входящих в состав белков (табл. 6).

Как известно, в состав ДНК могут входить четыре азотистых основания: аденин (А), тимин (Т), гуанин (Г), цитозин (Ц). Число сочетаний из 4 по 3 составляет $4^3 = 64$, т. е. ДНК может кодировать 64 аминокислоты. Но в составе белков обнаружено немногим более 20 аминокислот. Оказалось, что многим аминокислотам соответствует более одного триплета (от 2 до 6) (см. табл. 6). Это свойство генетического кода получило название **вырожденность**. Считается, что вырожденность повышает надёжность хранения и передачи наследственной информации.

Ещё одно важнейшее свойство генетического кода — **специфичность**, или **однозначность**, т. е. один триплет кодирует всегда одну строго определённую кислоту.

Следующее свойство кода — **неперекрываемость**, т. е. триплеты следуют один за другим, не наезжая друг на друга.

Универсальность кода указывает на то, что генетический код един для всех живых существ на Земле. Это ещё одно доказательство единства происхождения жизни на нашей планете.

Наконец, последнее свойство генетического кода — это наличие в нём триплетов, которые не кодируют какую-то аминокислоту, а являются «знаками препинания», обозначающими конец синтеза белка именно в этом месте.

Транскрипция. Носителем генетической информации о первичной структуре белка является ген — участок ДНК, расположенный в ядре. Но синтез белка происходит на рибосомах, расположенных в цитоплазме клетки. Рисковать уникальной молекулой ДНК для синтеза копий одной и той же молекулы белка опасно. Поэтому с нужного участка ДНК снимается копия из нуклеотидов — синтезируется молекула иРНК. Таких копий клетка может синтезировать любое количество (рис. 54). После этого иРНК выходит в цитоплазму через ядерные поры. Этот процесс синтеза иРНК называется **транскрипцией**.

Генетический код

Первый нуклеотид	Второй нуклеотид				Третий нуклеотид
	У(А)	Ц(Г)	А(Т)	Г(Ц)	
У(А)	Фен	Сер	Тир	Цис	У(А)
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц(Г)
	Лей	Сер	—	—	А(Т)
	Лей	Сер	—	Три	Г(Ц)
Ц(Г)	Лей	Про	Гис	Арг	У(А)
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц(Г)
	Лей	Про	Глн	Арг	А(Т)
	Лей	Про	Глн	Арг	Г(Ц)
А(Т)	Иле	Тре	Асн	Сер	У(А)
	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц(Г)
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А(Т)
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г(Ц)
Г(Ц)	Вал	Ала	Асп	Гли	У(А)
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц(Г)
	Вал	Ала	Глу	Гли	А(Т)
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г(Ц)

Примечание: первый нуклеотид триплета берут из левого вертикального ряда, второй — из горизонтального ряда, третий — из правого вертикального.

Транскрипция происходит по принципу комплементарности: напротив Ц-нуклеотида ДНК становится Г-нуклеотид РНК, но напротив А-нуклеотида ДНК в молекуле РНК будет встроен нуклеотид с урацилом, поскольку в РНК не бывает нуклеотидов с тиминном. Осуществляет синтез особый фермент — **РНК-полимераза**. Он «переводит» информацию о последовательности аминокислот в молекуле белка с «языка ДНК» на «язык РНК». Но этот «перевод» должен идти со строго определённого места молекулы ДНК, иначе белок будет построен из совершенно других аминокислот. РНК-полимераза начинает снимать комплементарную копию с особой последовательности нуклеотидов — **промотора** и заканчивает снятие копии, дойдя до «знака препинания» — **терминатора**.

Кроме иРНК в ядре синтезируются и другие типы РНК — транспортные РНК (тРНК), переносящие в цитоплазме аминокислоты к месту сборки цепочки аминокислот, и рибосомальные РНК, входящие в состав рибосом.

Трансляция. Процесс сборки молекулы белка из аминокислот называют **трансляцией**. Это процесс происходит при обязательном участии рибосом, главным образом на шероховатой ЭПС. Порядок следования аминокислот определяется последовательностью нуклеотидных триплетов и иРНК, представляющей собой копию определённого участка молекулы ДНК (рис. 55).

Начало аминокислотной цепочки определяется особым «знаком препинания» — кодоном АУГ, который одновременно кодирует аминокислоту метионин и является

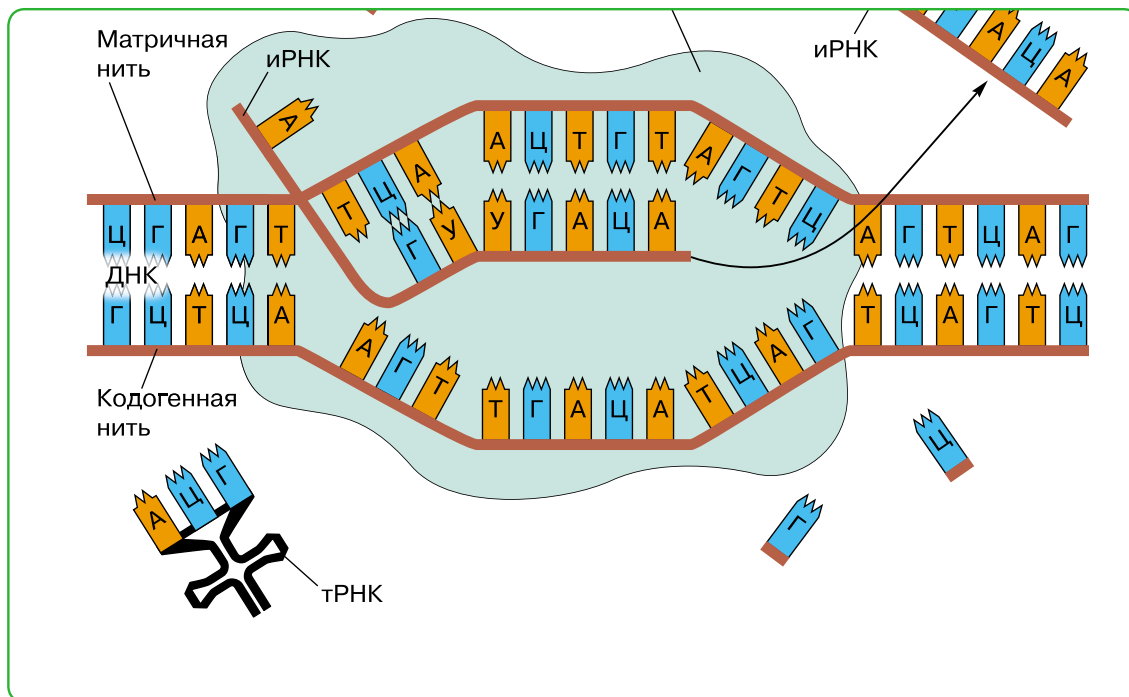


Рис. 54. Транскрипция

старт-кодоном, т. е. определяет место начала трансляции. После взаимодействия с иРНК рибосома начинает двигаться относительно иРНК, задерживаясь на мгновение на каждом её участке. Такой участок включает в себя 6 нуклеотидов, т. е. два триплета. В этот момент транспортные РНК доставляют в рибосому аминокислоты, набор которых обязательно должен присутствовать в цитоплазме молекулы. тРНК, похожие своей структурой на лист клевера, различаются участком, который называется **антикодон** и который комплементарен тому кодону, который

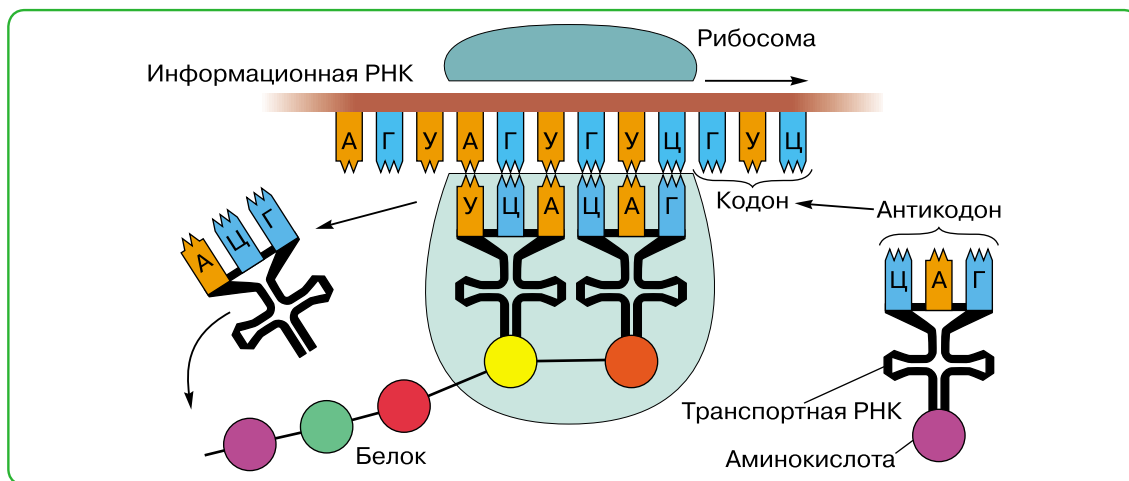


Рис. 55. Трансляция

кодирует аминокислоту, переносимую этим видом тРНК (см. рис. 55). Если антикодон тРНК комплементарен кодону иРНК, находящемуся в рибосоме, то специальный фермент отсоединяет принесённую аминокислоту, и она присоединяется пептидной связью к крайней аминокислоте синтезируемого белка. В это мгновение рибосома сдвигается по иРНК на следующие кодоны, и новые тРНК приносят к месту трансляции новые аминокислоты. Эта операция повторяется столько раз, сколько аминокислот содержится в синтезируемом белке, т. е. до тех пор, пока процесс не достигнет триплета, обозначающего конец белка, стоп-кодона. В этот момент трансляция заканчивается (рис. 56).

Белки могут содержать многие сотни аминокислот, но трансляция продолжается всего несколько минут. Так как клетке необходимо много молекул каждого белка, то по одной иРНК обычно следуют одна за другой множество рибосом, синтезирующих один и тот же белок. Любая рибосома может участвовать в трансляции любого белка, ведь структура белковой молекулы зависит только от последовательности нуклеотидов иРНК.

Сразу же после трансляции большинство белков по ЭПС транспортируется в аппарат Гольджи, где происходит окончательное формирование белковой молекулы: в неё включаются необходимые группировки, удаляются ненужные фрагменты, формируется третичная и четвертичная структуры.

Известно, что во всех клетках какого-либо организма один и тот же набор хромосом, а значит, каждая из этих клеток может синтезировать любой белок, свойственный этому организму. Однако для того чтобы создать сложный организм

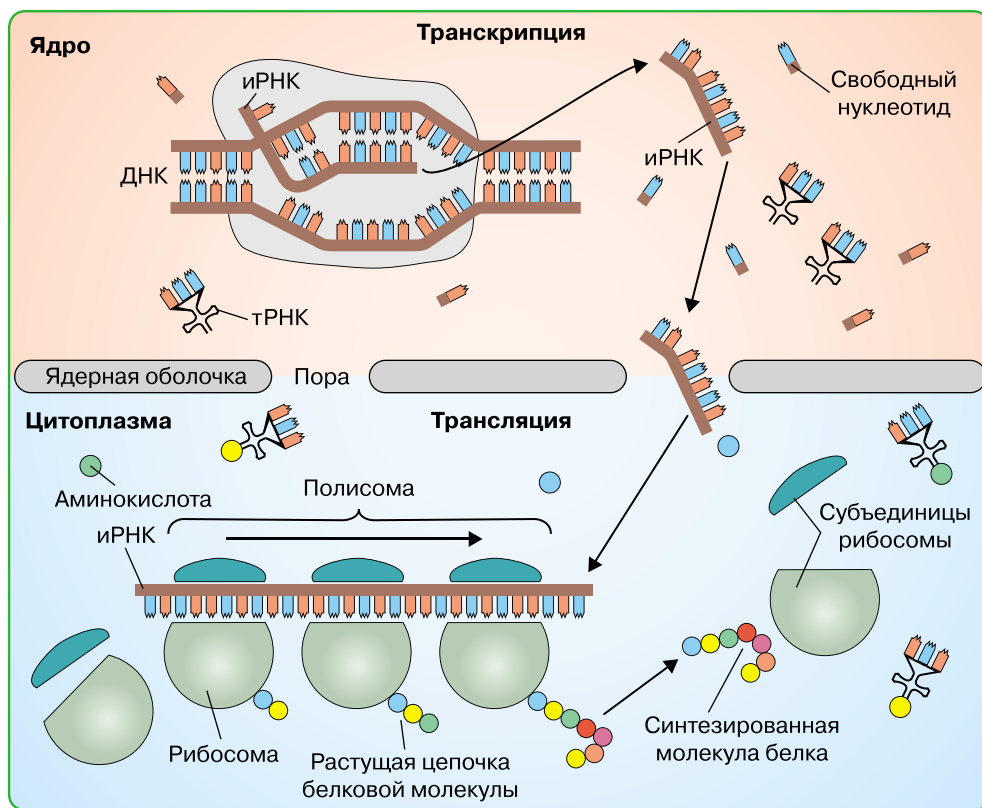


Рис. 56. Общая схема биосинтеза белка

со всеми его тканями и органами, необходимо, чтобы одни клетки превратились в нейроны, другие — в клетки костной ткани, а из третьих должны образоваться железы внутренней секреции. Поэтому в ДНК любого организма встроены многочисленные регуляторные участки, запускающие или наоборот тормозящие синтез тех или иных белков, тканей и в конечном итоге органов. Нарушения в генетическом аппарате, называемые мутациями, приводят к тяжёлым расстройствам, а чаще гибели мутантного организма.

Ключевые слова: генетический код, триплет, кодон, свойства кода (вырождённость, специфичность, или однозначность, неперекрываемость, универсальность), транскрипция, РНК-полимераза, промотор, терминатор, трансляция, антикодоны.



ВЫВОДЫ

Первичная последовательность аминокислот в белке зашифрована в генетическом коде ДНК: каждой аминокислоте белка соответствуют три нуклеотида ДНК (триплет). Сначала происходит транскрипция — перенос информации из последовательности нуклеотидов ДНК в последовательность нуклеотидов иРНК. иРНК выходит в цитоплазму, взаимодействует с рибосомами, и этот комплекс обеспечивает трансляцию — перенос информации из последовательности нуклеотидов иРНК в последовательность аминокислот белка. На синтез белка тратится много АТФ.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Что такое генетический код?
2. Как осуществляется процесс трансляции?
3. Какова роль старт-кодона?
4. На чём основан матричный синтез белка?

Выполни задания

1. Назовите и охарактеризуйте основные этапы биосинтеза белка.
2. Составьте определения понятий: *генетический код*, *транскрипция*, *трансляция*.

Обсуди с товарищами

Как передаётся наследственная информация в клетке?

Выскажи мнение

Нарушения в генетическом аппарате называются мутациями. Они приводят к нарушениям в работе организма, а часто и к его гибели.

ПРОВОДИМ ИССЛЕДОВАНИЕ

Решение элементарных задач в молекулярной биологии

Участок цепи ДНК, кодирующий первичную структуру полипептида, состоит из 15 нуклеотидов. Определите число нуклеотидов на иРНК, кодирующих аминокислоты, число аминокислот в полипептиде и количество тРНК, необходимых для переноса этих аминокислот к месту синтеза. Ответ поясните.

§ 17. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ КЛЕТКИ: ИНТЕРФАЗА И ДЕЛЕНИЕ. МИТОЗ, ИЛИ НЕПРЯМОЕ ДЕЛЕНИЕ КЛЕТКИ. МЕЙОЗ

- Какой процесс лежит в основе роста и развития организма?
- Чем митоз отличается от мейоза?

Клетка является элементарной единицей жизни, поэтому именно клетки должны решать сложнейшую задачу — обеспечение преемственности жизни. Ведь одноклеточные существа живут совсем недолго — от нескольких минут до нескольких часов, а многоклеточные — в среднем десятки лет. Конечно, есть и исключения: некоторые деревья, например секвойя, живут по несколько тысяч лет.

Большинство видов живых существ обитает на Земле многие десятки и сотни тысяч лет. А время существования некоторых из них исчисляется миллионами лет — вспомните кистепёрую рыбу латимерию, рептилию гаттерию или некоторых папоротникообразных. Из этого следует вывод, что все эти сотни, а то и миллионы лет необходимо передавать генетический материал следующему поколению без искажений. Генетическая информация обо всех свойствах вида заложена в ДНК, сохраняющейся в ядре каждой клетки особей этого вида. В процессе деления клеток эта информация передаётся из поколения в поколение. Те, кто размножаются бесполом путём, получают весь гигантский объём информации о всех видовых признаках от единственной родительской клетки, а те, кто размножаются половым путём, — от двух клеток (яйцеклетки и сперматозоида). Таким образом, клетка является генетической единицей жизни.

Содержание генетического материала в клетке обозначается следующим образом: n — набор хромосом (гаплоидный, диплоидный), c — количество молекул ДНК (хроматид) в хромосомах.

Жизненный цикл клетки — время с момента возникновения клетки в результате деления предшествующей клетки до её гибели или следующего деления. За это время клетка растёт, специализируется и выполняет свои функции в многоклеточном организме: клетка древесины проводит раствор веществ из почвы, а клетка столбчатой ткани листа синтезирует вещества в процессе фотосинтеза.

Но наступает момент, когда подавляющее большинство клеток приступает к делению. Основным способом деления клеток тела (соматических клеток) является **митоз**, или **непрямое деление** (рис. 57). У тех клеток, которые непрерывно делятся (клетки кишечного эпителия, кроветворные клетки костного мозга), жизненный цикл совпадает с митотическим циклом.

Митотический цикл — это последовательные процессы подготовки клетки к делению и события, происходящие на протяжении самого деления. Он состоит из **интерфазы** и митоза.

Интерфаза — это период жизни клетки между двумя митозами. Обычно её продолжительность гораздо больше самого деления. Интерфаза подразделяется на несколько периодов.

Пресинтетический период (G_1) — в этот период клетка вступает сразу после окончания деления: растёт, восстанавливает необходимые структуры. В конце пе-

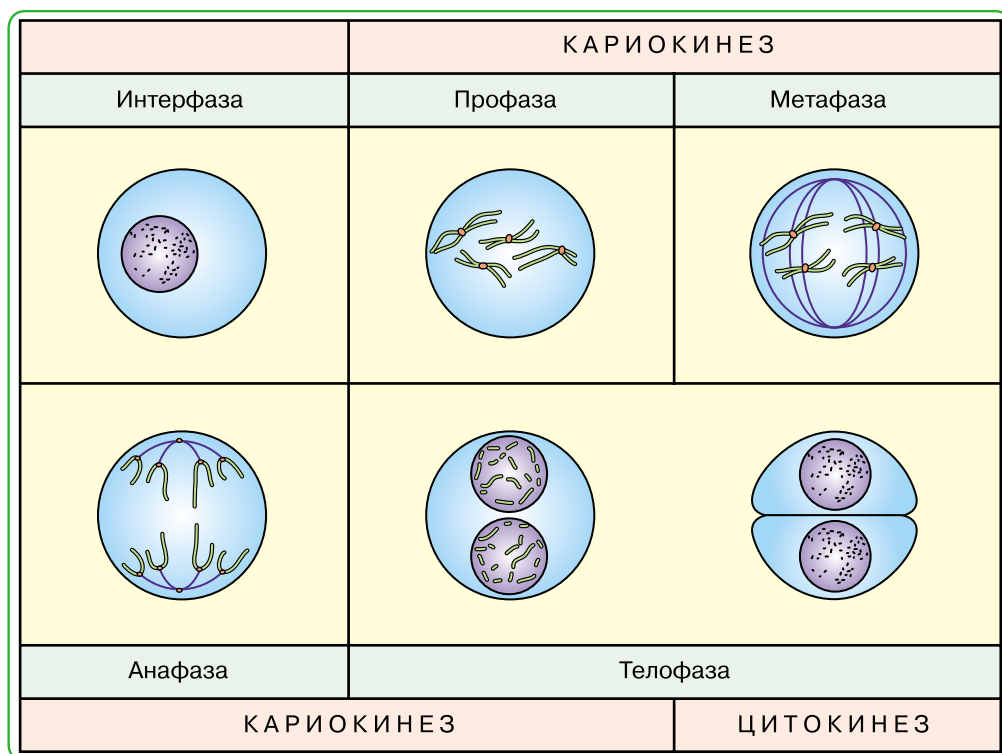


Рис. 57. Схема митоза в животной клетке

риода идёт подготовка к удвоению ДНК, иначе последующее деление будет невозможно. В этот период в клетке увеличивается содержание РНК, ферментов, необходимых для синтеза ДНК, количество органоидов — с тем чтобы впоследствии их хватило на две клетки.

Синтетический период (S-фаза) — в этот период происходит репликация, т. е. удвоение, молекул ДНК. С этого момента каждая хромосома включает в себя две хроматиды.

Постсинтетический период (G_2) — длится от окончания удвоения ДНК до начала митоза. За этот период завершается подготовка к удвоению клетки: удваиваются центриоли, синтезируются белки, участвующие в делении.

На этом интерфаза заканчивается, и начинается сам митоз, состоящий из четырёх последовательных фаз: *профаза*, *метафаза*, *анафаза* и *телофаза* (см. рис. 57). Длительность митоза составляет приблизительно 1—2 часа.

Профаза. Хромосомы компактизируются и утолщаются. Каждая хромосома состоит из двух хроматид, соединённых в области центромеры. Ядерная оболочка и ядрышки исчезают. К концу профазы центриоли расходятся к полюсам клетки, и начинается образование веретена деления.

В метафазу хромосомы ещё больше компактизируются, к центромерам прикрепляются нити веретена деления, и хромосомы выстраиваются в экваториальной плоскости клетки (см. рис. 57).

В анафазе центромеры делятся, и хроматиды разделяются. За счёт сокращения нитей веретена деления сестринские хроматиды расходятся к полюсам клетки. С этого момента их называют дочерними, каждая из них состоит из одной хроматиды.

Телофаза характеризуется деспирализацией хромосом, которые становятся плохо различимыми. Формируются ядерные оболочки, вновь становятся заметными ядрышки. Нити веретена деления исчезают. После образования двух ядер начинается деление цитоплазмы (*цитокинез*). Между новыми растительными клетками образуется перегородка, а в животных возникает поперечная перетяжка, разделяющая дочерние клетки (см. рис. 57).

Таким образом, из одной родительской клетки при митозе образуются две одинаковые дочерние клетки, идентичные родительской, с диплоидным набором хромосом (табл. 7).

Биологическое значение митотического деления очень велико, поскольку:

- 1) митоз обеспечивает генетическую стабильность путём точного распределения генетического материала между дочерними клетками;
- 2) митоз обеспечивает постоянство строения клеток, а вместе с тем и постоянство строения органов и систем многоклеточных организмов;
- 3) митоз позволяет увеличить число клеток, благодаря чему происходит рост;
- 4) митоз позволяет замещать мёртвые клетки, обеспечивая регенерацию;
- 5) митоз — основа большинства способов бесполого, в частности вегетативного, размножения.

