

А. Зиқиряев , А.Тухтаев , И.Азимов, Н.Сонин

---

# БИОЛОГИЯ

ОСНОВЫ ЦИТОЛОГИИ  
И ГЕНЕТИКИ

9

КЛАСС

*Издание третье переработанное*

Рекомендовано Министерством народного образования  
Республики Узбекистан для 9 класса  
средней общеобразовательной школы

ТАШКЕНТ  
«YANGIYO‘L POLIGRAF SERVIS»  
2014

28.0  
Б63

**Биология.** Основы цитологии и генетики: 9 кл.: Для уч-ся 9 кл. общеобразоват. шк. **А. Зикиряев,** **А. Тухтаев,** И. Азимов, Н. Сонин. -3-е изд. -Т.: «Yangiyo'1 poligraf servis», 2014.-152 стр.  
I. **Зикиряев А.** и др.

ББК 28.0я721 + 28.04я721 + 28.05я721

***Рецензенты:** Ачил Мавлянов — доктор биологических наук, профессор;  
Айдын Хайдарова — кандидат биологических наук, доцент;  
Феруза Мубаракова — кандидат биологических наук.*

Настоящий учебник создан на основе действующих Государственных стандартов образования и Программы обучения. В учебнике, где учебный материал излагается в современной и интересной форме, большое место отводится крупным открытиям ученых нашей Родины, научному значению их исследований. Тексты тем и иллюстрации, вопросы, задания, а также лабораторные работы заново переработаны и дополнены. Это послужит прочному усвоению пройденного материала.

**Учебник издан за счет средств Республиканского целевого книжного фонда для предоставления в аренду**



*Все права охраняются и принадлежат ООО «Mitti Yulduz». Текст и рисунки этого издания не могут воспроизводиться полностью или частично без согласия общества*

Биология — наука о жизни, получила свое название от слияния греческих слов «bios» — жизнь и «logos» — учение.

Эта наука изучает живые организмы — бактерии, грибы, растения, животных, а также человека. Вы знакомы с этой интересной наукой благодаря таким предметам, как «Ботаника», «Зоология», «Человек и его здоровье», изученным в 5—8 классах. Знания, полученные по данным дисциплинам, окажут вам непосредственную помощь в более углубленном изучении биологии. Учебник «Биология» знакомит со всеми основными закономерностями развития жизни, с удивительными достижениями, связанными с раскрытием сущности биологических процессов и явлений, помогает изучить основные свойства живых организмов и их многообразие.

Биология предстает перед нами как наука, объединяющая систему знаний о живой природе. Ведь полученные ранее факты осмысливаются с исторической точки зрения и приводятся в определенную систему, что в совокупности позволяет выявлять основные закономерности органического мира. На основе изучения данных закономерностей осуществляются работы по рациональному использованию природных богатств, охране и восстановлению природы. В ходе работы с учебником вы будете знакомиться с многообразием органического мира, особенностями индивидуального формирования и размножения организмов, научитесь понимать специфику развития, противоречия и взаимосвязи явлений наследственности и изменчивости, а также процессы ассимиляции, диссимиляции и др.

И хотя очень сложно изучать живую природу, ведь она так разнообразна, вы получите неопровержимые факты, связанные с процессом ее познания. В настоящее время в различных областях биологии используются самые разнообразные научные методы исследования. К ним относятся метод наблюдения, а также сравнительный, исторический и экспериментальный методы.

**Метод наблюдения**, будучи одним из первоначальных методов исследования, использовался для описания и характеристики различных биологических явлений и впоследствии широко применялся К.Линнеем при определении видов. Этот метод не потерял своего значения и в настоящее время, часто применяется для описания качественных и количественных характеристик живых организмов.

**Сравнительный метод** основан на раскрытии сущности предметов и явлений путем определения их сходства и различий. Это позволяет выявить закономерности, общие для различных предметов и явлений. Результаты исследований, полученные с помощью данного метода, помогли в созда-

нии в XVIII в. систематики растений и животных (К.Линней), а в XIX в. заложить основы клеточной теории (М.Шлейден, Т.Шванн). В настоящее время этот метод также широко применяется в биологии.

**Исторический метод.** Использование этого метода в биологии связано с именем Ч.Дарвина и явилось причиной появления глубоких и качественных изменений в данной науке. В настоящее время исторический метод стал основой изучения явлений жизнедеятельности, так как он позволяет выявлять процессы развития живых организмов на основе данных о современном мире и его прошлом.

**Экспериментальный,** или основанный на опыте метод начал применяться в биологии еще в средние века, но более широко он стал использоваться в XIX—XX вв. благодаря развитию физики и химии. Сегодня трудно определить различия между изложенными выше методами, поскольку все они используются в соответствующих областях биологии и взаимно дополняют друг друга.

Ныне биологические знания находят широкое применение почти во всех отраслях народного хозяйства. В будущем практическое значение биологии будет возрастать еще более, что связано с непрерывным увеличением численности городского населения, не участвующего в сельскохозяйственном производстве. Увеличения продовольственных ресурсов в таких условиях можно достичь только за счет интенсификации сельского хозяйства. В связи с этим большое значение приобретает создание высокопродуктивных сортов растений, пород животных и микроорганизмов. Важное место занимает также разумное использование природных богатств, сохранение и увеличение плодородия почв.

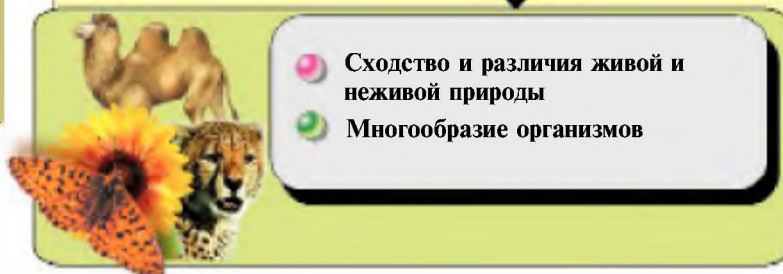
На основе знания законов наследственности и изменчивости ученые нашей страны достигли больших успехов в области сельского хозяйства, при создании новых высокопродуктивных пород домашних животных и высокоурожайных сортов культурных растений. На страницах учебника вы познакомитесь с работами всемирно известных ученых, которые вывели новые высокоурожайные и вилтоустойчивые сорта хлопчатника.

В нашем крае издавна уделялось большое внимание плодовым, ягодным и овощным культурам, поэтому в учебнике приводятся также интересные материалы о достижениях ученых-специалистов в этой области. Ученые-микробиологи проводят работу по селекции микроорганизмов, вырабатывающих различные полезные вещества. Микроорганизмы используются при получении лекарств в медицине и при обогащении руд, содержащих цветные металлы и радиоактивные элементы. Так, применение водоросли хлореллы в качестве добавки в корм скота создало возможности для еще большего развития животноводства.

## РАЗДЕЛ

# I

## МНОГООБРАЗИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА



### Глава 1

## СХОДСТВО И РАЗЛИЧИЯ ЖИВОЙ И НЕЖИВОЙ ПРИРОДЫ

### § 1. Специфические особенности живых организмов

Мир живых существ на нашей планете весьма многообразен. Для того чтобы убедиться в этом, достаточно лишь совершить путешествие по пустыням и степям, горам и джайлау, лугам и тугайникам, прогуляться по полям и садам нашей Родины. Представим себе также тропические леса Африки, Южной Америки. На этих территориях распространено бесчисленное множество растений, насекомых, птиц и млекопитающих животных. Некоторые виды растений и животных обитают в одной капле воды или в маленьком кусочке почвы. Они весьма разнообразны по размерам, окраске, повадкам и многим другим свойствам. Все они в совокупности называются *живыми организмами* и ведут самостоятельный образ жизни.

Почему мы называем гриб, тюльпан, зайца или волка живыми организмами, а песчинку, комету или замерзшую воду считаем составными частями неживой природы? В неживой природе тела теряют свои качественные свойства под влиянием внешней среды и, претерпевая изменения, обретают новые признаки. Так, скала разрушается, теперь это уже не скала, она ржавеет в результате окисления металла. Если в результате взаимодействия

объектов неживой природы с внешней средой они разрушаются, что сопровождается потерей вещества, то белок в живых организмах восстанавливается, то есть он является основным фактором, определяющим жизнь.

Все живые организмы, как бы разнообразны они ни были, имеют клеточное строение и состоят из схожих химических элементов и веществ. Самое крупное млекопитающее — кит, как и самое маленькое насекомое — комар, имеют клеточное строение. *Клетка* — самая маленькая единица, воплотившая в себе все свойства живой материи.

Между организмом и внешней средой всегда происходит *обмен веществ и энергии*. Отдельные вещества усваиваются организмом, а некоторые, напротив, выделяются во внешнюю среду. При этом наблюдаются сложные процессы, в результате которых из простых веществ образуются сложные. Последние в свою очередь расходуются на построение тела организма. Сложные вещества могут также расщепляться на простые с выделением энергии, необходимой для жизнедеятельности организма. Обмен веществ обеспечивает восстановление, рост и функционирование клеток в организме.

*Питание* — это поглощение питательных веществ из внешней среды. Оно необходимо всем живым организмам для восстановления, роста клеток, является основой ряда других процессов. Питание — источник энергии и веществ, обязательных для организма.

Энергия всегда нужна для обеспечения жизнедеятельности живых организмов. Она выделяется в процессе дыхания из питательных веществ. В результате обмена веществ в организме могут накапливаться и ненужные вещества. Такие вещества обычно являются ядовитыми и выведение их из организма называется *процессом выделения*. Живые организмы *растут и развиваются*. Рост осуществляется за счет усвоения организмами питательных веществ.

Поскольку организмы чувствительны ко всем изменениям, наблюдаемым как во внешней среде, так и в них самих, то достаточно показать отношение зеленых растений к воздействию солнечных лучей. Следовательно, живые организмы характеризуются *раздражимостью*. Такие организмы обладают свойством *саморегуляции*, что связано с го-

*меостазом*, то есть обеспечением постоянства внутренней среды организма: химического состава и протекания физиологических процессов в ответ на непрерывно меняющиеся условия внешней среды. При этом организмы могут поглощать питательные вещества из внешней среды, а при недостатке их использовать свои внутренние возможности и, наоборот, при избытке питательных веществ откладывать их «про запас». Эти процессы осуществляются различными путями, то есть в результате деятельности нервной, эндокринной и некоторых других регулирующих систем.

Нередко мы используем выражение «Жизнь — это движение». Действительно, это так. Все живые организмы, особенно все животные, находятся в *постоянном движении*. Животные должны проявлять активность, двигаться, чтобы находить пищу и защищаться от опасности.

Растения также обладают способностью двигаться, так как листья, например, должны «ловить» солнечные лучи. Однако их движения осуществляются очень медленно и поэтому почти незаметны.

Одним из важнейших свойств живых организмов, всего живого является *размножение*, благодаря которому продолжается жизнь на нашей планете (рис. 1).

*Самовоспроизведение* организмов проявляется в процессе полового и бесполого размножения. Известно, что при размножении живых организмов потомство обычно похоже на родителей. Из зерна пшеницы вырастает пшеница. Собаки воспроизводят щенят. При делении одноклеточного организма — амебы образуются две молодые амебы, полностью схожие с материнской клеткой. Таким образом, размножение — это свойство организмов воспроизводить себе подобных. Благодаря репродукции не только целые организмы, но и клетки и оргanelлы клеток (митохондрии, пластиды и другие) после деления сходны со своими предшественниками. Следовательно, *самовоспроизведение* — одно из основных свойств всех живых организмов, тесно связанное с явлением наследственности (см. раздел V, гл. 11 данного учебника).

Чем отличаются живые организмы от неживой природы?

**Основные свойства живых организмов**

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

ПИТАНИЕ

ДЫХАНИЕ

ВЫДЕЛЕНИЕ

РАЗДРАЖИМОСТЬ

ДВИЖЕНИЕ

РАЗМНОЖЕНИЕ

РОСТ И РАЗВИТИЕ



Рис. 1.

*Многообразие живых организмов*





1. В чем состоит сходство между объектами неживой природы и живыми организмами?
2. Какие изменения наблюдаются при воздействии внешней среды на объекты неживой природы?
3. Что общего в строении всех живых организмов?
4. Перечислите основные признаки живой материи.
5. Что представляет собой обмен веществ?
6. Какие различия существуют в движении растений и животных?



1. Определите и опишите живые организмы водной и почвенной среды.
2. Составьте список растений, животных, а также грибов, широко распространенных в арчевых и ореховых лесах. Дайте их описание.

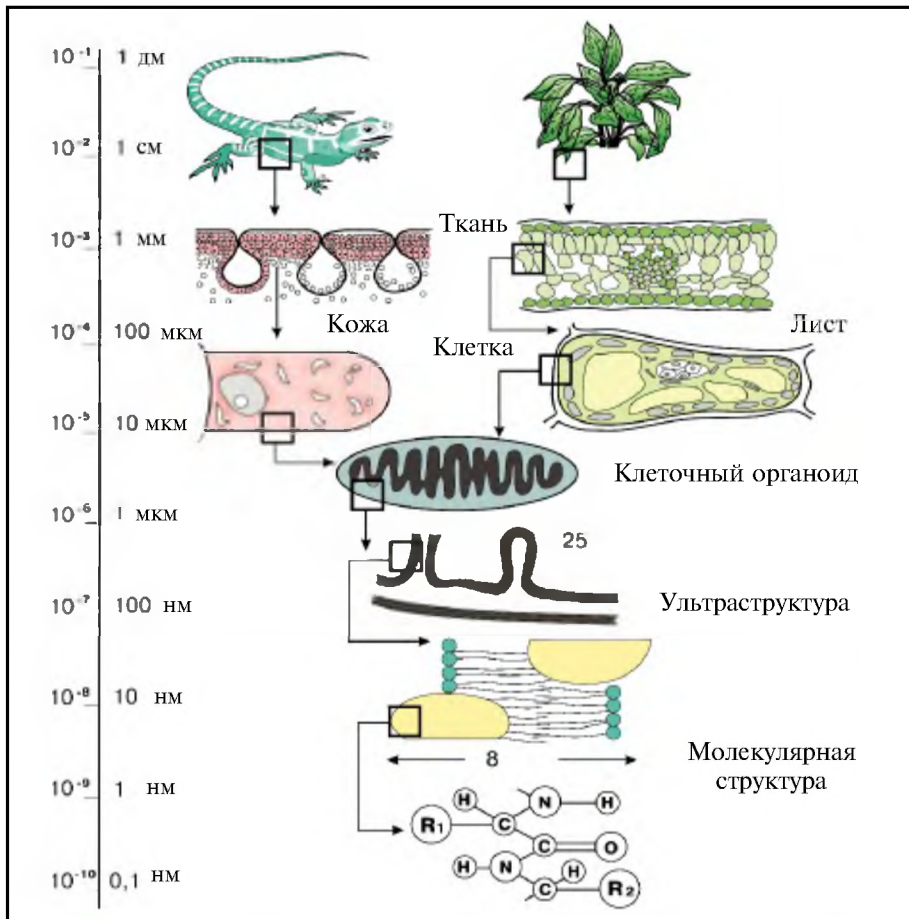
## § 2. Уровни организации живой материи

Живые организмы или биологические системы имеют следующие уровни организации: молекулярный, клеточный, тканевый, органный, организменный, популяционный, биогеоценозный (экосистемы) и биосферный. На каждом уровне организации в результате взаимодействия с окружающей средой, то есть в результате обмена веществ, превращения энергии и передачи информации, появляются определенные живые системы. Под *системой* понимается взаимосвязь и взаимовлияние определенной последовательности компонентов, образующих единое целое. Все живые организмы являются открытыми системами и между ними и внешней средой происходят такие процессы, как обмен веществ, превращение энергии и передача информации.

Рассмотрим уровни организации живой материи подробнее (рис. 2).

**Молекулярный.** На этом уровне живая система проявляется в деятельности биологически активных макромолекул: белков, нуклеиновых кислот и углеводов. На молекулярном уровне начинаются характерные именно для живой материи процессы жизнедеятельности: превращение солнечной энергии в химическую в результате взаимодействия солнечных лучей с органическими веществами, то есть обмен веществ, передача наследственной информации, а также устойчивость структурных поколений.

**Клеточный.** Клетка — структурная и функциональная единица, а также единица размножения всех живых организмов. Имеются и неклеточные формы жизни, что подтверждается существованием



**Рис. 2.**

*Уровни организации живой материи*

вирусов. Однако свойства живых систем в них проявляются только в клетках. На этом уровне биологические вещества объединяются в единую целостную систему. Все живые организмы, согласно клеточному уровню организации живой материи, делятся на одноклеточные и многоклеточные.

**Тканевый.** Ткань представляет собой совокупность клеток, сходных по происхождению, строению и выполняемой функции.

**Органный.** У большинства животных орган — это структурно-функциональное объединение нескольких типов тканей. Например, кожа человека как орган включает эпителий и соединительную ткань, которые вместе выполняют целый ряд функций.

**Организменный.** Организм представляет собой целостную одно-клеточную или многоклеточную живую систему, способную к самостоятельному существованию. Многоклеточный организм образован совокупностью тканей и органов, специализированных на выполнении различных функций.

**Популяционный — видовой.** Популяция — это совокупность организмов, объединенная общим происхождением, средой обитания и образом жизни. На этом уровне наблюдаются простейшие, элементарные эволюционные преобразования.

**Биогеоценозный.** Биогеоценоз — это популяции организмов, взаимосвязанных между собой и с окружающей средой. Поскольку все жизненные процессы в биогеоценозе обеспечиваются энергией, поступающей из внешней среды, его называют открытой, саморегулирующейся системой. Основные функции биогеоценоза — накопление и перераспределение энергии.

**Биосферный.** Биосфера — это самый высокий уровень организации жизни, включающий совокупность всех живых организмов на нашей планете. На биосферном уровне происходит круговорот веществ, связанный с жизнедеятельностью всех живых организмов, обитающих на Земле.



1. Какова роль органических веществ в процессе обмена веществ в живых организмах?
2. В чем состоит отличительная особенность клетки живых организмов по сравнению с другими составными элементами природы?
3. Каково значение изучения клеточного и тканевого уровней организации живой материи?
4. Что понимают под биогеоценозом?
5. Как можно охарактеризовать биосферу?
6. Какие процессы круговорота веществ наблюдаются на биосферном уровне?

## Глава 2

## МНОГООБРАЗИЕ ОРГАНИЗМОВ

Живые существа появились на Земле 3,5 млрд лет назад. Их потомки настолько широко распространились на Земле, что количество видов насчитывается миллионами. Среди них существуют многочисленные виды млекопитающих, цветковых растений самых

различных форм, грибов, рыб, птиц, насекомых и др. Многообразные организмы составляют определенную общность. Кроме того, все организмы состоят из структурных единиц, имеющих сходное строение, называемых клетками. *Клетка* — высокоорганизованная структурная единица живой материи, которая для своей жизнедеятельности и роста поглощает из внешней среды питательные вещества. Размножаясь, клетка делится на две клетки. Каждая новая молодая клетка содержит в себе наследственные свойства материнской клетки.

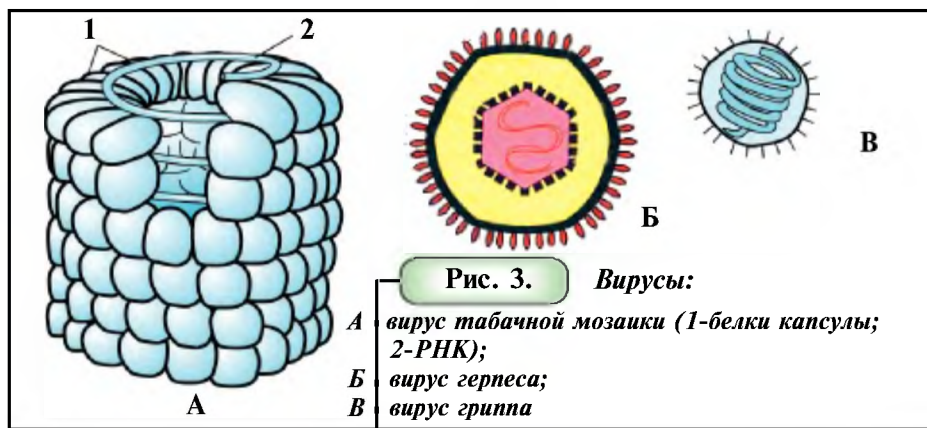
Некоторые организмы состоят только из одной клетки. Это *одноклеточные формы*, то есть бактерии, грибы и другие организмы микроскопического размера. Организмы, состоящие из многих клеток, называются *многоклеточными*. Например, количество клеток, составляющих тело человека, более миллиарда. Первоначальные живые организмы были одноклеточными и, несомненно, имели простейшее строение, схожее со строением современных бактерий. Впоследствии возникли довольно сложные одноклеточные формы и от некоторых из них произошли многоклеточные организмы.

Большинство ученых в настоящее время разделяют органический мир на четыре царства: бактерии, грибы, растения, животные.

### § 3. Неклеточные формы жизни

**Вирусы.** В 1892 г. русский ученый Д.И.Ивановский описал необычные свойства возбудителя болезни растения табака — так называемой табачной мозаики. Этот возбудитель обладал свойством проходить через бактериальные фильтры. В результате здоровые растения табака можно было заразить бесклеточным фильтратом сока больного растения. Через несколько лет Ф.Леффлер и П.Фрош обнаружили, что возбудитель ящура — болезни, нередко встречающейся у домашнего скота, также проходит через бактериальные фильтры. Наконец, в 1917 г. канадский бактериолог Ф. де Эррель открыл бактериофаг — вирус, поражающий бактерии. Так были открыты вирусы растений, животных и микроорганизмов. Эти события положили начало новой науке — *вирусологии*, изучающей неклеточные формы жизни. Вирусы представляют большую опасность для жизни человека. Они являются возбудителями ряда опасных заболеваний — гриппа, бешенства, гепатита, краснухи и др. Вирусы обитают только в клетках, это внутриклеточные паразиты. В свободном, активном состоянии

они не встречаются и не способны размножаться вне клетки (рис. 3). Если у всех клеточных организмов обязательно имеются нуклеиновые кислоты — ДНК и РНК, то вирусы содержат только одну из них. На этом основании все вирусы делятся на две большие группы — ДНК-содержащие или РНК-содержащие.