Мейоз. Во время процесса полового размножения происходит оплодотворение, т. е. слияние ядер мужской и женской половых клеток, называемых *гаметами*. Получившаяся в результате оплодотворения клетка называется *зиготой*. Ядро зиготы содержит двойной (диплоидный) набор хромосом ($2n4c$), и, делясь митозом, зигота даёт начало всему многоклеточному организму растения или животного. Но для того чтобы в зиготе получился двойной набор хромосом, необходимо, что-

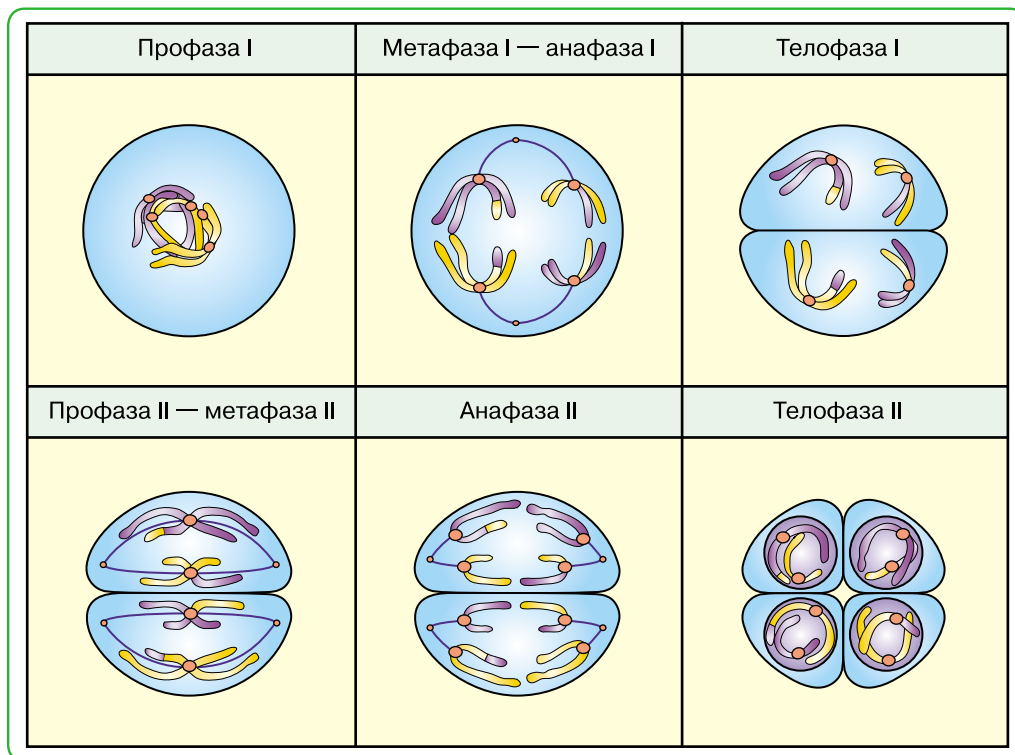


Рис. 58. Схема мейоза

Сравнительная характеристика митоза и мейоза

Фаза	Митоз	Мейоз	
		первое деление	второе деление
Начало профазы	Набор хромосом в конце интерфазы $2n4c$, идёт синтез белков, АТФ и других органических веществ. Удваиваются хромосомы, каждая состоит из двух сестринских хроматид, соединённых общей центромерой	Набор хромосом в конце интерфазы $2n4c$, те же процессы, но более продолжительные	Гаплоидный набор хромосом ($1n2c$). Синтез органических веществ отсутствует
Окончание профазы	Компактизация хромосом, исчезновение ядерной оболочки, ядрышка, образование веретена деления, гомологичные хромосомы обособлены	Более длительная конъюгация гомологичных хромосом, возможен кроссинговер	Короткая стадия, те же процессы, что и в митозе, но при наборе хромосом n
Метафаза	Дальнейшая компактизация хромосом, расположение центромер по экватору	Расположение пар гомологичных хромосом по экватору	Аналогично, но при наборе хромосом n
Анафаза	Деление центромер, расхождение к полюсам идентичных сестринских хроматид, каждая из которых становится новой хромосомой	Центромеры не делятся, к полюсам отходит одна из пары гомологичных хромосом, состоящая из двух хроматид, соединённых общей центромерой	Аналогично митозу, но при наборе хромосом n
Телофаза	Деление цитоплазмы, образование двух дочерних клеток, каждая — с диплоидным набором хромосом (подобно родительской клетке). Исчезновение веретена деления, формирование ядрышек	Недлительна. Гомологичные хромосомы попадают в разные клетки. Образуются клетки с гаплоидным набором хромосом, состоящих из двух хроматид	Деление цитоплазмы, образование четырёх клеток с гаплоидным набором хромосом ($1n1c$)

бы в слившихся гаметах было только по одинарному — гаплоидному ($1n2c$) — набору хромосом.

Гаплоидный набор в гаметах из диплоидного возникает в результате особого вида деления клеток — мейоза (рис. 58). Он представляет собой два последовательных деления генетического материала и цитоплазмы, перед которыми удвоение ДНК происходит только один раз. В результате из одной диплоидной ($2n4c$) клетки получаются четыре гаплоидные ($1n2c$). Кроме того, мейоз происходит при образовании спор у растений.

В каждом из двух мейотических делений выделяют 4 фазы: *профаза*, *метафаза*, *анафаза* и *телофаза*.

В первое деление мейоза к полюсам клетки расходятся гомологичные хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид. В профазу этого деления происходит **конъюгация**, т. е. гомологичные хромосомы (одна — от отца, другая — от матери) максимально сближаются по всей длине друг с другом. В этот момент они могут без ущерба для себя обмениваться одинаковыми участками, т. е. хромосомы обмениваются генами, отвечающими за один и тот же признак. Этот процесс получил название **кроссинговера**. В результате кроссинговера возникают хромосомы с новыми комбинациями генов, что очень важно для эволюционного процесса.

После окончания метафазы и анафазы первого деления образуются две гаплоидные клетки, содержащие двуххроматидные хромосомы. Эти клетки вступают во второе деление мейоза. Но удвоения наследственного материала в интерфазе между двумя делениями не происходит.

Второе деление мейоза представляет собой обычный митоз и состоит из *профазы II*, *метафазы II*, *анафазы II* и *телофазы II*. В результате получаются 4 гаплоидные клетки (см. рис. 58).

Биологическое значение мейоза:

- 1) уменьшение числа хромосом в процессе мейоза обеспечивает постоянство числа хромосом в клетках каждого вида из поколения в поколение после слияния гамет;
- 2) кроссинговер, происходящий в профазу I мейоза, обеспечивает генотипическую комбинативную изменчивость, в результате чего все хромосомы, присутствующие в гаметах, содержат участки как отцовской, так и материнской хромосомы. Это одна из причин изменчивости, дающей материал для естественного отбора.



Ключевые слова: жизненный цикл клетки, митоз, интерфаза, пресинтетический период, синтетический период, постсинтетический период, профаза, метафаза, анафаза, телофаза, мейоз, конъюгация, кроссинговер.

ВЫВОДЫ

Жизненный цикл клетки — промежуток времени с момента возникновения клетки и до её гибели или деления. Основной способ деления клеток — митоз. Промежуток между двумя митозами — интерфаза. Митоз включает в себя четыре фазы: профаза, метафаза, анафаза, телофаза. Митоз обеспечивает генетическую стабильность, так как позволяет точно распределить генетический материал между дочерними клетками. Мейоз происходит при образовании по-

ловых клеток — гамет и спор — у растений. В результате мейоза число хромосом в ядрах гамет или спор уменьшается с $2n$ до n , что обеспечивает постоянство числа хромосом в клетках каждого вида из поколения в поколение.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Какие способы деления клеток вы знаете?
2. С чего начинается и чем заканчивается жизненный цикл клетки?
3. Что происходит в клетке в течение синтетического периода (S) интерфазы?
4. У каких клеток жизненный цикл совпадает с митотическим циклом?
5. В чём заключается биологическое значение мейоза?
6. Каков биологический смысл размножения?
7. Каким образом могут сокращаться нити веретена деления?

Выполни задания

1. Сравните события, происходящие в клетке в анафазу митоза, и анафазу деления мейоза.
2. Объясните, почему при митозе между растительными клетками образуется перегородка, а между животными клетками — перетяжка.

Обсуди с товарищами

1. Какие клетки в нашем организме не делятся? Почему так происходит?
2. В чём состоят эволюционные преимущества полового размножения?

Выскажи мнение

В результате кроссинговера возникают хромосомы с новыми комбинациями генов.

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Самостоятельно определите критерии для сравнения процессов митоза и мейоза. На их основании составьте и заполните таблицу.

Для любознательных

Это интересно

- Существует ещё один способ деления клеток — амитоз, или прямое деление. Клетка делится без видимых предварительных подготовительных изменений: хромосомы не образуются, веретено деления отсутствует и т. п. Ядро быстро делится перетяжкой. При этом, учитывая размеры деспирализованной ДНК, неизбежны различные нарушения в распределении генетического материала. В основном амитоз встречается в старых клетках, при дегенерации тканей и различных заболеваниях, в частности онкологических.
- Возможно, миллиард лет тому назад многоклеточные существа возникли из-за того, что делящиеся клетки не расходились для продолжения «одноклеточного существования», а оставались соединёнными. Видимо, сначала появились организмы, напоминающие современных колониальных жгутиковых. Так как многоклеточность даёт своим обладателям множество преимуществ, то многоклеточные существа стали побеждать в борьбе за существование и в настоящее время преобладают на нашей планете. Интересно, что многоклеточные организмы могут иметь миниатюрные размеры. Описаны круглые черви, способные жить и размножаться в одноклеточных организмах, таких как, например, амёбы!

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА

Живые системы построены из тех же химических элементов, что и неживые, хотя соотношение элементов в них сильно различается. Основу любой живой системы составляют вода и органические вещества: углеводы, белки, липиды, нуклеиновые кислоты.

Белки являются важнейшими структурными элементами клеток, а кроме того, управляют всеми процессами, происходящими в клетке и организме. Углеводы и липиды являются и основными строительными материалами клетки, и основными источниками энергии для процессов, протекающих в клетках и организме. Нуклеиновые кислоты передают наследственную информацию из поколения в поколение. АТФ служит универсальным источником энергии для всех процессов, происходящих в клетках.

Клетка — структурная и функциональная единица жизни на Земле. Помимо клеток, жизни на Земле нет, и даже вирусы, представляющие собой фрагмент нуклеиновой кислоты в белковой оболочке, могут размножаться только в клетке хозяйского организма.

Наследственная информация хранится в хромосомах, которые в эукариотических клетках располагаются в ядре. Гены — это участки молекул ДНК. Генóm — это набор всех генов, которые содержатся в клетках какого-либо вида живых существ. Все особи вида имеют похожий генóm.

Набор всех реакций, происходящих в клетке, называется обменом веществ или метаболизмом. Реакции распада веществ сопровождаются выделением и запасанием энергии (диссимиляция). Реакции синтеза веществ в клетке происходят с затратами энергии — это ассимиляция.

Фотосинтез — это способ питания зелёных растений и некоторых микроорганизмов за счёт солнечного света. Во время фотосинтеза выделяется кислород, делая атмосферу Земли пригодной для дыхания. К реакциям ассимиляции относится синтез белка. Белки — полимеры аминокислот, и информация об их последовательности в молекуле закодирована в триплетных сочетаниях нуклеотидов ДНК.

Жизненный цикл клетки состоит из интерфазы и деления. Основным способом деления клеток — митоз. Значение митоза — воспроизведение клеток с одинаковой генетической информацией. Митоз необходим для роста многоклеточного организма и его восстановления при повреждении. Кроме того, митоз — основа бесполого размножения. Мейоз происходит при созревании гамет. В результате мейоза число хромосом в гаметах снижается в два раза по сравнению с соматическими клетками.





Раздел 3.

Организм

За миллионы лет эволюции на Земле возникло множество видов живых существ. Мир этих организмов невероятно разнообразен, но в то же время между ними больше общего, чем нам кажется... Ведь все организмы должны питаться, получать энергию для покрытия своих энергетических затрат, приспосабливаться к изменяющимся условиям окружающей среды, размножаться. Даже в среднеазиатских пустынях жаркий день может смениться очень холодной ночью, а многомесячная засуха — наводнением из-за таяния горных ледников. Поэтому все существа приспосабливаются к местам своего обитания, причем эти приспособления невероятно разнообразны и эффективны.

§ 18. ОРГАНИЗМ КАК БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА. ГОМЕОСТАЗ. РЕГУЛЯЦИЯ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА

- Вспомните и дайте определения понятиям: *клетка, ткань, орган, система органов, организм.*
- Что такое гомеостаз?

Организм — это неделимая единица жизни, которая характеризуется тесной взаимосвязью её частей. Часто разделить организм на фрагменты невозможно — он сразу же погибнет. Все современные организмы (рис. 59) построены из клеток. При этом они могут быть как одноклеточными (хламидомонада, инфузория-туфелька), так и многоклеточными (большинство растений, грибов, животных).

Современное определение того, что такое организм, выглядит следующим образом. Организм — единая структурированная система, построенная из отдельных взаимосвязанных органов и систем органов, которые могут существовать только как единое целое в условиях постоянного обмена веществ и энергии с окружающей средой.

Основные свойства живых организмов.

1. Организмы имеют высокую степень структурной и функциональной организации. Например, частота сердечных сокращений у какого-либо животного может возрасти при тревоге или снижаться во сне, но всегда она остаётся в пределах нормы. Это относится и к любым другим параметрам функционирования организма (температуре тела, уровню сахара в крови и т. д.).

2. Организмы воспринимают изменения в окружающей среде и в пределах своих возможностей реагируют на них, обеспечивая свою безопасность и комфортные условия существования. Например, проростки растений поворачиваются к солнечному свету для улучшения освещения, а дождевой червь во время засухи заранее закапывается во влажные слои земли.

3. В организме постоянно происходит множество реакций, обеспечивающих ассимиляцию и диссимиляцию. Вещества, постоянно поступающие в организм, включаются в химические превращения, направленные как на синтез собственных веществ, так и на получение энергии. Кроме того, необходимо постоянно выводить из организма те вещества, которые не могут использоваться в реакциях обмена и даже будут отравлять его, т. е. обеспечивать выделение.

4. Живые организмы всегда способны к движению — внешнему или внутреннему. Дельфин, который охотится за рыбой, и рыба, спасающаяся от дельфина, — оба этих организма находятся в движении. Ток воды и минеральных веществ по ксилеме и флоэме растений, перистальтика кишечника, колебания ресничек инфузории — всё это тоже является движением. Без движения жизни быть не может.

5. Организмы способны к размножению. Именно живые существа способны воспроизводить себе подобных, т. е., реализуя генетическую информацию, создавать структуры, свойственные данному виду организмов, и сами организмы в целом.



а



г



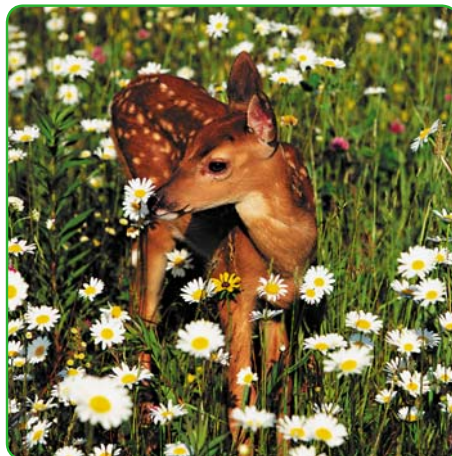
б



д



в



е

Рис. 59. Многообразие организмов: а — бактерии; б — опята; в — кувшинка белая; г — бутылочное дерево; д — пингвины; е — оленёнок

6. Живые организмы растут и развиваются. Согласно заложенной в их клетках генетической программе и под влиянием внешних факторов организмы растут, развиваются и чаще всего усложняются. Например, личинки саранчи не могут летать и размножаться. Но по мере роста и развития они становятся взрослыми особями, приобретают крылья и половую систему.

Гомеостаз. Одно из главных свойств живого организма — способность сохранять динамическое постоянство параметров внутренней среды. Это свойство получило название гомеостаза.

Если говорить о животных, то в области оптимальных значений поддерживаются: частота сердечных сокращений, давление крови, уровни O_2 и CO_2 в крови путём изменения параметров дыхания, температура тела, кислотность (pH), содержание различных гормонов в крови, водно-солевой баланс.

Гомеостаз называют динамическим равновесием, потому что это равновесие подвижное, и любой параметр жизнедеятельности в каждом организме колеблется, но колеблется в определённых пределах. Например, средняя температура тела у человека около $36,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, но под утро в 5 часов она понижается на полтора градуса. В случае инфекционной болезни температура тела может значительно подняться, хотя и не должна превышать $42\text{ }^{\circ}\text{C}$, так как в этом случае она может убивать клетки человеческого организма, нарушая течение многих биохимических реакций.

У животных поддержание гомеостаза осуществляется за счёт деятельности трёх регуляторных систем — нервной, эндокринной и иммунной. Например, очень малые количества гормонов, выброшенные в кровь из клеток щитовидной железы, ускоряют обмен веществ — в частности производство тепла (термогенез), что приведёт к повышению температуры тела.

Растения в силу особенностей жизнедеятельности не могут быстро реагировать на изменение окружающей среды, но и они в процессе эволюции прекрасно научились поддерживать гомеостаз в нужных пределах.

В средних широтах под действием растительного гормона (абсцизовой кислоты) растение сбрасывает листья, а почки зимой впадают в состояние покоя. В северных краях преобладают низкорослые растения, прячущиеся зимой под снегом. Много однолетних растений зимуют в виде покоящихся семян.

В холодных областях преобладают хвойные растения, на игловидных листьях которых мало устьиц, а кроме того, они покрыты толстой кутикулой. Летом такие листья испаряют мало воды, а зимой уменьшается вероятность повреждения их холодом и снегом.

Очень разнообразны способы поддержания растениями своего гомеостаза в физиологических пределах в жару и засуху. Растения не могут, подобно животным, укрыться в тени или залезть в озеро. Но из курса ботаники вы знаете, что растения в жару могут увеличивать испарение воды, теряя при этом избыток тепла. Листья других растений покрываются блестящей кутикулой, отражающей солнечные лучи. В случае обезвоживания некоторые растения могут сбрасывать листья, уменьшая испарение и сохраняя живым всё растение.

Ткани, органы, системы органов. Любой организм должен решать множество задач, например поддержание гомеостаза или обеспечение размножения. Поэтому в многоклеточном организме, который возникает в результате деления одной единственной клетки — зиготы, возникает такое разнообразие тканей. **Ткань** — это группа клеток и внеклеточных образований, объединённых общим строением, происхождением и функциями (рис. 60, 61). В организме животных выделяют несколько тканей:

- 1) *эпителиальная* ткань, через которую происходит обмен веществ между организмом и внешней средой;
- 2) *соединительная* ткань, соединяющая все части тела воедино;
- 3) *мышечная* ткань, обеспечивающая движение частей тела и передвижение всего организма в пространстве;
- 4) *нервная* ткань, анализирующая всю информацию, поступающую в организм, и управляющая согласованной реакцией частей организма на любое воздействие.

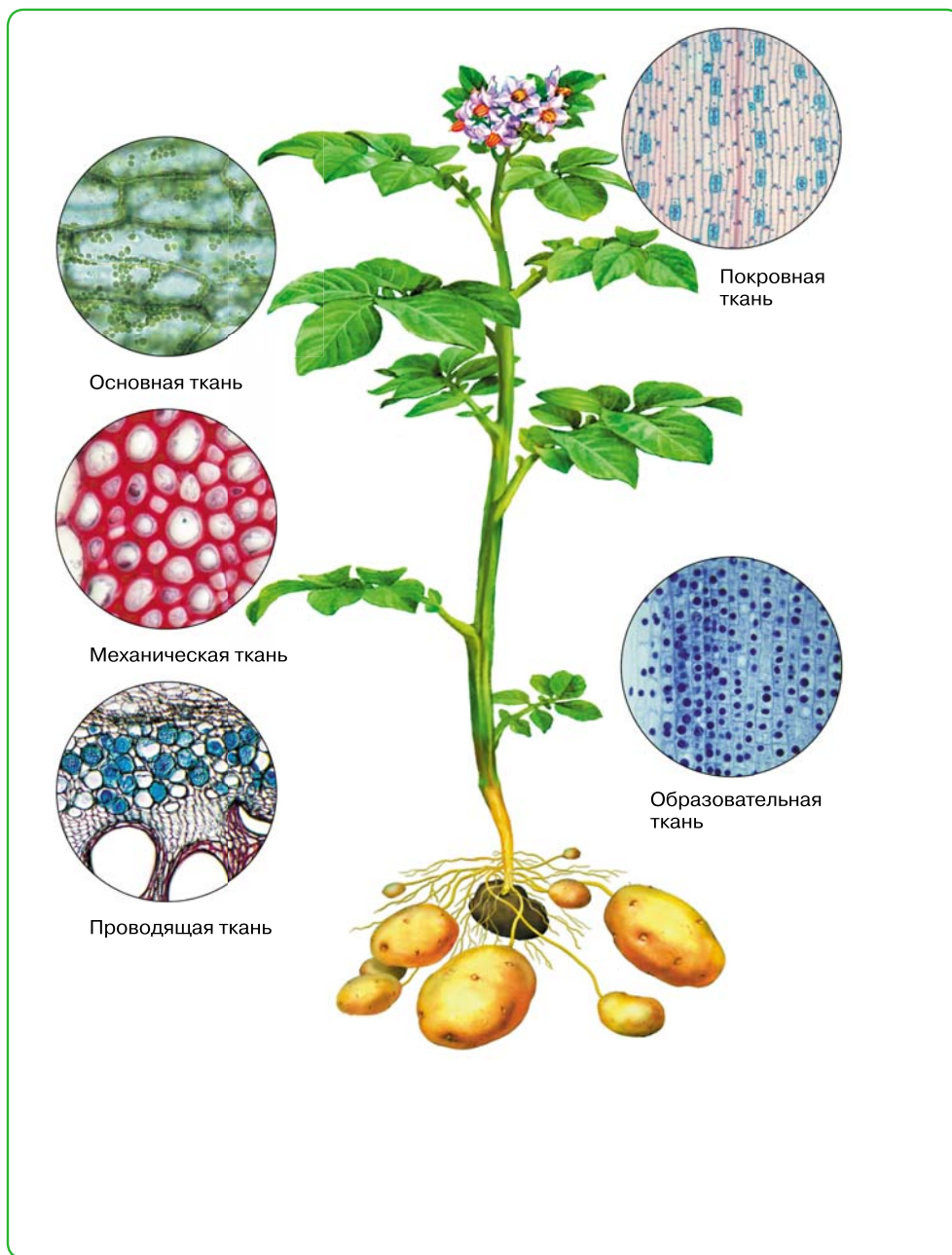


Рис. 60. Ткани растительного организма

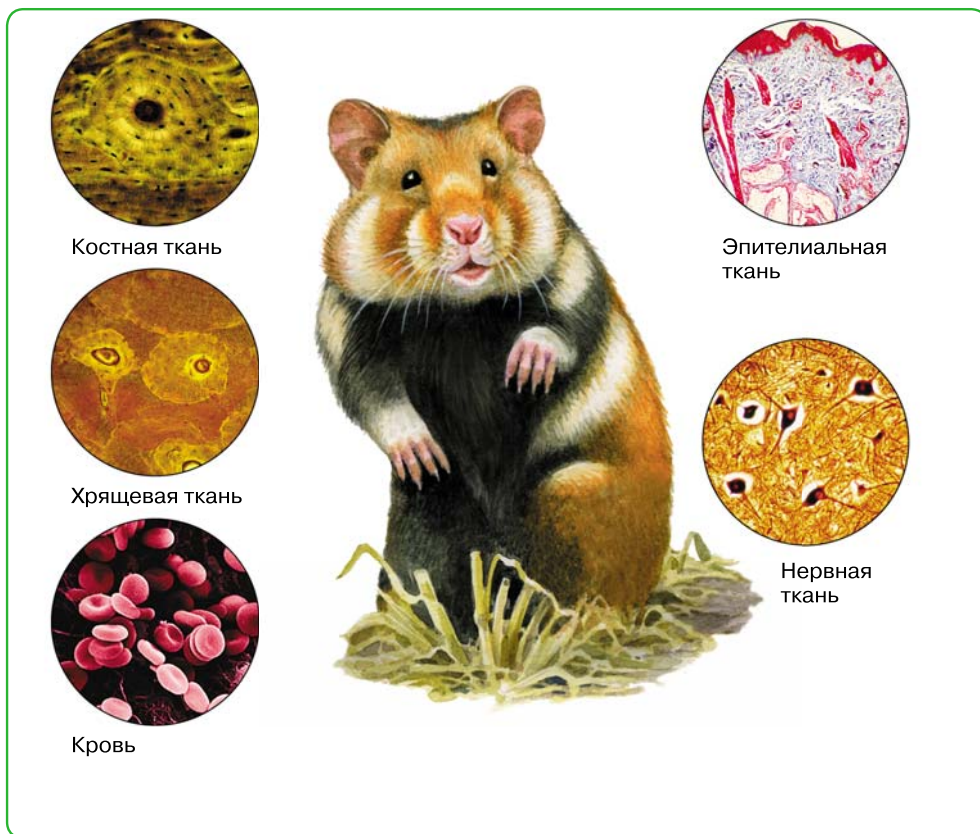


Рис. 61. Ткани животного организма

Любой организм состоит из органов. **Орган** — это часть организма, выполняющая определённые физиологические функции. Обычно в состав органа входят 2—3 ткани. Органы различных существ сравнивать трудно, так как они могут быть совершенно разнообразными по строению и выполняемым функциям (сердце рыбы, лист крапивы, печень человека, корневище пырея и др.). Но большинство функций организма настолько сложны, что их обеспечивает не один, а несколько органов, объединённых в функциональную **систему органов**.

У животных различают целый ряд систем органов, выполняющих различные функции:

1. *Покровная система* (кожа, слизистые оболочки). Главная функция этой системы — защитная. Кроме того, через клетки покровной системы происходит обмен веществ между организмом и внешней средой (кислород, питательные вещества и др.).

2. *Опорно-двигательная система* (кости и мышцы). Эта система отвечает за передвижение частей тела, перемещение всего тела в пространстве, поддержание позы.

3. *Пищеварительная система* (органы ротовой полости, глотка, пищевод, желудок, кишечник, пищеварительные железы). Эта система обеспечивает усвоение питательных веществ, поступающих в организм.

4. *Кровеносная система* (сердце, сосуды). Эта система разносит кровь по всем органам и тканям, где она выполняет сразу несколько важнейших функций.

5. *Дыхательная система* (дыхательные пути, лёгкие). Обеспечивает все органы и ткани кислородом, одновременно освобождая организм от углекислого газа.

6. *Выделительная система* (почки, мочевыводящие пути). Удаляет из организма растворённые продукты обмена. Часть таких продуктов выводится с потом через кожу.

7. *Половая, или репродуктивная, система* (мужские и женские половые железы, половые органы). Она обеспечивает размножение, т. е. воспроизводство себе подобных.

8. *Эндокринная система* (железы внутренней и смешанной секреции). Обеспечивает регуляцию всех функций организма при помощи химических веществ — гормонов, переносимых кровью.

9. *Нервная система* (центральная и периферическая нервная система). Воспринимает информацию о внешней среде и состоянии организма, координируя их деятельность.

Все системы органов многоклеточного организма работают согласованно, и управляют их работой нервная, эндокринная и иммунная системы. Нервная система получает через многочисленные анализаторы сведения о состоянии внешней и внутренней среды организма и практически мгновенно реагирует на изменения. Одновременно она запускает более медленную эндокринную регуляторную систему, на включение которой надо затратить некоторое время. Зато гормоны, выделяемые эндокринными железами, или железами внутренней секреции, действуют долго.

Иммунная система — самая инертная, но зато во многих случаях антитела, вырабатываемые в ответ на проникновение в организм инфекции, сохраняются и оберегают организм от повторного заражения всю оставшуюся жизнь, например в случае ветряной оспы, кори, дифтерии.

В последние годы стало понятно, что все эти системы действуют совместно, и, например, нервную и эндокринную систему всё чаще называют единой нейроэндокринной системой.

Вся деятельность систем органов направлена на обеспечение огромного многообразия реакций, способствующих сохранению гомеостаза, а значит, выживанию отдельного организма и всего вида в меняющихся условиях окружающей среды. Любое нарушение гомеостаза, если его не устранить своевременной реакцией систем организма, приведёт к расстройству здоровья, болезни. А длительные значительные сдвиги параметров внутренней среды с жизнью несовместимы.

Таким образом, организм представляет собой целостную биологическую систему. Согласованная работа отдельных частей этой биосистемы обеспечивает её длительную и эффективную деятельность.

Ключевые слова: организм, гомеостаз, ткани, органы, системы органов.



Выводы

Организм построен из тесно взаимосвязанных частей: тканей, органов и систем органов. Организм сохраняет постоянство параметров внутренней среды — гомеостаз. В животном организме выделяют несколько групп тканей, а также целый ряд систем органов, работающих согласованно и выполняющих разнообразные функции.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Что такое организм?
2. Каковы основные свойства организмов?
3. Какова роль гомеостаза в жизни организма?
4. Что такое ткань?
5. Как строение клеток тканей связано с выполняемыми ими функциями?
6. Какие системы органов встречаются у животных?

Выполни задания

1. Перечислите и охарактеризуйте ткани животных.
2. Назовите и охарактеризуйте системы, которые координируют работу органов многоклеточного организма.

Обсуди с товарищами

1. Организм — целостная биосистема.
2. Какие преимущества живым организмам дало появление тканей?
3. Почему гомеостаз называют динамическим равновесием?

Выскажи мнение

Согласованная работа отдельных частей биосистемы обеспечивает её длительную и эффективную работу.

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Предложите свои варианты таблиц: «Ткани животных организмов», «Система органов животных организмов» и заполните их.

Для любознательных

Это интересно

- В Австралии и Южной Америке произрастает бутылочное дерево. Рыхлая пористая древесина этого дерева в дождливый период года пропитывается водой. После этого бутылочное дерево легко переносит засуху, которая может продолжаться 6 месяцев.
- Растения совсем не так беззащитны, как кажется на первый взгляд. Очень многие травы и деревья ядовиты настолько, что животные не могут поедать их листья и молодые побеги. А семена пальмы-кариоты, растущей в Северной Австралии, содержат вещества, вызывающие сильные и опасные ожоги, которые долго не заживают.
- Самые южные цветы на Земле — это подснежники, растущие на одном из островов возле мыса Горн. Условия в тех местах очень суровые, ведь совсем рядом Антарктида.
- Подавляющее число высших растений не может произрастать на почвах, в которых много солей тяжелых металлов. Но среди мохообразных есть вид — любитель меди. Его даже прозвали «медным мхом». Этот мох живет на скалистых участках, где содержание меди в почве в тысячу раз выше по сравнению с тем, что могут выдержать любые покрытосеменные растения.
- Выделяя пот, организм человека борется с перегревом, ведь на испарение 1 л пота с кожи уходит целых 600 калорий. При физической работе в сухом жарком климате выделение пота достигает 10 и даже 15 л в сутки.

§ 19. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ОРГАНИЗМЕ. АВТОТРОФЫ И ГЕТЕРОТРОФЫ. АЭРОБЫ И АНАЭРОБЫ

- Что такое обмен веществ и энергии?
- Как живые организмы могут получать необходимые питательные вещества и энергию?

Выше уже говорилось о процессах обмена веществ и энергии в клетках. Обмен веществ и энергии, или метаболизм, — это совокупность всех химических и физиологических процессов, происходящих в биологической системе (клетке или организме). Даже в отдельной клетке обменные процессы очень многообразны и очень сложны для понимания и изучения. Но в организме, например млекопитающего животного, учёные насчитали около 200 разновидностей клеток. А всего клеток в таком организме около 10^{14} . И любой многоклеточный организм является не просто суммой огромного числа клеток, а биологической системой, в которой процессы жизнедеятельности, т. е. метаболизм всех клеток, взаимосвязаны.

Допустим, какое-то заболевание поразило клетки листьев картофеля. Фотосинтез будет ослаблен, и питание такого растения станет недостаточным. Естественно, что ожидать от этого куста картофеля многочисленных клубней не приходится. Или болезнь верхних дыхательных путей человека может привести к тому, что болезнетворные бактерии из клеток носоглотки проникнут с кровью в почки, поразят клетки, через которые идёт фильтрация мочи. Это приведёт к общему отравлению организма, и трудно назвать клетки, которые при этом не пострадают.

Несмотря на разнообразие клеток, входящих в состав любого многоклеточного организма, между ними, как вы уже знаете, много общего. Все клетки нуждаются в поступлении в них веществ и энергии для обеспечения своих процессов, а также в удалении конечных продуктов обмена веществ, которые уже невозможно использовать. Питательные вещества либо расходуются на синтез собственных структур клетки, либо окисляются, доставляя организму энергию для процессов жизнедеятельности. Часть этой энергии уходит на построение новых тканей, рост и регенерацию. Другая часть энергии расходуется на работу клеток, тканей и органов целого организма: сокращение мышц, выработку и выделение гормонов, перенос веществ в клетки и из клеток, проведение электрических сигналов. Наконец, очень значительная часть энергетических затрат связана с выделением тепла.

Получать вещества и энергию живые организмы, как и клетки, могут двумя различными способами.

Автотрофы и гетеротрофы. Организмы, способные сами синтезировать для себя пищевые вещества, называют самопитающимися или автотрофами. Им для получения пищи достаточно поступления в организм извне воды, углекислого газа и энергии. Причём источник энергии может быть разным у различных организмов (рис. 62).

Зелёные растения и сине-зелёные водоросли (которые на самом деле являются бактериями) получают энергию для синтеза сложных органических молекул

из углекислого газа и воды в виде солнечного света. Этот способ питания называется фотосинтезом. Как побочный продукт в световую фазу фотосинтеза растениями выделяется кислород.

Фотосинтезирующие бактерии могут получать водород не из воды, а из сероводорода (H_2S). Таким образом, эти бактерии кислород не выделяют. Этот вариант фотосинтеза называют бескислородным.



Рис. 62. Организмы, различающиеся способами получения энергии

Другая небольшая группа живых организмов пошла по пути альтернативного автотрофного питания. Это — хемосинтезирующие бактерии, для которых источником энергии служат реакции химических превращений простых неорганических соединений. Различают железобактерий, серобактерий и азотобактерий. Например, нитритные бактерии окисляют ядовитый аммиак до нитритов, являющихся удобрением. Выделяющуюся при этом энергию бактерии используют в своих целях, превращая её в биологически доступную энергию АТФ.

Гетеротрофные организмы не способны синтезировать сложные органические вещества из неорганических. К гетеротрофам относятся животные, грибы, большинство бактерий. Гетеротрофы вынуждены питаться за счёт тех органических соединений, которые создают автотрофы, либо питаться разлагающимися органическими остатками.

Различают несколько способов гетеротрофного питания. Многие грибы (дрожжи, плесени) и бактерии получают питательные вещества непосредственно через клеточную стенку. При этом они употребляют органику разлагающихся организмов или продукты жизнедеятельности растений и животных, не нанося живым организмам никакого вреда. Такие организмы называются **сапротрофами**.

Другой тип гетеротрофного питания — **паразитизм**. Паразит живёт или внутри (эндопаразитизм), или на поверхности (экзопаразитизм) другого организма растения или животного и питается его органическими веществами. Как правило, в любой особи животных или растений живут паразиты. Одни из них безвредны до поры до времени или почти безвредны. Например, в волосяных сумках ресниц у подавляющего числа людей живут совсем незаметные микроскопические членистоногие паразиты — клещи. Но чаще паразиты доставляют организму хозяина определённые неприятности. Вспомните хотя бы паразитических червей (цепни, аскариды).

Среди растений также много паразитов. Одни из них, такие, как омела, сами способны к фотосинтезу, но часть органических веществ высасывают из растения-хозяина. А вот раффлезия практически полностью погружена в хозяйский организм, оставляя на поверхности только органы размножения.

Довольно часто паразиты даже защищают организм хозяина от вредных воздействий (болезней, других паразитов). «Забота» о благополучии организма хозяина вполне понятна: ведь гибель хозяина в большинстве случаев приводит к смерти и паразита.

Наконец, третий путь гетеротрофного питания объединяет тех животных, которые могут поедать целые организмы или их части, затем переваривать их в своей пищеварительной системе. Такой тип питания называется **голозойным**. Голозойными существами являются чаще животные, хотя такое растение, как росянка, поедая насекомых, также отчасти питается голозойно.

Голозойные существа постоянно должны искать и добывать себе пропитание. Олени должны выкапывать из-под снега лишайники и мох, лиса должна ловить грызунов, лягушка — насекомых. У голозойных животных в процессе эволюции развились органы чувств, способность быстро и точно двигаться. Всё это помогает им искать и ловить добычу.

Голозойные животные могут быть *травоядными* (лошадь, бабочка-капустница), т. е. питаться растительной пищей, а могут быть *плотоядными* — поедать животных, которые питаются растениями или другими животными (волк, лиса, ласточка).

Наконец, ещё одна группа *всеядных* животных питается разнообразной пищей (крысы, медведь, человек).

Способ питания накладывает отпечаток на весь организм, на все его системы. Одним нужно догонять свою добычу (волк, гепард) — их «ноги кормят», да и зубы нужны такие, чтобы могли и толстую шкуру прокусить, и прочную кость разгрызть. Длинный кишечник таким хищникам не нужен, поскольку мясо переваривается легче, чем растительная пища. А вот корове пригодится длинный кишечник и многокамерный желудок, иначе растительные клетки, имеющие целлюлозную оболочку, трудно переварить. И зубы нужны совсем другие, чтобы удобно было траву срывать и жевать. Дятлу необходим прочный клюв и длинный язык — доставать из-под коры насекомых, клесту — особый клюв для вскрытия семян сосны. Ловцу насекомых — стрижу необходимы прекрасные крылья и зрение, а ноги у него короткие. А вот у кого ноги хорошо развиты, так это у фламинго: у них большая часть жизнь проходит в хождении по болотам.

По отношению к кислороду все живые организмы разделяются на **аэробов** и **анаэробов**. Аэробы, которых абсолютное большинство среди представителей всех царств живых существ, используют для получения энергии такой окислитель, как кислород, содержащийся в воздухе. Кислород стал накапливаться в атмосфере как побочный продукт фотосинтеза. Однако жизнь на Земле появилась гораздо раньше, чем фотосинтез, и первые живые существа, которые были, по-видимому, прокариотами, — анаэробы.

Анаэробы — это организмы, которым кислород для энергетических процессов совсем не нужен. Сейчас даже среди бактерий преобладают аэробы, использующие атмосферный кислород для клеточного дыхания. Но некоторые бактерии остались анаэробами. *Облигатные анаэробы* не могут обитать в присутствии кислорода, он для них губителен. Таковы бактерии, живущие в серных источниках. Но есть ещё и *факультативные анаэробы*, которые хоть и не используют кислород, но вполне могут существовать в кислородной среде.

Анаэробами являются бактерии — возбудители столбняка, газовой гангрены. Кроме бактерий, в кислороде не нуждаются некоторые взрослые паразитические черви, обитающие в кишечнике человека, например аскариды, хотя личинки этих червей развиваются в кислородной среде.



Ключевые слова: автотрофы, гетеротрофы, сапрофиты, паразиты, голозойный тип питания, аэробы, анаэробы.

ВЫВОДЫ

Обмен веществ, или метаболизм, — это совокупность всех процессов, происходящих в биологической системе, т. е. в клетке или организме. Основные реакции обмена веществ относятся к питанию, дыханию, выделению.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Какие типы питания различают в организме?
2. Как питаются грибы?

3. К какой группе животных по типу питания можно отнести блох, печёночного сосальщика, бычьего цепня?
4. Кто такие хемиосинтетики?
5. Кто является облигатными анаэробами?
6. Какие организмы называют гетеротрофами?

Выполни задания

1. Назовите и охарактеризуйте основные способы гетеротрофного питания.
2. Охарактеризуйте голозойный тип питания. Какие животные обладают этим типом?
3. Перечислите известные вам организмы-паразиты и охарактеризуйте их способы питания.
4. Назовите и охарактеризуйте группы живых организмов по их отношению к кислороду.

Обсуди с товарищами

1. Как способ питания влияет на особенности строения организмов?
2. Зелёные растения и сине-зелёные водоросли (бактерии) в процессе фотосинтеза образуют кислород. Каков биологический и «космический» смысл этого явления?

РАБОТА С ТЕКСТОМ

Прочитайте статью «Автотрофы и гетеротрофы», разбейте её на смысловые единицы, озаглавьте их, придумайте к каждой из них по два вопроса.

Выскажи мнение

Хемосинтез — разновидность автотрофного питания.

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Самостоятельно предложите варианты таблицы по теме «Типы питания организмов» и заполните её.

Для любознательных

Это интересно

- В почве обитают и такие грибы, которые не образуют плодовых тел. Некоторые из них — хищники. Их гифы образуют петли, которые создают липкую сеть. В эту сеть попадают мелкие круглые черви. В тело попавшего «в засаду» червя прорастают нити грибницы, выделяют пищеварительные вещества, переваривают тело жертвы и всасывают питательные вещества.
- Голожаберные моллюски могут поедать кишечнорастворимых, и стрекательные клетки эктодермы жертв превращаются в их оружие. Располагаясь в их кожных покровах, эти клетки служат для отпугивания врагов.
- Хищные африканские муравьи — дорилусы съедают на своем пути все живое, даже крупных животных (ящериц, змей, обезьян). Спастись от атаки дорилусов можно только бегством.
- Термиты отличаются невероятной прожорливостью. Они грызут и разрушают постройки, мебель, одежду. Одно из поселений на острове Святой Елены было фактически уничтожено термитами. Люди были вынуждены оставить это место.

§ 20. РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ. БЕСПОЛОЕ И ПОЛОВОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

- Какова биологическая роль размножения?
- В чём различие бесполого и полового способов размножения?

Размножение, или репродукция, — это всеобщее свойство живых организмов, заключающееся в воспроизведении особей своего вида. Размножение поддерживает существование вида, поскольку благодаря ему в рамках каждого вида происходит бесконечная смена поколений.

Известны две формы размножения: *бесполое* и *половое*.

Бесполое размножение является древнейшим способом воспроизведения себе подобных. При нём потомки происходят от одной родительской особи, поэтому легко получить много особей, генетически идентичных родительской. Такие особи называются **клонами**. В процессе такого размножения половые клетки — гаметы — не образуются, и происходит деление митозом одной или нескольких родительских клеток, дающих начало новой особи или особям. Особенно часто бесполое размножение встречается у прокариот, простейших, грибов и растений, хотя наблюдается и у высших животных.

Известно несколько вариантов бесполого размножения.

Деление родительской клетки. У прокариот единственная кольцевая хромосома удваивается, после чего клетка делится надвое. Многие одноклеточные эукариотические существа (водоросли, простейшие) делятся митозом, образуя две клетки, затем две получившиеся достраивают недостающие органоиды.

Спорообразование. Споры — это специализированные гаплоидные (n) клетки растений (водоросли, мхи, папоротники) и грибов. Они служат для размножения и расселения (рис. 63). У грибов и низших растений споры образуются путём митоза, поскольку клетки родительской особи уже гаплоидны, а у высших растений — путём мейоза. У голосеменных и покрытосеменных растений спорообразование является необходимым этапом жизненного цикла.

Вегетативное размножение. Выше указаны те способы бесполого размножения, при которых дочерний организм развивается из одной клетки одного или многоклеточного организма. Однако очень часто потомство образуется

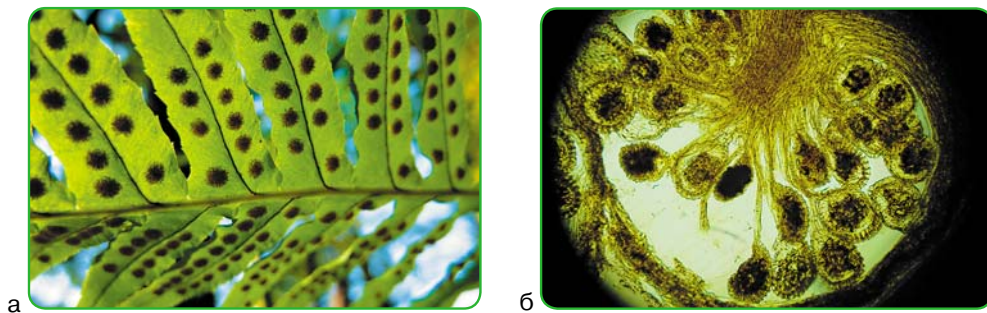


Рис. 63. Спороангии: а — на листе папоротника; б — при большом увеличении



а



г



б



д



в

Рис. 64. Вегетативные способы размножения растений: черенками листа (а); клубнями (б, в); усами (г); корневищем (д)

из целой группы родительских клеток. Такой способ бесполого размножения называют вегетативным (рис. 64). Разновидностью вегетативного размножения является размножение вегетативными органами растения или их частями, т. е. корнем, стеблем, частью слоевища или специализированными видоизменениями побегов (корневищем, клубнем, луковицей), имеющими запас питательных веществ.

Ещё один вид вегетативного размножения — *фрагментация*. Он основан на процессе регенерации (восстановление утраченных частей тела). В природе фрагментация встречается редко: у иглокожих, многощетинковых кольчатых червей, некоторых грибов и водорослей. При этом виде размножения целый организм восстанавливается из фрагмента тела родительской особи. Фрагментами слоевища размножается, например, нитчатая водоросль спирогира.

Почкование также относят к вегетативному размножению. Оно характерно, например, для дрожжей: происходит выпячивание части клетки, затем удваивается ядро, и наконец вся клетка делится.

Половое размножение. При половом размножении особи следующего поколения возникают в результате слияния двух специализированных гаплоидных (n) клеток, называемых гаметам, которые образуются в половых железах. Эволюционные преимущества полового размножения заключаются в объединении генетической информации обеих родительских особей, что ведёт к достижению генетического разнообразия потомства и повышению его жизнестойкости.

У прокариот наблюдается предшественник полового размножения — половой процесс под названием конъюгация, т. е. взаимобмен двух особей генетическим материалом. При этом обе особи могут получить новые свойства, полезные в борьбе за выживание.

Наиболее древние животные, размножавшиеся половым путём, были, по-видимому, **гермафродитами**, т. е. у них были в равной степени развиты мужская и женская половые системы (кишечнополостные, плоские и кольчатые черви, некоторые моллюски), но затем стали преобладать **раздельнополые животные**.

Видимо, при формировании гамет на ранних стадиях эволюции женские и мужские половые клетки не отличались внешне друг от друга и обе были подвижными. Такой вариант размножения называется **изогамией**. В настоящее время яйцеклетки подавляющего большинства животных крупные и неподвижные, а сперматозоиды очень малы и способны передвигаться (рис. 65). Такой тип полового размножения, при котором формируется два вида гамет, называется **гетерогамией**.

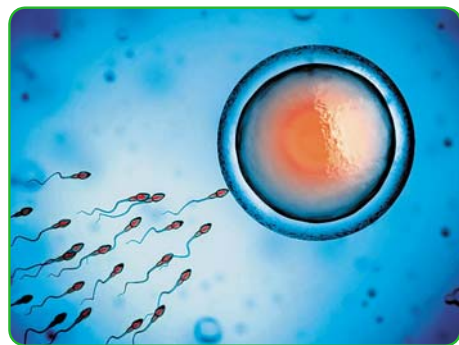


Рис. 65. Сперматозоиды и яйцеклетка

Половые клетки — гаметы. Яйцеклетки. У животных яйцеклетки формируются в женских половых железах — **яичниках**. Обычно яйцеклетки — это округлые, относительно крупные клетки, содержащие в цитоплазме запас питательных веществ в виде желтка. В ядрах яйцеклеток, помимо ДНК, находятся также запасные иРНК. Яйцеклетки животных подразделяют на несколько видов в зависимости от количества и характера распределения питательных веществ для питания будущего зародыша. Например, у моллюсков и ланцет-

ника желток распределён по клетке равномерно, ядро находится в центре, а сама яйцеклетка мала. У некоторых рыб, птиц, рептилий и яйцекладущих млекопитающих питательных веществ в клетке очень много и цитоплазма с ядром сдвинуты на один из полюсов клетки. Сама же яйцеклетка у этих животных может быть очень крупной, особенно у рептилий и птиц. Яйцо страуса, например, достигает 20 см в диаметре, у вымерших уже динозавров только одна толщина скорлупы яиц достигала 40 см.

У плацентарных млекопитающих яйцеклетки малы, их диаметр составляет 0,1—0,2 мм. Питательных веществ они практически не содержат, и будущий зародыш может питаться только за счёт организма матери.

Сперматозоиды. У животных сперматозоиды формируются в мужских половых железах — **семенниках**. У большинства млекопитающих, в том числе и человека, семенники расположены в особом выпячивании брюшной стенки — мошонке. Мошонка выполняет роль «физиологического холодильника», так как благодаря ей в семенниках поддерживается более низкая, чем во всём теле, температура (+33... +34 °C). Такая температура является обязательным условием для созревания нормальных сперматозоидов.

Обычно сперматозоиды — очень мелкие клетки. Они состоят из головки, которая занята ядром с гаплоидным набором хромосом, шейки, в которой находятся митохондрии, дающие энергию для движения сперматозоида, и хвоста, образованного микротрубочками и являющегося «двигателем» (рис. 66). Длина головки человеческого сперматозоида всего 5,0 мкм, а сам сперматозоид в длину около 60 мкм. В головке имеется особый клеточный орган — **акросома**, где находятся вещества, при помощи которых сперматозоид растворяет оболочку яйцеклетки.



Рис. 66. Микрофотография сперматозоида

Ключевые слова: размножение бесполое и половое: бесполое — деление, спорообразование, вегетативное, фрагментация, почкование; половое — гермафродиты, раздельнополые; гаметы, изогамия, гетерогамия.



ВЫВОДЫ

Размножение — всеобщее свойство живых организмов. Различают бесполое и половое размножение. При бесполом размножении потомки происходят от одной родительской особи и являются клоном. Известно несколько способов бесполого размножения. При половом размножении особи следующего поколения появляются в результате слияния специализированных клеток (гамет), что ведёт к достижению генетического разнообразия.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Какие основные типы размножения существуют?
2. В чём особенности бесполого размножения?
3. Какие организмы называются гермафродитами?
4. Какой способ размножения называется половым?
5. Где и как формируются половые клетки?

Выполни задания

1. Назовите и охарактеризуйте основные виды бесполого размножения.
2. Приведите примеры животных-гермафродитов.

Обсуди с товарищами

1. Возможно ли при бесполом размножении появление генетически разнообразного потомства?
2. Какие преимущества даёт особям половое размножение по сравнению с бесполом?
3. Справедлива ли легенда о поисках кладов с помощью цветка папоротника в ночь на Ивана Купалы?

Выскажи мнение

Фрагментация является одним из видов вегетативного размножения.

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Заполните таблицу «Вегетативное размножение растений».

Используемая часть растения	Примеры растений

Для любознательных

Это интересно

- Иногда зигота в процессе дробления разделяется на несколько организмов. Например, у броненосцев этот процесс (полиэмбриония) происходит обязательно, и самка приносит 4—8 детёнышей. У человека также встречается полиэмбриония, но редко. В этом случае рождаются однояйцевые близнецы. Таким образом, полиэмбриония — один из вариантов бесполого размножения.
- За счет деления клеток многие существа обладают удивительной способностью к регенерации. Например, если хищник откусил у виноградной улитки оба щупальца вместе с глазами, то через 15—20 дней все недостающие части тела восстановятся.
- Хитрость кукушки с подкладыванием яйца в чужое гнездо далеко не всегда удаётся. Часто хозяева узнают подкидыша и выбрасывают его или покидают это гнездо для того, чтобы сделать новое и отложить яйца еще раз.
- Самки некоторых черепах могут откладывать оплодотворённые яйца в течение нескольких лет с момента однократного спаривания с самцом.
- Глубоководный хищник рыба-мешколот, хоть и имеет небольшие размеры (длина тела около 30 см), может проглотить рыбу длиной до полуметра. Оказывается, у мешкоглота нет рёбер и стенки тела вместе с желудком могут очень сильно растягиваться.