**Взаимодействие вируса с клеткой.** При образовании пиноцитозных вакуолей вместе с капельками жидкости межклеточной среды случайно внутрь клетки могут попадать вирусы. Однако, как правило, проникновению вируса в цитоплазму клетки предшествует связывание его с особым белком — рецептором, находящимся на клеточной поверхности. Связывание с рецептором осуществляется благодаря наличию специальных белков на поверхности вирусной частицы, которые «узнают» соответствующий рецептор на поверхности чувствительной клетки. Участок поверхности клетки, к которому присоединился вирус, погружается в цитоплазму и превращается в вакуоль.

Вакуоль, стенка которой состоит из цитоплазматической мембраны, может сливаться с другими вакуолями или с ядром. Таким путем вирус «доставляется» в любой участок клетки. Рецепторный механизм проникновения вируса в клетку обеспечивает специфичность инфекционного процесса. Так, вирус гепатита А и В проникает и размножается только в клетках печени.

Накопление вирусных частиц приводит к выходу их из клетки. Для некоторых вирусов этот процесс происходит путем «взрыва». В результате клетка погибает. Другие вирусы выделяются способом, на-

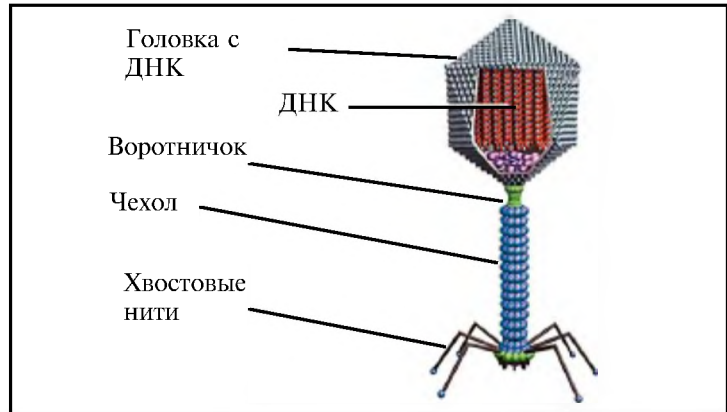
поминающим почкование. В этом случае клетки организма могут долго сохранять свою жизнеспособность.

Несколько иной путь проникновения в клетку у бактериофагов (вирусов бактерий). Толстые клеточные стенки бактерий не позволяют белку-рецептору вместе с присоединившимся к нему вирусом погружаться в цитоплазму, как это происходит с клетками животных. Поэтому бактериофаг вводит полый стержень в клетку и выталкивает через него ДНК (или РНК), находящуюся в его головке (рис. 4). Геном бактериофага попадает в цитоплазму, а капсид остается снаружи. В цитоплазме бактериальной клетки начинается редупликация генома бактериофага, синтез его белков и формирование капсида. Через определенный промежуток времени бактериальная клетка гибнет и зрелые фаговые частицы выходят в окружающую среду.

Рис. 4.

### Модель бактериофага

до присоединения  
к бактериальной  
клетке



**Происхождение вирусов.** Вирусы представляют собой автономные генетические структуры, не способные, однако, развиваться вне клетки. Полагают, что вирусы и бактериофаги — обособившиеся генетические элементы клеток, которые эволюционировали вместе с клеточными формами жизни.



1. Как устроены вирусы?
2. На чем основан процесс взаимодействия вируса и клетки?
3. Каким путем вирус проникает в клетку?
4. Укажите особенности взаимодействия бактериофагов и бактериальных клеток.
5. В чем проявляется действие вирусов на клетку?



Подберите материалы об инфекционных заболеваниях, распространяемых вирусами и бактериями, и предложите мероприятия по их предупреждению.

#### § 4. Клеточные формы жизни

Органический мир разделяется на два больших царства — прокариоты и эукариоты.

**Прокариоты** — это организмы, не имеющие оформленного ядра, то есть безъядерные. Наследственная информация заключена у них в нуклеотидах. ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота — имеет форму кольца. Половое размножение у прокариотов отсутствует. Клетка не имеет центра и *митотических нитей*. Размножается делением надвое. В клетках нет пластид и митохондрий. Клеточная стенка состоит из вещества, называемого *муреином*.

Как правило, у некоторых представителей жгутиковых реснички имеют простое строение. Некоторые прокариоты обладают способностью усваивать свободный азот.

Питание осуществляется путем поглощения питательных веществ через клеточную стенку. Пищеварительные вакуоли отсутствуют, иногда встречаются вакуоли с пузырьками газа. К прокариотам относятся бактерии и сине-зеленые водоросли.

**Царство бактерий.** Бактерии представляют собой самые древние на земном шаре не видимые глазом простейшие одноклеточные организмы, которые характеризуются простым строением и отсутствием клеточного ядра. Они размножаются делением надвое, половое размножение отсутствует. У большинства из них, за исключением некоторых автотрофных бактерий, отсутствуют пластиды, поэтому они питаются гетеротрофно. Внешняя оболочка клетки состоит из вещества, называемого *муреином*. Бактерии бывают одноклеточными, нитевидными или разветвленными.

По особенностям строения и форме выделяют три группы бактерий: 1) шаровидные — кокки; 2) вытянутые — палочки, или бациллы; 3) извитые — вибрионы, или спириллы (рис. 5).

Большинству бактерий свойственно спорообразование. Споры возникают при недостатке воды, питательных веществ и других неблагоприятных условиях. Споры весьма устойчивы к воздействию факторов

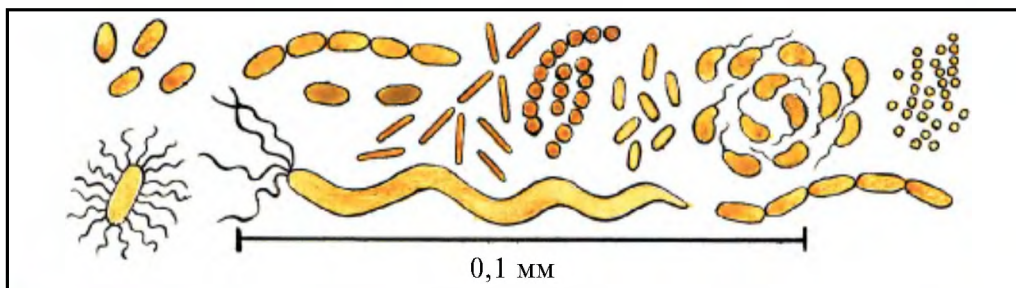


Рис. 5.

*Формы бактериальных клеток*

внешней среды и могут сохранять свою жизнеспособность в течение многих лет. Они распространяются в основном с помощью ветра и воды. Именно поэтому бактерии в больших количествах встречаются в воде, почве, продуктах питания, в жилищах и пр.

В зависимости от среды обитания бактерии делятся на *аэробные*, обитающие в кислородной среде, и *анаэробные*, обитающие в бескислородной среде, а также *болезнетворные* бактерии.

Против туберкулеза легких, вызываемого туберкулезной палочкой, разработаны методы лечения и соответствующие лекарства. В целях предупреждения и борьбы с туберкулезом в нашей стране действуют специальные туберкулезные диспансеры. Туберкулез относится к медленно текущим заболеваниям, тогда как чума, холера, сибирская язва относятся к числу скоротечных болезней. Они вызываются бактериями определенного вида. Бактерии, вызывающие чуму, передаются блохами от мышей и крыс.

Сейчас в нашей стране ликвидирована опасность возникновения инфекционных заболеваний. Вода и продовольственные продукты находятся под постоянным контролем, водопроводная вода подвергается фильтрации. В широких масштабах проводятся дезинфекционные мероприятия. В этой работе важное значение приобретает деятельность санитарно-эпидемиологических станций. Одним из методов борьбы против болезнетворных бактерий являются *прививки*, с помощью которых предупреждаются такие болезни, как коклюш, полиомиелит и др. Бактерии играют важную роль в природе и в жизни человека. Они обладают полезными и вредными свойствами. Полезные свойства состоят в том, что бактерии участвуют в расщеплении, гниении и брожении органических веществ.



Рис. 6.

*Клубеньковые бактерии на корнях бобовых растений*



Различные процессы брожения используются в практике изготовления молочных продуктов, при консервировании огурцов, капусты, при закладке силоса из кормовых растений. Кроме того, различные виды бактерий применяются при получении спирта и уксуса, а также при

разложении волокон. Автотрофные бактерии обладают способностью накапливать органические вещества, используя для этого солнечную или химическую энергию. Некоторые их виды, обитающие в почве, могут усваивать свободный азот. Клубеньковые бактерии накапливают на площади в 1 га до 200 кг азота в год (рис. 6). Благодаря деятельности бактерий осуществляется круговорот азота в природе. Вредные свойства бактерий проявляются в том, что они возбуждают и распространяют различные заболевания, опасные для человека, растений и животных (бактерии-паразиты), и вызывают порчу продовольственных продуктов (сапрофитные бактерии).

**Сине-зеленые водоросли.** Эти водоросли являются самыми древними представителями растительного мира и отличаются от других видов водорослей очень простым строением. Форма клеток может быть округлой, бочкообразной, цилиндрической и т.д. Это одноклеточные организмы, образующие колонии, в отличие от которых многоклеточные их представители имеют прямую или согнутую и даже спиралевидную форму. В клетке встречаются различные пигменты, однако преобладают синие *фикоциановые* и зеленые *хлорофилловые* пигменты. В жизненно важных участках клеток сине-зеленых водорослей, как и у бактерий, не выделяется ядро и другие органоиды. Клеточная стенка состоит из пектина.

В клетке накапливаются в качестве продукта фотосинтеза запасные белковые

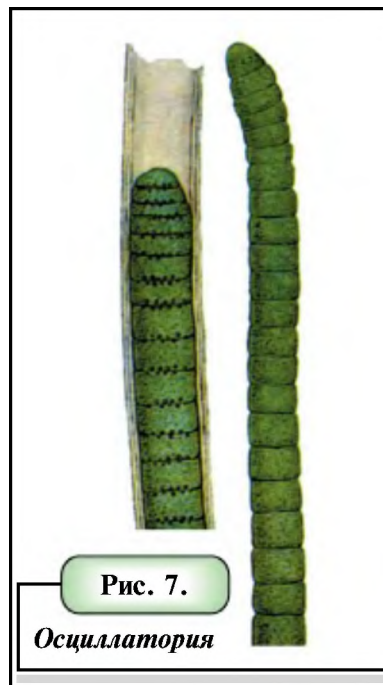
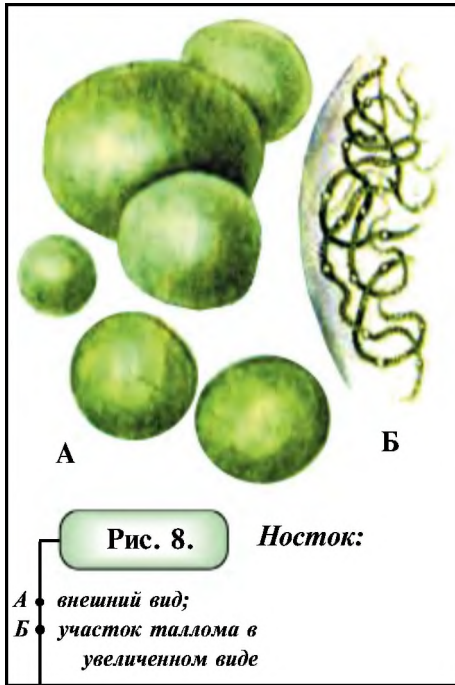


Рис. 7.

*Осциллятория*



гранулы. Клетки сине-зеленых водорослей обычно размножаются делением надвое. Нитевидные представители размножаются путем деления нитей на несколько частей, то есть с помощью *гормогониев*.

К одноклеточным представителям сине-зеленых водорослей можно отнести хрококк (*Chroococcus*), к нитевидным — осциллаторию (*Oscillatoria*), к образующим колонии — носток (*Nostoc*).

**Осциллатория** — простая, нитевидная клетка без слизистой оболочки. В ширину она в несколько раз больше, чем в длину. Осциллатория состоит из клеток с одинаковым строением нитей по всему телу (рис. 7). В цитоплазме выделяются бесцветная *центроплазма* и окружающая ее окрашенная *хроматоплазма*. Осциллатория размножается путем деления нитей на отдельные *гормогонии*.

В природе она часто встречается на рисовых полях, в лужах, прудах и озерах.

**Носток** — водоросль, обитающая в виде колоний величиной с орех или сливу, которые окружены слизистой пленкой.

В колониях шарообразные клетки располагаются в виде ожерелий, различных завитков или нитей. Колонии ностока широко распространены в родниковых источниках и саях горных районов (рис. 8). Сине-зеленые водоросли, отличаясь весьма простым строением, хорошо приспособляются к неблагоприятным условиям внешней среды. Именно поэтому их можно часто встретить в пресных и соленых водах, в почве и на ее поверхности, а также в родниковых источниках.

В пустынях Центральной Азии сине-зеленые водоросли участвуют в процессах почвообразования. Они обладают способностью усваивать свободный азот атмосферы и обогащают почву азотом. В Японии и Китае некоторые виды ностока употребляют в пищу.



1. Каковы особенности строения бактерий?
2. Каким путем размножаются бактерии?
3. Какие изменения происходят в бактериях при неблагоприятных условиях?
4. Каково значение бактерий в жизнедеятельности человека?
5. Каково строение клетки сине-зеленых водорослей?
6. Каково значение сине-зеленых водорослей в природе и жизни человека?



1. Определите, как можно уберечь продовольственные продукты от воздействия бактерий.
2. Запомните заболевания, вызываемые болезнетворными бактериями.
3. Какие меры предпринимаются для борьбы против болезнетворных бактерий?
4. Подготовьте реферат о роли бактерий в выращивании сельскохозяйственных растений.

## Эукариоты

Эукариоты — ядерные организмы с настоящей ядерной мембраной. Наследственный материал расположен в ядерных хромосомах. Размножаются половым способом, иногда имеет место бесполое размножение (партеногенез). Имеется клеточный центр и митотическая центральная нить, деление клетки осуществляется митотическим способом (непрямое деление). В клетках расположены пластиды и митохондрии, а также хорошо развитая эндоплазматическая сеть. Жгутики сложного строения. Не усваивают свободный азот атмосферы. В основном это аэробные организмы, лишь некоторые виды считаются анаэробными. Питание происходит путем всасывания: автотрофное и гетеротрофное. Имеются пищеварительные вакуоли.

К эукариотам относятся грибы, растительный и животный мир. В отличие от растений, грибы и животные питаются гетеротрофным способом.

## § 5. Царство растений

В настоящее время изучение растительного мира осуществляется путем подразделения его на две подгруппы: низшие растения и высшие растения.

**1. Низшие растения** произошли на ранних стадиях органического мира. Они приспособлялись к обитанию в водной среде или сильно

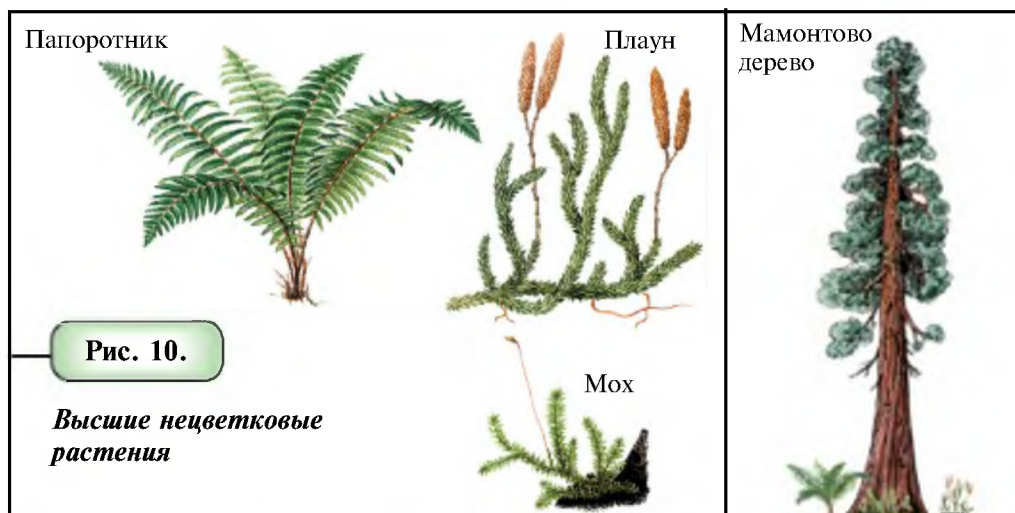
увлажненных местах. В процессе эволюции они не получили особого развития и до настоящего времени сохранили простое строение. Низшие растения представлены одноклеточными, многоклеточными и образующими колонии организмами (рис. 9). Тело их не имеет тканей и органов и называется *талломом* (слоевище).

В одноклеточных растениях все процессы, свойственные живым организмам, протекают в клетке. Растения, образующие колонии, занимают промежуточное положение между одноклеточными и многоклеточными организмами. Они состоят из скопления отдельных клеток и жизненно связаны друг с другом, сохраняя индивидуальную самостоятельность. А в многоклеточных низших растениях функции жизнеобеспечения распределяются между клетками.



Рис. 9.

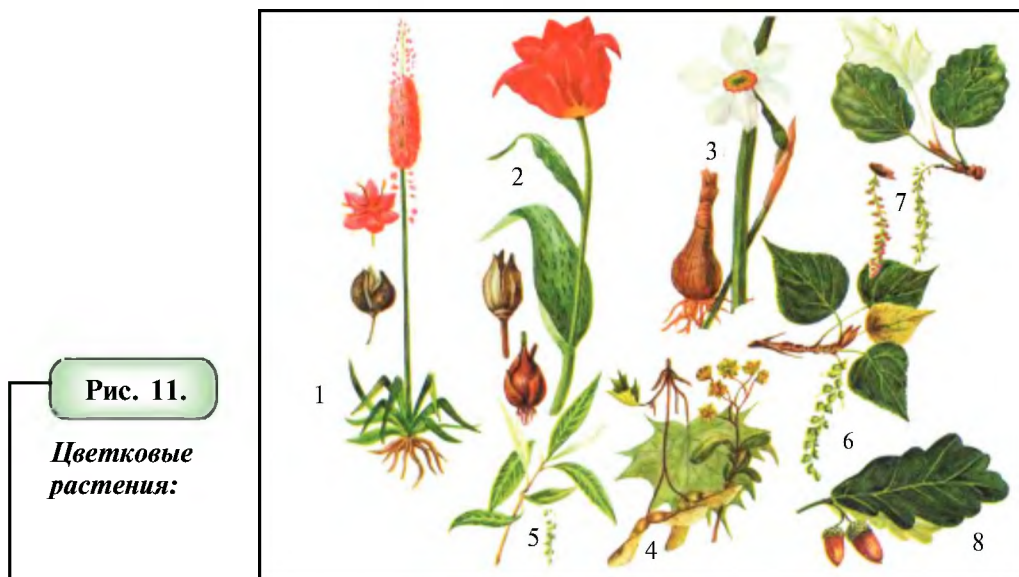
*Низшие растения — многоклеточные зеленые водоросли*



**2. Высшие растения** в эволюционном отношении считаются более молодыми. У большинства высших растений развиты такие вегетативные органы, как стебель, лист и корень, в том числе наблюдается разделение тканей. Они называются *листочкостебельными растениями* (рис. 10). Тело многоклеточных растений состоит из нескольких разновидностей клеток, выполняющих различные жизненные функции. Клетки их отличаются друг от друга по форме и строению. Благодаря совершенствованию и специализации клеток в них осуществляются все жизненные процессы: питание, дыхание, рост, размножение и др.

**Значение растений в природе и жизни человека.** Растительный покров играет важную роль в регуляции жизни биосферы. Он воздействует на газообмен, водное равновесие и климат, участвует в почвообразовании и предупреждает эрозию почвы, обуславливает существование животного мира. Растения активно участвуют в биологическом круговороте веществ, то есть в системе: атмосфера — почва — живые организмы. Они играют огромную роль в сохранении чистоты окружающей среды. Однако постоянно увеличивающееся загрязнение среды наносит огромный ущерб растительному миру, что требует разработки мер по защите растений от воздействия ядовитых веществ.

Растительный мир является источником различных сырьевых ресурсов (продовольствие, корм, лекарственные вещества, строительные материалы и др.). Человечество издавна использовало дикие растения



*1-эремурус мощный; 2-тюльпан Грейга; 3-нарцисс белый; 4-клен культурный; 5-тал белый; 6-тополь черный; 7-тополь белый; 8-дуб черешчатый*

для своих нужд, вследствие чего естественный покров неуклонно разрушался, а запасы полезной растительности сокращались (рис. 11). В наше время одной из важнейших является проблема охраны природы и рационального использования ее ресурсов. Эта проблема должна решаться не только на территории одной страны, но и всеми государствами. В независимой Республике Узбекистан проблема охраны природы взята под контроль государства. Приняты законы и разработаны соответствующие мероприятия по охране многообразия растительного мира.



1. Каковы особенности эукариотических организмов?
2. Какие организмы относятся к эукариотам?
3. Чем отличается растительный мир от других живых организмов?
4. На какие группы делится растительный мир?
5. Какие растения относятся к низшим растениям?
6. Какие признаки свойственны высшим растениям?
7. Какова роль растений в природе и жизни человека?



1. Перечислите названия известных вам низших растений.
2. Обоснуйте, почему мхи входят в группу высших растений.
3. Назовите высшие растения, обитающие в месте вашего проживания.

## § 6. Царство грибов

**Грибы** — это древнейшие гетеротфторные организмы без пластид. По способу существования подразделяются на паразитов и сапрофитов. *Сапрофиты* — организмы, питающиеся мертвым органическим веществом. Некоторые из них обитают в воде. Существует около 100000 видов грибов, обитающих на суше. Грибы отличаются от водорослей отсутствием хлорофилла, а от бактерий — наличием в их клетках ядра. Вегетативное тело грибов, называемое *мицелием*, состоит из совокупности тонких ветвящихся нитей, или *гифов* (рис. 12). Мицелий гриба всасывает питательные вещества всей поверхностью, и на нем появляются спорообразующие органы. Размножение осуществляется вегетативным, бесполом и половым способами. Вегетативное размножение проходит через почкование и деление мицелия на отдельные части, а бесполое — путем образования спор. Половое размножение у низших грибов происходит так же, как и у водорослей, а у высших грибов — путем соединения специальных половых органов, перехода содержимого одной клетки во вторую и попарного слияния ядер. По строению мицелия и способу размножения грибы делятся на *низшие* и *высшие*.

Мицелий низших грибов не имеет перегородок, и половое размножение идет, как у водорослей. У высших грибов мицелий с перегородками, то есть многоклеточный (рис. 13).

**Дрожжевой гриб** не имеет настоящего мицелия, тело его состоит из отдельных волокон. Клетка одноядерная, овальной формы. Размножается способом почкования, в результате появляются молодые клетки, которые, не обрываясь, образуют цепочку (рис. 14) и обитают в сладкой

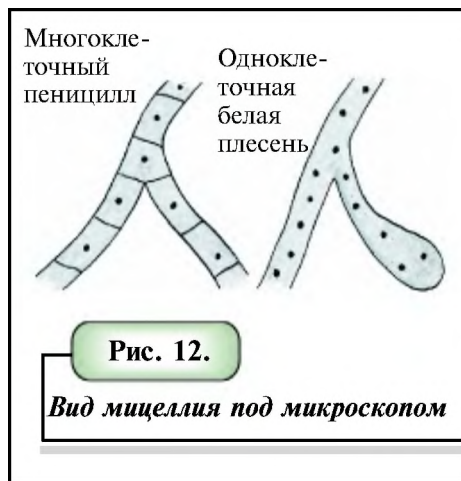


Рис. 12.

Вид мицелия под микроскопом



Рис. 13.

*Строение шляпочных грибов*

среде. В результате деятельности дрожжевых грибов сахар расщепляется на спирт и углекислый газ. Этот процесс имеет большое практическое значение при изготовлении пива, вина, в хлебопекарном производстве. Энергия, выделяемая в процессе брожения спирта, необходима для жизни дрожжей. При замешивании теста с добавлением дрожжей выделяется углекислый газ, который обеспечивает поднятие теста, то есть его легкость и пористость.

**Сморчок** — один из широко распространенных в природе шляпочных грибов, сапрофит. Длина тела 10—12 см (рис. 15). Произрастает на почвах, богатых перегноем. Подземная многолетняя часть мицелия накапливает питательные вещества, за счет которых с осени начинают формироваться плодовые тельца. К весне следующего года они созре-



Рис. 14.

*Дрожжевой гриб*

Рис. 15.

*Сморчки*



вают, выходят на поверхность почвы и выбрасывают споры. Споры образуются на внешней пористой стороне шляпки, то есть в клетках пор. Сморчок является одним из основных среди съедобных грибов. К съедобным грибам также относятся белый гриб, подберезовик и др. Они богаты белком, в их составе содержатся жиры, минеральные вещества, микроэлементы — железо, кальций, цинк и др.

**Паразитические грибы.** Грибы этого вида весьма многочисленны. Они являются возбудителями различных заболеваний у растений, животных и человека. Особенно большой вред паразитические грибы наносят сельскому и лесному хозяйству.

**Хлебная ржавчина** характеризуется сложным периодом развития, различным спорообразованием и наличием промежуточного «хозяина». Весной хлебная ржавчина начинает развиваться на ольхе (промежуточный «хозяин»), впоследствии продолжает свое обитание на растениях пшеницы. В течение всего летнего периода этот паразитический гриб образует споры желто-красного цвета, которые поражают стебли и листья растений пшеницы (рис. 16). Появляющиеся на стеблях и листьях пятна связаны с пигментацией спор и напоминают ржавые пятна на железе. Именно поэтому гриб называют *ржавчинным*. Поврежденные растения не образуют колосьев или они бывают пустыми. Борьба с этим грибом очень трудно, так как его легкие споры быстро разносятся ветром и поражают большие площади. Самым удобным методом борьбы против ржавчинных грибов является создание сортов пшеницы, устойчивых к этому грибу.

**Вертицилл.** Его спорообразующие отростки отличаются кольцеобразным ветвлением. Гриб паразитирует в проводящих тканях различных растений (хлопчатник, картофель, томат, подсолнечник и др.) и вызывает у них заболевание вилт или вертициллез, при котором поражается сосудистая система. Основной признак заболевания — увядание стеблей и листьев растения из-за потери клетками листьев эластичности. Листья приобретают вначале желто-красноватую, затем бурую окраску, что приводит к преждевременному опаданию.

В условиях Центральной Азии заболевание вилтом является настоящим бедствием для хлопчатника. Проходя через корневую

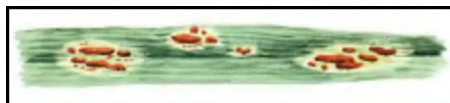


Рис. 16.

*Ржавчина на  
листе злакового  
растения*

систему хлопчатника в стебли, вилт поражает ствол стебля и нарушает его нормальное развитие. Зачастую пораженные вилтом растения погибают или у них сгнивают отдельные органы. Меры борьбы против этого заболевания состоят в ведении правильных севооборотов в хозяйствах, создании вилтоустойчивых сортов хлопчатника, глубокой и качественной обработке почвы, использовании органических удобрений и др.

**Значение грибов.** Грибы широко распространены в природе и имеют большое значение. Они участвуют в круговороте веществ в природе. Совместно с бактериями они принимают участие также в расщеплении органических веществ, остатков растений, трупов животных. В почве встречаются различные группы грибов. В качестве сапрофитов они живут на остатках пней и корней. Некоторые из них обитают в симбиозе с высшими растениями, образуя микоризу. Однако некоторые грибы причиняют вред лесному хозяйству. По данным специалистов, гнилостные грибы поражают 30% древесины и приводят ее в абсолютно негодное состояние.

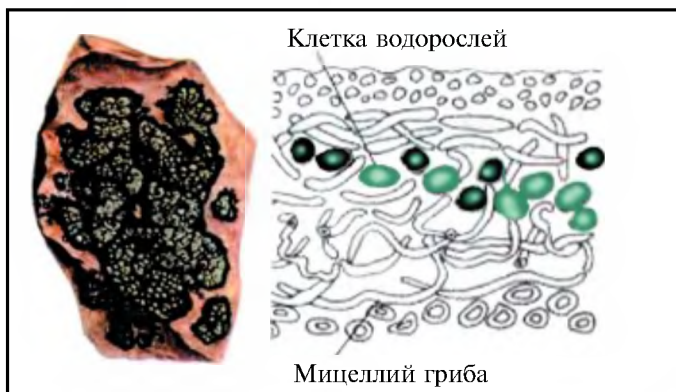
**Микориза** — симбиотическое проживание грибов на корнях высших растений. Совместное проживание с почвенными грибами характерно для большинства высших растений, обитающих на суше. В зависимости от строения микориза делится на два вида: внешнюю (эктотрофную) и внутреннюю (эндотрофную). При эктотрофной микоризе мицелий гриба покрывает плотным чехлом верхушечную часть корня. В случае эндотрофной микоризы гриб проникает глубже: во внутренние ткани корня.

Внешняя эктотрофная микориза встречается в основном на березе, дубе и хвойных деревьях. Гриб усваивает через корни деревьев углеводы и витамины. Вместе с тем он расщепляет белки в составе гумуса почвы на аминокислоты. Часть аминокислот усваивается растением. Кроме того, гриб увеличивает всасывающую поверхность корневой системы дерева, что в свою очередь имеет важное значение для растений, растущих на неплодородных почвах.

Внутренняя эндотрофная микориза зачастую встречается у травяных растений. Однако данные о ее роли в совместном проживании грибов с травяными растениями весьма скудны. Некоторые виды грибов — паразитические организмы, вызывающие у растений и животных различные заболевания. Съедобные же грибы употребляют в пищу.

Рис. 17.

*Поперечный разрез  
накипного лишайника  
и его таллома*



Отдельные виды грибов широко используются для получения антибиотиков и витаминов, дрожжевые грибы — в хлебопекарном производстве.

**Лишайники.** Лишайники представляют собой своеобразную группу низших растений, которые появились в процессе проживания в симбиозе грибов и водорослей (рис. 17). Известно около 26 000 видов лишайников. Тело, окраска и форма лишайников различны. Это — автотрофные организмы, которые размножаются спорами, а также вегетативным путем. Вегетативное размножение осуществляется за счет образования отростков на талломе лишайника, которые развиваются, попадая в благоприятные условия.

По внешнему виду лишайники делятся на: 1) накипные; 2) листоватые; 3) кустистые (рис. 18). Лишайники растут везде и широко распространены в природе. Они встречаются даже в условиях, где не могут существовать другие растения. Они растут на камнях и скалах, в пустынях и степях, на коре деревьев и кустарников; они широко распространены в тундре и лесотундре. Так, лишайник кладония (*Cladonia*) используется в качестве корма для северных оленей. Лишайники, произрастающие на неплодородных почвах, создают возможность для формирования растительных сообществ. Они способны накапливать из *субстрата* и окружающей среды различные химические элементы, в том числе и радиоактивные вещества. Для лишайников необходим чистый воздух, поэтому их можно использовать в качестве индикаторов для определения уровня загрязненности атмосферного воздуха. Некоторые лишайники применяются в текстильном производстве в качестве красителей, а также в медицине и парфюмерной промышленности. В лесах, особенно сосновых, и на площадях, очищенных от деревьев,

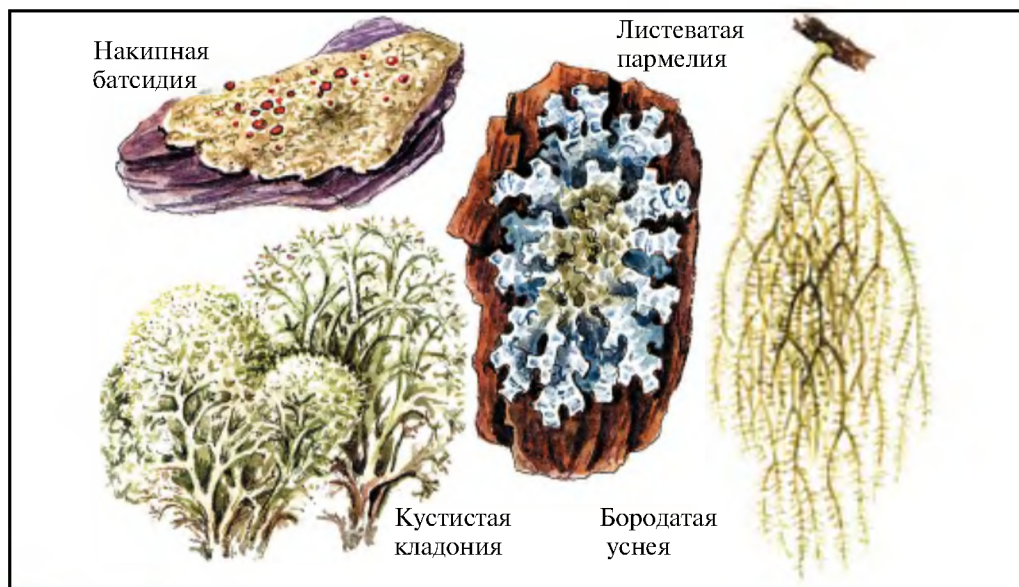


Рис. 18.

Виды лишайников

лишайники образуют сплошной покров, в котором участвует несколько видов кладонии (*Cladonia*).

Лишайники: бородатая уснея (*Usnea barbata*) и лентовидная эверния (*Evernia prunastri*) образуют на коре деревьев зеленовато-желтоватый покров, а золотистая ксантория (*Xantoria parietina*) — покров желтой окраски. Химический состав лишайников достаточно сложен. В них содержатся: хитиновое вещество — лихенин, называемый лишайным крахмалом, из дисахаридов — сахароза, различные ферменты, например, амилаза, множество аминокислот, витамины С, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub> и др.

Лишайники имеют большое значение в жизни человека. Они используются в качестве корма для северных оленей. Экстракты из лишайников применяются в парфюмерном и косметическом производстве в качестве ароматизаторов. Степной лишайник манник употребляют в пищу.



1. Какими свойствами обладают грибы?
2. Что такое гифы, мицелий?
3. Какими способами размножаются грибы?

4. Как различаются между собой низшие и высшие грибы?
5. Какой процесс происходит в результате деятельности дрожжевого гриба?
6. Опишите процесс развития сморчка.
7. Каковы специфические свойства паразитических грибов?
8. Какими организмами считаются лишайники? В чем их своеобразие?
9. Как распространяются лишайники в природе? В каких условиях они могут произрастать?
10. Каково значение лишайников в жизни человека?



1. Заполните следующую таблицу.

Гриб	Растение		Животное	
	сходство	различия	сходство	различия
Строение клетки				
Питание				
Размножение				

2. Какие лишайники произрастают в месте вашего проживания? Опишите и нарисуйте их.
3. Как используются лишайники для определения уровня загрязненности атмосферного воздуха?

## § 7. Царство животных

В процессе изучения зоологии вы узнали о строении, многообразии, индивидуальном и историческом развитии, закономерностях жизни и распространении животных на Земле. Животные и растения представляют собой живые организмы, имеющие общее происхождение. Это подтверждается некоторыми сходствами в их строении и происхождении. Животные так же, как и растения и грибы, имеют клеточное строение. Существует общность в отношении химического состава и многих других свойств (обмен веществ, наследственность и изменчивость, раздражимость). Вместе с тем животные обладают некоторыми свойствами, которые отличают их от растений. Важнейшее из них — характер питания. Большинство растений являются автотрофными организмами, животные — гетеротрофные. Для некоторых животных характерна также способность активно передвигаться, тогда как движения растений почти незаметны.

Клетки животных не имеют целлюлозной оболочки и вакуолей, что свойственно растительным клеткам. Однако нельзя утверждать, что это

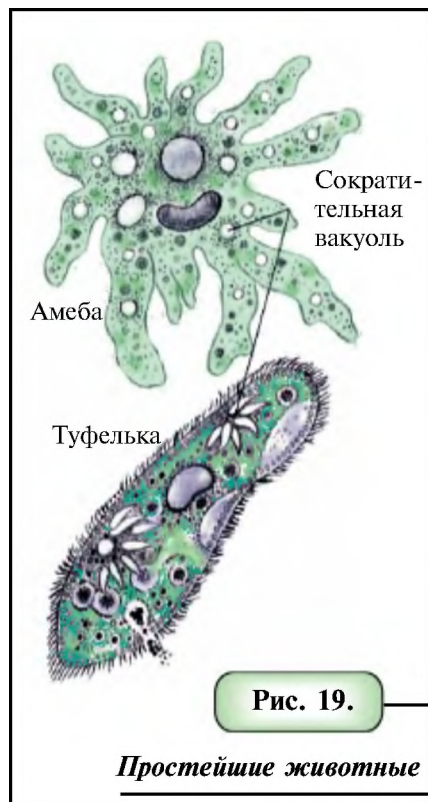
относится ко всем животным. Наличие относительных различий между животными и растениями указывает на общность происхождения их предков. Значение животных в природе проявляется в их влиянии на жизнь растений. Так, животные играют большую роль в опылении или распространении семян и плодов цветковых растений. Будучи составной частью различных пищевых цепей, травоядные животные служат источником питания хищных плотоядных животных. Велико значение животных в процессе почвообразования. Черви, муравьи и т. п. участвуют в формировании структуры почвы, в повышении ее плодородия, обеспечении влагой и воздухом. Организмы, участвующие в расщеплении растительных остатков и трупов животных, имеют важное значение как санитары. Многие животные, обитающие в воде, способствуют ее очищению и являются организмами-биофильтрами.

Животные занимают огромное место в многогранной деятельности человека. Дикие и домашние животные служат важнейшим фактором обеспечения человека различными продуктами питания. Виды диких животных позволяют сохранить генофонд для улучшения пород домашних животных. Многие виды диких животных играют большую роль в уничтожении различных вредителей сельского и лесного хозяйства. Однако большинство животных являются вредителями и наносят большой ущерб сельскому хозяйству, уничтожая запасы продовольственных продуктов, приводя в негодность материалы из шерсти, кожи и дерева. Многие виды животных являются возбудителями и разносчиками (комары, блохи и др.) различных опасных заболеваний (малярия, чесотка и др.).

Животный мир подразделяется на: 1) *одноклеточных* и 2) *многоклеточных* животных. Представители всех типов многоклеточных животных, за исключением хордовых, — *беспозвоночные животные*. Одноклеточные животные широко распространены в природе. Большинство простейших животных приспособлены к жизни в морях, пресноводных бассейнах, сильно увлажненных почвах, в других организмах. Как правило, простейшие животные очень маленькие, тело их состоит из цитоплазмы и одного или нескольких ядер. Цитоплазма окружена тонкой внешней мембраной (рис. 19). Если у многоклеточных животных жизненные процессы осуществляются при участии специальных органов, тканей и клеток, то у одноклеточных животных — с помощью *органов клетки*. Они передвигаются с помощью ложноножек, жгутиков или ресничек. Большинство простейших животных питаются органическими веществами. Питание же автотрофов происходит с помощью фото-

синтеза. Клетка простейших животных размножается путем деления, бесполом и половым способами. Ответная реакция простейших на различные воздействия внешней среды осуществляется в основном через их движения и носит название *таксис*. Одним из важных биологических свойств простейших является образование *цисты* при попадании в неблагоприятные условия.

Тело многоклеточных животных состоит из огромного числа клеток, имеющих разнообразное строение и выполняющих различные функции. Утрав способность к самостоятельному существованию, они осуществляют одну какую-либо функцию в качестве составных частей целостного организма. Многоклеточные животные характеризуются сложным индивидуальным развитием. Из оплодотворенной яйцеклетки (из неоплодотворенной яйцеклетки в партеногенезе) формируется зрелый организм. При этом оплодотворенная яйцеклетка претерпевает ряд митотических делений, и в результате деления образующихся клеток формируются зародышевые листки и зачаточные органы (об этом мы узнаем позже при изучении раздела IV).



1. Чем отличаются животные от других живых организмов?
2. Каково значение животных в природе?
3. В чем состоит положительное и отрицательное значение животных в жизни человека?
4. На сколько групп делится животный мир?



1. Покажите на опыте положительные и отрицательные особенности таксиса у простейших животных эвглены и инфузории-туфельки.
2. Заполните следующую таблицу.

Способы размножения животных	
Животное	Способ размножения



## § 8. Лабораторная работа 1

### 1. Наблюдение под микроскопом сенной палочки

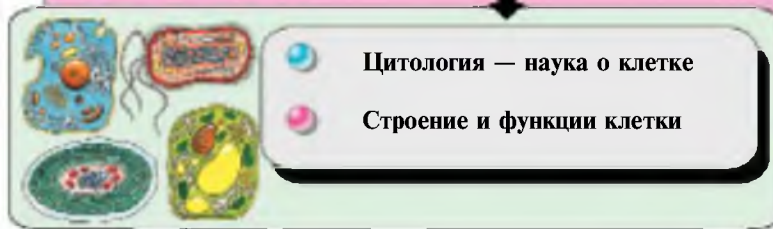
**Приборы и материалы:** Микроскоп и необходимое оборудование для работы: сенная вымочка, метиленовая синька, водоросли, взятые со стен аквариума или из лужи.

1. Положите в колбу несколько кусочков сена, залейте водой и закройте горлышко ватой.
2. Прокипятите смесь в колбе в течение 15 мин.
3. Отфильтруйте содержимое колбы и храните при температуре 20–25°C в течение нескольких дней.
4. Соберите в стеклянную трубочку немного пленки, образовавшейся на поверхности смеси, и поместите ее на предметное стекло.
5. Закройте предметное стекло покровным стеклом и наблюдайте за ней в микроскоп.
6. Накапайте под покровное стекло разведенные водой чернила и метиленовую синьку (синюю краску).
7. Под синей краской наряду с подвижными бактериями вы увидите также блестящие овальные тельца, то есть споры.

### 2. Наблюдение под микроскопом сине-зеленой водоросли

1. Снимите иглой пленку, образованную водорослями на стенках аквариума или на дне лужи.
2. Приготовьте из нее препарат и наблюдайте сначала под малым, а затем под большим объективами микроскопа.
3. Обратите внимание на то, что тонкая пленка состоит из многоклеточных нитей.
4. Наблюдайте под малым и большим объективами микроскопа нити сине-зеленого цвета.
5. Обратите внимание на то, что каждая нить состоит из клеток, не имеющих ядра и хлоропласта.
6. Видно, что центральный участок клетки бесцветный, а края более темного цвета и состоят из пигментов.





## § 9. История изучения клетки и клеточная теория

Изучение внутреннего строения живых организмов связано с изобретением микроскопа. В 1665 г. английский ученый Роберт Гук, рассматривая тонкий срез древесной пробки с помощью сконструированного им микроскопа, сделал удивительное открытие. Он обнаружил, что древесная пробка состоит не из сплошной массы, а из очень мелких ячеек, разделенных перегородками. Р.Гук назвал эти ячейки «sellula» — клетками. Впоследствии целый ряд ученых, исследуя под микроскопом ткани различных растений и животных, также определили, что все они состоят из клеток. Так, голландский ученый А.Левенгук в 1680 г. обнаружил в крови красные кровяные тельца — эритроциты.

Долгое время главной частью клетки считали ее оболочку. Лишь в начале XIX в. ученые обратили внимание на полужидкое студенистое содержимое, заполняющее клетку. В 1831 г. английский ботаник Б. Броун обнаружил в клетках ядро, а в 1839 г. чешский ученый Я.Пуркине предложил называть жидкое содержимое клетки *протоплазмой*. Таким образом, в начале XIX в. ученые пришли к заключению, что организмы растений и животных состоят из клеток. В 1838—1839 гг. немецкие ученые — ботаник М.Шлейден и зоолог Т.Шванн, — обобщив имевшиеся в то время данные, разработали основы клеточной теории, которая в дальнейшем была развита многими исследователями. Немецкий врач Р. Вирхов доказал, что вне клеток нет жизни, что главная составная часть клетки — ядро и что клетки образуются только из клеток путем их деления. Дальнейшее совершенствование техники, создание электронного микроскопа и методы молекулярной биологии позволили глубже проникнуть

в изучение клетки, познать ее сложную структуру и многообразие протекающих в ней биохимических процессов. В настоящее время основные положения клеточной теории формулируются следующим образом. 1. Все живые организмы, то есть микроорганизмы, растения и животные состоят из клеток. 2. Новые клетки образуются только из таких же исходных клеток путем их деления. 3. Клеточное строение организмов — свидетельство того, что все растения и животные имеют единое происхождение. 4. Клетка является структурно-функциональной единицей всех живых организмов. 5. Каждая клетка имеет свойство самостоятельного существования.