§ 21. РАЗВИТИЕ ГАМЕТ. ОПЛОДОТВОРЕНИЕ

- В чём биологический смысл мейоза?
- В чём принципиальное различие в процессах созревания яйцеклеток и сперматозоидов?

Развитие гамет. Процесс развития половых клеток (гамет) называется **гаметогенезом**. У разных организмов гаметогенез происходит в различных органах. Например, у мхов и папоротникообразных сперматозоиды и яйцеклетки воспроизводятся в половых органах — *антеридиях* и *архегониях*.

У голосеменных и покрытосеменных растений спермии формируются в *пыльцевых зёрнах*, а яйцеклетка — в *зародышевом мешке*. У многоклеточных животных, в том числе и человека, мужские и женские гаметы образуются в *семенниках* и *яичниках*.

Развитие женских половых клеток называется оогенезом, а мужских — сперматогенезом (рис. 67). В яичниках женщин приблизительно с 12 до 50 лет созревают и теоретически могут быть оплодотворены 400 яйцеклеток. У мужчины с 12 лет и до конца жизни формируются около триллиона (10^{12}) сперматозоидов. В сутки в семенниках запасается около 500 млн новых гамет.

Фаза размножения — первая фаза гаметогенеза млекопитающих, в частности человека. Предшественники половых клеток многократно делятся митозом, сохраняя диплоидный набор хромосом в ядрах. Таким образом, увеличивается количество будущих гамет. У самцов млекопитающих этот процесс идёт с момента наступления половой зрелости до глубокой старости. У самок млекопитающих первичные половые клетки делятся только в период их эмбрионального развития и до наступления полового созревания сохраняются в покое.

Фаза роста — вторая фаза формирования гамет. На этой фазе будущие гаметы растут, в их ядрах происходит репликация ДНК. Особенно сильно увеличиваются в размерах будущие яйцеклетки.

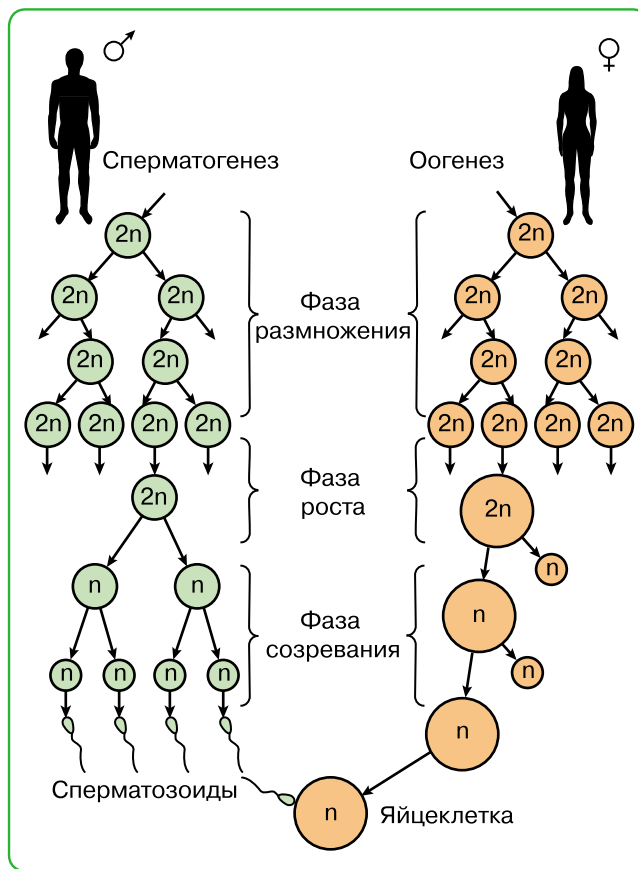


Рис. 67. Схема сперматогенеза и оогенеза

Фаза созревания — третья фаза гаметогенеза. Во время этой фазы будущие гаметы делятся мейозом, в результате которого из каждой диплоидной клетки получается 4 гаплоидные. В случае формирования сперматозоидов каждая из этих дочерних клеток превращается в полноценный сперматозоид, который способен участвовать в оплодотворении. При созревании яйцеклетки мейоз протекает иначе. Только одна из образовавшихся клеток становится полноценной яйцеклеткой, а 3 остальные превращаются в **направительные тельца**. В результате мейоза яйцеклетке достаётся большая часть питательных веществ, а количество клеток, способных к оплодотворению, уменьшается.

Фаза формирования (сперматогенез) — заключительная фаза, сущность которой заключается в том, что у сперматозоидов достраиваются специфические приспособления, в частности жгутик, и они приобретают подвижность.

Оплодотворение. Несмотря на то что в женском эмбрионе закладывается очень большое количество яйцеклеток, только немногие из них окончательно созревают в детородный период с интервалом в среднем 28—35 дней и под действием гормонов выходят из яичников, продвигаясь по яйцеводу к матке. Именно в яйцеводу у млекопитающих происходит оплодотворение.

Оплодотворение — это процесс слияния мужской и женской гамет. В результате оплодотворения восстанавливается диплоидный набор хромосом, присущий клеткам данного вида.

Двигающаяся по яйцеводу к матке созревшая яйцеклетка встречается со сперматозоидами, которые опознают её по особым выделяемым ею веществам. При контакте с яйцеклеткой акросома сперматозоида разрушается, при этом находившийся в ней фермент начинает растворять оболочку яйцеклетки (рис. 68). Однако количества фермента, выделяемого одним сперматозоидом, для этого недостаточно; необходимо, чтобы фермент выделился из многих сперматозоидов. Только в этом случае ядро одного из них сможет проникнуть в яйцеклетку. Как только проникновение произошло, вокруг яйцеклетки формируется особая оболочка, не дающая проникать в эту яйцеклетку другим сперматозоидам.

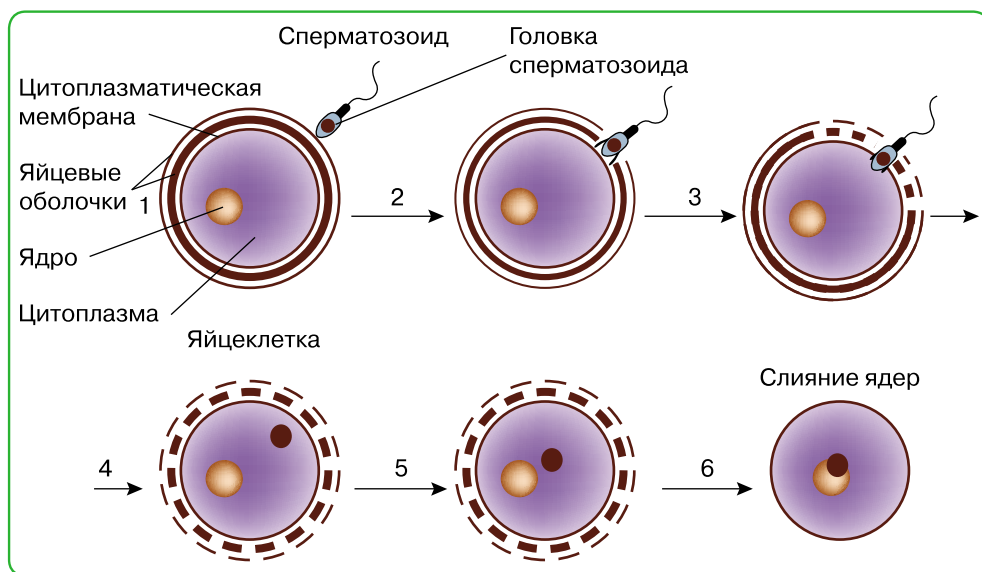


Рис. 68. Оплодотворение у животных

Ядро сперматозоида в цитоплазме яйцеклетки увеличивается примерно до размера ядра яйцеклетки. Оба ядра двигаются навстречу друг другу и сливаются. Таким образом, в образовавшейся клетке (зиготе) восстанавливается диплоидный набор хромосом, и начинается её дробление — многократное деление митозом.

Для оплодотворения необходим один сперматозоид, однако оплодотворение возможно лишь в том случае, когда в половые пути женщины попадает одновременно около 200 млн сперматозоидов. Дело в том что сперматозоидам приходится пройти до оплодотворения очень большой для их размеров путь, да ещё и в агрессивной химической среде. И подавляющее большинство их до яйцеклетки не доходит.

Двойное оплодотворение у цветковых растений. У покрытосеменных (цветковых) растений особый вид оплодотворения (рис. 69). В пыльниках тычинок из материнских диплоидных клеток в результате мейоза образуются гаплоидные *микроспоры*. Каждая микроспора делится митозом, образуя также две гаплоидные клетки — вегетативную и генеративную, которые формируют пыльцевое зерно.

Пыльцевое зерно покрыто двумя оболочками и представляет собой мужской гаметофит. При попадании пыльцевого зерна на рыльце пестика (см. рис. 69) вегетативная клетка прорастает, образуя **пыльцевую трубку**, которая в своём росте стремится к завязи с находящейся в ней яйцеклеткой. Генеративная клетка перемещается в пыльцевую трубку и делится митозом, образуя два **спермия**.

В завязи пестика из материнской клетки в результате мейоза образуются 4 гаплоидные *мегаспоры*. Три из них отмирают, а оставшаяся делится митозом, формируя 8-ми клеточный **зародышевый мешок**, одна из клеток которого является яйцеклеткой. Две гаплоидные клетки сливаются, образуя **центральную** диплоидную клетку. Зародышевый мешок является женским гаметофитом, поскольку в нём созревает женская гамета — яйцеклетка.

После того как пыльцевая трубка прорастает в семязачаток, один из спермиев оплодотворяет яйцеклетку, и образуется диплоидная зигота. Другой спермий сливается с центральной клеткой зародышевого мешка. Таким образом, у покрытосеменных растений при оплодотворении происходит два слияния, т. е. двойное оплодотворение. В результате первого слияния возникает зигота, из которой



Рис. 69. Оплодотворение у цветковых растений

развивается диплоидный зародыш семени, а в результате второго — триплоидная центральная клетка, из которой затем формируется триплоидный **эндосперм** (запасаящая питательная ткань), за счёт которого питается развивающийся зародыш нового растения. Этот процесс был открыт русским ботаником Сергеем Гавриловичем Навашиным в 1898 г.

Сравнивая бесполое и половое размножение, необходимо заметить, что бесполое размножение позволяет быстро увеличить численность популяции вида. Обычно это выгодно в благоприятных условиях, когда кормов и прочих ресурсов хватает. Но зато половой процесс, сопровождающийся обязательно рекомбинацией генов (перекрёст в мейозе при гаметогенезе, оплодотворение), усиливает разнообразие потомства, что особенно важно в меняющихся условиях.

Бесполое размножение требует меньших затрат энергии, чем половое, поскольку вся энергия, затрачиваемая материнским организмом, уходит на рост новой особи — так происходит, например, при почковании гидры. При этом не нужно производить сразу много потомков, ведь дочерние гидры растут до крупных размеров, находясь в теснейшей связи с материнской особью, доживая так до взрослого возраста. А при половом размножении на производство огромного количества зёрен пыльцы или сперматозоидов уходит много вещества и энергии, но использоваться по назначению будут лишь немногие из них. Кроме того, неизбежны дополнительные потери энергии: у покрытосеменных — на создание цветов, синтез нектара, а у животных — на поиск партнёра, ухаживание, строительство гнезда или норы, выкармливание и воспитание потомства. Итак, бесполое размножение менее затратно. Но без полового размножения эволюция была бы невозможной. Или, по крайней мере, очень замедленной.



Ключевые слова: гаметогенез, фазы гаметогенеза, направительные тельца, оплодотворение, двойное оплодотворение, пыльцевая трубка, спермии, зародышевый мешок, центральная клетка, эндосперм.

ВЫВОДЫ

Гаметогенез происходит в клетках половых органов. У млекопитающих развитие яйцеклеток происходит в яичниках, а развитие сперматозоидов — в семенниках. Во время фазы созревания будущие гаметы делятся мейозом, и число хромосом в их ядрах уменьшается до n . Оплодотворение — это процесс слияния ядер мужской и женской гамет. У млекопитающих оплодотворение происходит в яйцеводах самки. У покрытосеменных наблюдается двойное оплодотворение.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Как называется процесс развития половых клеток?
2. В каких органах происходит формирование спермиев и яйцеклеток у голосеменных и покрытосеменных растений?
3. Из каких стадий складывается гаметогенез у млекопитающих?
4. Каков смысл образования направительного тельца?
5. Какие типы оплодотворения вы знаете?

Выполни задания

1. Перечислите фазы гаметогенеза и охарактеризуйте их.
2. Назовите плюсы и минусы бесполого и полового размножения.
3. Опишите процесс оплодотворения у млекопитающих.
4. Подготовьте сообщение об экстракорпоральном оплодотворении.

Обсуди с товарищами

1. Как происходит двойное оплодотворение и в чём его смысл?
2. Почему у млекопитающих яйцеклетки значительно меньше, чем у других позвоночных?

Выскажи мнение

Бесполое размножение позволяет быстро увеличить численность популяции вида.

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Предложите структуру таблицы, сравнивающей процессы созревания мужских и женских половых клеток, и заполните её.

Для любознательных

Это интересно

- Вымершая птица эпиорнис жила на острове Мадагаскар. Самка откладывала всего одно яйцо, зато оно было объёмом до 9 л! Конечно, и сама птица была огромной — ростом с жирафа.
- У клопов самец вводит сперматозоиды в любую часть тела самки, а затем сперматозоиды сами «ищут» в её теле яйцеклетки для того, чтобы оплодотворить их.
- Большое количество яйцеклеток производят перепончатокрылые насекомые. Самка пчелы откладывает до 3 тыс. яиц в сутки. Ещё более плодовиты самки термитов.
- Способность рожать разнояйцевых близнецов — признак, передаваемый по женской линии. В 50-е годы XX века в Европе жила женщина, которая за 33 года замужества родила 44 ребёнка — 13 двоен и 6 троен.
- У аскарид сперматозоиды лишены хвостов и перемещаются, как амёбы. У раков и крабов сперматозоиды тоже бесхвостые, зато у них есть острые крючки для прикрепления к яйцеклетке, а шейка может протолкнуть ядро сперматозоида в яйцеклетку.
- Партеогенез — это разновидность полового размножения, при котором животное развивается из неоплодотворённого яйца. Встречается партеногенез у некоторых членистоногих, например пчёл и ос. У пчёл самцы-трутни оплодотворяют самку-матку в брачном полёте всего один раз осенью. Затем матка, вернувшись в улей, откладывает яйца. Из оплодотворённых яиц выйдут рабочие пчёлы и новая матка, а из неоплодотворённых — трутни следующего поколения.
- У некоторых насекомых самки настолько агрессивны, что спариваться с ними смертельно опасно для самцов. У богомола самка откусывает самцу голову, но спаривание продолжается, поскольку инстинктом копуляции управляют нервные узлы, расположенные в брюшке самца.
- Самцы некоторых мух предлагают своим хищным «супругам» пищу, обмотанную красивой нитью, и пока самка ест, спариваются с ней.
- Петунья и жимолость опыляются ночными бабочками, оттого цветы этих растений ароматны только по ночам, а днём почти не пахнут.

§ 22. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМА. ЭМБРИОНАЛЬНЫЙ ПЕРИОД

- Что такое онтогенез, из каких этапов он складывается?
- Как происходит эмбриональное развитие у млекопитающих?

Индивидуальным развитием, или **онтогенезом**, называют генетически обусловленный процесс развития особи от начала её существования и до конца жизни. У простейших и бактерий онтогенез совпадает с клеточным циклом. У многоклеточных животных, которые размножаются бесполым путём, онтогенез начинается с отделения клетки или клеток материнского организма, которые за счёт митоза формируют дочерний организм — как это происходит, например, у гидры.

При половом размножении онтогенез начинается с оплодотворения яйцеклетки, т. е. с момента образования зиготы. Зигота и есть первая клетка нового организма.

Онтогенез у животных подразделяется на два периода — эмбриональный и постэмбриональный.

Эмбриональный период — период от оплодотворения до выхода организма из яйцевых и зародышевых оболочек (рис. 70). Этот период мы рассмотрим на примере тех животных, у которых в яйцеклетке практически нет питательных веществ. Таковы плацентарные млекопитающие, и среди них — человек.

Дробление начинается сразу же после образования зиготы, т. е. в яйцевом самки. Первое деление происходит в вертикальной плоскости, после чего образуются два **бластомера**, которые быстро делятся в горизонтальной плоскости. Плоскости деления меняются, и деления происходят так быстро, что бластомеры не успевают увеличиваться в размерах. Поэтому комочек из бластомеров, называемый **морула**, по размерам мало превышает исходную зиготу.

Когда число бластомеров достигает 32, они выстраиваются в полый шарик, стенки которого состоят из одного ряда бластомеров. Эта стадия зародыша называется **бластула**. Полость внутри бластулы — это первичная полость тела, или **бластоцель**. У людей бластула на 6-й день после оплодотворения выходит из яйцевода в матку, а на 7-й — внедряется в её стенку. Этот важнейший процесс называется **имплантацией**.

Дробление продолжается, причём на одном из полюсов бластулы клетки делятся чаще, чем на других. Поэтому образуется впячивание стенки бластулы в бластоцель. Этот процесс называется **гастроуляцией**. Вскоре из клеток впячивания образуется внутренний слой клеток. Эта стадия зародыша (двуслойный шарик) называется **гаструла**. При этом внешний слой клеток гастролы называют *наружным зародышевым листком* или **эктодермой**, а внутренний слой — *внутренним зародышевым листком* или **энтодермой**. Отверстие, ведущее внутрь полости, называют **первичным ртом**, а саму полость — **первичной кишкой**. Во время образования гастролы из клеток зародыша формируются стенки водного пузыря — **амниона**, который защищает зародыш и обеспечивает его развитие в водной среде.

Из клеток энтодермы происходит образование третьего зародышевого листка — **мезодермы**. Мезодерма формируется у всех животных, кроме губок и кишечнополостных.

В дальнейшем из перечисленных зародышевых листков закладываются все органы и ткани развивающегося организма — эта стадия называется **нейруляцией**.

На этой стадии из эктодермы формируется *нервная трубка*, из которой у позвоночных животных развивается спинной и головной мозг, а также из энтодермы формируется *хорда*. Хорда в течение всей жизни животного сохраняется у ланцетника, круглоротых и некоторых рыб (хрящевые, кистепёрые), а у подавляющего большинства позвоночных заменяется на позвоночник.

В процессе эмбриогенеза у большинства позвоночных на месте первичного рта впоследствии образуется анальное отверстие, а непосредственно сам рот, образуется на другой части зародыша. Таких животных называют *вторичноротыми*, к ним относится и человек. *Первичноротыми* являются черви, моллюски, членистоногие — у них рот зародыша становится ртом взрослого животного.

На ранних стадиях эмбрионального периода из исходно одинаковых клеток, возникших при дроблении единственной клетки (зиготы), появляются различные по строению и функциям органы и ткани. Этот процесс называется дифференциацией клеток, и он возможен потому, что в различных клетках зародыша последовательно активируются те гены, белки которых необходимы в этот момент для развития зародыша.

Ткани и основные органы зародыша формируются у человека уже к концу 9-й недели эмбриогенеза, и с этого момента эмбрион можно называть **плодом**.

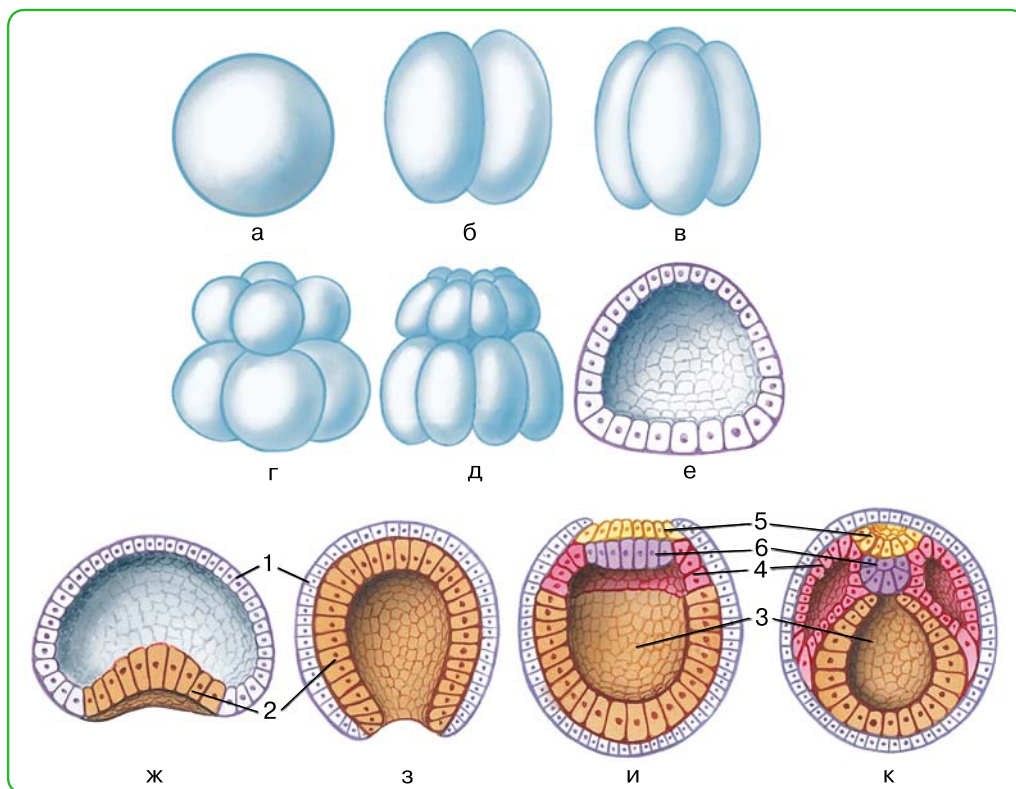


Рис. 70. Эмбриональный этап развития (на примере ланцетника): а — оплодотворённое яйцо; б — стадия 2 клеток; в — стадия 4 клеток; г — стадия 8 клеток; д — стадия 16 клеток; е — бластула в разрезе; ж — начало образования гастрюлы; з — гастрюла; и — ранняя нейрула; к — нейрула; 1 — эктодерма; 2 — энтодерма; 3 — полость первичной кишки; 4 — мезодерма; 5 — нервная пластинка (и) и нервная трубка (к); 6 — хорда

К этому времени окончательно формируется **плацента** — орган плода и матери, в котором сосуды обоих организмов тесно соприкасаются, но не срастаются. Через плаценту происходит обмен веществ между ними. За счёт снабжения веществами и энергией из организма матери зародыш быстро развивается, формируя свои системы.

Любой организм, особенно развивающийся, зависит от условий внешней среды. В большей степени эта зависимость проявляется у беспозвоночных животных, рыб и земноводных. У рептилий и птиц зародыш развивается в яйце, которое часто охраняют и согревают родители. У плацентарных млекопитающих внешняя среда для эмбриона — это материнский организм, внутри которого будущему поколению, казалось бы, ничто не угрожает. Но это далеко не так. Яйцеклетка иногда двигается медленно или вообще не двигается, и тогда после оплодотворения зигота может застрять в яйцевыводке. Таким образом, рост и развитие зародыша происходят вне матки, и такая беременность называется **внематочной**. Наблюдается внематочная беременность приблизительно в одном случае из 200. При такой беременности организм женщины оказывается в смертельной опасности из-за разрыва сосудов и сильного кровотечения.

Иногда из-за неправильного гормонального баланса или по другим причинам дробящийся зародыш не имплантируется в стенку матки — и беременность продолжаться не может.

Опасное малокровие у плода может возникнуть при несовместимости матери и эмбриона по резус-фактору — в том случае, если мать имеет резус-отрицательную кровь, а плод — резус-положительную. Получается, что организм матери воспринимает эритроциты плода как чужеродные и вырабатывает антитела, чтобы разрушить их. Плод особенно страдает в том случае, если у матери уже была такая же беременность.

Иногда будущий ребёнок может погибнуть в результате самопроизвольного аборта. Если аборт произошёл ранее 20-й недели беременности, то ребёнка спасти очень трудно. Самопроизвольные аборты часто вызваны заболеваниями матери: сниженной работой щитовидной железы, краснухой, сахарным диабетом.

К врождённым уродствам плода может привести заболевание беременной женщины герпесом, гепатитом, гриппом, свинкой, ветряной оспой.

Отдельную опасность во время беременности представляет курение, употребление алкоголя и наркотиков. У курящих женщин вес новорождённого снижен, роды часто бывают преждевременными, дети отстают в физическом и умственном развитии, увеличивается вероятность рождения детей с отклонениями. Беременная женщина должна также избегать воздействия от табачного дыма других курящих — т. е. пассивного курения.

Алкоголь — главная из распространённых причин врождённых пороков развития у новорождённых. У детей пьющих женщин часто наблюдается недоразвитие мозга (микроцефалия), дефекты лица и отставание в развитии.

Очень опасно употребление наркотиков. Например, приём кокаина, сужающего кровеносные сосуды, приводит к ухудшению кровоснабжения плода. Такие дети подвержены риску различных уродств, отстают в развитии и не могут учиться.