Клеточная теория оказала очень большое влияние на развитие биологической науки. Благодаря этой теории доказана единая морфологическая основа всех организмов, а также возможность объяснения жизненных явлений с точки зрения общей биологии. В изучение биологии клетки большой вклад внесли и ученые нашей страны. В этой связи заслуживают особого внимания исследования академиков АН РУз К.Зуфарова, Дж.Хамидова и их учеников.



1. Какой ученый впервые открыл клетку?
2. Кем и когда было открыто ядро?
3. Какой вклад внесла клеточная теория в развитие биологии?



1. Расскажите историю открытия клетки.
2. Назовите основные положения клеточной теории.

## § 10. Методы изучения клетки

Методы световой и электронной микроскопии широко используются в изучении клеточного строения живых организмов. Основные части **светового микроскопа** — объектив и окуляр. Будучи самым важным элементом микроскопа, объектив увеличивает изображение наблюдаемого предмета. Окуляры, состоящие из системы линз, также участвуют в увеличении изображения наблюдаемого предмета. Первые микроскопы давали 10—40-кратное увеличение изображения объекта. Обычно световые микроскопы увеличивают изображение в 10—2000 раз. Важнейшей особенностью микроскопа является не увеличение, а его разрешающая способность, т.е. то минимальное расстояние, на котором можно различить две точки. Волны света, испускаемые

этими точками в момент их максимального приближения друг к другу, возвращаются в одно и то же время, и человеческий глаз видит не два, а одно изображение. Чем больше разрешающая способность микроскопа, дающего одинаковое увеличение, тем больше мельчайших элементов объекта можно будет изучить. Пределом разрешающей способности светового микроскопа служит половина длины волны света, то есть 200—300 мкм<sup>1</sup>. Следовательно, с помощью обычного светового микроскопа нельзя изучать объекты с волной света меньше половины ее длины.

**Электронный микроскоп** — один из приборов, имеющих в настоящее время самую высокую разрешающую способность. Он увеличивает изображение до 200 000 раз, при этом изображение объекта создается не световыми лучами, а потоком электронов.

С помощью электронного микроскопа можно определять тончайшие структуры клетки. Благодаря его использованию открыты рибосомы, эндоплазматическая сеть, микротрубочки. В последние годы в результате совершенствования электронного микроскопа появилась возможность получать трехмерные, или пространственные, изображения структур. Для определения различных химических веществ в составе клетки широко используются *цитохимические методы* (сitos — клетка), основанные на применении различного рода красителей. С их помощью можно выявлять в составе клетки белки, нуклеиновые кислоты, жиры, углеводы и др.

Измельчая до одинаковой массы различные органы и ткани живых организмов и обрабатывая их на центрифуге, можно выделять по отдельности различные органоиды клетки (ядро, хлоропласт, митохондрии, рибосомы) и изучать их свойства. Итак, для изучения клетки можно использовать самые различные методы, с помощью которых получено огромное количество интересных научных данных.



1. Какое увеличение дает световой микроскоп?
2. Какие элементы входят в увеличительную часть микроскопа?
3. Во сколько раз увеличивает изображение объекта электронный микроскоп? Что определяется цитохимическим методом?



1. Какими методами исследуются клетки?
2. Объясните, как осуществляется увеличение изображения в микроскопе?

<sup>1</sup> 1 мкм (микромметр) — одна миллионная часть метра.

**Глава 4****СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ КЛЕТКИ**

Все живые организмы по строению клетки разделяются на две большие группы: безъядерные организмы — прокариоты и ядерные — эукариоты. Группу прокариотов составляют все бактерии и сине-зеленые водоросли (цианобактерии), в группу эукариотов входят грибы, растения и животные.

Прокариотические организмы сохраняют черты глубочайшей древности: они очень просто устроены. На этом основании их выделяют в самостоятельное царство.

Эукариотические организмы содержат ограниченное оболочкой ядро, а также сложно устроенные “энергетические станции” — митохондрии; в растениях, кроме этого, бывают еще хлоропласты.

**§ 11. Прокариотическая клетка**

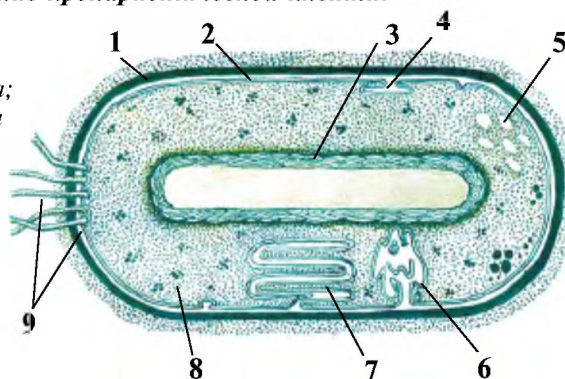
Характерным представителем прокариотических клеток являются бактерии, обитающие повсюду: в воде, почве, продовольственных продуктах. Строение такой клетки показано на рис. 20. Прокариотические клетки не имеют оформленного ядра. Их ДНК погружена в цитоплазму и не окружена оболочкой. Размеры бактериальных клеток различны и колеблются от 1 до 10–15 мкм. Основная особенность строения бактерий — отсутствие ядра. Наследственная информация заложена в одной молекуле ДНК, погруженной в цитоплазму. ДНК бактерий не образует комплексов с белками, и поэтому подавляющее большинство генов, входящих в состав хромосомы, “работает”, то есть с них непрерывно считывается наследственная информация. Бактериальная клетка окружена мембраной, отделяющей цитоплазму от клеточной стенки. В цитоплазме мембран мало. В ней находятся рибосомы, осуществляющие синтез белков. Все ферменты, обеспечивающие процессы жизнедеятельности бактерий, рассеяны по цитоплазме или прикреплены к внутренней поверхности мембраны.

У многих микроорганизмов внутри клетки откладываются запасные вещества — полисахариды, жиры, полифосфаты. Эти вещества, включаясь в обменные процессы, могут продлевать жизнь клетки, когда отсутствуют внешние источники энергии. Как правило, бактерии размножаются делением клетки надвое. Бактериям свойственно

Рис. 20.

**Строение прокариотической клетки:**

- 1 • клеточная стенка;
- 2 • цитоплазматическая мембрана;
- 3 • хромосома (кольцевая молекула ДНК);
- 4 • втягивание цитоплазматической мембраны;
- 5 • вакуоль;
- 6 • мезосома (запасная внешняя мембрана);
- 7 • скопление мембран, осуществляющих фотосинтез;
- 8 • рибосома;
- 9 • жгутики



спорообразование. Обычно споры возникают, когда ощущается недостаток в питательных веществах или когда в среде обитания в избытке накапливаются продукты обмена. Спорообразование начинается с отделения части цитоплазмы от материнской клетки. Отделившаяся часть содержит хромосому и окружена мембраной (рис. 21). Споры бактерий в сухом состоянии очень устойчивы. В таком состоянии они сохраняют жизнеспособность многие сотни и даже тысячи лет, выдерживая резкие колебания температуры.

Рис. 21.

**Созревшая спора бактериальной клетки**

1. Какие организмы относятся к прокариотам?
2. С какой частью клетки связана наследственная информация у прокариотических организмов?
3. Как образуются споры бактерий?
4. Какой важный органоид отсутствует в прокариотических клетках?



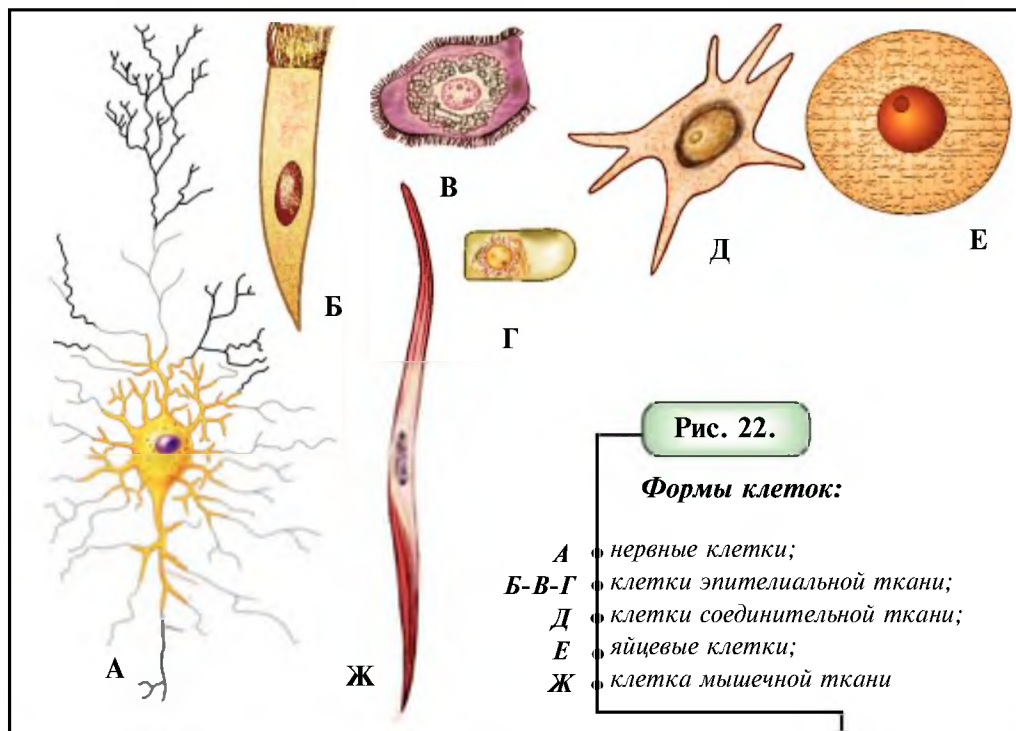
Заполните следующую таблицу. Запишите названия живых организмов согласно уровню клеточной организации.

Прокариоты	Эукариоты

## § 12. Эукариотическая клетка. Цитоплазма

Эукариотические клетки самых разных организмов отличаются сложностью и разнообразием строения (рис. 22). В зависимости от выполняемых функций они бывают самой различной формы: округлые (яйцевые и жировые клетки), звездообразные (клетки соединительной ткани), в виде отростков (нервные клетки), амeboобразные, то есть изменяющие форму (лейкоциты и отдельные клетки соединительной ткани) и др. Размеры эукариотических клеток колеблются в широких пределах. В большинстве случаев они весьма малы и составляют 10—100 мкм. Однако есть и очень большие клетки, например, клетки арбуза, которые можно видеть невооруженным глазом. Примером самой большой клетки может быть птичье яйцо. Масса клеток также различна, например, масса яйца страуса может быть от 100 г до 1,5 кг, тогда как масса красных кровяных телец (эритроцитов) равна  $10^{-9}$  г (то есть 0,000000001 г). В группу эукариотов, как уже указывалось выше, входят простейшие (ложноножки, жгутиковые, инфузории), грибы, высшие растения, а также животные. Предполагается, что эукариотические клетки возникли в результате усложнения строения прокариотов. Каждая клетка состоит из трех частей: наружной цитоплазматической мембраны, цитоплазмы и ядра (рис. 23).

**Цитоплазма.** В цитоплазме находится целый ряд структур (органойды и органеллы), каждая из которых обладает специфичностью и специализируется на выполнении определенной функции. Большинство органоидов встречается в составе всех клеток (митохондрии, клеточный центр, комплекс Гольджи, рибосомы, эндоплазматическая сеть, лизосомы), другие же присущи только определенным типам клеток (миофибриллы, реснички и ряд других). В цитоплазме откладываются также различные вещества — включения. *Включениями* называют непостоянные структуры цитоплазмы (а иногда



и ядра), которые в отличие от органоидов то возникают, то исчезают в процессе жизнедеятельности клетки. Плотные включения называют *гранулами*, жидкие — *вакуолями*. В процессе жизнедеятельности в клетках накапливаются продукты обмена веществ (пигменты, белковые гранулы в секреторных клетках) или запасные питательные вещества (зернышки гликогена, капли жира). В основе строения клетки лежит мембранный принцип. Это означает, что клетка в основном построена из мембраны. Мембрана образована двумя рядами липидов, в которые на разную глубину с наружной и внутренней стороны погружены многочисленные и разнообразные молекулы белков.

**Наружная цитоплазматическая мембрана** имеется у всех клеток и отграничивает содержимое цитоплазмы от внешней среды. Поверхность живой клетки находится в непрерывном движении. На ней появляются выросты и впячивания, она совершает волнообразные колебательные движения, в ней постоянно перемещаются макромолекулы. Цитоплазматическая мембрана обладает высокой прочностью и элас-

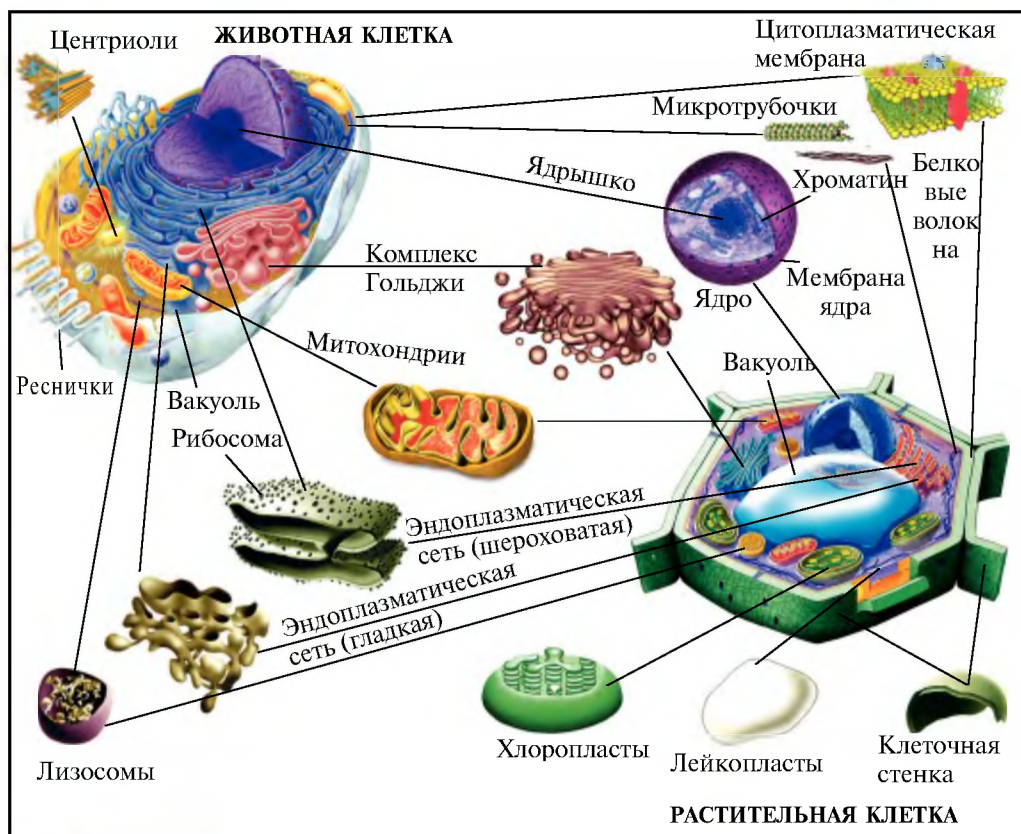


Рис. 23.

*Схема строения животной и растительной клеток*

тичностью, легко и быстро восстанавливает свою целостность при небольших повреждениях. Однако поверхность клетки не сплошная: в цитоплазматической мембране есть многочисленные мельчайшие отверстия — поры, через которые с помощью ферментов внутрь клетки могут проникать ионы и мелкие молекулы. Вместе с тем такие вещества могут попадать в клетку непосредственно через мембрану. Поступление ионов и молекул в клетку — не пассивная диффузия, а активный избирательный процесс транспорта. Цитоплазматическая мембрана легко проницаема для одних веществ и непроницаема для других. Так, концентрация ионов  $K^+$  в клетке всегда выше, чем в окружающей среде. Напротив, ионов  $Na^+$  всегда больше в меж-



клеточной жидкости. Избирательная проницаемость клеточной мембраны носит название *полупроницаемости*. Помимо указанных двух способов, химические соединения и твердые частицы могут проникать в клетку путем пиноцитоза и фагоцитоза (рис. 24). Мембрана клеток образует впячивания. Далее края впячивания смыкаются, захватывая межклеточную жидкость (пиноцитоз) или твердые частицы (фагоцитоз).

Цитоплазматическая мембрана выполняет еще одну функцию — обеспечивает связь между клетками в тканях многоклеточных организмов. Этот процесс происходит благодаря многочисленным складкам и выростам, а также вследствие выделения клетками плотного вещества, заполняющего межклеточное пространство и придающего соединениям особую прочность.

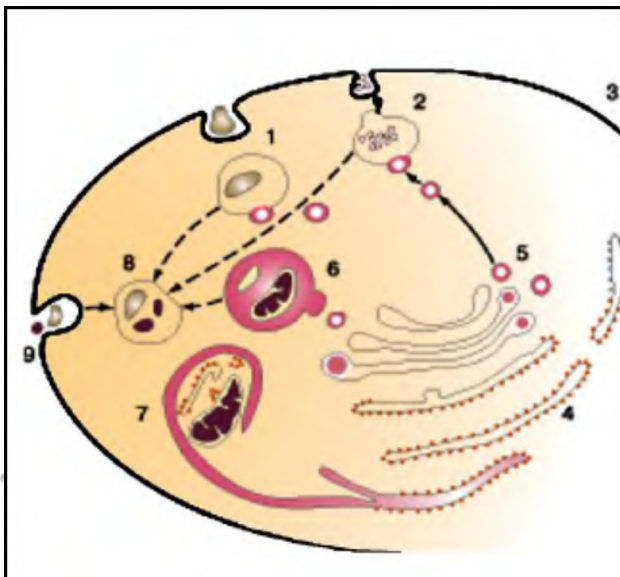
Растительная клетка, как и животная, окружена цитоплазматической мембраной. Однако помимо этого на ее поверхности расположена плотная оболочка из целлюлозы, не встречающаяся у животных клеток. На клеточной оболочке имеются специальные каналы, которые соединяются с каналами эндоплазматической сети соседних клеток.

Клетки грибов, как и растительные клетки, покрыты клеточной оболочкой, однако в отличие от клеток растений, они состоят не из целлюлозы, а из хитиноподобного вещества.

Рис. 24.

*Процессы, происходящие в клетке путем фагоцитоза и пиноцитоза:*

- 1 фагоцитоз;
- 2 пиноцитоз;
- 3 наружная мембрана;
- 4 эндоплазматическая сеть;
- 5 комплекс Гольджи и лизосомы;
- 6 слияние лизосом с пино- или фагоцитозными вакуолями;
- 7 подготовка клеточных структур к процессу переваривания;
- 8 пищеварительная вакуоль;
- 9 выведение непереваренных остатков





1. Как появились эукариотические клетки?
2. Приведите примеры эукариотических клеток.
3. Можно ли видеть клетки невооруженным глазом?
4. Каковы функции наружной цитоплазматической мембраны?
5. Как называются скопления различных веществ в цитоплазме?



1. Чем отличаются клеточные включения от клеточных органоидов?
2. Опишите мембранное строение клетки.
3. Что называют полупроницаемостью?

### § 13. Эндоплазматическая сеть, рибосомы, комплекс Гольджи, лизосомы, митохондрии, клеточный центр

Как указывалось выше, в цитоплазме клеток содержится целый ряд органоидов, которые выполняют самые различные функции.

**Эндоплазматическая сеть** представляет собой сложную систему каналов и полостей в цитоплазме всех эукариотических клеток, ограниченных мембраной. Особенно много этих каналов в клетках с интенсивным обменом веществ. Объем эндоплазматической сети составляет в среднем от 30 до 50% всей клетки. Различают два вида эндоплазматической сети: *гладкую и гранулярную* (шероховатую). Одна из основных функций гладкой эндоплазматической сети — синтез липидов и углеводов. Особенно много мембран гладкой эндоплазматической сети в клетках сальных желез (синтез жиров), печени (синтез гликогена) и в клетках, богатых запасными веществами (семена растений).

Основная функция гранулярной эндоплазматической сети — участие в синтезе белка, который осуществляется в рибосомах. Рибосомы располагаются на наружной поверхности мембранных полостей в виде гранул, придавая ей шероховатый вид. Отсюда и происходит ее название.

Таким образом, *эндоплазматическая сеть* — общая внутриклеточная циркуляционная система, по каналам которой осуществляется транспорт веществ, и на мембранах этих каналов находятся многочисленные ферменты, обеспечивающие жизнедеятельность клетки.

**Рибосомы** представляют собой сферические частицы диаметром 15,0—35,0 нм, т.е. состоящие из двух больших и малых единиц. Они со-

держат примерно равное количество белков и рибонуклеиновых кислот (РНК). Рибосомальная РНК (р-РНК) синтезируется в ядре на молекуле ДНК. Там же формируются и рибосомы, которые затем покидают ядро.

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

**Комплекс Гольджи.** Основной структурный элемент комплекса Гольджи — гладкая мембрана, которая образует плоские мешочки (система цистерн), крупные вакуоли или мелкие пузырьки (рис. 25). Синтезированные на мембранах эндоплазматической сети белки, полисахариды, жиры транспортируются к комплексу Гольджи, конденсируются внутри его структур и «упаковываются» в виде секрета, готового к выделению, либо используются в самой клетке в процессе ее жизнедеятельности.

**Лизосомы** (от греч. «lizeo» — растворяю, «soma» — тело) — небольшие овальные тельца диаметром 0,4 мкм, окруженные плотным слоем мембраны. Внутренняя часть лизосом заполнена ферментами, способными расщеплять белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды, липиды и другие вещества. Лизосомы образуются из структур комплекса Гольджи или непосредственно из эндоплазматической сети.

**Митохондрии** (от греч. «mitos» — нить, «xondrio» — зерно, гранула) содержатся практически во всех типах эукариотических клеток одноклеточных и многоклеточных организмов. Широкое распространение митохондрий в растительном и животном мире указывает на важную роль, которую они играют в клетке. Митохондрии имеют различную форму — овальную, сферическую, цилиндрическую и даже нитевидную. Размеры их составляют от 0,2 до 15—20 мкм. Длина нитевидных форм достигает 15—20 мкм. Количество митохондрий в различных тканях

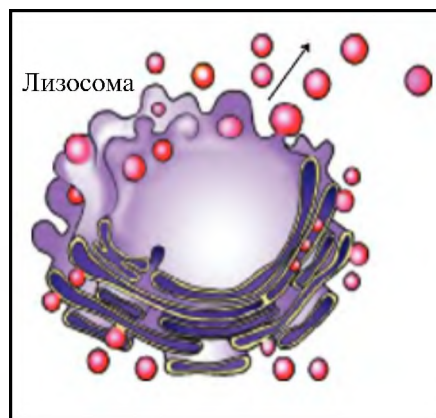


Рис. 25.