Ключевые слова: онтогенез, эмбриональный период, бластомеры, морула, бластула, бластоцель, имплантация, гастрюла (гаструляция), эктодерма, энтодерма, мезодерма, первичный рот, первичная кишка, амнион, нейруляция, плод, плацента.

ВЫВОДЫ

Онтогенез — это генетически обусловленный процесс индивидуального развития любой особи от начала её существования до конца жизни. Онтогенез у животных подразделяется на эмбриональный и постэмбриональный периоды. У человека зигота начинает дробиться и через стадии морулы и бластулы достигает двуслойной стадии — гаструлы. Наружный слой гаструлы — эктодерма, а внутренний — энтодерма. Между ними закладывается третий слой клеток (зародышевый листок) — мезодерма. На стадии нейрулы у зародыша человека формируются хорда, нервная трубка, кишечная трубка с жаберными щелями.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Каковы особенности онтогенеза у одноклеточных организмов?
2. Какой этап онтогенеза называют эмбриональным?
3. Что возникает в результате первого деления зиготы?
4. Когда у зародыша формируется амнион?
5. Что может повлиять на нормальное развитие организма?

Выполни задания

1. Назовите стадии эмбриогенеза и охарактеризуйте их.
2. Охарактеризуйте процесс имплантации.

Обсуди с товарищами

1. Что такое дифференциализация клеток и каковы причины этого процесса?
2. Что такое плацента, где она образуется и каковы её функции?
3. Как никотин, алкоголь, наркотики могут повлиять на развитие зародыша?

Выскажи мнение

Эмбриональный период — стадия от оплодотворения до выхода организма из яйцеклетки и зародышевых оболочек.

РАБОТА С ТЕКСТОМ

Найдите в тексте определения понятий: *бластомер, морула, первичная кишка, мезодерма*. Выпишите понятия и определения в рабочую тетрадь.

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Заполните таблицу «Эмбриогенез».

Стадия	Происходящие процессы

§ 23. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМА. ПОСТЭМБРИОНАЛЬНЫЙ ПЕРИОД

- Чем заканчивается эмбриональный период онтогенеза?
- Какие периоды выделяют в постэмбриональном развитии человека?

Постэмбриональный период начинается с момента выхода животного из яйцевых оболочек или момента деторождения (млекопитающие, птицы, пресмыкающиеся) и продолжается до конца жизни.

Начальный этап постэмбрионального периода у животных может проходить по одному из двух вариантов: по типу **прямого развития** (неличиночному) или по типу **непрямого развития** (с метаморфозом).

В случае прямого развития личинки отсутствуют и дочерняя особь похожа на родителей, но отличается малыми размерами и неразвитой половой системой. Так происходит развитие у некоторых насекомых (рис. 71), рептилий, птиц (рис. 72), млекопитающих.

При непрямом развитии, т. е. развитии с метаморфозом, наблюдаются личиночные стадии. Такой тип развития свойственен многим насекомым, рыбам, земноводным (рис. 73). Зигота этих существ быстро развивается в личинку, которая растёт, развивается и питается самостоятельно. Затем происходит **метаморфоз**, или превращение личинки во взрослое животное. Это превращение может быть полным или неполным. Например, у саранчи личинки похожи внешне на родителей, но у них нет полового аппарата и крыльев (см. рис. 71). Через несколько линек недостающие системы развиваются — и саранча становится взрослой. А вот у чешуекрылых (бабочек) превращение, или метаморфоз, — полный. Личинки бабочек, гусеницы, на взрослые особи не похожи внешне, да и питаются чаще не нектаром, а листьями. Но после ряда линек из личинки образуется куколка, которая некоторое время пребывает в покое, а за это время в ней формируется взрослая особь.

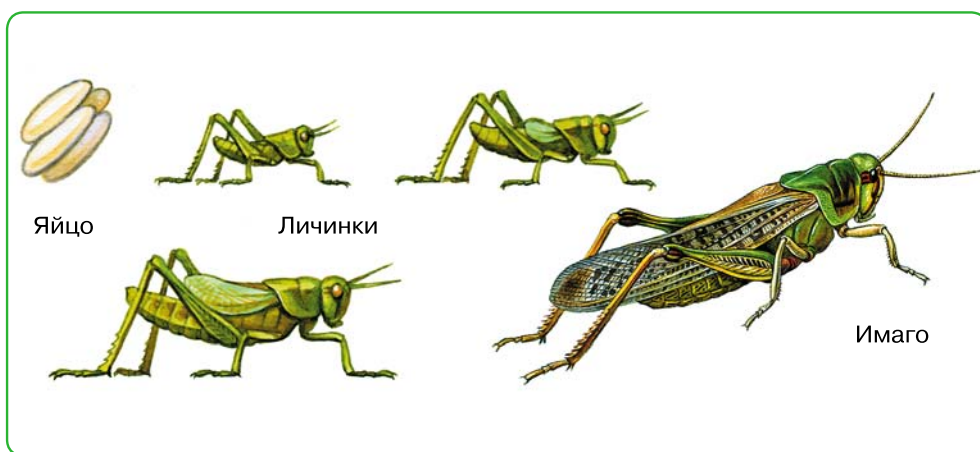


Рис. 71. Развитие саранчи



Рис. 72. Развитие птицы

Смысл существования развития с превращением, видимо, состоит в том, что у личинки и взрослой особи какого-либо вида различные места обитания и пищевые базы, поэтому они не конкурируют в природе. Например, головастик питается мелкими водными существами (зоопланктоном), а взрослая лягушка — наземными насекомыми.

Для многих животных и человека характерна долгая забота о своём потомстве (рис. 74—76). В его постэмбриональном развитии выделяют несколько возрастных этапов, или периодов (рис. 77).

Младенческий возраст — от 0 до 1 года. Ребёнок быстро прибавляет в росте и весе, учится управлять своими мышцами: самостоятельно садится, ползает, учится ходить. К концу первого года у ребёнка уже есть зубы, он произносит первые слова, играет в игрушки. За первый год жизни рост младенца может увеличиться на 25 см, а масса тела возрастает в 3 раза!



Рис. 73. Развитие лягушки



Рис. 74. Детёныши полярного медведя идут за матерью



Рис. 75. Слоны



Рис. 76. Японский макак с малышом

Детский возраст — от 1 до 13 лет. Ребёнок быстро растёт, черты его лица сильно меняются, происходит смена зубов, ускоренное умственное развитие, уверенное овладение речью. В этот период наблюдается усиленное выделение гипофизарного гормона роста. Дети нуждаются также в больших количествах витаминов, особенно витаминов А, В, С, и D. Если их не хватает, то рост малыша замедляется.

Взрослый возраст наступает у женщин с 21 года, а у мужчин — с 22 лет. Рост останавливается. Полное развитие физических и умственных способностей, социальная зрелость позволяет создать полноценную семью. После 45 лет начинаются изменения в эндокринных функциях, меняется обмен веществ.

Старческий возраст начинается с 70—75 лет. Очень многие люди сохраняют до этого возраста прекрасную профессиональную трудоспособность. Снижается или исчезает функция воспроизведения, наблюдается ослабление физических возможностей. Старение — общеприродная закономерность. Оно существует у всех видов, но причины этого явления изучены недостаточно.

В последние годы появились доказательства того, что клетки организма не могут делиться бесконечное число раз, омолаживая организм. Считают, что клетка может каче-

ственно делиться около 50 раз, но при этом её ДНК немного укорачивается, хотя при первых делениях важные гены не теряются и дочерние клетки получают полноценными. Но затем при каждом последующем делении происходит потеря ДНК, которая всё больше и больше затрагивает «действующие» гены, что приводит к тому, что каждое последующее поколение клеток получается хуже предыдущего. Это и есть старение. Приведённая гипотеза поддерживается многими учёными.



Рис. 77. Постэмбриональное развитие человека: а — младенец; б — дошкольники; в — учащиеся начальной школы; г — подростки; д — взрослые; е — пожилая пара

Процесс старения ускоряется при постоянном употреблении больших доз алкоголя, наркотиков, курении и особенно введении в организм токсических веществ, убивающих за один приём много тысяч нервных клеток.



Ключевые слова: постэмбриональный период, прямое развитие, непрямое развитие, метаморфоз, возрастные этапы постэмбрионального периода.

ВЫВОДЫ

Постэмбриональный период начинается с рождения или с момента выхода из личиночных оболочек и до конца жизни и может происходить по одному из двух вариантов: по типу прямого развития (неличиночному) или по типу непрямого развития (с метаморфозом).

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Что называется постэмбриональным периодом онтогенеза?
2. Какие выделяют типы постэмбрионального развития?
3. У каких животных встречается личиночный тип постэмбрионального развития?
4. Какой тип онтогенеза характерен для птиц, рептилий и некоторых млекопитающих?
5. В чём заключается биологическое значение наличия стадии личинки?
6. Какие возрастные этапы выделяют в постэмбриональном развитии человека?

Выполни задания

1. Охарактеризуйте типы постэмбрионального развития.
2. Охарактеризуйте этапы постэмбрионального развития человека.
3. Приведите примеры организмов с прямым и непрямым типами развития.

Обсуди с товарищами

1. В чём биологический смысл явления метаморфоза?
2. Каковы особенности онтогенеза у плацентарных млекопитающих?

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Составьте таблицы: «Типы постэмбрионального развития» и «Периоды постэмбрионального развития человека».

Для любознательных

Это интересно

- Периоды онтогенеза у различных видов живых существ очень сильно различаются по продолжительности. У позвоночных, в том числе и человека, особь большую часть своей жизни находится во взрослом состоянии. А у многих насекомых взрослая стадия очень короткая. Например, у майского жука личинка, активно питаясь, живёт в почве

4—6 лет, тогда как взрослая особь имеет на размножение всего 7 дней. Насекомые подёнки в виде личинок существуют в воде до 3 лет, а взрослые особи живут всего несколько часов!

- Сравнение развития эмбрионов различных видов хордовых животных показало, что развитие это очень сходно. Например, у всех классов хордовых в эмбриональном состоянии есть хорда, жаберы, нервная трубка. Этот факт позволил Карлу Бэру сформулировать закон зародышевого сходства: «В пределах типа эмбрионы, начиная с самых ранних стадий, обнаруживают известное общее сходство». Однако при дальнейшем развитии каждый зародыш развивается своим путём и приобретает всё большее сходство с особями своего вида.

- В первые недели эмбриогенеза у будущего человека есть хорда, жаберные щели и хвост, т. е. он напоминает древнейших хордовых, сходных по строению с нынешним ланцетником. Этот и многие другие примеры показывают связь между индивидуальным развитием каждого организма и эволюцией вида, к которому этот организм относится. Эта мысль была сформулирована в биогенетическом законе Ф. Мюллера и Э. Геккеля: индивидуальное развитие особи (онтогенез) до определённой степени повторяет историческое развитие вида (филогенез), к которому относится данная особь.

Русский учёный А. Н. Северцов внёс важные дополнения в этот закон. Он установил, что в эмбриогенезе повторяются признаки зародышей, а не взрослых особей. Например, жаберные щели у зародыша человека сходны по строению с жаберными щелями зародышей рыб, а не с жабрами взрослых рыб.

Биогенетический закон имеет очень важное общепаразитическое значение, поскольку свидетельствует об общих предках животных, относящихся к различным систематическим группам.

- Известны случаи, когда отдельные клетки или группа клеток эмбриона начинают развиваться самостоятельно, формируя отдельный организм. Например, во Франции в середине 50-х годов XX века в организме девочки 14 лет был обнаружен эмбрион, развивающийся в брюшной полости своей юной хозяйки. Конечно, этот эмбрион развивался в совершенно ненормальных условиях и страдал целым рядом тяжёлых отклонений от нормы, а поэтому из него никогда бы не смог сформироваться нормальный организм ребёнка. Кроме того, это существо отрицательно влияло на организм своей невольной сестры. Ведь многие органы девочки не могли нормально расти и развиваться, находясь под давлением растущего в её организме инородного тела. Однако тесной связи между организмами не было, т. е. их связывали только сосуды, которые удалось перерезать без особых проблем и удалить развивающийся эмбрион. По мнению специалистов, развитие «незаконного эмбриона» на брыжейке в организме девочки началось давно, когда эта девочка сама развивалась в организме своей матери. Такие случаи, когда эмбрион в процессе развития образует два независимых организма, обычны — это образование однояйцевых близнецов. А однояйцевыми они называются потому, что исходной клеткой для обоих развивающихся организмов была одна материнская яйцеклетка, которая после оплодотворения в процессе дробления дала жизнь двум существам, а бывает, что и более двух.

- Экспериментальное изучение зародышевого развития животных привело к представлению о так называемых критических периодах. В отношении развития зародыша человека большое значение имеют следующие критические периоды: 6—7-е сутки после зачатия (имплантация в стенку матки, формирование плаценты), конец 2-й недели беременности (период нейруляции — закладки нервной системы) и роды (резкое изменение условий существования после родов и перестройка деятельности всех систем организма: изменяется характер кровообращения, газообмен, питания и т. д.).

§ 24. ГЕНЕТИКА. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ И СИМВОЛЫ. МЕТОДЫ ГЕНЕТИКИ

- Что такое ДНК, каковы её функции?
- В чём суть гибридологического метода?

Наследственность и изменчивость — это всеобщие свойства живых организмов. **Наследственностью** называют способность организмов передавать свои признаки и свойства из поколения в поколение, а **изменчивостью** — способность любого организма приобретать в процессе онтогенеза какие-то признаки, отличающие его от других особей того же вида. **Ген** — это элементарная единица наследственности. Он представляет собой участок молекулы ДНК, в котором заложена информация о каком-либо признаке организма.

Гены сосредоточены в хромосомах, которые при половом размножении, в результате слияния гамет, переходят в дочерний организм. Изучает законы наследственности и изменчивости наука *генетика*.

Гены располагаются в строго определённых для каждого гена участках хромосом — **локусах**. Диплоидные организмы содержат двойной набор хромосом — по одному от каждого из родителей и, следовательно, двойной набор генов.

Парные гены, расположенные в одних и тех же локусах гомологичных хромосом и определяющие варианты развития одного и того же признака, называются **аллельными генами (аллелями)**. В диплоидной клетке может присутствовать не более двух аллелей одного гена одновременно. Например, аллельными являются гены, определяющие жёлтую и зелёную окраску семян, гладкую и морщинистую форму семян гороха, различную окраску венчика розы. В одной гамете два аллеля находиться не могут, так как гаметы содержат по одному набору хромосом, т. е. гаплоидны. Аллельные гены могут быть доминантными и рецессивными.

Доминантным признаком называют преобладающий признак. Он определяется доминантным геном. Доминантный ген обозначается прописными буквами латинского алфавита: А, В, С и т. д. Действие этого гена проявляется как в гомозиготном (АА), так и в гетерозиготном (Аа) состоянии.

Рецессивный признак — подавляемый признак. Он проявляется только в гомозиготном состоянии при наличии двух одинаковых аллелей (аа) рецессивного гена. Рецессивный ген обозначается соответствующей строчной буквой латинского алфавита: а, в, с и т. д. В гетерозиготном состоянии рецессивный признак может полностью или частично подавляться доминантным.

Рассмотрим некоторые генетические понятия.

Генотип — это совокупность всех генов, полученных от родителей.

Фенотип — это совокупность всех внутренних и внешних признаков организма, сформировавшихся в онтогенезе в результате воздействия генов и внешней среды.

Гено́м — это совокупность всех генов клетки какого-либо вида существ, характерных для гаплоидного набора хромосом. Гено́м характеризует вид, а не отдельную особь.

Гомологичные хромосомы — это парные хромосомы, одинаковые по размерам, форме, набору генов, доставшиеся организму по одной от каждого из родителей.

Гомозигота — это организм, развившийся из зиготы, имевшей одинаковые аллели одного гена в гомологичных хромосомах (AA или aa).

Гетерозигота — это организм, развившийся из зиготы, имевшей разные аллели одного гена в гомологичных хромосомах, т. е. несущие альтернативные признаки (Aa).

Чистые линии — это линии растений или животных, полученные в результате длительного самоопыления или близкородственного скрещивания.

Гибрид — это особь, полученная в результате скрещивания.

Таблица 9

Обозначения и символы, используемые в генетике
для записи схем скрещивания

Родительские особи	P (от лат. <i>parentes</i> — родители)
Особи первого поколения гибридов	F_1 (от лат. <i>Fillii</i> — дети)
Особи второго поколения гибридов	F_2
Гаметы	G
Доминантные аллели	A, B, C и т. д.
Рецессивные аллели	a, b, c и т. д.

Методы генетики. Первооткрывателем законов генетики справедливо считается австрийский учёный Грегор Мендель (рис. 78). Но метод искусственной гибридизации, которым он пользовался, был известен задолго до классического труда этого великого учёного.

Дело в том что Г. Мендель, будучи по образованию математиком, по призванию католическим монахом, а по зову души — ботаником, сумел создать для своих исследований законов наследственности **гибридологический метод**. Смысл этого метода — скрещивание интересующих нас организмов (т. е. гибридизация) с последующим анализом наследования признаков этих организмов. Мендель усовершенствовал этот метод и следовал нескольким правилам:

1. Растения, которые он скрещивал, отличались друг от друга по малому числу признаков.

2. Скрещиваемые растения относились к двум разным чистым линиям: у растений гороха одной линии семена при самоопылении всегда были зелёные (aa), а у другой — всегда жёлтые (AA). Чистые линии Мендель получил заранее при помощи самоопыления растений гороха.

3. В опытах Г. Мендель использовал одновременно несколько родительских пар гороха. Это позволило ему получить больше экспериментального материала и сделать более надёжные выводы.

4. При обработке данных Г. Мендель использовал количественные методы, с большой точностью

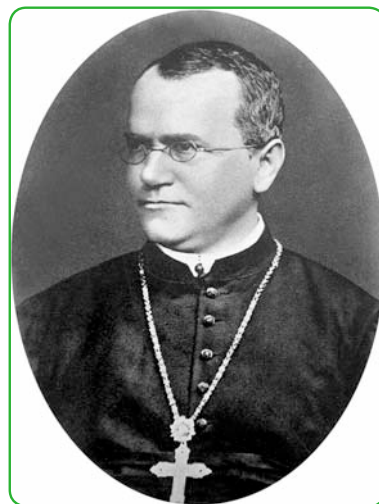


Рис. 78. Г. Мендель



Рис. 79. Горох



Рис. 80. Отличительные признаки гороха

учитывая, сколько растений с тем или иным признаком появились в потомстве родительской пары.

5. Г. Мендель удачно выбрал в качестве объекта для своих экспериментов горох (рис. 79). Горох, произрастающий в Европе даёт несколько поколений в год. Признаки гороха легко различимы. Горох в природе самоопыляем, но в эксперименте его можно опылять перекрёстно.

Исследуя закономерности наследования признаков, Г. Мендель использовал в опытах 22 чистые линии садового гороха. Растения этих линий имели сильно выраженные отличия друг от друга: форма семян (гладкие — морщинистые); окраска семян (жёлтые — зелёные) и некоторые другие (рис. 80).

Результаты своих опытов Г. Мендель опубликовал в 1865 г., но не был понят и признан современниками. Открытые им законы наследственности были переоткрыты в 1900 г. тремя независимо работавшими исследователями, признавшими первенство Г. Менделя.

В наше время генетика по-прежнему базируется на гибридологическом методе. Но к нему прибавился *цитологический метод*, исследующий хромосомы и всё, что связано с ними, а также молекулярно-генетический метод, изучающий отдельные гены, их строение и принципы функционирования.



Ключевые слова: наследственность, изменчивость, ген, локусы, аллели, доминантный признак, рецессивный признак, генотип, фенотип, геном, гомологичные хромосомы, гомозигота, гетерозигота, чистые линии, гибрид, гибридологический метод.

ВЫВОДЫ

Генетика изучает закономерности наследственности и изменчивости. Ген — элементарная единица наследственности, представляет собой участок молекулы ДНК. Хромосомы — это линейно соединенные гены, причём у каждого гена есть определённое место (локус). Одинаковые хромосомы, доставшиеся организму от отца и матери, — гомологичные. Генотип особи — все гены, полученные ею от родителей, фенотип — набор всех признаков особи. Аллельные гены могут быть доминантными или рецессивными. Соматические клетки содержат $2n$ хромосом, а гаметы — n . Основные методы генетики — скрещивание и отбор. Законы наследственности были открыты Г. Менделем.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Что такое наследственность и изменчивость?
2. Как называется участок ДНК, в котором заложена информация о каком-либо признаке организма?
3. Какими могут быть аллельные зоны?
4. Какими методами пользовался Г. Мендель?
5. В чём сущность гибридологического метода Г. Менделя?
6. Каковы особенности цитологического метода генетики?

Выполни задания

1. Подготовьте презентацию на тему «Жизнь и открытия Г. Менделя».
2. Дайте определения понятиям: *ген, генотип, геном, гомологичные хромосомы*.
3. Укажите значение используемых в генетике символов: P, F₁, F₂, G; a, b, c.

Обсуди с товарищами

Почему выбранное Г. Менделем растение было очень удачным и удобным для проведения экспериментов?

Выскажи мнение

Геномика — наука, изучающая геном и гены живых организмов.

РАБОТА С ТЕКСТОМ

Найдите в тексте определения понятий: *доминантный признак, гомозигота, генотип, гибриды*. Выпишите эти понятия и определения в рабочую тетрадь.

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Заполните таблицу «Генетические понятия». Продолжите её заполнение на следующих уроках.

Название понятия	Определение

Для любознательных

Это интересно

• Важнейшим разделом молекулярной генетики является **геномика**. Геномика изучает геном и гены живых организмов. Это направление молекулярной генетики возникло в 1980-е гг., когда начались работы по точному определению геномов различных живых существ. Сначала была определена последовательность нуклеотидов в генах одного из бактериофагов. А в 2001 г. был раскрыт геном человека, у которого он состоит из 3 млрд пар нуклеотидов. Такая гигантская работа стала возможна благодаря усовершенствованию биохимических методов и применению сверхмощных ЭВМ. Однако знать последовательность оснований в молекуле ДНК — это только начало работы. Теперь надо обнаружить начало и конец каждого гена; понять какие гены действующие, а какие нет; в каком случае ген начинает работать, а в каких — блокируется.

§ 25. ЗАКОНЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ, УСТАНОВЛЕННЫЕ Г. МЕНДЕЛЕМ. ГИПОТЕЗА ЧИСТОТЫ ГАМЕТ. НЕПОЛНОЕ ДОМИНИРОВАНИЕ. ДИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ. АНАЛИЗИРУЮЩЕЕ СКРЕЩИВАНИЕ. ГЕНОФОНД

- Какие признаки называются доминантными, а какие рецессивными?
- В чём суть законов «Правило единообразия гибридов первого поколения» и «Правило расщепления»?

Для изучения законов наследственности Г. Мендель выбрал две чистые линии гороха, семена которых отличались по одному признаку — цвету. У одной линии семена (горошины) были жёлтые, а у другой — зелёные. По современным представлениям, о которых Мендель, естественно, ничего знать не мог, клетки растений гороха одной линии содержат по два гена, кодирующих только жёлтую окраску (AA), а другой линии — по два гена, кодирующих только зелёную окраску семян (aa). Чистые линии образованы только гомозиготными растениями, поэтому при самоопылении они всегда воспроизводят один вариант проявления признака. В опытах Менделя, например, это был один из двух возможных цветов семян гороха — или всегда жёлтый, или всегда зелёный. Скрещивание форм, отличающихся друг от друга по одной паре признаков, за которые отвечают аллели одного гена, называют **моногибридным скрещиванием**.

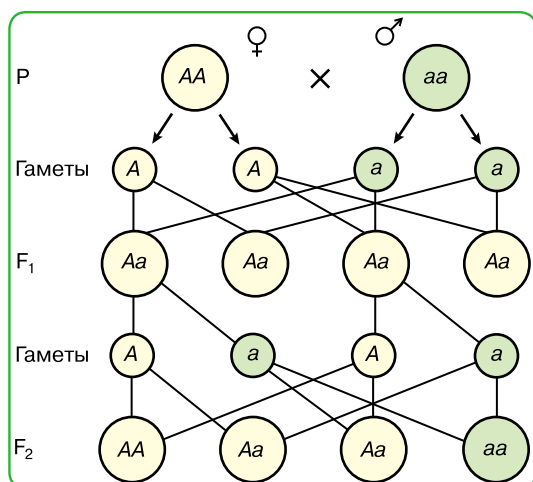


Рис. 81. Цитологические основы моногибридного скрещивания

Правило (1-й закон) единообразия гибридов первого поколения. Г. Мендель начал свои исследования со скрещивания растений гороха, отличающихся только цветом семян (жёлтый или зелёный). В первом поколении семена у всех растений оказались исключительно жёлтыми (рис. 81). Проявляющийся у гибридов вариант признака, в данном случае — жёлтый цвет семян, Г. Мендель назвал доминантным. Как установил Мендель, ещё одним доминантным признаком является гладкая форма семян гороха. Она доминирует над морщинистым вариантом формы семян.

На основании полученных данных Г. Мендель сформулировал **правило единообразия гибридов первого поколения**:

при скрещивании двух гомозиготных организмов, отличающихся друг от друга одним признаком, все гибриды первого поколения будут иметь признак одного из родителей и поколение по данному признаку будет единообразным.

Правило (2-й закон) расщепления. Г. Мендель продолжил свои опыты, вырастив растения гороха из семян, полученных в первом поколении. Затем он скрестил эти растения и обнаружил, что во втором поколении (F_2) $\frac{3}{4}$ горошин были жёлтыми, а $\frac{1}{4}$ — зелёными. В своих опытах, как уже говорилось, Мендель учитывал число тех или иных горошин, полученных при скрещивании многих родительских пар растений. Таким образом, его данные были очень надёжными. Из этих результатов он сделал вывод, получивший название **правило расщепления**: при скрещивании двух потомков (гибридов) первого поколения между собой во втором поколении наблюдается расщепление, и снова появляются особи с рецессивными признаками; эти особи составляют $\frac{1}{4}$ часть от всего числа потомков второго поколения (рис. 82).

Гипотеза чистоты гамет. Из своих опытов по гибридизации гороха Г. Мендель сделал несколько выводов. Он исходил из того, что в каждой клетке организма (в его опытах — в клетках гороха) есть два «элемента», отвечающих за наследование каждого признака (цвет горошин, форма горошин и т. д.). «Элементами» Мендель назвал то, что теперь называют генами, представляющими собой участки ДНК.

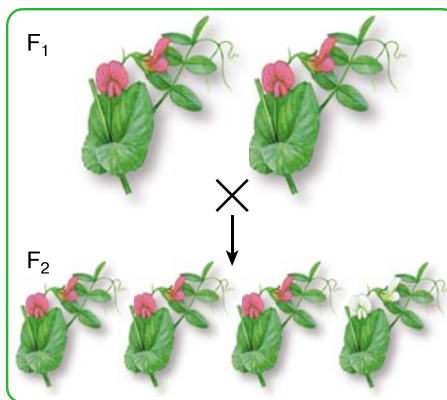


Рис. 82. Правило расщепления

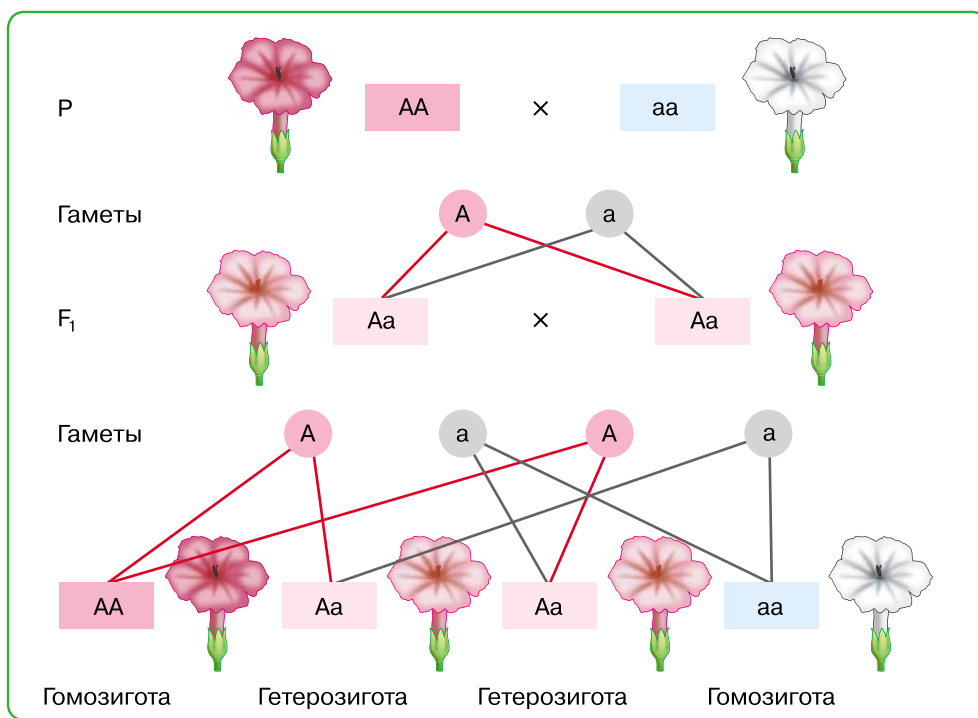


Рис. 83. Схема наследования при неполном доминировании

В клетках гибридов первого поколения, хотя они имеют только жёлтые семена, всё равно присутствуют оба «элемента», отвечающие и за жёлтый, и за зелёный цвет горошин: один — от материнского, а другой — от отцовского растения. Только один из них проявляет свой эффект (доминирует), а второй нет, являясь рецессивным.

Откуда же во втором поколении появляются растения с зелёными горошинами? Связь между поколениями обеспечивается через половые клетки — гаметы. Значит, каждая гамета (в отличие от клеток тела или соматических клеток) содержит только один «элемент наследственности», т. е. ген из двух, содержащихся в клетках тела, — жёлтого или зелёного цвета семян. Таким образом, Г. Мендель сформулировал **гипотезу чистоты гамет**:

при образовании гамет в каждую из них попадает только один из двух «элементов наследственности», отвечающих за данный вариант признака.

Теперь мы знаем, что это происходит в результате мейоза, когда в гаметах число хромосом уменьшается вдвое по сравнению с соматическими клетками.

Из результатов, полученных Г. Менделем при моногибридном скрещивании, помимо этой гипотезы, можно вывести ещё одно следствие: «элементы наследственности» (гены) передаются из поколения в поколение не меняясь. Ведь в F_1 зелёных горошин не было, но соответствующий ген не исчез и не превратился в «ген желтизны» горошин, а просто был подавлен доминантным геном в первом поколении, а во втором смог проявить свой эффект, находясь в гомозиготном состоянии (aa).

Неполное доминирование. При проверке открытий Г. Менделя другие учёные выявили, что аллельные гены не всегда можно разделить на доминантные и рецессивные. В этом случае гомозиготные особи (AA и aa) будут по фенотипу отличаться от гетерозиготных особей (Aa). Так, при скрещивании растений ночной красавицы с красными цветками (AA) с растениями, имеющими белые цветки, все гибриды первого поколения будут иметь розовую окраску (рис. 83). А при скрещивании двух растений из первого поколения (Aa) во втором поколении произойдёт расщепление по фенотипу в соотношении 1 : 2 : 1 (один цветок красный (AA), один белый (aa) и два розовых (Aa)).

Неполное доминирование в природе встречается очень часто. Например, при наследовании укороченных пальцев у человека, когда у здорового человека присутствуют два доминантных гена (BB). У гетерозигот (Bb) проис-

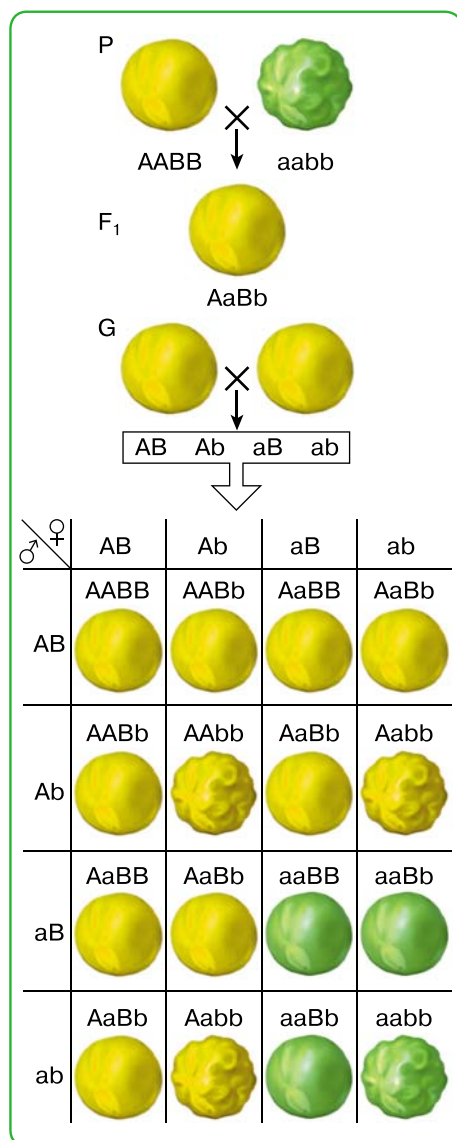


Рис. 84. Схема наследования при дигибридном скрещивании

ходит укорочение фаланг пальцев, а у рецессивных гомозигот (vv) наблюдаются такие серьёзные нарушения в скелете, что эти люди погибают в детстве. По типу неполного доминирования наследуется также серповидноклеточная анемия (заболевание крови) и другие болезни человека.

Дигибридное скрещивание. Г. Мендель продолжил свои исследования, выясняя, как наследуются признаки при дигибридном скрещивании, т. е. если растения гороха отличались по двум признакам — цвету горошин и форме горошин. Он скрестил растения из чистых линий гороха, имевших жёлтые гладкие горошины ($AABB$), с растениями, имевшими зелёные морщинистые горошины ($aabb$) (рис. 84).

Для удобства и наглядности английский генетик Реджинальд Пеннет предложил заносить результаты по дигибриднему скрещиванию в таблицу, по сторонам которой записывают гены интересующих нас признаков, попадающих в образующиеся у каждой особи гороха гаметы. Эту таблицу называли решёткой Пеннета.

В первом поколении, как и положено, по правилу единообразия гибридов первого поколения все растения были с жёлтыми и гладкими семенами (Aa). А во втором поколении проявились 4 фенотипа: с жёлтыми гладкими, жёлтыми морщинистыми, зелёными гладкими и зелёными морщинистыми семенами, причём соотношение этих фенотипов было $9 : 3 : 3 : 1$. Им соответствует 9 генотипов. Но если посмотреть, каким будет соотношение горошин по каждому из двух признаков, т. е. по цвету и форме, то оно будет $3 : 1$, т. е. опять будет соответствовать правилу расщепления Г. Менделя. Из этих двух данных Г. Мендель вывел **правило (3-й закон) независимого наследования признаков: при дигибридном скрещивании гены и признаки, за которые эти гены отвечают, наследуются независимо друг от друга.** Однако чуть позднее стало понятно, что этот закон справедлив только в том случае, когда гены, отвечающие за два признака, располагаются в негомологичных хромосомах, как это и оказалось в случае опытов Менделя.

Анализирующее скрещивание. Очевидно, что по фенотипу точно определить генотип нельзя. Ведь горох с жёлтыми семенами может иметь генотип AA и Aa . Для того чтобы точно определить генотип особи с доминантным фенотипом, проводят анализирующее скрещивание, т. е. исследуемую особь скрещивают с рецессивной гомозиготой (aa), гены которой определены. Если в потомстве будут только жёлтые горошины, значит, исследуемое растение — доминантная гомозигота (AA), если же в потомстве есть и жёлтые, и зелёные семена в соотношении $1 : 1$, то изучаемое растение было гетерозиготой (Aa). Анализирующее скрещивание — один из основных методов, позволяющий установить генотип особи. По этой причине его широко используют в генетике и селекции (рис. 85).

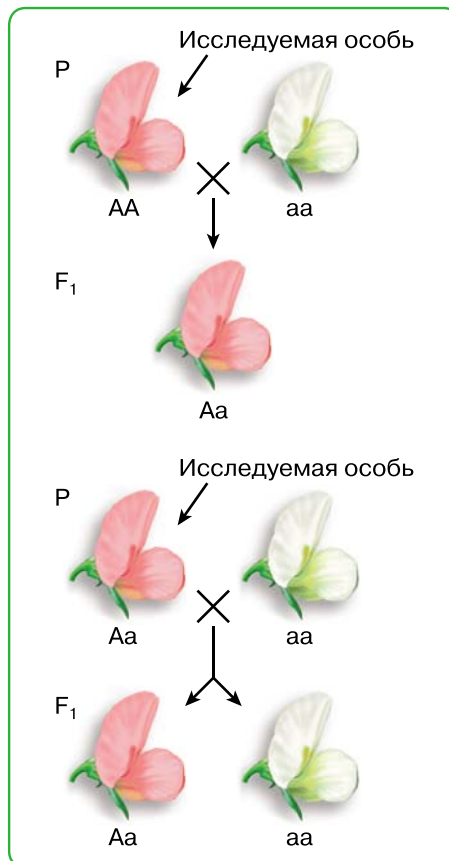


Рис. 85. Два варианта анализирующего скрещивания

Генофонд. Итак, каждый вид имеет целый набор аллельных генов, хотя каждая особь благодаря диплоидности содержит в каждой аллели только два гена. Совокупность всех вариантов всех генов, входящих в состав генотипов особей какого-либо вида, получила название **генофонд** популяции. Можно также говорить о генофонде семьи или иной группы особей вида.



Ключевые слова: моногибридное скрещивание, правило единообразия гибридов первого поколения, правило расщепления, гипотеза чистоты гамет, неполное доминирование, дигибридное скрещивание, независимое наследование признаков, анализирующее скрещивание, генофонд.

ВЫВОДЫ

Мендель сформулировал следующие законы (правила) наследственности: правило единообразия гибридов I поколения; правило расщепления; гипотеза чистоты гамет; правило независимого наследования. Анализирующее скрещивание — скрещивание с рецессивной гомозиготой.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. В чём суть правила Г. Менделя единообразия гибридов первого поколения?
2. Что такое чистота гамет? На каком явлении основан закон чистоты гамет?
3. В чём суть явления неполного доминирования?
4. Какое скрещивание называется дигибридным?

Выполни задания

1. Сформулируйте правила (законы): единообразия гибридов первого поколения, расщепления, независимого наследования.
2. Составьте и предложите решить одноклассникам генетические задачи по дигибридному скрещиванию.

Обсуди с товарищами

1. Объясните, каковы причины рождения у темноволосых родителей ребёнка со светлыми волосами.
2. При каких условиях при дигибридном скрещивании наблюдается независимое распределение признаков в потомстве?

Выскажи мнение

Генофонд — совокупность всех вариантов всех генов, входящих в состав генотипов особей какого-либо вида.

РАБОТА С ТЕКСТОМ

1. Опираясь на текст параграфа, объясните своими словами суть гипотезы чистоты гамет и явления неполного доминирования.
2. Предложите свой вариант схемы неполного доминирования.

§ 26. ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ. ЗАКОН МОРГАНА. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ. ГЕНЕТИКА ПОЛА. НАСЛЕДОВАНИЕ, СЦЕПЛЕННОЕ С ПОЛОМ. ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ

- Каково строение и функции хромосом?
- В чём суть хромосомной теории наследственности Т. Моргана?

Когда Г. Мендель получил свои замечательные данные, никто не мог понять, что это за «элементы наследственности» он открыл (рис. 86) и, главное, где же они в клетке находятся? Что собой представляют?

В 1902 г. американец У. Сеттон предположил, что за наследственность в клетках отвечают хромосомы. Вскоре стало ясно, что в каждой хромосоме (у человека их 23 пары) располагается много генов. Сейчас учёные считают, что у человека около 28 тыс. генов.

В случае скрещивания форм гороха с жёлтой и зелёной окраской семян родительские особи были гомозиготными. Это значит, что одна из них обладала хромосомами с доминантными аллелями, а другая несла хромосомы с рецессивными аллелями. Гаметы имели по одной гомологичной хромосоме и, следовательно, по одному из аллелей. При слиянии гамет восстанавливался двойной набор хромосом, а значит, объединялись разные аллели. При этом доминантный аллель подавлял действие рецессивного.

В ходе мейоза у гетерозигот гомологичные хромосомы попадают в разные гаметы. Значит, гаметы имеют по одному аллелю из данной пары. В результате случайного сочетания мужских и женских гамет при оплодотворении может возникнуть ситуация, когда в зиготе окажутся гомологичные хромосомы, несущие только рецессивные аллели. Это приведёт к появлению рецессивного признака.

Хромосомную теорию наследственности создал великий американский генетик Томас Морган. Он сформулировал следующие положения.

1. Носителями наследственности являются гены.

2. Ген представляет собой участок хромосомы. Таким образом, хромосома — это группа последовательно сцепленных между собой генов.

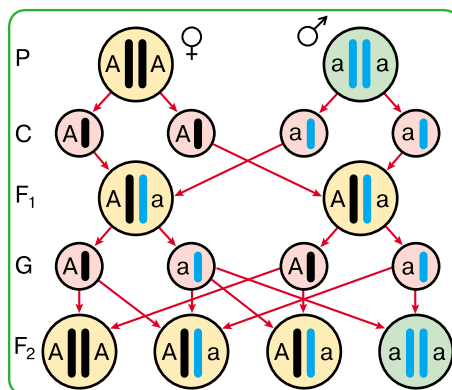


Рис. 86. Цитологическое обоснование первого и второго законов Менделя

3. Каждый ген занимает в определённой хромосоме строго определённое место — локус. Во время конъюгации в мейозе локусы аллельных генов гомологичных хромосом располагаются напротив друг друга.

4. Гены одной хромосомы наследуются совместно и попадают в одну гамету. Это положение хромосомной теории часто называют **законом Моргана**.

5. Кроссинговер (перекрёст) представляет собой обмен аллельными генами между гомологичными хромосомами.

Понимание кроссинговера помогло генетикам создать хромосомные карты, т. е. определить место каждого гена в хромосоме при помощи подсчёта частоты кроссинговера между двумя различными генами: частота перекрёста между двумя неаллельными генами одной хромосомы пропорциональна расстоянию между ними. Понятно, что чем ближе два гена расположены в одной хромосоме, тем реже они разделяются при кроссинговере.

Взаимодействие генов. Очень часто какой-либо признак определяется не одним геном, а взаимодействием генов. Например, доминирование и неполное доминирование — разновидности взаимодействия аллельных генов. Но может быть ещё и сверхдоминирование, когда в гетерозиготном состоянии (Aa) действие доминантного гена A проявляется сильнее, чем в гомозиготном состоянии (AA). При **кодминировании** у гетерозигот проявляется новый вариант признака. Например, ген I^A кодирует один белок, а аллельный ему ген I^B — другой белок. Так вот у особи, которой от родителей достались разные гены ($I^A I^B$), будут вырабатываться оба белка. Так бывает при наследовании IV группы крови у людей.

Взаимодействуют и неаллельные гены. Например, цветок горошка с генами $AAbb$ и $aaBB$ имеет неокрашенный венчик, а с $AaBb$ — окрашенный. Такое взаимодействие неаллельных, чаще доминантных генов A и B называется **комплементарным**.

Ещё один пример взаимодействия неаллельных генов, когда ген подавляет проявление другого гена, называется **эпистаз**. Например, у лошадей ген C кодирует серую масть. Но в доминантном состоянии (CC или Cc) он подавляет рыжую и вороную масть, кодируемые генами B соответственно: $BBcc$ — вороная, $BcCC$ — серая, $bbcc$ — рыжая, $BBCC$ — серая, $BcCc$ — серая.

Полимерия — вариант взаимодействия генов, когда признак определяется несколькими парами неаллельных, но схожих генов, образовавшихся, видимо, из-за удвоения или утроения какого-то гена. Такие гены называют полимерными и обозначают одной буквой: A_1 , A_2 , A_3 и т. д. Таким образом кодируются окраска пшеницы, количество молока у коров, яйценосность у кур, содержание сахаров в плодах. Пигментация кожи у человека определяется шестью аллелями: у африканцев преобладают доминантные аллели, а у европейцев — рецессивные. Определяемые полимерными генами признаки более стабильны. Известно также множественное действие гена, или **плейотропность**. Например, мутация одного гена, отвечающего за состояние соединительной ткани, приводит к множественным поражениям тканей и органов человека (поражение клапанов сердца, вывих хрусталика глаза, разрушение стенок аорты, очень длинные тонкие пальцы, впалая грудина и др.). Такую патологию называют синдромом Марфана.

Генетика пола. Как наследуется пол? Теорий по этому поводу было много, но ответили на этот вопрос только Т. Морган с сотрудниками. Им удалось показать, что самцы и самки одного вида различаются по набору хромосом (рис. 87). В соматических клетках все пары хромосом, кроме одной, одинаковы и называются *аутосомами*, а одна пара хромосом, называемых *половыми*, различается у самцов и у самок. У дрозофил, например, в клетках по три пары аутосом и пара

половых хромосом: у самцов X и Y , а у самок две X -хромосомы. Пол определяется во время оплодотворения. Если яйцеклетку, в которой содержится гаплоидный набор хромосом (т. е. 3 аутосомы и одна половая X -хромосома), оплодотворит сперматозоид с X половой хромосомой, то из зиготы разовьётся самка, а если с Y половой хромосомой, то самец. У самок дрозофил образуются гаметы только с X -хромосомой, а у самцов — либо с X -, либо с Y -хромосомой с одинаковой вероятностью. Так же происходит у большинства млекопитающих, земноводных, ракообразных — у них женский пол называется *гомогаметным*, а у самцов — *гетерогаметным*. Но у птиц и рептилий, наоборот, самцы дают одинаковый вид гамет, т. е. гомогаметы, а самки — гетерогаметы. У пчёл и муравьёв половых хромосом нет, и самки имеют в клетках диплоидный набор хромосом, а самцы развиваются партеногенетически, и все их клетки — гаплоидны (n). У крокодилов и некоторых черепах пол зависит от температуры окружающей среды: чем теплее, тем больше зародышей развиваются по женскому типу.

Наследование, сцепленное с полом. У человека X -хромосома, по мнению генетиков, содержит более 200 генов. И в каждой клетке эти хромосомы продублированы, и за каждый признак отвечают два гена: если в одном и произойдёт мутация, есть аллельный «здоровый» ген. А вот Y -хромосома — маленькая, и ей нет аллельной пары в мужских клетках. Поэтому у мужчин все гены X -хромосомы (и доминантные, и рецессивные) проявляются фенотипически. Так наследуется гемофилия — болезнь, при которой нарушен процесс свёртывания крови (рис. 88). Если женщина с мутантной X -хромосомой родит девочку и передаст ей эту хромосому, то девочка тоже вырастет носительницей гемофилии, но кровь у неё будет сворачиваться нормально за счёт деятельности отцовской X -хромосомы. А вот если мать передаст мутантную X -хромосому сыну, то он будет больным человеком и может погибнуть от любого ушиба или пореза, ведь у него нет аллельного гена в Y -хромосоме, который мог обеспечить синтез необходимых для образования тромба белков.

Так же как и гемофилия, наследуется нарушение цветового восприятия — дальтонизм. Он проявляется только у мужчин.

Цитоплазматическая наследственность. Известно, что ДНК содержится не только в ядре, но и в органоидах цитоплазмы — митохондриях и пластидах. Благодаря этому они могут воспроизводиться в случае надобности, например перед делением клетки, т. е. существует путь передачи наследственной информации не только через ядро, но и через цитоплазму. Такая наследственность получила название цитоплазматической. Особая черта такой наследственности — передача информации по линии матери. При образовании зиготы ядро сперматозоида проникает в яйцеклетку, а значит, вся цитоплазма яйцеклетки и её органоиды достаются зиготе, а митохондрии сперматозоида в зиготу проникнуть не могут.

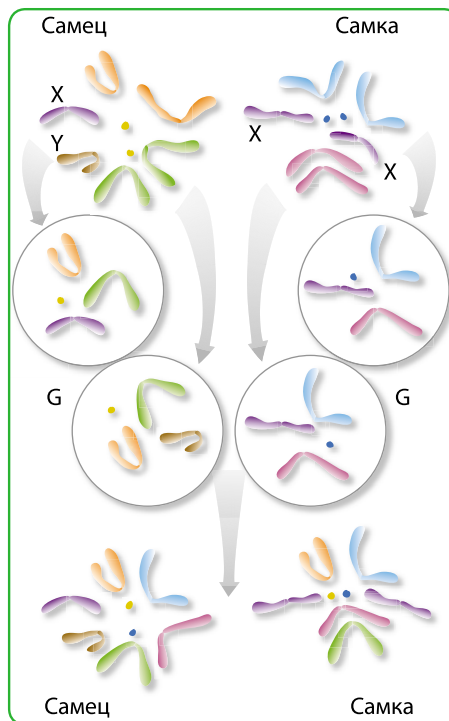


Рис. 87. Генетика пола

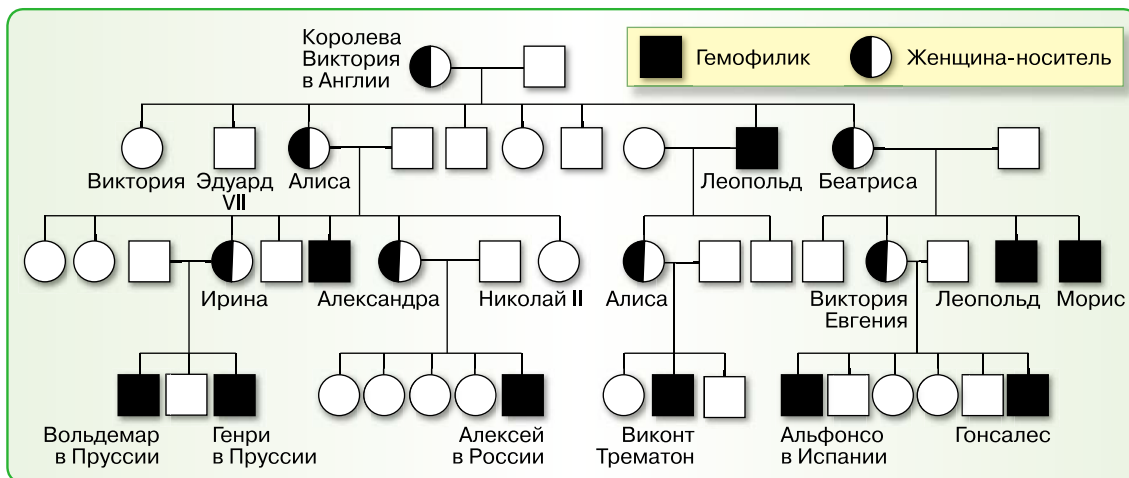


Рис. 88. Пример наследования гемофилии



Ключевые слова: хромосомная теория наследственности, закон Моргана, кодоминирование, комплементарное взаимодействие генов, эпистаз, полимерия, плейотропность, наследование, сцепленное с полом, цитоплазматическая наследственность.