*Образование лизосом  
в комплексе Гольджи*

неодинаково и зависит от функциональной активности клетки: их больше в клетках, где интенсивнее синтетические процессы (печень) или велики затраты энергии. Так, в грудных мышцах летающих птиц число митохондрий больше, чем у нелетающих. Наличие молекулы ДНК в составе митохондрий обуславливает их быстрое увеличение путем деления. Стенка митохондрий состоит из двух мембран — наружной и внутренней.

Наружная мембрана — гладкая, внутренняя — состоит из перегородок, отходящих в глубь органоида, которые называются *кристами*. На мембранах крист расположены многочисленные ферменты, участвующие в энергетическом обмене. Основная функция митохондрий — синтез универсального источника энергии АТФ.

**Клеточный центр** состоит из очень маленьких телец цилиндрической формы, расположенных под прямым углом друг к другу и называемых *центриолями*. Стенка центриоли состоит из 9 пучков, имеющих по три микротрубочки. Центриоли считаются самовоспроизводящимися органоидами цитоплазмы.

Процесс воспроизведения осуществляется путем самосборки белковых субъединиц. Клеточный центр играет важную роль при делении клеток: от центриолей начинается рост веретена деления. У большинства растений и водорослей клеточного центра нет, поэтому веретено деления образуется из специальных ферментных центров.

**Цитоскелет.** Одна из отличительных особенностей эукариотических клеток — наличие в цитоплазме скелетных образований в виде микротрубочек и пучков белковых волокон. Элементы цитоскелета тесно связаны с ядерной оболочкой и наружной цитоплазматической мембраной, образуют сложные переплетения в цитоплазме. Опорные элементы цитоплазмы определяют форму клетки, обеспечивают движение внутриклеточных структур и перемещение всей клетки.



1. Назовите виды эндоплазматической сети.
2. Какие органоиды расположены в цитоплазме?
3. Какие органоиды клетки обладают способностью самовоспроизведения и каковы его причины?
4. Что называют включениями?



1. Какой органоид клетки участвует во внутриклеточном переваривании пищевых веществ?
2. Назовите основные функции рибосом и митохондрий.

## § 14. Ядро

Ядро является важнейшей составной частью клеток грибов, растений и животных. Клеточное ядро содержит ДНК, то есть гены, которые выполняют две основные функции: 1) хранение и воспроизведение генетической информации; 2) регуляция процессов обмена веществ, протекающих в клетке.

Безъядерная клетка не может существовать долго, и ядро также не способно к самостоятельному существованию. Поэтому ядро образует с цитоплазмой взаимозависимую систему. Обычно клетки имеют одно ядро. Нередко можно встретить клетки с двумя-тремя ядрами. Известно также существование многоядерных клеток (в отдельных случаях число их ядер достигает нескольких десятков). Форма ядра зачастую зависит от формы клетки, иногда встречаются и ядра неправильной формы.

Ядро окружено оболочкой, состоящей из двух мембран. Наружная, обращенная в цитоплазму, ядерная мембрана покрыта рибосомами. Внутренняя ядерная мембрана гладкая. Ядерная оболочка является частью мембранной системы клетки. Выросты наружной ядерной мембраны соединяются с каналами эндоплазматической сети, образуя единую систему каналов. Обмен веществ между ядром и цитоплазмой осуществляется двумя путями. Во-первых, ядерная оболочка пронизана многочисленными порами, через которые происходит обмен молекулами между ядром и цитоплазмой. Во-вторых, поступление веществ из ядра в цитоплазму и обратно может происходить в результате отделения выростов и впячиваний ядерной оболочки (рис. 26). Несмотря на активный обмен веществами между ядром и цитоплазмой, ядерная оболочка отграничивает содержимое ядра от цитоплазмы, обеспечивая тем самым различия в их химическом составе. Это необходимо для нормального функционирования ядерных структур.

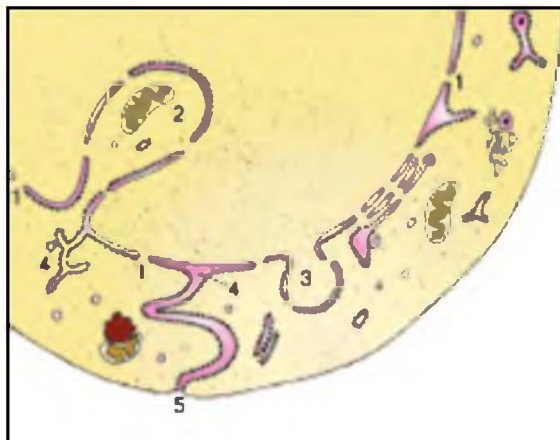
В состав ядра входят *ядерный сок*, хроматин и одно или несколько ядрышек. Ядерный сок живой клетки представляет собой гелеобразную массу, заполняющую промежутки между ядерными структурами. В состав ядерного сока входят различные белки (в том числе ферменты), свободные нуклеотиды, аминокислоты, а также продукты, выделяемые из ядра в цитоплазму и обеспечивающие жизнедеятельность ядра и хроматина.

**Хроматин** (от греч. «chroma» — окраска, цвет) — это гранулы и се-

Рис. 26.

**Пути обмена веществ между ядром и цитоплазмой:**

- 1 • прохождение веществ через ядерные поры;
- 2 • впячивание цитоплазмы внутрь ядра;
- 3 • впячивание ядерной оболочки;
- 4 • продвижение ядерной мембраны в эндоплазматическую сеть;
- 5 • выведение части каналов во внешнее межклеточное пространство



тевидные структуры ядра, окрашивающиеся некоторыми красителями и отличающиеся по форме от ядрышка. Хроматин содержит ДНК, белки и представляет собой не закрученные в спираль и неуплотненные участки *хромосом*.

Спиралевидные участки хромосом в генетическом отношении неактивны. Передачу генетической информации могут осуществлять только раскрученные участки хромосом. Их невозможно увидеть в световой микроскоп (рис. 27).

В делящихся клетках все хромосомы сильно спирализуются, укорачиваются и приобретают компактные размеры и форму. Форма хромосом зависит от положения так называемой *первичной перетяжки*, или *центромеры*, к которой во время деления клеток (митоза) прикрепляются нити веретена деления. Центромера делит хромосому на два плеча.

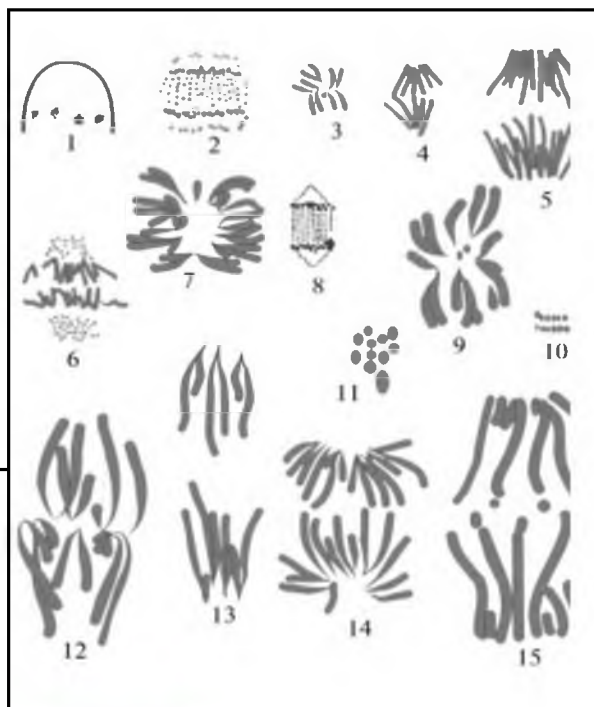
Хромосомы бывают в основном равноплечие и неравноплечие, т.е. с плечами неравной длины (рис. 28).

Изучение хромосом позволило установить следующее.

1. Во всех соматических клетках любого растительного или животного организма число хромосом одинаково.
2. Половые клетки всегда содержат вдвое меньше хромосом, чем соматические клетки любого организма.
3. У всех организмов, относящихся к одному виду, число хромосом в клетках одинаково. Число хромосом не зависит от уровня организации и не всегда указывает на родство. Одинаковое число хромосом может быть у очень далеких друг от друга систематических групп и может сильно различаться у близких по прои-



- |       |                                |
|-------|--------------------------------|
| 1     | мухомор;                       |
| 2     | липа;                          |
| 3-4   | дрозофила;                     |
| 5     | сёмга;                         |
| 6     | растение семейства аконитовых; |
| 7     | саранча;                       |
| 8     | бабочка;                       |
| 9     | растение семейства астровых;   |
| 10    | цветочный клоп;                |
| 11    | водяной перец;                 |
| 12-13 | зеленые водоросли;             |
| 14    | амблистома;                    |
| 15    | алоэ.                          |

**Рис. 28.**

*Хромосомы организмов различных видов:*

схождению видов. Например, относящиеся к различным видам и очень далеким друг от друга систематическим группам шимпанзе, таракан и перец имеют одинаковое число хромосом — 48. У человека число хромосом равно 46, а у имеющего более простое строение сазана их 104.

Таким образом, характеристика хромосомного набора в целом специфична для вида, то есть свойственна только одному какому-то виду организмов растений или животных.

Совокупность количественных (число и размеры) и качественных (форма) признаков хромосомного набора соматической клетки называется *кариотипом*.

Число хромосом в кариотипе большинства видов живых организмов четное. Это объясняется тем, что в каждой соматической клетке находятся две одинаковые по форме и размеру хромосомы — одна из отцовского организма, вторая — из материнского.

Хромосомы, одинаковые по размеру и форме и несущие одинаковые гены, называются *гомологичными*. Хромосомный набор соматической клетки, в котором каждая хромосома имеет пару, носит название *двойного* (или *диплоидного*) и обозначается  $2n$ . Из каждой пары гомологичных хромосом в половые клетки попадает только одна, поэтому хромосомный набор гамет называют *одинарным* (или *гаплоидным*).

После завершения деления клетки хромосомы деспирализуются, то есть раскручиваются, и в ядрах образовавшихся дочерних клеток снова становятся видимыми только тонкая сеточка и зерна хроматина. Третье характерное свойство ядра — наличие ядрышка. Ядрышко представляет собой плотное тельце, погруженное в ядерный сок. Ядрышки формируются и видны только в неделящихся клетках, во время митоза они исчезают, а после завершения деления возникают вновь. Ядрышко не является самостоятельной структурой ядра. Оно образуется вокруг участка хромосомы, ответственного за возникновение рибосомальной РНК (р-РНК). В его составе содержатся многочисленные молекулы р-РНК. Кроме того, в ядрышке формируются и рибосомы, которые затем переходят в цитоплазму. Таким образом, *ядрышко — это скопление р-РНК и рибосом на разных стадиях формирования*.



1. Что такое ядрышко?
2. Что такое хроматин? Опишите состав и строение хроматина.
3. Каково число хромосом в соматических и половых клетках?
4. Какие хромосомы называют гомологичными?
5. Что называют кариотипом?
6. Чем отличаются бактериальные хромосомы от хромосом эукариотических клеток?



1. Укажите строение эукариотической клетки.
2. Опишите ядро и заполните следующую таблицу.

Основные части	Особенности строения	Химический состав	Функции
1. Ядерный сок			
2. Хроматин			
3. Ядрышко			



## § 15. Особенности строения растительной клетки

В растительной клетке содержатся все органоиды, присущие животным клеткам, — ядро, митохондрии, комплекс Гольджи, рибосомы (см. рис.23). Вместе с тем она отличается от животных клеток существенными особенностями строения: 1) прочной клеточной оболочкой значительной толщины; 2) наличием особых органоидов — пластид, в которых за счет энергии солнечного света синтезируются первичные органические вещества из неорганических; 3) хорошо развитой системой вакуолей, обуславливающей осмотические свойства клеток.

**Клеточная оболочка.** Растительная клетка с наружной стороны окружена плотной клеточной оболочкой, благодаря которой каждая клетка способна сохранять свою форму. Клеточная оболочка состоит из полисахаридов. Через нее могут легко проникать вода и низкомолекулярные вещества. Вместе с тем стенка обладает значительной прочностью, сохраняя структуру растения, обеспечивая его гибкость при воздействии ветра и не допуская поломки.

**Пластиды** — органоиды растительной клетки. Они участвуют в первичном синтезе углеводов из неорганических веществ. Существует три вида пластид: 1) лейкопласты — бесцветные пластиды, участвующие в синтезе крахмала из моносахаридов и дисахаридов (в отдельных лейкопластах запасаются белки и жиры); 2) хлоропласты — зеленые пигменты, осуществляющие процесс фотосинтеза; 3) хромопласты — пластиды различной окраски, состоящие из каротиноидов, обуславливающих окраску цветков и плодов.

Пластиды могут превращаться друг в друга. Они содержат РНК и ДНК. Размножение осуществляется делением надвое.

В большинстве растительных клеток имеются и другие пластиды, содержащие красные, желтые и красноватые пигменты, обуславливающие окраску цветков и плодов, а также листьев в период листопада.

В бесцветных пластидах накапливаются запасные крахмал, жиры и белки. Такие пластиды часто встречаются в корнях, клубнях, корнеплодах и семенах растений.

**Вакуоли** — органоиды, также присущие растительной клетке, окружены мембраной. Они образуются за счет пористых мембран эндоплазматической сети. В составе вакуолей встречаются разнообразные органические соединения и соли. Осмотическое давление,

создаваемое вакуолярным соком, обеспечивает поступление в клетку воды, которая обуславливает напряженное состояние клеточной оболочки — *тургор*. Это обеспечивает прочность растений к механическим воздействиям.

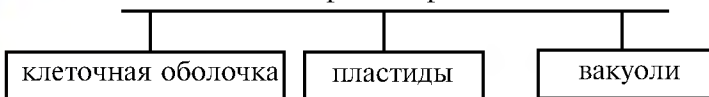


1. Чем отличается растительная клетка от животной?
2. Какую функцию выполняют пластиды?
3. Что является причиной напряженного состояния клетки?
4. Опишите строение растительной клетки.



Определите различия между растительной и животной клетками по предложенной схеме:

Особенности строения растительной клетки



## § 16. Эволюция клетки

Наука не располагает достаточными данными о том, как начиналась жизнь на Земле или когда появилась первая клетка. Однако существуют многочисленные доказательства, позволяющие делать предположения о том, как в результате различных химических и физических процессов на Земле и окружающей ее атмосфере появились простые органические вещества. Взаимодействие этих простых органических веществ приводило к образованию более сложных веществ, из которых впоследствии образовалась структура, называемая нами жизнью. Несомненно, жизнь, а следовательно, и клетка имеют свою историю развития. Согласно палеонтологическим данным, первые прокариотические клетки появились около 3,5 млрд лет назад. Допускается, что имеющие существенно сложное строение эукариотические клетки произошли от прокариотов. Существует целый ряд гипотез, объясняющих данное предположение.

**Гипотеза симбиоза.** Симбиоз — это сожительство двух или более организмов, относящихся к различным видам, при котором каждый из организмов извлекает от совместного проживания пользу для себя. Симбиотические отношения, взаимно полезные друг для друга, присущи и клеткам, и внутриклеточным структурам. Так, зеленая водоросль хлорелла участвует в процессе фотосинтеза в цитоплазме тубфельки и

обеспечивает клетку - «хозяина» питательными веществами. Согласно гипотезе симбиоза, эукариотическая клетка появилась из клеток различного типа, проживающих в симбиозе в пределах общей клеточной мембраны. По этой же гипотезе митохондрии и хлоропласты имеют независимое происхождение и появились как прокариотические клетки. Например, считается, что митохондрии произошли от аэробных прокариотов. Существует предположение, что образование ядра связано с ДНК клетки-«хозяина».

После образования ядра из его мембран возникли эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, а из них лизосомы и вакуоли. Имеется ряд аргументов, доказывающих эти предположения. Это — наличие ДНК и РНК в митохондриях и хлоропластах, схожесть их деления с делением прокариотической клетки и др.

**Гипотеза инвагинации.** Согласно этой гипотезе, некоторые оргanelлы эукариотической клетки образовались в результате инвагинации (впячивания в цитоплазму) наружной клеточной мембраны. Гипотеза инвагинации объясняет происхождение эукариотической клетки из одной, а не из многих клеток. Данная гипотеза легко объясняет возникновение хлоропластов, митохондрий и парных ядерных мембран. Согласно другой гипотезе, эукариотические клетки образовались за счет скопления отдельных элементов генома. В основе этой гипотезы лежит предположение о некоем прародительском прокариотическом организме, многочисленные геномы которого разделились на отдельные пузырьки, и образовавшиеся участки специализировались на выполнении определенных функций. Предположение о полигеномности близко к действительности, что подтверждается сходством пластических процессов в ядре и цитоплазме.

Таким образом, историческое развитие клетки обусловило образование сложного генома.



1. Что понимается под эволюцией клетки?
2. В чем состоит сущность гипотезы инвагинации?
3. Как образовалось ядро эукариотической клетки?
4. Какая еще гипотеза объясняет эволюцию эукариотической клетки?
5. Когда приблизительно возникли прокариотические клетки?



1. Объясните гипотезу симбиоза.
2. Объясните образование митохондрий.



## § 17. Лабораторная работа 2

### Изучение растительных и животных клеток

**Приборы и материалы:** микроскоп, предметное и покровное стекла, фильтровальная бумага, эпидермис красного лука, клетки слизистой оболочки полости рта человека, раствор йода, чистая ложка.

1. Наблюдение за клетками эпидермиса лука. Зарисовка изображения растительной клетки.
2. Наблюдение за клетками слизистой оболочки полости рта:
  - а) подготовьте чистые предметное и покровное стекла и накапайте на середину предметного стекла две капли раствора йода;
  - б) откройте рот и несколько раз проведите чистой ложкой по внутренней поверхности щеки, приготовьте препарат из взятого образца и понаблюдайте за ним в микроскоп;
  - в) обратите внимание на форму клетки, гранулярную цитоплазму и ядро;
  - г) определите различия между растительной и животной клетками.



## § 18. Лабораторная работа 3

### Наблюдение за плазмолизом и деплазмолизом в растительной клетке

Клеточный сок содержит большое количество водорастворимых соединений. Если мы опустим клетку в солевой раствор, вода, содержащаяся в клетке, начнет выходить из нее. При этом клетка начнет терять свою упругость и клеточная оболочка начнет постепенно морщиться. Это явление называется *плазмолизом*. Если клетку снова поместить в чистую воду, она обретет прежнее состояние, то есть произойдет явление *деплазмолиза*.

**Приборы и материалы:** красный лук, 1 мл раствора NaCl, микроскоп.

1. С помощью острого ножа вырежьте кусочки эпидермиса элодеи размером 3x4 мм. Отделите их пинцетом и опустите в каплю воды на предметном стекле. Закройте покровным стеклом и понаблюдайте в микроскоп. Нарисуйте изображение клетки.
2. Накапайте на одну сторону предметного стекла одну каплю раствора поваренной соли, поместите в него эпидермис и накройте покровным стеклом. Осушите воду из-под покровного стекла фильтровальной бумагой. Через 5—7 минут клеточная стенка начнет сужаться и морщиться. Произойдет явление плазмолиза.
3. Замените раствор поваренной соли на предметном стекле, как указывалось выше, чистой водой. Через 5—7 минут клетка вернется в прежнее состояние. Это связано с явлением деплазмолиза.



- Химический состав живых организмов
- Органические соединения в составе клетки
- Обмен веществ и превращение энергии в клетках

Начало биологической эволюции связано с появлением на Земле клеточных форм жизни. Одноклеточные организмы представляют собой существующие отдельно друг от друга клетки. Тело всех многоклеточных — животных и растений — построено из большего или меньшего числа клеток, являющихся своего рода блоками, составляющими сложный организм. Все клетки независимо от того, составляют ли они отдельный или целостный организм или только одну какую-либо его часть, характеризуются общей для всех клеток совокупностью признаков и свойств. Ученые нашей страны вносят большой вклад в изучение химического состава клетки и протекающих в ней химических процессов. Исследования академиков Я.Туракулова, Б.Ташмухамедова и их учеников в этой области получили признание во всем мире.

Рассмотрим подробнее общие черты химического состава, структуру и особенности жизнедеятельности элементарной единицы живых организмов — клетки.

### § 19. Элементный состав клетки

В состав клетки входит около 70 химических элементов, встречающихся в неживой природе. Их часто называют *биоэлементами*. Это — одно из доказательств общности живой и неживой природы. Однако соотношение химических элементов живой и неживой природы бывает различным. В зависимости от количества входящих в состав живого организма химических элементов их выделяют в несколько групп. Около 98% массы клетки образуют четыре элемента: водород, кислород, углерод и азот. Их называют *макроэлементами*. Это главные компоненты всех органических соединений. Кроме того, в составе биологических полимеров (от греч. «poly» — много и «meros» — часть) — белков

и нуклеиновых кислот — встречаются сера и фосфор. В меньших количествах в состав клетки входят шесть элементов: калий, натрий, кальций, магний, железо и хлор. Каждый из них выполняет в клетке важную функцию. Например, Na, K и Cl обеспечивают прохождение через мембраны клетки различных веществ. Проведение импульса по нервным волокнам также осуществляется с помощью этих элементов. Ca и P участвуют в образовании костных тканей, обеспечивая их прочность. Кроме того, Ca — один из факторов, обеспечивающих нормальную свертываемость крови. Элемент Fe входит в состав белка эритроцитов — гемоглобина, который участвует в переносе кислорода от легких к тканям. И, наконец, Mg входит в состав *хлорофилла* — пигмента, участвующего в фотосинтезе растительных клеток, а у животных — в состав биологического катализатора, обеспечивающего ускорение биохимических реакций. Все остальные элементы (цинк, медь, йод, фтор, кобальт, марганец, молибден, бор и др.) встречаются в клетке в очень незначительных количествах, составляя лишь около 0,02% массы клетки. Поэтому их называют *микроэлементами*. Однако они также имеют жизненно важное значение. Они входят в состав веществ с высокой биологической активностью — гормонов, ферментов и витаминов. Например, йод содержится в составе тироксина — гормона, вырабатываемого щитовидной железой. Недостаток йода приводит к уменьшению выработки тироксина, вследствие чего возникает гипопаратиреоидизм — заболевание — зоб. Цинк входит в состав целого ряда ферментов, повышает активность половых гормонов. Кобальт — необходимый составной элемент витамина B<sub>12</sub>, который имеет важное значение в кроветворении.



1. Что называется биоэлементами?
2. Что относится к макроэлементам?
3. Какие элементы и почему называют микроэлементами?
4. В составе какого гормона встречается йод?



Запишите, не заглядывая в учебник, функции жизненно важных элементов:

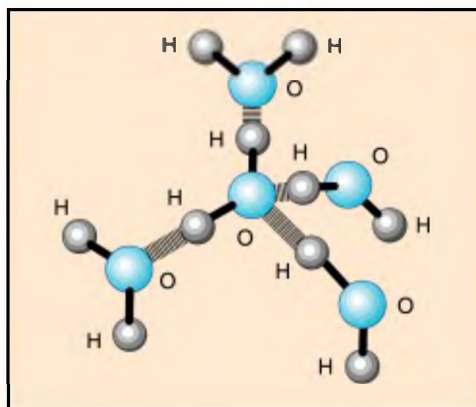
Элемент	Функция, выполняемая в клетке ( в организме)
Натрий Калий Кальций Магний Железо	

## § 20. Вода и неорганические вещества, входящие в состав клетки

Вода — самое распространенное в природе и живых организмах неорганическое вещество. Ее содержание колеблется в широких пределах: в клетках эмали зубов воды около 10%, в клетках развивающегося зародыша — более 90%. В многоклеточном организме вода составляет в среднем около 80% массы тела. Роль воды в клетках очень велика. Для живых организмов вода является не только необходимой составной частью их клеток, но и средой обитания. Функции воды во многом определяются ее химическими и физическими свойствами. Эти свойства зависят от размера молекул воды, их поляризации и способности образовывать между собой водородные связи. Под *поляризацией* понимается неравномерное распределение зарядов в молекуле. Если один конец молекулы воды имеет слабый положительный заряд, то другой — отрицательный. Такая молекула называется *диполем*. В результате притяжения к электроотрицательным атомам кислорода электронов атома водорода имеет место электростатическое взаимодействие, и молекулы воды как бы «примыкают» друг к другу (рис. 29). Такое взаимодействие обычно намного слабее, чем ионные связи, и называется *водородными связями*. Вода является хорошим растворителем для поляризованных веществ. В качестве растворителя вода обеспечивает как расщепление веществ клетки, так и выведение из нее продуктов жизнедеятель-

Рис. 29.

Схема образования  
химических связей между  
диполями воды



ности, потому что большинство химических веществ может проникнуть через наружную клеточную мембрану только в растворенном виде.

Вода имеет важное значение и как чисто химическое соединение. Под воздействием некоторых катализаторов она вступает в реакцию гидролиза, при которой к свободным валентностям различных молекул присоединяются группы  $\text{OH}^-$  и  $\text{H}^+$  воды.

Вода обладает большой теплоемкостью и хорошей теплопроводностью, поэтому температура внутри клетки остается почти неизменной или весьма незначительно отличается от температуры окружающей клетку среды.

**Минеральные соли.** Большая часть неорганических веществ клетки встречается в виде солей — либо в состоянии ионов, либо в виде твердых нерастворимых солей. Среди ионов большое значение имеют соли  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , обеспечивающие такое важное для живых организмов свойство, как раздражимость. От концентрации солей внутри клетки зависят буферные свойства клетки.

*Буферностью* называют способность клетки поддерживать слабощелочную реакцию своего содержимого на стабильном уровне. Внутри клетки буферность обеспечивается главным образом анионами  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  и  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Во внеклеточной жидкости и крови роль буфера играют  $\text{H}_2\text{CO}_3$  и  $\text{HCO}_3^-$ .

Анионы слабых кислот и слабых щелочей связывают ионы водорода ( $\text{H}^+$ ) и гидроксил-ионы ( $\text{OH}^-$ ), благодаря чему буферность внутриклеточной среды, то есть pH, практически не изменяется. Основная часть Ca и P входит в состав костных тканей в виде сложного фосфорнокислого кальция и карбоната кальция.



1. Объясните пространственное строение молекул воды, от которых зависит ее биологическое значение.
2. Укажите минеральные соли, часто встречающиеся в составе живых организмов.
3. С какими веществами связаны буферные свойства клетки?



1. Объясните причину различного содержания воды во всевозможных организмах.
2. Объясните, почему все химические процессы протекают в водной среде.



## Глава 6

ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В СОСТАВЕ  
КЛЕТКИ

## § 21. Биомолекулы

Органические соединения составляют в среднем 20—30% массы клетки живого организма. Они представляют собой различные вещества с большой и малой молекулярной массой и называются *биомолекулами*. Простые органические соединения с малой молекулой называются *мономерами*. Большое число мономеров, соединенных друг с другом, образует очень большие молекулы, которые называются *макромолекулами*, или *полимерами*. В составе всех живых организмов встречаются в основном четыре вида органических макромолекулярных соединений: углеводы, белки, нуклеиновые кислоты и липиды. Белки, нуклеиновые кислоты и углеводы называются *биополимерами*, так как они состоят из монополимеров схожего строения, то есть аминокислот, нуклеотидов и моносахаридов. Исключение составляют липиды.

Каждый живой организм обладает способностью образовывать на основе мономеров только ему присущие биополимеры. Биополимеры выполняют в живых организмах различные функции. Их можно разделить на три группы. Первую группу представляют структурообразующие биополимеры, которые состоят из полисахаридов и некоторых белков. Вторая группа — это биополимеры, выполняющие биологические функции, например, каталитическую или транспортную. В нее входят в основном белки. Третья группа — информационные полимеры, хранящие информацию, в нее входят нуклеиновые кислоты.

Важнейшие из них — белки и нуклеиновые кислоты. Углеводы и липиды представляют собой биомолекулы, обеспечивающие энергией клетку. Остановимся отдельно на строении и выполняемых функциях биомолекул. Они играют решающую роль во всех процессах жизнедеятельности.

Вместе с тем в клетках встречается ряд органических соединений с малыми молекулами — гормоны, пигменты, сахар, аминокислоты, нуклеотиды и др. В различных типах клеток содержится неодинаковое количество органических соединений. Например, в растительных клетках много углеводов, напротив, в животных клетках много белка. Независимо от типа клетки содержащиеся в ней органические вещества выполняют схожие функции.



1. Какие вещества называются биомолекулами?
2. Что называется мономером?
3. Какие соединения входят в биополимеры?
4. Какие функции выполняют биополимеры?
5. Какие малые органические соединения встречаются в клетках?



1. Укажите группы биополимеров в живых организмах.
2. Укажите органические соединения, присущие растительным и животным организмам.

## § 22. Белки и аминокислоты

Среди органических веществ клетки белки занимают первое место как по количеству, так и по значению. Белки — это высокомолекулярные коллоидные соединения, состоящие из аминокислот. При гидролизе они расщепляются на аминокислоты. Элементный состав белков представлен углеродом, водородом, кислородом, азотом и серой. Иногда в них встречается и фосфор. Содержание азота в составе белков постоянно и составляет в среднем 16%. В составе природных белков встречается 20 аминокислот, различающихся между собой. Соединяясь между собой с помощью пептидных связей, аминокислоты образуют полипептидные цепи.

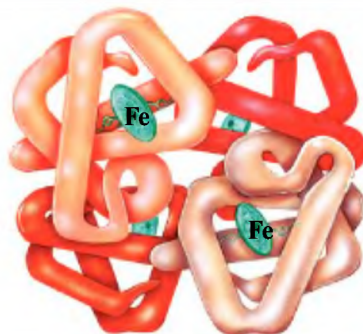
Аминокислоты в составе белков		
некольцевые (ациклические)		кольцевые (циклические)
1. Глицин	8. Лейцин	15. Фенилаланин
2. Аланин	9. Изолейцин	16. Тирозин
3. Серин	10. Треонин	17. Триптофан
4. Цистеин	11. Лизин	18. Гистидин
5. Цистин	12. Аргинин	19. Пролин
6. Метионин	13. Аспарагиновая кисл.	20. Оксипролин
7. Валин	14. Глутаминовая кисл.	

Белки, встречающиеся в составе живых организмов, весьма многочисленны и разнообразны. Для каждого из них характерна строго определенная последовательность аминокислот.

Молекулы белка имеют нитевидную или овальную форму (рис. 30).

Рис. 30.

Схема расположения полипептидной цепи молекулы белка гемоглобина



**Функции белков.** Функции белков в клетке весьма разнообразны. Важнейшая из них — образование структур (от лат. — «строение»). Белки участвуют в образовании всех клеточных мембран и органоидов клетки. Важной особенностью белков является их *каталитическая* функция. Все биологические катализаторы — ферменты — имеют белковую природу. В отличие от неорганических катализаторов, они ускоряют химические реакции в десятки и даже сотни тысяч раз. *Двигательная* функция живых организмов обеспечивается сократительными белками. Эти белки участвуют во всех видах движения, к которым способны клетки и организмы.

*Транспортная функция* белков — еще одна присущая им особенность. Например, белок гемоглобина выполняет перенос кислорода к различным тканям и органам тела. Белки осуществляют также *защитную* функцию в живых организмах. В случае попадания в организм чужеродных веществ или микроорганизмов в белых кровяных тельцах — лейкоцитах — образуются особые белки — антитела. Они связываются с чужеродными веществами (антигенами) и обезвреживают их.

Белки выполняют и *гормональную* функцию. Например, гормон инсулин имеет белковую природу и регулирует содержание глюкозы в крови. Таким образом, все функции, присущие живым организмам, выполняются белками.



1. Какие соединения называются белками?
2. Какие элементы встречаются в составе белков?
3. Из скольких аминокислот построены белки?
4. Какие вещества выполняют каталитическую функцию в клетке?
5. Какие функции выполняют белки в клетке?



1. Опишите значение белков в клетке.
2. Как различаются между собой разные белки?
3. Опишите транспортную функцию белков.

### § 23. Свойства белков. Простые и сложные белки

Белки, встречающиеся в составе живых организмов, бывают двух видов: нитевидной и шаровидной (яйцевидной) формы. Шерсть животных, волосы человека, нити коконов шелкопряда, мускулы состоят из нитевидных белков. Примером белков шаровидной формы могут служить растворимые белки клетки. К ним относятся в основном белки, выполняющие каталитическую функцию, и гемоглобин крови.

Под воздействием различных факторов белки теряют свои природные свойства. Например, при кипячении яйца его жидкое прозрачное содержимое становится твердым и плотным. Это явление называется *денатурацией* (денатурация — утрата белковой молекулой своих природных свойств). Старение организма связано с тем, что его белки постепенно подвергаются денатурации.

**Простые и сложные белки.** Все белки подразделяются на две большие группы: простые и сложные. Простые белки построены только из аминокислот, в состав сложных белков кроме аминокислот входят атомы металлов или других сложных веществ небелковой природы.

**Простые белки** отличаются друг от друга растворимостью в воде и других растворителях. Белки, способные растворяться в чистой дистиллированной воде, называются *альбуминами*. Примером альбуминов являются яичный белок, а также белки пшеницы и гороха. Белки, способные растворяться в слабом растворе поваренной соли, называются *глобулинами*. Представителями глобулинов можно назвать белки крови и многие растительные белки. В клетках живых организмов содержатся также белки, растворимые в спиртах и слабых щелочных растворах.

**Сложные белки.** В зависимости от характера соединений небелковой природы, входящих в состав белков, они делятся на нуклеопротеины, хромопротеины, липопротеины и др.

Хромопротеины — окрашенные белки — широко распространены в живых организмах. Так, гемоглобин крови относится к хромопротеинам и содержит атомы железа. Нуклеопротеины — сложные соединения, образовавшиеся в результате соединения белка и нуклеиновых кислот.

Они встречаются во всех живых организмах и являются неотъемлемой частью ядра и цитоплазмы.



1. Назовите формы белков?
2. Какую форму имеет гемоглобин крови?
3. Какие свойства теряют белки при денатурации?
4. Какими свойствами обладают простые белки и как их называют?



1. Приведите примеры сложных белков.
2. Какие свойства отличают простые белки друг от друга?
3. В состав каких белков входят хромопротеины?

## § 24. Углеводы

Углеводы — широко распространенные в природе органические соединения с общей формулой  $C_n(H_2O)_m$ . Появление термина «углевод» связано с тем, что у большинства этих соединений водород и кислород находятся, как правило, в тех же соотношениях, что и в воде.

Углеводы имеют важное значение в жизни живых организмов, участвуя в образовании белков, нуклеиновых кислот и жиров. Многие углеводы накапливаются в растениях в качестве запасных веществ. Так, волокно хлопчатника и кора растения кенафа состоят из полисахарида, называемого *целлюлозой*. Крахмал же накапливается в качестве запасного вещества в корнеплодах и клубнях растений, а также в семенах зерновых культур. В животных клетках количество углеводов невелико и составляет 1—2, иногда 5%. Наиболее богаты углеводами растительные клетки, где их содержание в некоторых случаях достигает 95% сухой массы (в хлопковом волокне).

Углеводы делятся на два вида: моносахариды и полисахариды. *Моносахариды* — простые углеводы. Важнейшие из них — глюкоза (виноградный сахар) и фруктоза (фруктовые сахара). Содержание глюкозы в крови — 0,1—0,12%. Рибоза и дезоксирибоза также относятся к моносахаридам и входят в состав нуклеиновых кислот.

Соединения, в молекуле которых объединяются два моносахарида, называются *дисахаридами*. Примером дисахаридов являются сахароза (сахар сахарной свеклы), мальтоза (сахар зерна), лактоза (молочный сахар). Сложные углеводы, образованные многими моносахаридами, называются *полисахаридами*. Примером полисахаридов могут служить крахмал, гликоген, целлюлоза и др. Хлопковое волокно практически

состоит из чистой целлюлозы. Мономером этих полисахаридов является глюкоза. В живых организмах полисахариды выполняют две основные функции: строительную и энергетическую. Например, целлюлоза участвует в образовании стенок растительных клеток. Имеющее сложное строение хитиновое вещество входит в состав наружного скелета членистоногих. Хитин встречается также в клетках грибов.

Углеводы являются основным источником энергии в клетке. В процессе окисления 1 г углеводов освобождается 17,6 кДж энергии. Крахмал у растений и гликоген у животных, накапливаясь в клетках, служат энергетическим резервом.



1. Чем объясняется появление термина «углевод»?
2. В составе каких организмов содержится много углеводов?
3. Какие углеводы называют сложными?
4. Какие функции выполняют углеводы?



1. Приведите примеры моносахаридов.
2. Опишите источники получения сахарозы.

## § 25. Липиды

Органические соединения, не растворимые в воде, называются *липидами*, или жирами. Они отличаются большим разнообразием. Среди них более распространены простые липиды — нейтральные жиры. Нейтральные липиды животных клеток называются *жирами*, а липиды растительных клеток — *маслами*. При обычных температурах масла находятся в жидком состоянии.

Основная функция жиров в клетке проявляется в том, что, накапливаясь в клетках, они служат запасным источником энергии. Калорийность жиров в 1,5–2,0 раза выше, чем у углеводов. В результате полного расщепления 1 г жира освобождается 38,9 кДж энергии. Содержание жира в клетке колеблется от 5 до 15%, в клетках жировой ткани его количество достигает 90%. В организме животных, впадающих в зимнюю спячку, накапливается излишнее количество жира. Откладываясь в подкожной жировой ткани позвоночных животных, жир выполняет функцию теплоизолятора. Одним из веществ, выделяющихся при расщеплении жиров, является вода. Эта метаболическая вода крайне важна для пустынных животных. Жир, накапливаемый в

горбе верблюдов, служит (как ошибочно принято считать) не источником энергии, а источником воды. В больших количествах липиды накапливаются и в семенах растений. В качестве примера масличных культур можно привести растения подсолнечника, льна, хлопчатника, сои, сафлора и др. Еще одним представителем простых липидов является воск. Это вещество выполняет у растений и животных водоотталкивающую функцию. Из воска пчелы строят свои соты.

Сложные липиды также играют большую роль в клетках живых организмов. Одними из них являются фосфолипиды, входящие в состав клеточных мембран. Фосфолипиды имеют важное значение при образовании мембран. Соединяясь с белками, липиды образуют липопротеины, которые выполняют транспортную и строительную функции.

К сложным липидам относятся и *гликолипиды*, встречающиеся в составе клеточных мембран. Липидами является еще одна группа веществ — *стероиды*. Они широко распространены в растительных и животных организмах, к числу их принадлежат органические кислоты и их соли, стероиды, половые гормоны, витамины, холестерол и др. Эти липиды участвуют в целом ряде важнейших физиологических и биохимических процессов.



1. Какие соединения называются липидами?
2. Какие функции выполняют жиры в клетке?
3. Источником чего служит жир, накапливаемый в горбе верблюда?



1. Расскажите, в каких целях используется воск живыми организмами?
2. Приведите примеры сложных липидов.

## § 26. Нуклеиновые кислоты

Значение нуклеиновых кислот в клетке живых организмов, в том числе в вирусах очень велико. Они обеспечивают возможность хранения, переноса и передачи наследственной информации, а также участвуют в осуществлении таких важных жизненных процессов, как биосинтез белков. Нуклеиновые кислоты впервые были выделены из клеточных ядер, поэтому их называют «*нуклеиновыми кислотами*» (от лат. «*nukleus*» — ядро). В настоящее время установлено, что нуклеиновые кислоты содержатся не только в ядре, но и в хлоропластах и ми-

тохондриях. Открытие строения одной из нуклеиновых кислот — ДНК положило начало новой эре в развитии биологии. Это открытие позволило раскрыть тайны передачи живыми клетками, а следовательно, живыми организмами потомству схожих признаков и свойств, а также установить механизм переноса информации об управлении процессами жизнедеятельности.

Мономерами нуклеиновых кислот являются нуклеотиды, соединение которых образует длинную цепь полинуклеотидов. Нуклеотиды имеют сложное строение и содержат в своем составе фосфорную кислоту, моносахариды и азотистые основания: аденин, гуанин, тимин (урацил), цитозин. Они отличаются друг от друга только по азотистым основаниям. Моносахариды, содержащиеся в нуклеиновых кислотах, бывают двух видов: *рибоза* и *дезоксирибоза*. В молекуле рибозы и дезоксирибозы имеется по 5 атомов углерода, а в молекуле глюкозы число атомов углерода равно 6. Дезоксирибоза отличается от рибозы тем, что в ее молекуле на один атом кислорода меньше, чем у рибозы. Оба эти моносахарида никогда не встречаются одновременно в одном полинуклеотиде и в одной нуклеиновой кислоте. Они всегда соединяются друг с другом, образуя либо только рибонуклеотиды, либо только дезоксирибонуклеотиды.

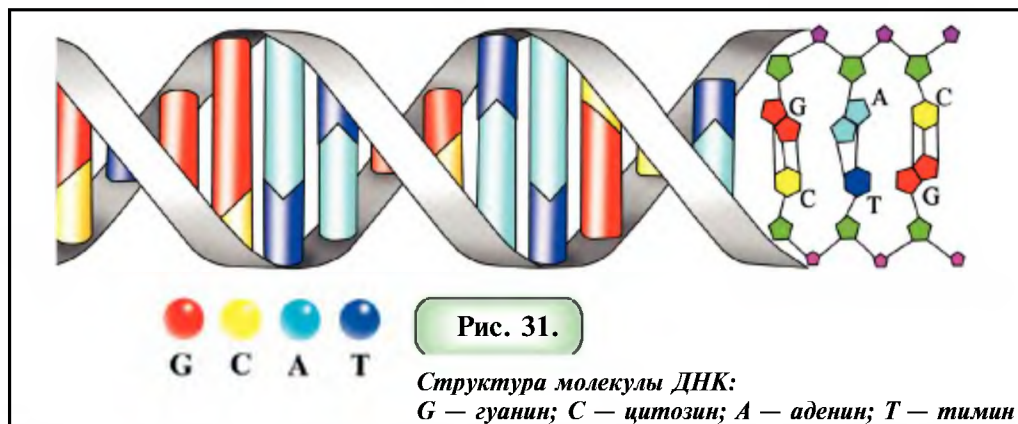
Таким образом, указанные два моносахарида образуют два типа полинуклеотидов и вследствие этого два типа нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновую (ДНК) и рибонуклеиновую (РНК) кислоты.

ДНК — это полимерное соединение из двух нитей, имеющее очень большую молекулярную массу. В одной молекуле ДНК может быть исключительно большое количество нуклеотидов (рис. 31). Нити ДНК полностью соответствуют друг другу и комплементарны<sup>1</sup>. При этом на одной нити напротив пуринового основания должно находиться пиримидиновое основание. Аденин и тимин относятся к пуриновому основанию, а гуанин и цитозин — к пиримидиновому. Аденину всегда комплементарен тимин, а гуанину — цитозин. Между аденином и тимином существуют две водородные связи, а между гуанином и цитозином — их три. Образование двойной нити ДНК обусловлено комплементарностью нуклеотидов друг другу.

---

<sup>1</sup>Комплементарность — взаимодополняемость.





Молекула ДНК несет в себе информацию о синтезе белка. Вместе с тем она обладает замечательной способностью к удвоению, что означает точную передачу из поколения в поколение наследственной информации о живых организмах. ДНК содержится в клеточном ядре, в том числе в митохондриях и хлоропластах. Входя в состав хромосомы, встречается в соединении с белками. Строение ДНК было открыто американским биологом Дж. Уотсоном и английским физиком Ф. Криком.

Структуры РНК сходны со структурой ДНК. Молекула РНК, в отличие от молекулы ДНК, представлена одной нитью: вместо дезоксирибозы — рибоза, а вместо тимина — урацил. В клетке имеется три вида РНК: транспортные РНК (т-РНК), информационные РНК (и-РНК) и рибосомная РНК (р-РНК). Все они участвуют в синтезе белка.



1. Какие соединения называются нуклеиновыми кислотами? Какие виды нуклеиновых кислот вы знаете?
2. Из каких соединений состоят нуклеиновые кислоты?
3. Откуда происходят названия ДНК и РНК?
4. Какую функцию выполняют нуклеиновые кислоты в живых организмах?



1. Укажите, из каких веществ состоят нуклеотиды.
2. Перечислите виды РНК.
3. Сопоставьте структуры ДНК и РНК.