ВЫВОДЫ

Хромосомную теорию разработал Т. Морган. Гены одной хромосомы наследуются все вместе, попадая в одну гамету. Между гомологичными хромосомами во время мейоза может происходить обмен аллельными генами (кроссинговер). Многие признаки являются результатом взаимодействия нескольких аллельных или неаллельных генов. Принципы наследования пола разработаны Т. Морганом.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Кто является автором хромосомной теории наследственности?
2. Что такое кроссинговер, когда он возникает?
3. В чём проявляется взаимодействие генов?
4. Что такое полимерия?
5. Как наследуется пол организма?
6. Что такое гемофилия? Каков механизм её передачи по наследству?
7. В чём проявляется цитоплазматическая наследственность?

Выполни задания

1. Сформулируйте основные положения хромосомной теории Томаса Морган.
2. Приведите примеры полимерии.

3. Дайте сравнительную характеристику половых клеток гомогаметных и гетерогаметных организмов.
4. Опишите процесс наследования дальтонизма.

Обсуди с товарищами

1. Почему возможно существование цитоплазматической наследственности?
2. Как происходит наследование таких заболеваний, как дальтонизм, гемофилия?
3. Какой пол у человека является гомогаметным?
4. В каких случаях перед вступлением в брак необходима консультация специалистов генетиков?

Выскажи мнение

1. У человека и большинства млекопитающих пол у самок гомогаметный, а у самцов гетерогаметный.
2. Гемофилия и дальтонизм — наследственные заболевания мужчин.

РАБОТА С ТЕКСТОМ

Найдите в тексте определения понятий: *эпистаз*, *полимерия*, *аутосома*, *гетерогаметный пол*. Выпишите понятия и определения в рабочую тетрадь.

Проводим исследование

Решение элементарных генетических задач

1. Какое соотношение по фенотипу будет у потомства томатов во втором поколении (F_2), если в скрещивании использовали гомозиготные растения с красными (A) и круглыми (B) плодами и гомозиготные растения с жёлтыми (a) и грушевидными плодами (b)? Гены окраски и формы плодов расположены в разных хромосомах.
2. У львиного зева красная окраска цветков неполно доминирует над белой, а узкие листья — над широкими. Гены располагаются в разных хромосомах. Скрещиваются растения с розовыми цветками и листьями промежуточной ширины с растениями, имеющими белые цветки и узкие листья. Составьте схему решения задачи. Какое потомство и в каком соотношении можно ожидать от этого скрещивания? Определите тип скрещивания, генотипы родителей и потомства
3. Известно, что хореея Гентингтона (A) — заболевание, проявляющееся после 35—40 лет и сопровождающееся прогрессирующим нарушением функций головного мозга, и положительный резус-фактор (B) наследуются как несцепленные аутосомно-доминантные признаки. Отец является дигетерозиготой по этим генам, а мать имеет отрицательный резус-фактор и здорова. Составьте схему решения задачи и вероятность рождения здоровых детей с положительным резус-фактором.

Для любознательных

Это интересно

- Помимо признаков, сцепленных с полом, существуют ещё и признаки, находящиеся под воздействием пола. Гены, отвечающие за развитие этих признаков, обычно находятся в аутосомах. Видимо, один из наиболее известных таких признаков это облысение, которое является доминантным у мужчин и рецессивным у женщин. Т. е., если мужчина имеет один ген облысения и один необлысения, то он лысеет, а вот женщина с такой комбинацией генов, к счастью, лысой не станет.

§ 27. НЕНАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ. НОРМА РЕАКЦИИ

- Что такое наследственность?
- Какие выделяют виды изменчивости?

Изменчивость — всеобщее свойство живых организмов проявлять отличия между особями своего вида. Различают два основных вида изменчивости: **ненаследственная (модификационная)** и **наследственная**. Двух абсолютно одинаковых организма существовать не может, и даже у генетически идентичных близнецов в процессе онтогенеза всегда возникают различия.

Ненаследственная (модификационная) изменчивость. Все признаки живого существа определяются набором генов, доставшихся от родителей. Но деятельность генов постоянно меняется под воздействием самых различных факторов. И две однояйцевые сестры-коровы, воспитанные в различных условиях и на различном корме, будут иметь различный вес, различную удойность и иммунитет к болезням. Эти изменения не затрагивают гены организма, а потому не передаются из поколения в поколение. Их называют модификационными изменениями, а вид изменчивости — ненаследственной, или модификационной. Чаще всего таким изменениям подвержены количественные показатели: рост, вес, плодовитость и многие другие.



Рис. 89. Стрелолист

Классическим примером модификационной изменчивости служит изменчивость формы листьев у стрелолиста, укореняющегося под водой. На одной особи стрелолиста бывают три вида листьев (рис. 89) в зависимости от того, в каком месте стебля лист развивается: под водой, на водной поверхности или на воздухе. Эти различия в форме листьев определяют степень их освещённости, а набор генов в клетках листьев одинаков.

Для различных признаков и свойств организма характерна большая или меньшая зависимость от условий окружающей среды. Например, у человека цвет радужки глаз и группа крови определяются только соответствующими генами, и внешние воздействия на эти признаки влиять не могут. А вот рост, вес, физическая выносливость зависят от образа жизни (рис. 90).

Ненаследственные изменения не могут быть очень значительными, ведь в самом деле признак определяется конкретными генами. К примеру, яблоня никогда не вырастет до высоты в 30 м. Пределы ненаследственной (модификационной) изменчивости назвали **нормой**

реакции. Норма реакции определена генетически и передаётся из поколения в поколение, т. е. наследуется. Норма реакции может быть узкой, когда речь идёт о качественных признаках, например цвете волос или глаз, а может быть и широкой, когда рассматриваются количественные признаки (вес, рост и т. п.).

Таким образом, можно сделать вывод, что часто *наследуется не сам признак, а способность организма проявить этот признак в определённых условиях, т. е. наследуется норма реакции.*

Вспомните рассказ А. П. Чехова «Открытие» о пожилом человеке, который неожиданно для себя открыл, что он прекрасно может рисовать портреты. Но в детстве и юности он никогда не пробовал рисовать, и этот его генетически заложенный талант просто не смог проявиться.

Основываясь на нормах реакций можно построить вариационный ряд, отражающий изменение изучаемого признака в популяции: от самого малого его проявления до самого большого. Распределение вариантов признаков в вариационном ряду можно выразить наглядно на графике. Графическое изображение изменчивости признака, отражающее как частоту встречаемости отдельных вариантов признаков, так и размах вариаций, называется вариационной кривой.

У ненаследственной изменчивости наблюдаются следующие черты:

- 1) изменения не передаются потомкам;
- 2) изменения возникают у многих особей вида и определяются воздействием факторов внешней среды;
- 3) изменения возможны только в пределах нормы реакции, т. е. они зависят от набора генов;
- 4) чаще всего наблюдаются проявления признака, близкие к среднему значению, а наименьшие и наибольшие проявления признака регистрируются только у отдельных особей.



Рис. 90. Культурист

Ключевые слова: изменчивость, ненаследственная (модификационная) изменчивость, наследственная изменчивость, норма реакции.



ВЫВОДЫ

Различают два вида изменчивости — ненаследственную (модификационную) и наследственную. Пределы модификационной изменчивости называются нормой реакции.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Что такое изменчивость?
2. Какие бывают виды изменчивости?

3. Каковы основные признаки модификационной изменчивости?
4. Что такое норма реакции?

Выполни задания

1. Составьте определение понятия *наследственная изменчивость*.
2. Перечислите основные признаки наследственной изменчивости.

Обсуди с товарищами

1. Почему модификационная изменчивость не передаётся по наследству?
2. Какова роль эволюционной модификационной изменчивости?

Выскажи мнение

Организм наследует не сам признак, а способность организма проявлять этот признак в определённых условиях, т. е. наследуется норма реакции.

Проводим исследование

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. Изучение модификационной изменчивости, построение вариационного ряда и вариационной кривой

Цель: выявление ненаследственной изменчивости, построение вариационной кривой.

Материалы и оборудование: клубни одного сорта картофеля, линейка.

Ход работы

1. Сосчитайте количество «глазков» в каждом клубне и постройте вариационный ряд по количеству «глазков», т. е. расположите клубни в порядке возрастания количества «глазков».
2. Пользуясь вариационным рядом, выявите среднее количество «глазков» на клубнях.
3. Постройте вариационную кривую изучаемого признака. На оси Y количество почек — «глазков» на клубнях (за начало координат возьмите минимальное значение), а по оси X — количество клубней с такими показателями почек.
4. Сформулируйте выводы.

Для любознательных

Это интересно

- Модифицированные изменения нужны для адаптации организмов к часто встречающимся колебаниям условий окружающей среды, поэтому они легко обратимы. Например, ультрафиолетовая часть солнечного света вызывает у людей усиленную защитную пигментацию кожи, т. е. загар. Но после того как период усиленного облучения ультрафиолетом закончился, например человек вернулся с берегов Чёрного моря к себе домой в родную Тюмень, загар довольно быстро исчезает, поскольку защитная пигментация больше не нужна. Есть люди и животные, у которых пигментация покровов врождённо отсутствует. Таких существ называют альбиносами. Ген характеризует очень бледная кожа, белые волосы и красный или бледно-голубой цвет радужки глаз. Альбинизм проявляется у гомозигот, имеющих пару рецессивных генов, блокирующих синтез пигментов. Альбиносам ни в коем случае не следует долго находиться под прямыми лучами солнца, ведь их кожа лишена защиты от ультрафиолета и очень быстро обгорает. Что ещё хуже, под влиянием ультрафиолетовых лучей в коже могут произойти изменения, приводящие к развитию злокачественных новообразований, например, меланомы. Поэтому всем людям, не живущим постоянно в южных областях, и особенно белокожим блондинам, не следует стремиться к интенсивному загару.

§ 28. НАСЛЕДСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ, НАСЛЕДСТВЕННЫЕ БОЛЕЗНИ

- Что такое модификационная изменчивость?
- Какие бывают виды наследственной изменчивости?

Наследственная изменчивость разделяется на комбинативную и мутационную.

В основе **комбинативной** наследственной изменчивости лежит половой процесс, дающий возможность получить огромный набор различных генотипов.

Первая причина этого вида изменчивости — *независимое расхождение хромосом в мейозе*, ведь в гамете, например человека, 23 хромосомы, и совершенно невозможно предсказать, сколько из них отцовских, а сколько — материнских.

Ещё одна причина комбинативной изменчивости — кроссинговер, или перекрёст хромосом в мейозе, когда гомологичные хромосомы обмениваются аллельными генами. А вот какими они обмениваются генами и сколько будет таких *рекомбинантных* хромосом — сказать сложно. Но такие хромосомы могут дать какую-нибудь неожиданную комбинацию в потомстве, которой ни у матери, ни у отца не было.

Третья причина комбинативной изменчивости — случайный характер встречи того или иного сперматозоида с яйцеклеткой. Невозможно предположить, какие именно комбинации генов несут в себе эти гаметы и как эта комбинация будет реализована в потомстве.

Вторая разновидность наследственной изменчивости — **мутационная**. Мутационную теорию разработал в начале XX в. голландский учёный Гуго де Фриз. Генетическая информация должна передаваться из поколения в поколение не меняясь, иначе виды бы не сохранялись. Но иногда в гаметах происходят качественные или количественные изменения в ДНК, и следующее поколение получает от родителей изменённые гены, что, безусловно, может сказаться на фенотипе потомства. Такие неожиданные изменения генотипа получили название **мутаций** (рис. 91). К настоящему времени показано, что мутации имеют ряд свойств:

- 1) возникают внезапно и могут произойти в любой части генотипа;
- 2) подавляющее число мутаций — вредные, реже — нейтральные, ещё реже — полезные;
- 3) обычно мутации рецессивные, реже — доминантные;
- 4) мутации передаются следующим поколениям, если затрагивают половые клетки;
- 5) мутации могут возникать под влиянием и внешних, и внутренних воздействий;
- 6) мутации могут возникать повторно.

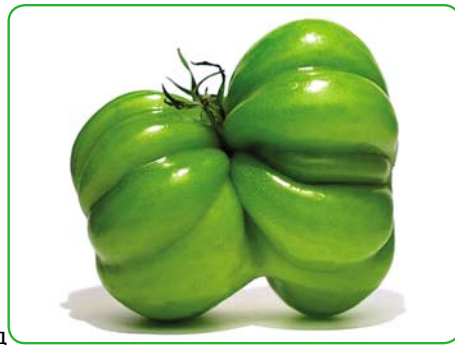
Выделяют несколько видов мутаций.

Точечные, или *генные*, **мутации** затрагивают отдельные гены. Такие мутации происходят при замене или выпадении одной или малого числа нуклеотидных пар в молекуле ДНК. Естественно, такие изменения нарушат структуру и РНК, а в результате будет синтезирован белок с искажённой первичной структурой, а следовательно, с нарушенными функциями в организме.

Хромосомные мутации проявляются в изменениях частей хромосом или целых хромосом. При этом потеря части хромосомы называется **делецией**, удвоение



а



д



б



е



в



г



ж

Рис. 91. Примеры мутаций: у животных (а, б, в); у растений (г, д, е, ж)

какого-либо участка хромосомы — **дупликацией**, поворот участка на 180° — **инверсией**, перемещение участка с одной хромосомы на другую — **транслокацией**. Такие мутации могут быть очень опасны для организма.

Геномные мутации представляют собой изменения в числе хромосом в гаплоидном наборе. При этом число хромосом может как уменьшаться, так и увеличиваться. Один из вариантов таких мутаций — **полиплоидия** (рис. 92), т. е. увеличение числа хромосом в генотипе кратно n .

Большинство мутантных организмов не могут выдержать борьбу за существование и отсеиваются в процессе естественного отбора. Но те редкие особи, у которых возникают полезные или нейтральные мутации, поставляют материал для эволюционного процесса.

Кроме того, мутации широко применяются в процессе искусственного отбора, т. е. при создании новых организмов с полезными для человека свойствами. А для того чтобы получить новые мутации, необходимо хорошо понимать, отчего они возникают. Как уже говорилось, мутации возникают внезапно, и мутировать может любая часть генетического материала. Но тем не менее учёные установили, какие внешние воздействия увеличивают частоту мутаций, и назвали их **мутагенными факторами**.

Мутагенные факторы включают в себя:

1. *Ионизирующее излучение* — является очень сильным и опасным мутагенным фактором из-за высокой энергии излучения и глубокого проникновения в ткани любого организма.

2. *Ультрафиолетовое облучение* — может повреждать поверхностные слои клеток. У людей именно ультрафиолет может вызвать рак кожи.

3. *Повышение температуры* — также является причиной мутаций, что доказано в опытах, например на дрозофилах.

4. Многочисленные *химические вещества* — приводят к возникновению разнообразных мутаций. Например, соли ртути, свинца, формальдегид, хлороформ, ДДТ, некоторые красители.

Природный растительный яд — колхицин повреждает цитоскелет клетки и веретено деления, приводя к нерасхождению хромосом в мейозе. Таким образом можно получить гаметы с $2n$, $3n$ и другим числом хромосом. А значит, после оплодотворения — *полиплоидные организмы*.



Рис. 92. Примеры полиплоидии

Мутации, возникающие в клетках тела какого-либо организма, называют *соматическими*, но если мутация возникла в гаметах, то она будет *генеративной* и, естественно, передаётся следующему поколению. Как уже говорилось, мутации обычно рецессивны, но при близкородственном скрещивании мутировавшие гены двух гамет могут перейти в гомозиготное состояние и неминуемо проявятся в фенотипе потомства. Хорошо, если эта мутация полезная, но вероятность возникновения такой мутации очень мала.

Организмы всех видов имеют определённую защиту от мутагенных воздействий. Если при удвоении ДНК возникает какая-либо мутация, например замыкается «неправильная» связь между двумя азотистыми основаниями соседних нуклеотидов одной нити ДНК, то этот мутантный участок вырезается и на его место встраивается правильная последовательность нуклеотидов.

Наследственные болезни человека. Генетика человека изучается очень тщательно, поскольку уже сейчас известны многие болезни, причиной которых являются мутации. Например, генная мутация в 12-й хромосоме приводит к неправильному превращению аминокислоты тирозина в вещество, поражающее нервную систему младенцев, делая их умственно отсталыми. Генные мутации в X-хромосоме порождают гемофилию и дальтонизм. Альбинизм — отсутствие пигмента меланина в коже, волосах, радужке глаза — также следствие мутации.

К наследственным болезням, вызванным структурными изменениями хромосом, относят синдром кошачьего крика, причиной которой является утрата части 5-й хромосомы. Новорождённые с такой мутацией имеют множество нарушений,



Рис. 93. На консультации у врача-генетика

и их крик похож на кошачье мяуканье из-за неправильного развития гортани и голосовых связок.

К сожалению, часто встречаются и геномные мутации, также приводящие к различным наследственным болезням (рис. 93). Если в клетках организма младенца обнаружены три 21-е хромосомы (трисомия по 21-й хромосоме), развивается болезнь Дауна, при которой дети отстают в развитии от своих сверстников. Такая патология случается приблизительно один раз на 500 здоровых младенцев. Отсутствие одной X-хромосомы приводит к бесплодию, и называется эта патология синдромом Шерешевского — Тёрнера. Многие геномные болезни смертельны, и их обладатели не выживают.

В наши дни подавляющее число наследственных болезней можно выявить на очень ранних стадиях беременности, и для этого существуют медико-генетические консультации. В этих консультациях используются различные цитологические, биохимические, электрофизиологические и другие методы. Развивающийся зародыш выделяет вещества и даже клетки в околоплодную жидкость. Взяв соответствующий совершенно не повреждающий плод анализ, можно выявить хромосомные нарушения клеток зародыша. Таким способом выявляют десятки наследственных генетических нарушений.

Предупредить возникновение мутаций невозможно, но вполне реально уменьшить вероятность их возникновения. Для этого необходимо по возможности избегать контактов с мутагенными факторами, следить за здоровьем женщины в ранние периоды беременности, правильно питаться, повысив в своём рационе содержание витаминов, больше гулять, избегать стрессовых состояний.

Ключевые слова: наследственная изменчивость (комбинативная, мутационная), мутации, делеция, дупликация, инверсия, транслокация, полиплоидия, мутагенные факторы.



ВЫВОДЫ

Наследственная изменчивость разделяется на мутационную и комбинативную. Изменения генов в хромосомах называются мутациями. Различают несколько видов мутаций. Мутации являются причиной многих болезней человека.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Каковы причины комбинативной изменчивости?
2. Что такое мутации?
3. Какими свойствами обладают мутации?
4. Каковы особенности хромосомных мутаций?
5. Какие наследственные болезни встречаются у человека?

Выполни задания

1. Перечислите мутагенные факторы и охарактеризуйте их.
2. Назовите виды мутаций и охарактеризуйте их.
3. Подготовьте презентацию на тему «Наследственные болезни человека».

Обсуди с товарищами

1. Какова биологическая роль наследственной изменчивости?
2. Какова роль медико-генетических консультаций, в каких случаях она обязательна?
3. В чём опасность близкородственных браков?

Выскажи мнение

По наследству передаются только генеративные мутации.

РАБОТА С ТЕКСТОМ

Изучите текст параграфа и составьте определения понятий: *полиплоидный организм, соматическая мутация, генеративная мутация.*

РАБОТА С МОДЕЛЯМИ, СХЕМАМИ, ТАБЛИЦАМИ

Составьте таблицу «Виды мутаций» и заполните её.

Для любознательных

Это интересно

- Среди животных полиплоидные виды встречаются относительно редко, преимущественно у гермафродитов (дождевые черви) или у форм, способных к партеногенезу (жуки-долгоносики). Хотя известны отдельные случаи нахождения полиплоидов и в группах, где половой процесс протекает нормально, например у млекопитающих (хомяки).
- Риск заполучить генетически обусловленное заболевание значительно возрастает в том случае, когда родители какого-либо человека являются близкими родственниками, например, двоюродными братом и сестрой или дядей и племянницей. Это легко объяснить, т. к. какая-нибудь рецессивная вредоносная мутация, возникшая у бабушки, может передаваться всем её потомкам, но проявляться фенотипически не будет, поскольку является рецессивной. Но если два потомка этой бабушки вступят в брак, то вероятность попадания мутантных генов от отца и матери в клетки их детей очень велика. А в гомозиготном состоянии мутация обязательно проявится, повредив здоровье своего обладателя. Надо заметить, что в очень многих религиях мира священнослужители, естественно, совершенно не зная даже основ генетики, не дают разрешения на брак между родственниками.
- Очень важно заранее определить у человека вероятность генетически обусловленного отклонения, поскольку это поможет предотвратить или хотя бы облегчить страдания людей. Но возникает опасность, что эту информацию будут использовать работодатели, чтобы не брать человека на работу, или страховые компании, чтобы не страховать человека, у которого прослеживается повышенный риск сердечных заболеваний. Поэтому многие законодатели предлагают сделать информацию о результатах генетического обследования закрытой и запретить её разглашать. Таким образом, развитие генетики (геновая терапия болезней, клонирование организмов, генетическое сканирование, генетическая модификация организмов растений, животных и человека, разработка новых средств лечения самых страшных болезней) порождает всё больше и больше этических проблем.
- Как сказал известный популяризатор науки Эдвард Уиллет: «Когда Г. Мендель сажал горох в монастырском саду, он даже подумать не мог, что его урожай мы продолжим убирать даже в XXI веке».

§ 29. СЕЛЕКЦИЯ. ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЕКЦИИ. СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ

- Каких животных называют домашними?
- Что такое селекция и каковы её основные методы?

Селекция — это наука, задачей которой является создание новых пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов, т. е. селекционеры искусственно выводят генетически однородные группы организмов, имеющих новые наследственно закреплённые признаки, полезные для человека. Селекция базируется на генетических законах наследственности, а обеспечивается направленным методическим искусственным отбором.

Таким образом, основные методы селекции — это **гибридизация** (скрещивание соответствующих задачам опыта родительских пар) и **искусственный отбор** интересующих нас особей из гибридного потомства.

Селекция возникла, когда первобытные племена начали заниматься земледелием. Сначала наши предки выбирали понравившиеся им плоды и семена и именно растения с такими плодами и семенами пытались разводить. Затем под посев стали готовить специальные поля, очищая их от деревьев и корней. При раскопках в Северо-Восточной Африке обнаружены семена злаков, в частности ячменя, которые были приготовлены для посева 17 тыс. лет тому назад. Конечно, в ту далёкую эпоху люди сеяли те семена, которые собирали с диких растений, хотя, наверное, старались выбрать семена покрупнее. По мере развития земледелия искусственный отбор (народная селекция) совершенствовался и в различных регионах Земли создавались сорта тех растений, которые приспособлены к местным условиям. С развитием капиталистических отношений и ростом потребностей в самых различных культурных растениях селекция стала научной дисциплиной, теоретической основой которой является генетика, а искусственный отбор стал целенаправленным и методическим.

Селекция растений. Для селекции растений очень важно иметь качественный исходный материал для дальнейшей работы. Огромную коллекцию сортов культурных растений и их диких предков со всех континентов, кроме Антарктиды, собрали сотрудники института, руководимого Николаем Ивановичем Вавиловым (рис. 94). Он предположил, что место на земном шаре, где наблюдается наибольшее число сортов какого-либо культурного растения, является и родиной диких предков этого растения. Собирая коллекции культурных растений, Н. И. Вавилов вывел 8 центров древнего земледелия, которые являются **центрами происхождения культурных растений** (рис. 95).