## Глава 7

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРЕВРАЩЕНИЕ  
ЭНЕРГИИ В КЛЕТКАХ

## § 27. Обмен веществ

Для обеспечения равномерного протекания жизнедеятельности в клетках непрерывно осуществляются процессы биологического синтеза, или биосинтеза. Многочисленные химические вещества, содержащиеся в живых организмах, постоянно изменяются в результате различных реакций. Этот процесс называется *обменом веществ*, или *метаболизмом*. Обмен веществ обеспечивает существование, рост, жизнедеятельность, размножение живых организмов и постоянные их связи с внешней средой. Это в свою очередь приводит к самообновлению живых организмов, преемственности между родительскими особями и их потомством и является необходимым условием их существования.

В процессе обмена веществ живые организмы поглощают различные вещества из внешней среды. Жизненные явления осуществляются в основном через обмен веществ. Усвоение и переваривание пищи живыми организмами представляет собой первую ступень обмена веществ, а выведение во внешнюю среду ненужных продуктов жизнедеятельности – последнюю ступень.

Процессы, происходящие в клетках, называются *промежуточной ступенью* обмена веществ. Обмен веществ включает в себя два противоположных, но взаимосвязанных друг с другом процесса. Это реакции ассимиляции, или *анаболизма*, и диссимиляции, или *катаболизма*. В процессе анаболизма в живых организмах наблюдается образование, то есть синтез веществ, при этом организм поглощает из внешней среды различные вещества и усваивает их. Например, установлено, что человек в результате своей жизнедеятельности усваивает в год примерно 1,5 т кислорода и пищи, что составляет в среднем за день 0,86 кг кислорода, 2,1 кг воды, 0,81 кг органических веществ и 0,1 кг минеральных солей. Энергия потребляемой человеком за день пищи равна 3000 ккал.

В процессе катаболизма наблюдается расщепление, или распад веществ и освобождение накопленной в них энергии. Расщепление веществ осуществляется путем окисления при участии кислорода и путем брожения – в бескислородной среде. Выделившаяся в результате этого энергия расходуется не только на выполнение жизненных

функций организма в активном состоянии, но и на удовлетворение его потребностей в состоянии покоя. С помощью ферментов из простых веществ с малой молекулой образуются сложные высокомолекулярные соединения: из аминокислот – белки, из моносахаридов – сложные углеводы. При участии азотистых оснований образуются нуклеотиды, из которых формируются нуклеиновые кислоты. Точно в таком же порядке из простых ацетатных кислот возникают сложные жирные кислоты. Последние, вступая в реакцию с глицерином, образуют жиры и масла. Биосинтетические реакции различаются на основе индивидуальных и видовых особенностей. В конечном счете структура крупных органических молекул, синтезируемых с помощью белковых ферментов, определяется последовательностью нуклеотидов в ДНК. Это в свою очередь связано с совокупностью генов данной клетки, то есть с генотипом.

Синтезированные вещества используются в процессе роста для построения клеток и их органоидов и для замены израсходованных или разрушенных молекул. Все реакции синтеза идут с поглощением энергии, а реакции расщепления, напротив, протекают с выделением энергии.



1. Что понимается под обменом веществ?
2. Из каких этапов (ступеней) состоит обмен веществ?
3. На каком этапе процесса обмена веществ выделяется энергия?



1. Объясните сущность анаболизма и катаболизма.
2. Опишите первую, последнюю и промежуточную ступени обмена веществ.

## § 28. Пластический обмен. Биосинтез белков. Генетический код

Совокупность реакций биологического синтеза называется *пластическим обменом*. Название этого вида обмена отражает его сущность: из простых веществ, поступающих в клетку извне, образуются вещества, подобные веществам клетки, т.е. происходит ассимиляция. Рассмотрим одно из важнейших проявлений пластического обмена – биосинтез белков. Среди многообразных химических процессов, протекающих в живых организмах, синтез белковых соединений занимает особое место. Обмен веществ, являясь в сущности белковым обменом,

обуславливает изменение какого-либо свойства, присущего белкам, и становится причиной изменения процесса обмена веществ.

Биологическая функция белков определяется в основном местоположением аминокислот в молекуле белка, то есть их последовательностью. Следовательно, биосинтез таких молекул должен осуществляться по заранее определенной программе, которая записана в молекуле ДНК с помощью четырех видов нуклеотидов и именуется копией или матрицей молекулы белка. Кодирование 20 аминокислот в молекуле ДНК с помощью четырех видов нуклеотидов называется *генетическим кодом*. Каждая аминокислота кодируется с помощью триплета – сочетания трех последовательно расположенных нуклеотидов. Для кодирования 20 аминокислот требуется 61 кодовый триплет. Следовательно, одна аминокислота кодируется с помощью двух и более кодов. Общее число кодов составляет 64 ( $4^3=4 \times 4 \times 4$ ). Остальные три кода указывают на начало и завершение синтеза белка.

Генетический код является универсальным для всех живых организмов. Следовательно, он одинаков и для микроорганизмов, и для человека. Важная особенность генетического кода заключается в его *специфичности*, которая состоит в том, что каждой аминокислоте в полипептидной цепочке соответствует один триплет – комбинация из трех нуклеотидов. Биосинтез белка представляет собой крайне сложный процесс, в котором участвуют разнообразные ферменты и РНК. Этот процесс протекает на этапах транскрипции и трансляции в особом синтезирующем органоиде клетки – рибосомах.

Первоначально аминокислоты с помощью энергии АТФ активируются, затем с помощью т-РНК переносятся в рибосомы. Информация о последовательности аминокислот в структуре белка считывается с молекулы ДНК с помощью и-РНК и передается в рибосомы (транскрипция). Это значит, что в одной из цепочек ДНК синтезируется молекула РНК. Последовательность молекул и-РНК комплементарна последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК (рис. 32).

Таким образом, в цитоплазме клетки образуется комплекс, состоящий из рибосом и и-РНК, который осуществляет синтез белка.

Рибосома перемещается вдоль молекулы и-РНК и начинается синтез полипептидной цепочки (трансляция). По мере перемещения рибосомы по молекуле и-РНК к полипептидной цепочке друг за другом пристраиваются аминокислоты. Соответствие аминокислоты кодовому триплету

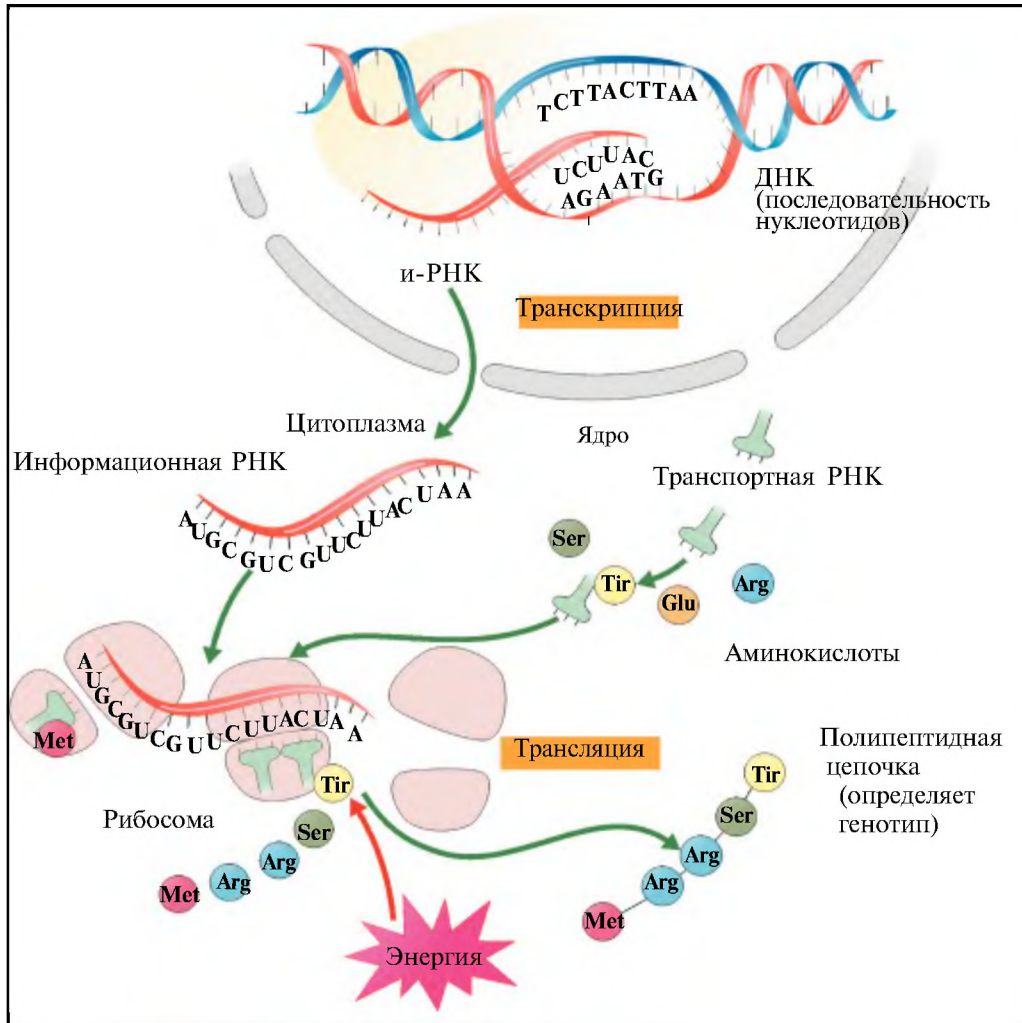
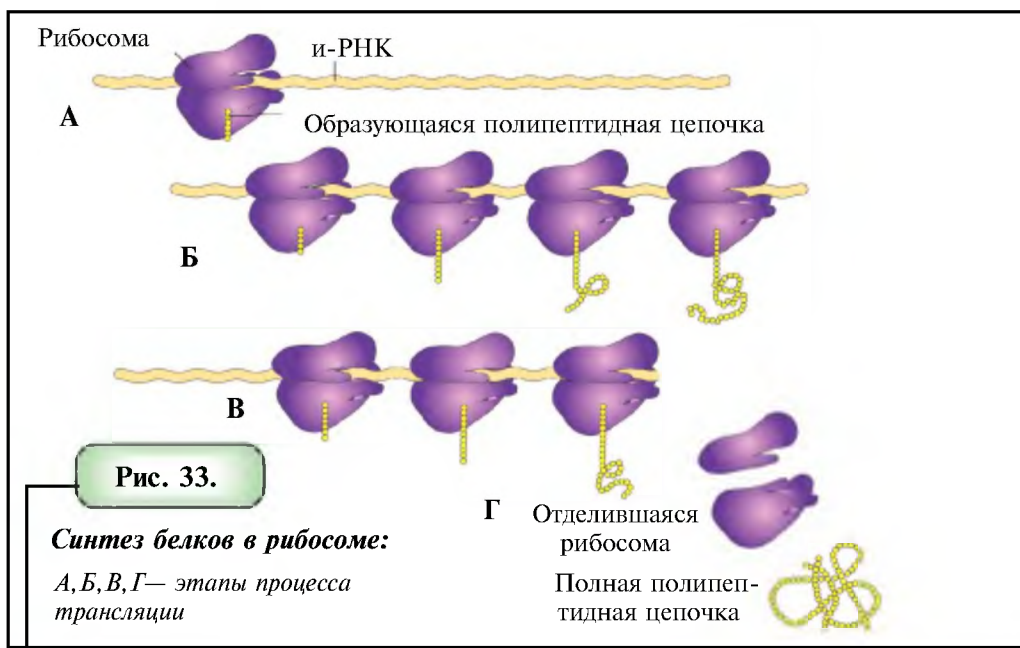


Рис. 32.

Схема биосинтеза белка

определяется со стороны т-РНК. По завершении синтеза молекулы белка полипептидная цепочка отделяется от рибосомы. Молекула и-РНК и рибосома могут использоваться для биосинтеза белка многократно. Этот процесс показан на рис. 33.



1. Что такое комплементарность?
2. Где синтезируются рибонуклеиновые кислоты?
3. В каком органоиде клетки осуществляется биосинтез белка?



1. Охарактеризуйте процесс ассимиляции.
2. Назовите основные свойства генетического кода.

## § 29. Энергетический обмен. АТФ

В процессе диссимиляции в живых организмах происходит расщепление веществ. Это — противоположный ассимиляции процесс. Расщепление высокомолекулярных соединений сопровождается выделением энергии, поэтому диссимиляцию называют еще *энергетическим обменом* клетки.

Один из самых важных процессов, протекающих в живых организмах, — их аэробное (т.е. кислородное) дыхание, при котором в результате окисления сложных органических соединений выделяется большое количество энергии. В организме животных этот процесс

осуществляется при участии специальной дыхательной системы. У растений органы дыхания отсутствуют, поэтому они дышат через ткани и клетки.

Химическая энергия питательных веществ заключена в различных ковалентных связях между атомами в молекулах органических соединений. В глюкозе количество потенциальной энергии, заключенной в связях между атомами С, Н и О, составляет 2800 кДж на 1 моль (т.е. на 180 г глюкозы). При расщеплении глюкозы энергия выделяется поэтапно при участии ряда ферментов согласно уравнению:



Часть энергии, освобождаемой из питательных веществ, рассеивается в виде теплоты, а часть накапливается в богатых энергией фосфатных связях аденозинтрифосфатной кислоты (АТФ). Именно АТФ обеспечивает энергией все виды клеточных функций, биосинтез, механическую работу (деление клетки, сокращение мышц), активный перенос веществ через мембраны, проведение нервного импульса и др.

Молекула АТФ состоит из азотистого основания аденина, сахара рибозы и трех остатков фосфорной кислоты. Аденин, рибоза и первый фосфат образуют аденозинмонофосфат (АМФ). Если к первому фосфату присоединяется второй, получается аденозиндифосфат (АДФ). Молекула с тремя остатками фосфорной кислоты (АТФ) наиболее энергоемка. Отщепление конечного фосфата АТФ сопровождается выделением 40 кДж энергии.

Благодаря богатым энергией связям в молекулах АТФ клетка может накапливать большое количество энергии в очень небольшом пространстве и расходовать ее по мере надобности. Синтез АТФ осуществляется в специальных органоидах клетки – митохондриях. Эти органоиды поставляют молекулы АТФ в различные участки клетки и обеспечивают энергией процессы жизнедеятельности.



1. Что такое диссимиляция?
2. С помощью чего осуществляется процесс дыхания у растений?
3. Назовите, из чего состоит АТФ?
4. Какое количество энергии выделяется при расщеплении 1 моля глюкозы?



1. На что расходуется энергия, выделяемая при расщеплении веществ?
2. Объясните, почему процесс диссимиляции называют еще энергетическим обменом.

### § 30. Этапы энергетического обмена

В процессе брожения энергетический обмен обычно подразделяется на три этапа. Первый этап — *подготовительный*. На этом этапе молекулы сложных углеводов, жиров и белков распадаются на мелкие — глюкозу, глицерин и жирные кислоты, аминокислоты; крупные молекулы нуклеиновых кислот — на нуклеотиды. В этих реакциях выделяется небольшое количество энергии, которая рассеивается в виде теплоты.

Второй этап — *неполный*, во время которого осуществляется бескислородное расщепление, протекает в цитоплазме клетки. Он называется также анаэробным дыханием (гликолиз), или *брожением*. Термин «брожение» обычно применяют к процессам, протекающим в клетках растений или микроорганизмов. На этом этапе продолжается дальнейшее расщепление веществ при участии ферментов. Например, в мышцах в результате анаэробного дыхания молекула глюкозы распадается на две молекулы молочной кислоты. В реакциях расщепления глюкозы участвуют фосфорная кислота и АДФ, и за счет энергии, выделившейся в результате их расщепления, образуются молекулы АТФ.

У дрожжевых грибов молекула глюкозы в бескислородных условиях расщепляется на этиловый спирт и диоксид углерода. Этот процесс называется *спиртовым брожением*. У других микроорганизмов процесс гликолиза завершается образованием ацетона, уксусной кислоты и др. Во всех случаях распад одной молекулы глюкозы сопровождается образованием двух молекул АТФ. При бескислородном расщеплении глюкозы до образования молочной кислоты 40% выделяемой энергии сохраняются в молекуле АТФ, а остальная энергия рассеивается в виде теплоты.

Третий этап энергетического обмена, называемый *аэробным дыханием*, или *кислородным расщеплением*, также ускоряется с помощью ферментов. Вещества, образовавшиеся в клетке на предыдущих этапах, при участии кислорода распадаются на конечные продукты  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . В процессе кислородного дыхания выделяется большое количество энергии, которая накапливается в молекулах АТФ. При расщеплении двух молекул молочной кислоты при доступе кислорода образуются 36 молекул АТФ. Следовательно, основную роль в обеспечении клетки энергией играет аэробное дыхание. Все живые организмы по способу получения энергии делятся на: *автотрофные* и *гетеротрофные*.

Автотрофы — это организмы, образующие необходимые для жиз-



недеятельности органические вещества из неорганических. Это — все зеленые растения, водоросли, некоторые бактерии. В зависимости от используемого источника энергии автотрофные организмы делятся на: *фототрофные* и *хемотрофные*. Фототрофы используют энергию Солнца, а хемотрофы — энергию химических реакций.



1. Сколько этапов включает энергетический обмен?
2. В каких случаях используется термин «брожение»?
3. Что такое спиртовое брожение?
4. Что представляет собой процесс кислородного расщепления?



1. Опишите этапы энергетического обмена.
2. Объясните, на каком этапе энергетического обмена образуется самое большое количество молекул АТФ.

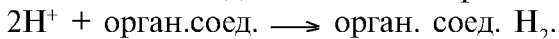
### § 31. Фотосинтез

Образование в зеленых растениях под воздействием солнечных лучей сложных органических соединений из диоксида углерода и воды называется *фотосинтезом*. Процесс фотосинтеза растений является единственным на Земле средством превращения энергии солнечных лучей в энергию химических связей. В этом заключается «космическое» значение растений. Органические соединения, образующиеся в данном процессе, служат источником питания и энергии для живых организмов. Вместе с тем процесс фотосинтеза обогащает атмосферу свободным кислородом. Изучение процесса фотосинтеза создает также возможности для получения богатых урожаев сельскохозяйственных культур.

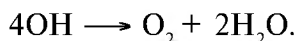
Зеленые растения являются фототрофными организмами. При помощи содержащегося в хлоропластах пигмента хлорофилла они осуществляют фотосинтез — преобразование световой энергии в энергию химических связей. Этот процесс протекает следующим образом. Кванты света — фотоны — взаимодействуют с молекулами хлорофилла. В результате эти молекулы на короткое время переходят в богатое энергией «возбужденное» состояние. Затем избыточная энергия возбужденных молекул рассеивается в виде теплоты или света. Остальная часть энергии передается ионам водорода  $H^+$ , всегда имеющимся в водном растворе вследствие диссоциации воды. Диссоциация воды под воздействием света называется *фотолизом*:



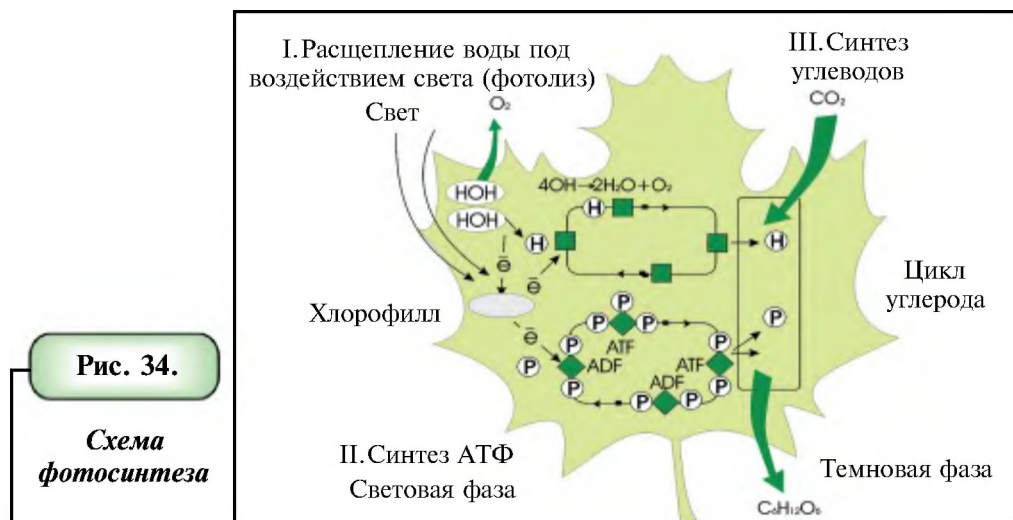
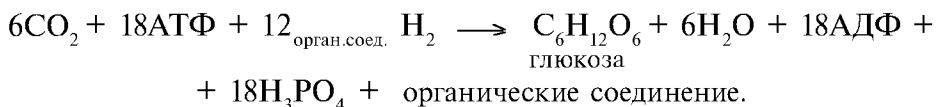
Образовавшиеся атомы водорода посредством непрочных связей соединяются с органическими соединениями – переносчиками водорода:



Ионы гидроксила  $\text{OH}^-$  отдают свои электроны другим молекулам и превращаются в свободные радикалы. Радикалы взаимодействуют друг с другом, в результате чего образуются вода и молекулярный кислород (рис. 34):



Таким образом, источником молекулярного кислорода, образующегося в процессе фотосинтеза и выделяющегося в атмосферу, является вода. Солнечная энергия расходуется не только на расщепление воды, но и на образование АТФ из фосфорной кислоты и АДФ. Это очень эффективный процесс: в хлоропластах без участия кислорода образуется в 30 раз больше АТФ, чем в митохондриях тех же растений. Таким путем накапливается энергия, необходимая для процесса присоединения диоксида углерода. В таких реакциях участвуют АТФ и водород органических соединений, являющихся переносчиками водорода:



Так энергия солнечного света преобразуется в энергию химических связей органических соединений (глюкозы).



1. Что такое фотосинтез?
2. Что происходит в процессе фотосинтеза?
3. Что служит источником кислорода, выделяемого в атмосферу в процессе фотосинтеза?



1. Объясните, в чем состоит «космическое» значение растений.
2. Объясните фотолиз воды.
3. Какие организмы называются фототрофами?