Многие растения, например злаки, были окультурены независимо в нескольких центрах. Самый

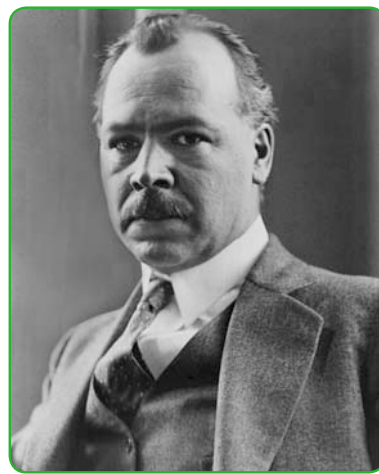


Рис. 94. Н. И. Вавилов

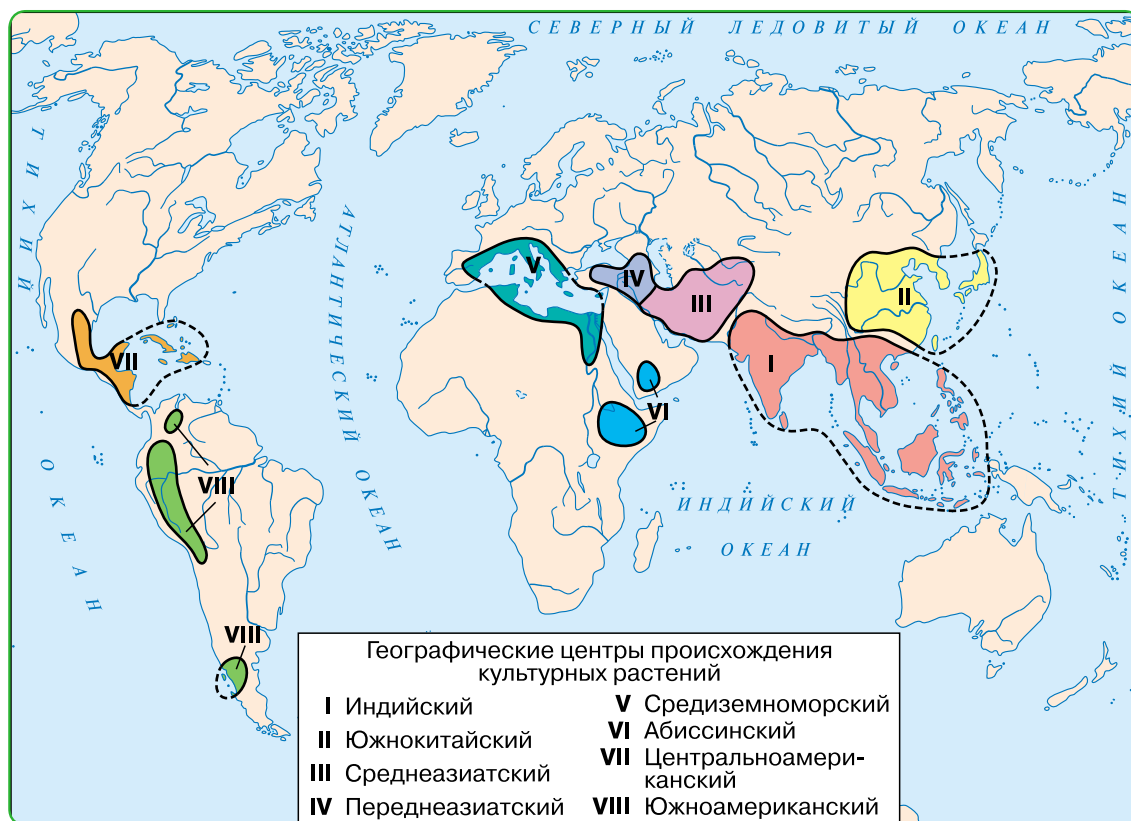


Рис. 95. Центры происхождения культурных растений

древний центр земледелия, по-видимому, абиссинский, лежавший на пути древних переселенцев из Африки на север. Все центры происхождения культурных растений совпадают с местами древних центров цивилизации.

Анализ большого количества культурных растений и их предков позволили Н. И. Вавилову сформулировать следующее заключение (**закон Вавилова**): *генетически близкие группы характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости*. А это означает, что то или иное воздействие, вызывающее мутацию, например у ржи, будет вызывать похожие мутации и у других представителей злаков. Таким образом, если пользоваться этим законом, то работа по селекции новых видов культурных растений резко ускоряется.

При гибридизации растений используют различные экспериментальные приёмы.

Близкородственная гибридизация, или **инбридинг**, позволяет перевести рецессивные гены в гомозиготное состояние для проявления подавляемого варианта признака. Но повторный инбридинг может привести к ослаблению или даже вырождению потомков.

Аутбридинг — скрещивание особей одного вида, относящихся к различным линиям, не имеющих общих предков в ряде поколений. При аутбридинге, особенно в первом потомстве, проявляется **гетерозис** — растения отличаются плодovitостью и устойчивостью к неблагоприятным воздействиям (рис. 96). Гетерозис обусловлен отсутствием в потомстве вредных рецессивных аллелей. С помощью аутбридинга получены ценные сорта свёклы, кукурузы, огурцов и др.

Центры происхождения культурных растений

Название	Местоположение	Культурные растения
1. Индийский, или Южно-Азиатский тропический	Тропическая Индия, Индокитай, о-ва Юго-Восточной Азии	Рис, сахарный тростник, цитрусовые, баклажаны и др.
2. Южнокитайский, или Восточно-Азиатский	Центральный и Восточный Китай, Япония, Корея, Тайвань	Соя, просо, гречиха, плодовые и овощные культуры — слива, вишня и др.
3. Среднеазиатский	Средняя Азия, Иран, Афганистан, Юго-Западная Индия	Пшеница, рожь, бобовые культуры, лён, конопля, репа, чеснок, виноград и др.
4. Переднеазиатский	Турция, Закавказье	Рожь, инжир, роза, ячмень
5. Средиземноморский	Страны по берегам Средиземного моря	Капуста, сахарная свёкла, маслины, клевер
6. Эфиопский (абиссинский)	Абиссинское нагорье Африки	Пшеница, ячмень, бананы, кофейное дерево, сорго
7. Центральноамериканский	Южная Мексика	Кукуруза, какао, тыква, табак, хлопчатник
8. Южноамериканский	Западное побережье Южной Америки	Картофель, ананас, хинное дерево



Рис. 96. Проявление гетерозиса в поколениях гибридной кукурузы



Рис. 97. Тернослива



Рис. 98. Церападус — гибрид вишни и черёмухи

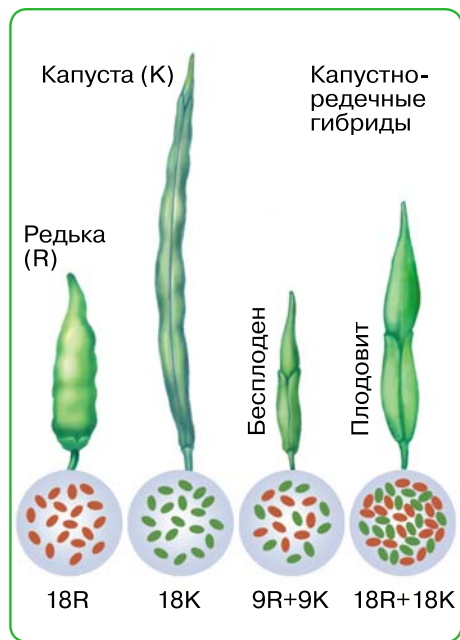


Рис. 99. Гибридизация

Ещё один метод селекции — *отдалённая гибридизация*, т. е. скрещивание растений различных видов. Гибриды при этом получаются бесплодные, поскольку гаметы различных видов не могут конъюгировать в мейозе. Но эти гибриды можно размножать вегетативным путём, чем пользовался замечательный русский селекционер Иван Владимирович Мичурин. Он получил гибриды сливы с тёрном (рис. 97), рябины с боярышником, вишни с черёмухой (рис. 98) и др. Советскому генетику Г. Д. Карпеченко удалось разработать способы преодоления бесплодия межвидовых гибридов у капустно-редечных гибридов (рис. 99).

При селекции перекрёстноопыляемых растений для получения гибридов для дальнейшей работы приходится пользоваться массовым отбором, а для самоопыляемых растений можно *индивидуальным отбором* выбрать наиболее ценное растение и получить от него чистую линию. В результате индивидуального отбора были выведены многие ценные сорта культурных растений (рис. 100).

В селекции растений очень широко используется *полиплоидия*, т. е. создания гибридов, у которых число хромосом в клетках увеличено кратно гаплоидному набору (n) — $3n$, $4n$, $6n$, $8n$ и т. д. Для получения полиплоидов применяют растительный яд колхицин, который повреждает веретено деления и даёт возможность получать гаметы с увеличенным числом хромосом ($2n$, $3n$ и т. п.). В настоящее время множество сортов культурных растений являются полиплоидами и отличаются высокой урожайностью, размерами и устойчивостью. Среди них — полиплоиды сахарной свёклы, гречихи, редиса, земляники, картофеля, хлопчатника, ржи, овса и т. д.

В селекции растений используется метод *искусственного мутагенеза*. С помощью искусственных мутаций получены новые сорта подсолнечника, риса, хлебных злаков.

Всё шире применяются *методы клеточной и генной инженерии*: выращивание клеток или тканей на специальных средах (рис. 101), замещение или изменение числа хромосом в клетках. Эти методы требуют высокой квалификации, дорогого оборудования,



а



д



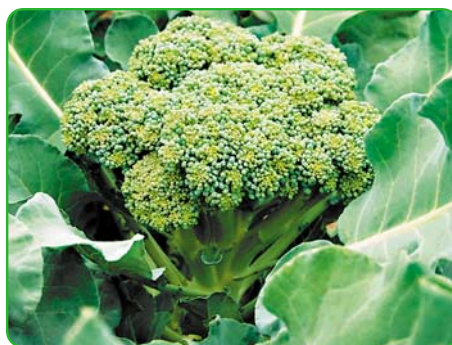
б



е



в



ж



г

Рис. 100. Сорта капусты:
а — дикая; б — декоративная;
в — белокочанная;
г — брюссельская; д — кольраби;
е — цветная; ж — брокколи

но эти затраты окупаются получением сортов, не боящихся паразитов, болезней и отличающиеся определёнными свойствами (рис. 102). Конечно, такие *трансгенные* растения (рис. 103, 104) (среди них — сорта томатов, картофеля, сои) требуют внимательнейшей проверки до внедрения в сельскохозяйственное производство (рис. 105).



Рис. 101. Выращивание растений на специальных средах



Рис. 103. Создание трансгенных растений



Рис. 104. Примеры трансгенных растений



Рис. 102. Морковь — иммуномодулятор (заслуги генной инженерии)



Рис. 105. Гибрид томата и картофеля

Ключевые слова: селекция, гибридизация, искусственный отбор, центры происхождения культурных растений, закон Вавилова, приёмы гибридизации растений.



ВЫВОДЫ

Задачи селекции — создание новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов с признаками, полезными для человека. Основные методы селекции — гибридизация и искусственный отбор.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОД, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Что такое сорт растений?
2. Что изучает селекция?
3. Каковы основные методы селекции?
4. В чём заслуга Н. И. Вавилова в изучении происхождения культурных растений?
5. В чём суть явления гетерозиса?

Выполни задания

1. Сравните массовый и индивидуальный отбор.
2. Объясните плюсы и минусы использования метода инбридинга.
3. Подготовьте сообщение на тему «Достижение в селекции растений нашего края».

Обсуди с товарищами

1. Почему для каждого региона нужны свои сорта растений и породы животных? Какие сорта домашних растений вы выращиваете на своих дачных участках, в приусадебных хозяйствах?
2. Как создаются трансгенные растения, почему их внедрение в сельскохозяйственное производство требует внимательной проверки?

Выскажи мнение

Полиплоидия — метод получения гибридов, у которых число хромосом увеличенократно гаплоидному набору.

Для любознательных

Это интересно

• Направления селекции растений очень различаются, поскольку человеку хотелось бы, чтобы необходимые ему растения росли и плодоносили во всех климатических зонах, давая при этом максимальный урожай, независимо от погоды. При этом люди мечтали, чтобы урожай был замечательным не только по количеству, но и по качеству. Вот и получается, что новые сорта каждого вида приходится отбирать по различным критериям. Например, кукурузу в европейской части России — по холодоустойчивости, виноград и яблони — по вкусовым свойствам, капусту и картофель — по размерам, хлебные злаки — по ранним срокам созревания.

§ 30. СЕЛЕКЦИЯ ЖИВОТНЫХ И МИКРООРГАНИЗМОВ. БИОТЕХНОЛОГИЯ

- Что такое селекция?
- Какие методы используют в селекции животных?

Селекция животных. Селекция животных стала развиваться гораздо позже, чем селекция растений, поскольку земледелие появилось много тысячелетий назад, а первые волки стали контактировать с людьми только 10 тыс. лет назад. Приблизительно в этот же период человек смог приручить лошадей, затем — крупный рогатый скот, верблюдов. Когда человек стал делать запасы продовольствия, к нему сразу же подселелись мыши, а за мышами пришли и дикие кошки. Таким образом, животных прежде всего нужно было одомашнить, на что ушла не одна тысяча лет, и только потом можно было заниматься селекцией.

Ещё одна трудность селекции животных — это исключительно половое размножение, немногочисленное потомство и долгое половое созревание. Но основные методы их селекции те же — гибридизация и отбор. Селекция новых пород — процесс длительный. Например, на выведение породы крупного рогатого скота или лошадей при самых удачных обстоятельствах нужно более 30—40 лет. Но успехи в животноводстве очевидны: получены, например, новые породы свиней, сочетающие ценные мясные качества, высокую плодовитость и неприхотливость.



Рис. 106. Мул — результат скрещивания осла и кобылы



Рис. 107. Бестер — гибрид белуги и стерляди

Применяется даже и отдалённая гибридизация. Так, давным-давно человек скрещивал лошадей с ослами и получал сильных, спокойных животных — мулов (рис. 106). Ценными вкусовыми качествами отличается бестер — гибрид белуги и стерляди (рис. 107). Ради качественной шерсти выведен гибрид дикого архара и мериноса — архаромеринос (рис. 108).

Селекция микроорганизмов. Селекционные работы с микроорганизмами, главным образом с бактериями и грибами, ведутся для получения новых, отличных по свойствам от исходных существ, штаммов. Основой таких работ являются искусственный мутагенез и отбор штаммов с полезными для человека свойствами. Очень много микроорганизмов применяется в пищевой промышленности (хлебопечение рис. 109, молочная промышленность), в медицинской промышленности (производство лекарств, витаминов), химической промышленности (получение этанола, ацетона и др.),

экологии (очистка водоёмов от промышленного загрязнения). Селекция микроорганизмов позволила получить плесневые грибы — продуценты новых сильных антибиотиков, а на основе известных бактерий выведены высокоэффективные штаммы продуцентов витаминов, гормонов и лекарств.

Биотехнология. Биотехнология — это направление науки и производства, изучающее живые организмы в целях создания нужных человеку веществ и продуктов. Основные объекты биотехнологии — бактерии, грибы, вирусы, клетки различных организмов.

Основными методами биотехнологии являются клеточная и генная инженерия.

Клеточная инженерия — это выращивание отдельных клеток или тканей на искусственных питательных средах. Такие клеточные культуры необходимы для синтеза ценных веществ, производства незаражённого посадочного материала, получения клеточных гибридов.

Учёные научились с помощью специальных методов объединять клетки различных тканей или клетки различных организмов в единую гибридную клетку. Свойства этой гибридной клетки могут сильно отличаться от свойств родительских клеток. Таким путём можно получать клетки, выделяющие необходимые человеку вещества — лекарства, гормоны, ферменты.

Генная инженерия — это научное направление, базирующееся на переносе определённых генов из клеток одного вида организмов в клетки организмов другого вида. Естественно, это дает возможность получать клетки и организмы с новыми свойствами и использовать их в своих целях. Например, введение в бактерию кишечной палочки соответствующих генов человеческих клеток позволило сделать эту бактерию производителем гормонов человека (инсулин, гормон роста).

Этические проблемы биотехнологических разработок. Всегда надо помнить о том, что вмешательство в молекулярные механизмы наследственности может оказаться очень опасным для человечества. Любые работы в этой области должны контролироваться государственными органами, но прежде всего — совестью самого учёного, который занимается этими разработками. Тщательный контроль разработок в области биотехнологии необходим потому, что во многих случаях результат экспериментов может быть неожиданным. Недавно австралийский учёный изменил гены вируса, вызывавшего совсем не опасное заболевание мышей. Его цель заключалась в создании новой вакцины. Но вместо этого заражение новым вирусом убило всех мышей. Вот и подумайте, что было бы, если бы этот исследователь работал с вирусом, например, ветряной оспы человека. Началась бы эпидемия, которую было бы очень трудно остановить.



Рис. 108. Архаромеринос — гибрид дикого архара и мериноса

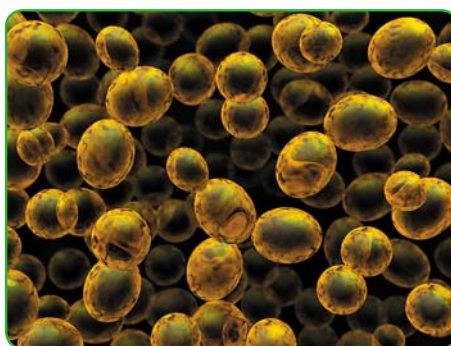


Рис. 109. Использование дрожжей в хлебопечении

Как уже говорилось, из нашего симбионта — кишечной палочки — путём введения соответствующих генов сделали производителя гормонов (инсулин). Но ведь какой-либо недобросовестный учёный может встроить в эту бактерию ген ботулинового токсина, превратив её в смертельное оружие.

Неудачная селекция пчёл в Южной Америке вместо получения новых пчёл-медоносов привела к появлению породы очень агрессивных и ядовитых пчёл. Несколько роев случайно улетело из лаборатории, и новые пчёлы постепенно заселяют всю Америку. Несколько укусов таких пчёл могут убить человека.

Очень много опасностей может возникнуть и при клонировании организмов. Поэтому во многих странах, в том числе и в России, разрабатываются законы, определяющие порядок проведения работ и внедрения результатов по генной инженерии трансгенным организмам и клонированию существ.



Ключевые слова: биотехнология, клеточная инженерия, генная инженерия.

ВЫВОДЫ

Клеточная инженерия — выращивание на искусственной среде клеток со свойствами, полезными человеку. Генная инженерия позволяет переносить гены из клеток одного организма в другой, изменив свойства этого организма.

ДУМАЙ, ДЕЛАЙ ВЫВОДЫ, ДЕЙСТВУЙ

Проверь свои знания

1. Какие породы животных вы знаете?
2. Каковы особенности селекции животных?
3. Где человек использует микроорганизмы?
4. Что такое биотехнология?
5. Какие методы используются в биотехнологии?

Выполни задания

1. Перечислите методы биотехнологии и охарактеризуйте их.
2. Подготовьте сообщение на тему «Породы животных нашего края».

Обсуди с товарищами

1. Развитие биотехнологии: за и против.
2. Клонирование: биологические и этические проблемы.

Для любознательных

Это интересно

- Сколько пород голубей сейчас насчитывается, не ясно, но называют цифру около 1000. Предком всех этих пород является дикий сизый голубь. Несмотря на большие различия во внешности всех этих дутышей и бантышей, при их свободном скрещивании через несколько поколений перед нами предстанут обыкновенные сизари, которые так часто воркуют в наших дворах и разгуливают по балконам.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА

Организм — это биологическая система, представляющая собой единую и неделимую единицу жизни. Многоклеточные организмы состоят из тканей, образующих органы, а органы объединяют в системы. Обмен веществ и энергии, или метаболизм, — совокупность всех химических и физиологических процессов, происходящих в организме. По способу получения необходимых им веществ и энергии организмы делятся на автотрофы и гетеротрофы.

Репродукция, или размножение, — всеобщее свойство организмов воспроизводить особей своего вида. Различают бесполое и половое размножение. При половом размножении новый организм обычно возникает в результате оплодотворения, т. е. слияния двух специализированных клеток — гамет, имеющих гаплоидный (n) набор хромосом в ядре. Для покрытосеменных растений характерно двойное оплодотворение. Процесс развития любой особи от момента появления и до конца жизни называют онтогенезом. При половом размножении онтогенез начинается с момента образования зиготы, т. е. с момента оплодотворения.

Генетика — наука о закономерностях наследственности и изменчивости. Наследственность — свойство живых организмов сохранять и передавать из поколения в поколение свои признаки и свойства. Изменчивость — всеобщее свойство живых организмов приобретать новые признаки по сравнению с другими особями того же вида.

Изменения признаков, не вызванные изменениями генов, не наследуются и называются модификациями. Пределы изменения признака без изменений в генетическом материале называются нормой реакции.

Наследственная изменчивость бывает двух видов: комбинативная и мутационная. К комбинативной изменчивости приводит рекомбинация генов при половом процессе. Мутационная изменчивость — следствие нарушения в строении отдельных генов, хромосом или в числе хромосом. Большинство мутаций вредны для организма, но полезные и нейтральные мутации являются материалом для эволюционного процесса и могут положить начало образованию нового вида живых существ. Вредные мутации являются причиной множества наследственных заболеваний.

Селекция — наука, занимающаяся созданием новых пород, сортов и штаммов живых организмов с новыми, полезными для человека свойствами. Основные методы селекции — гибридизация и искусственный отбор.

Биотехнология — направление науки и производства, занимающееся созданием с помощью живых существ необходимых человеку веществ и продуктов. Основные методы биотехнологии — клеточная инженерия и генная инженерия.



ОГЛАВЛЕНИЕ

РАЗДЕЛ 1. БИОЛОГИЯ КАК КОМПЛЕКС НАУК О ЖИВОЙ ПРИРОДЕ	5
§ 1. Биология как наука. Методы научного познания	6
§ 2. Основные критерии живого. Уровни организации живой природы. Биологические системы	11
РАЗДЕЛ 2. КЛЕТКА	17
§ 3. Химический состав организмов. Неорганические вещества клетки	18
§ 4. Органические вещества клетки. Углеводы. Липиды	23
§ 5. Органические вещества клетки. Белки. Протеомика	28
§ 6. Органические вещества клетки. Нуклеиновые кислоты, АТФ, витамины	33
§ 7. Клетка — структурная и функциональная единица организма. Основные этапы развития цитологии. Клеточная теория. Методы изучения клетки	39
§ 8. Строение клетки. Клеточная мембрана. Ядро. Геном. Цитоплазма. Клеточный центр. Рибосомы	42
§ 9. Строение клетки. Эндоплазматическая сеть. Комплекс Гольджи. Лизосомы. Вакуоли. Клеточные включения. Митохондрии. Пластиды. Органоиды движения	48
§ 10. Сравнение строения и жизнедеятельности клеток прокариот и эукариот	54
§ 11. Сравнение строения и жизнедеятельности клеток растений и животных	58
§ 12. Вирусы — неклеточная форма жизни. Профилактика вирусных заболеваний	62
§ 13. Обмен веществ и превращение энергии в клетке. Ферменты ...	69
§ 14. Энергетический обмен в клетке	72
§ 15. Пластический обмен в клетке. Фотосинтез. Хемосинтез	75
§ 16. Пластический обмен в клетке. Биосинтез белка в клетке. Генетический код	79
§ 17. Жизненный цикл клетки: интерфаза и деление. Митоз, или непрямоe деление клетки. Мейоз	84
РАЗДЕЛ 3. ОРГАНИЗМ	91
§ 18. Организм как биологическая система. Гомеостаз. Регуляция функций организма	92
§ 19. Обмен веществ и превращение энергии в организме. Автотрофы и гетеротрофы. Аэробы и анаэробы	99
§ 20. Размножение организмов. Бесполое и половое размножение	104

§ 21. Развитие гамет. Оплодотворение	109
§ 22. Индивидуальное развитие организма. Эмбриональный период	114
§ 23. Индивидуальное развитие организма. Постэмбриональный период	118
§ 24. Генетика. Генетические понятия и символы. Методы генетики	124
§ 25. Законы наследственности, установленные Г. Менделем. Гипотеза чистоты гамет. Неполное доминирование. Дигибридное скрещивание. Анализирующее скрещивание. Генофонд	128
§ 26. Хромосомная теория наследственности. Закон Моргана. Взаимодействие генов. Генетика пола. Наследование, сцепленное с полом. Цитоплазматическая наследственность	133
§ 27. Ненаследственная изменчивость. Норма реакции	138
§ 28. Наследственная изменчивость, наследственные болезни	141
§ 29. Селекция. Этапы развития селекции. Селекция растений	147
§ 30. Селекция животных и микроорганизмов. Биотехнология	154

Учебное издание

Каменский Андрей Александрович
Касперская Екатерина Карловна
Сивоглазов Владислав Иванович

БИОЛОГИЯ
10 класс
Базовый уровень
Учебник

Центр биологии и естествознания
Ответственный за выпуск *М. В. Токарева*
Редактор *А. В. Евсеев*

Художественный редактор *Т. В. Глушкова*
Художники *П. А. Жиличкин, В. С. Давыдов, Н. А. Верескова*
Технический редактор *С. Н. Терехова*
Компьютерная вёрстка *В. И. Савельева*
Корректоры *М. Г. Волкова, Е. В. Пушкина*

Иллюстративный материал: ©Picvario, DIOMEDIA, ООО «Фотобанк Лори»

Подписано в печать 08.11.2021.
Формат 84×108/16. Гарнитура SchoolBookCSanPin.
Уч.-изд. л. 13,61. Усл. печ. л. 16,8. Доп. тираж экз. Заказ № .

Акционерное общество «Издательство «Просвещение».
Российская Федерация, 127473, г. Москва, ул. Краснопролетарская,
д. 16, стр. 3, этаж 4, помещение I.

Адрес электронной почты «Горячей линии» — vopros@prosv.ru.