### § 32. Хемосинтез

Некоторые бактерии, лишённые хлорофилла, также способны синтезировать органические соединения. При этом они используют энергию химических реакций неорганических веществ. Преобразование энергии химических реакций в химическую энергию синтезируемых органических соединений называется *хемосинтезом*. В качестве примера организмов-хемотрофов можно указать ряд микроорганизмов: нитрифицирующие бактерии, преобразующие аммиак в азотную кислоту; так называемые железные бактерии, преобразующие двухвалентное железо в трехвалентное; серные бактерии, преобразующие сероводород в серную кислоту. Поглощая атмосферный азот, переводя нерастворимые минералы в форму, пригодную для усвоения растениями, хемосинтезирующие бактерии играют важную роль в круговороте веществ в природе.

Энергия может выделяться вследствие окисления неорганических соединений водорода, сероводорода, серы, железа, аммиака, нитритов и др. Организмы, не способные сами синтезировать органические соединения из неорганических, получают их из окружающей среды в готовом виде. Такие организмы называют *гетеротрофами*. К ним относятся большинство бактерий, грибов и все животные.

### § 33. Лабораторная работа 4



#### Влияние амилазы на крахмал

Фермент амилаза расщепляет крахмал до сахара. Этот фермент содержится в больших количествах в прорастающих семенах пшеницы

и слюне человека. Поэтому ферментный препарат можно приготовить из зеленой массы прорастающих семян или из слюны. Для этого нужно тщательно прополоскать рот водой, затем подержать глоток воды в течение 2-3 мин во рту и вылить ее в пустой стакан. Раствор слюны, приготовленный таким способом, и является препаратом фермента амилазы. Для проведения опыта необходимо приготовить также 1%-ный раствор йода и 0,5%-ный раствор крахмала.

1. Берут две сухие пробирки.
2. В первую пробирку наливают 1-2 мл воды и 1-2 мл раствора крахмала и тщательно перемешивают. Сверху закапывают одну каплю раствора йода. Содержимое пробирки окрашивается в синий цвет.
3. Во вторую пробирку наливают 1-2 мл сока фермента амилазы и 1-2 мл раствора крахмала и через 5 мин закапывают одну каплю раствора йода. При этом содержимое пробирки окрашивается не в синий, а красноватый или желтый цвет. Это свидетельствует о расщеплении крахмала под воздействием фермента.



### § 34. Лабораторная работа 5

#### Образование органических веществ в листьях растений

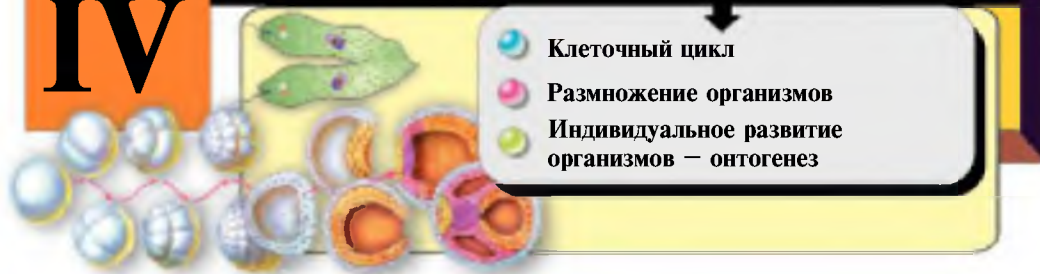
Как известно, основным органическим веществом, которое образуется в листьях растений, является крахмал. Крахмал образуется под воздействием солнечных лучей. Если каким-либо способом преградить доступ солнечных лучей к определенной части листа, то на этом месте крахмал не образуется. Это явление можно наблюдать в процессе следующего опыта.

**Инструменты и материалы:** этиловый спирт, 1%-ный раствор йода, герань или другие комнатные растения, какое-нибудь растение или дерево, растущее на открытом грунте и имеющее большую поверхность листа (щавель или платан).

**Порядок работы:** из черной бумаги вырезают две одинаковые фигуры (треугольник или квадрат) и скрепками прикрепляют их к верхней и нижней сторонам листа растения друг против друга. Через 2 часа лист отрезают, удаляют бумагу и помещают его на 2-3 мин в кипящую воду. Затем для очищения от пигментов лист помещают в спирт, промывают его водой и перекладывают в сосуд с раствором йода. Расправив лист стеклянной палочкой, можно заметить, что участок листа, закрытый бумагой, не окрасился в синий цвет и стал бесцветным. Это указывает на то, что на закрытом бумагой участке листа крахмал не образовался.

# РАЗДЕЛ IV

## РАЗМНОЖЕНИЕ И ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ



### Глава 8

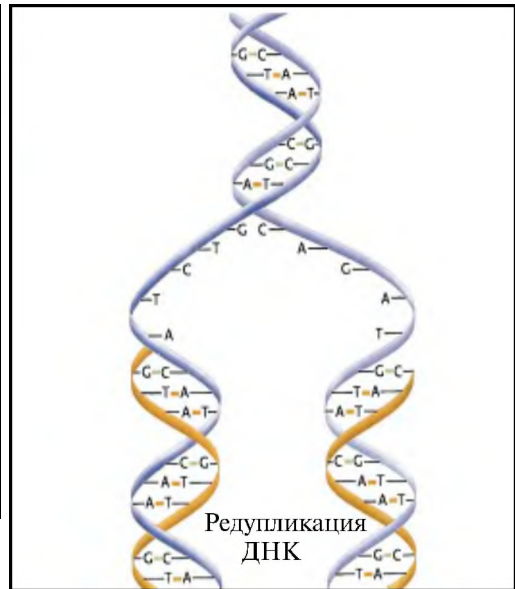
### КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ

#### § 35. Митоз

Размножение, или самовоспроизведение, — одна из важнейших характеристик органической (живой) природы. Размножение — свойство, присущее всем без исключения живым организмам — от бактерий до млекопитающих. Существование любого вида животных и растений, бактерий и грибов, преемственность между родительскими особями и их потомством поддерживаются только благодаря размножению. Тесно связано с воспроизведением и другое свойство живых организмов — развитие. Оно присуще всему живому на Земле: и мельчайшим одноклеточным организмам, и многоклеточным растениям и животным.

Многоклеточный организм состоит из совокупности клеток, каждая из которых имеет определенное строение и функции. Продолжительность жизни клетки бывает различной в зависимости от ее строения и функций. Например, нервные и мышечные клетки перестают делиться после завершения эмбрионального периода развития и функционируют на протяжении всей жизни организмов. Другие клетки — костного мозга, эпидермиса, кишечного эпителия — размножаются делением в течение всей жизни. Таким образом, *жизненный цикл клетки представляет собой промежуток времени от момента возникновения клетки в результате деления до ее гибели или до последующего деления*. В это время клетка растет и выполняет специфические функции в составе тканей и органов многоклеточного организма.

Совокупность последовательных и взаимосвязанных процессов в период подготовки клетки к делению — митозу и на протяжении самого митоза называется *митотическим циклом* (рис. 35).



*Редупликация ДНК, расхождение двух спиралей ДНК: синтез новых нуклеотидов возле старых. Образование двух спиралей новой молекулы ДНК*

Подготовительный период от одного митоза до второго называется *интерфазой*. В свою очередь интерфаза делится на три периода.

1. В период подготовки к синтезу ДНК, обозначаемый символом  $G_1$ , в клетке усиленно образуются РНК и белки, повышается активность ферментов, участвующих в синтезе ДНК, быстро растет клетка.

2. В период синтеза ДНК, обозначаемый символом S, происходит удвоение (редупликация) молекул ДНК. На столько же увеличивается и количество клеточных центров. В результате удвоения молекул ДНК в каждой хромосоме образуется вдвое больше молекул ДНК, число хромосом не изменяется (рис. 36).

3. В период окончания синтеза ДНК, обозначаемый символом  $G_2$ , завершается подготовка клетки к митозу.

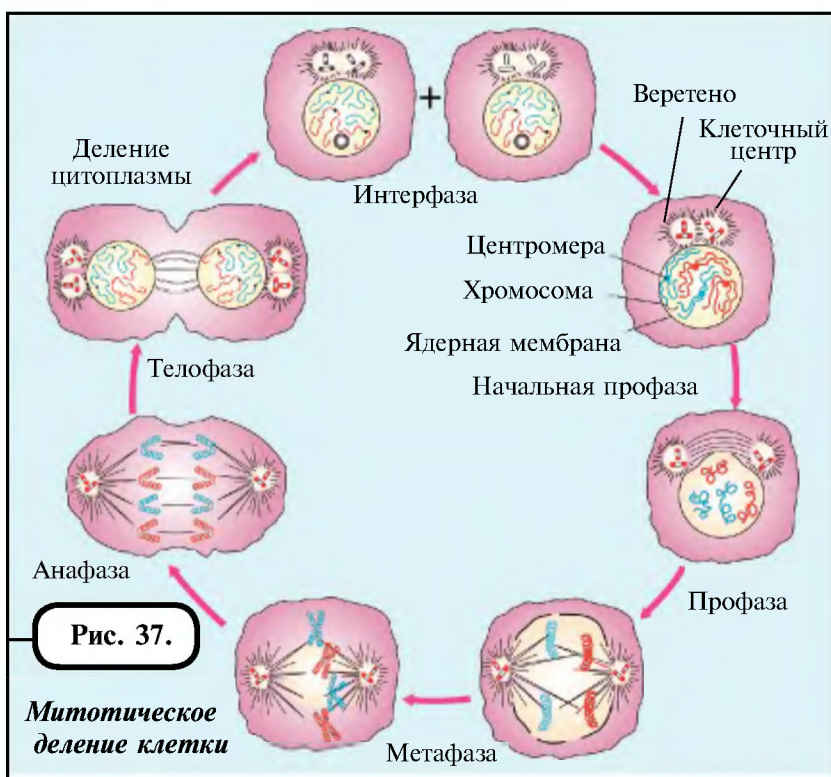
По завершении интерфазы начинается *митоз*. Митоз состоит из четырех фаз – профазы, метафазы, анафазы и телофазы (рис. 37, 38).

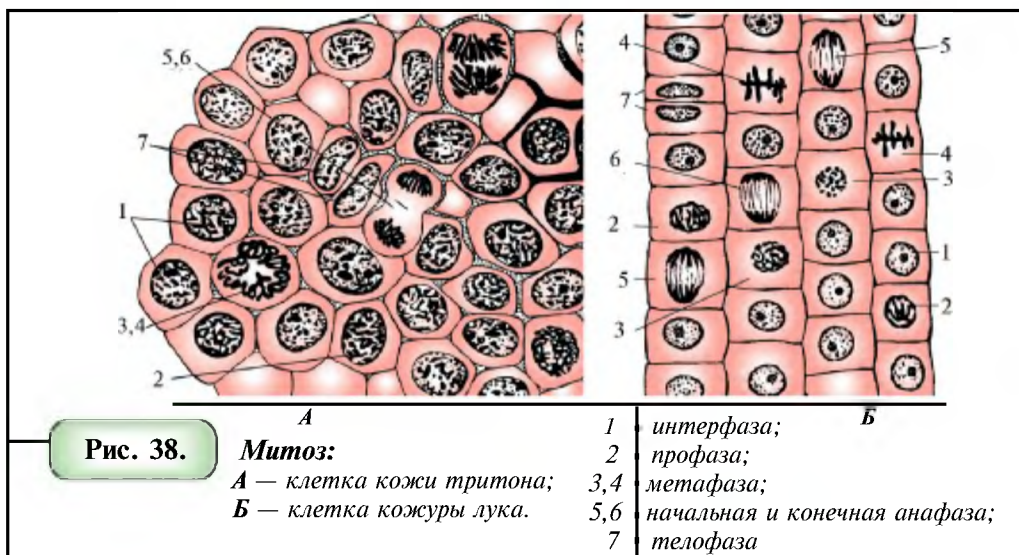
В *профазе* увеличивается объем ядра, вязкость ядерного сока понижается. Хромосомы спирализуются, утолщаются и укорачиваются и отчетливо видны в микроскоп. Ядрышки исчезают, по две центриоли расходятся к полюсам клетки. Образовавшееся между ними веретено

деления обеспечивает расхождение хромосом к полюсам клетки. В конце профазы ядерная оболочка распадается на отдельные фрагменты. После распада ядерной оболочки хромосомы свободно и беспорядочно лежат в цитоплазме.

В *метафазе* продолжается спирализация хромосом, и они устремляются к экватору клетки, располагаясь на равном расстоянии от полюсов. Расстояние между хромосомами одинаковое. Центромеры на основе строгой закономерности располагаются в одной плоскости экватора. Хроматиды каждой хромосомы отделяются друг от друга, соединяясь только с первичной перетяжкой. Веретено деления уже полностью сформировано. Каждая хромосома своей центромерой прикрепляется к одной из нитей веретена деления.

В *анафазе* перетяжка, соединяющая хроматиды хромосом, разрывается, в результате чего хроматиды становятся самостоятельными дочерними хромосомами. Нити веретена деления, прикрепленные к





центромерам, сокращаются и начинают тянуть дочерние хромосомы к полюсам клетки.

В *телофазе* процесс митоза завершается. Во время телофазы хромосомы, собравшиеся у полюсов, деспирализуются и становятся плохо видимыми в световой микроскоп. Из мембранных структур цитоплазмы образуется ядерная оболочка. Вновь формируются ядрышки. В конце телофазы наблюдается деление цитоплазмы надвое (цитокinesis). В клетках животных в середине плазматической мембраны появляется втяжение, в результате постепенного сужения которого клетка делится на две равные части.

В клетках растений цитоплазматическая мембрана возникает в середине клетки и распространяется к периферии, разделяя клетку пополам. После образования поперечной цитоплазматической мембраны у растительных клеток появляется целлюлозная стенка. В митотическом цикле клетки фазы митоза занимают очень короткий промежуток времени и продолжаются от 30 минут до 3 часов.

**Биологическое значение митоза.** Все дочерние клетки, образовавшиеся в результате митоза, содержат одинаковый набор хромосом и одни и те же гены. Следовательно, митоз характеризуется точным распределением генетического материала между дочерними клетками, в результате которого обе дочерние клетки получают диплоидный набор хромосом.



Митоз обеспечивает такие важные процессы жизнедеятельности, как эмбриональное развитие, рост, восстановление органов и тканей после повреждения, поддержание структурной целостности тканей при постоянной утрате клеток в процессе их функционирования и др.



1. Что такое жизненный цикл клетки?
2. Что такое митотический цикл клетки?
3. Из каких периодов состоит интерфаза?
4. Какие процессы протекают в период митоза на определенных фазах?
5. Каковы различия между делением клеток растений и животных?
6. В чем заключается биологическое значение митоза?

## Глава 9

## РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ

### § 36. Виды размножения

Несмотря на огромное разнообразие и сложность способов размножения, в основе его лежат два типа — половое и бесполое размножение.

**Половым размножением** называют смену поколений и развитие организмов на основе специализированных половых клеток, образующихся в половых железах. Половое размножение возникло в процессе эволюции и имеет огромное значение в обеспечении разнообразия генотипов организмов. При половом размножении новый организм развивается в результате слияния двух половых клеток, образованных разными родителями. Однако у отдельных видов беспозвоночных животных половые клетки формируются в теле одного организма. Такие двуполые животные называются *гермафродитами* (обоеполыми).

Большинство покрытосеменных растений также имеют обоеполые цветки. Обоеполые цветки цветковых растений включают и тычинки, образующие мужские половые клетки — спермии, и пестики, содержащие женские половые клетки — яйцеклетки. Примером обоеполых цветков могут служить цветки яблони, урюка, черешни, айвы. Если тычиночные (мужские) и пестичные (женские) цветки развиваются отдельно, то их называют однополыми цветками. К группе растений с однополыми цветками относится кукуруза. У отдельных растений тычиночные и пестичные цветки могут развиваться на разных растениях, например, у шпината туркестанского.

Известны случаи, когда новый организм не обязательно появляется в результате слияния половых клеток. У некоторых видов растений и животных наблюдается развитие из неоплодотворенной яйцеклетки. Такое размножение называется *девственным*, или *партеногенетическим*.

**Бесполое размножение** также широко распространено в природе как у растений, так и у животных. При бесполом размножении новый организм может возникнуть из одной клетки или из нескольких соматических клеток материнской особи. Многие простейшие одноклеточные животные (амеба, эвглена, инфузория) размножаются путем обычного митотического деления клетки (рис. 39).

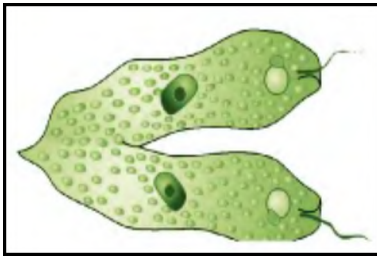


Рис. 39.

Размножение зеленой  
эвглены

Одноклеточные водоросли (хлорелла, хламидомонада), споровые размножаются путем деления на большое количество особей. Такой вид размножения называется *шизогонией*. Размножение путем деления служит примером митоза. Большинству одноклеточных, низшим грибам, водорослям (хлорелла) свойственно *спорообразование*. Оно заключается в том, что клетка распадается на большое число особей, равное количеству ядер, образованных в родительской клетке в результате многократного деления ее ядра.

Одним из способов бесполого размножения у одноклеточных и многоклеточных организмов является *почкование*. Например, у дрожжевых грибов и гидр (рис. 40) при почковании на материнской клетке первоначально образуется небольшой бугорок, содержащий ядро — почку. Она растет, достигает размеров, близких к материнским, и затем отделяется, переходя к самостоятельному существованию. У многоклеточных животных, например, у пресноводной гидры почка состоит из группы клеток. Она питается за счет материнского организма и быстро развивается. На переднем ее конце появляется ротовое отверстие, окруженное щупальцами. Образовавшаяся молодая гидра отделяется от материнского организма и начинает существовать самостоятельно (рис. 41).

У отдельных многоклеточных организмов размножение осуществляется путем деления тела на две части (медузы, кольчатые черви) или

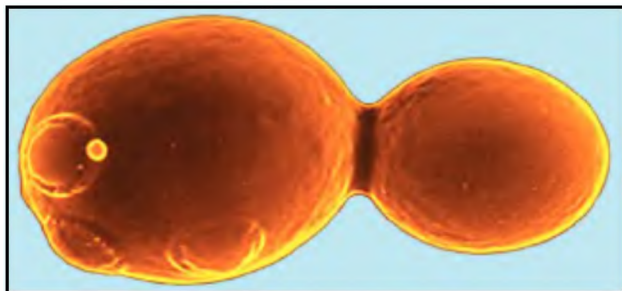


Рис. 40.

*Размножение дрожжевого гриба путем почкования*

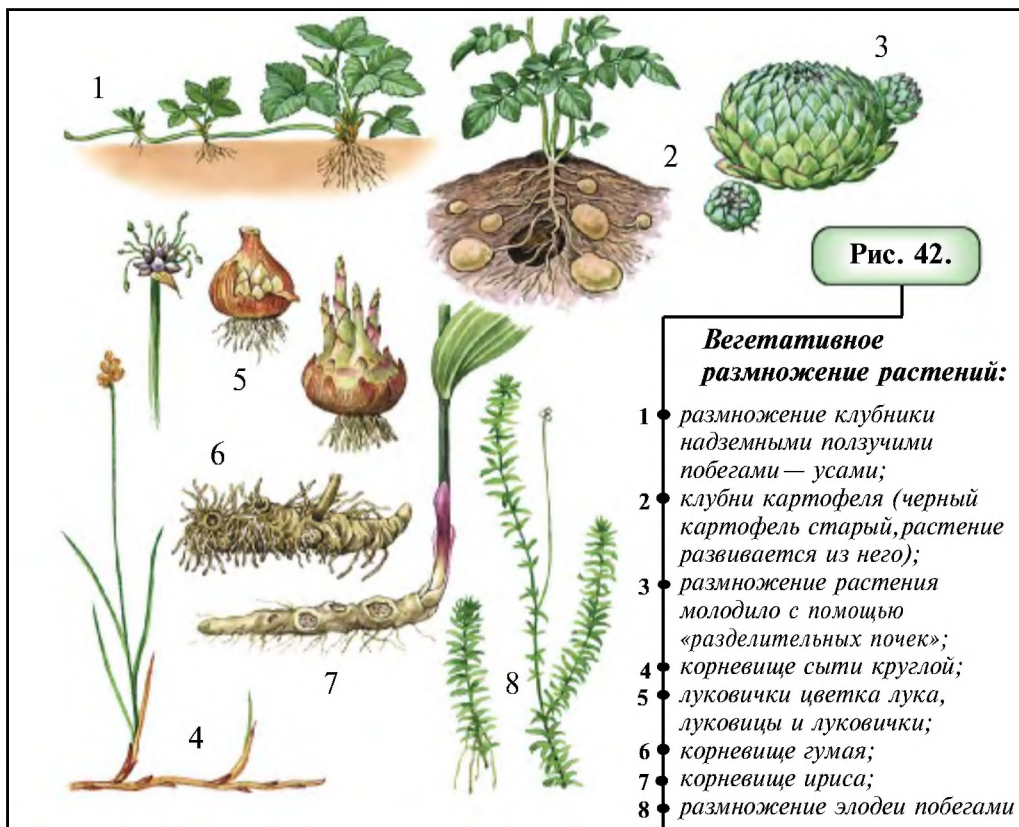
Рис. 41.

*Почкование у кишечнорастных: образование самостоятельного организма на теле материнского организма*



путем фрагментации тела на несколько частей (белая планария, иглокожие). Из образовавшихся частей могут развиваться полноценные организмы.

В растительном мире широко распространено *вегетативное размножение*, т.е. новые организмы образуются за счет размножения отдельных частей материнского организма (рис. 42). В качестве примера вегетативного размножения можно привести размножение растений черенками, усами, корневыми отпрысками, клубнями, луковичками и корневищами. Картофель, батат, канны размножаются видоизмененными подземными побегами, т.е. клубнями; тал, тополь, виноград, смородина — с помощью черенков; яблоня, янтак, вишня, тополь — корневыми отпрысками; тюльпан, лук, чеснок — луковичками; клубника — усами; бегония — листовыми черенками; георгин, илак, гумай, пальчатка, фиалка, солодка — корневищами. Например, състь круглая за счет корневища может дать до 1800 новых особей на 1 м<sup>2</sup> почвы. Вегетативное размножение можно наблюдать и у некоторых животных, например, у многощетинковых кольчатых червей. При этом тело червя делится на несколько частей, и из них образуются новые организмы. В основе вегетативного размножения у животных лежит способность к полноценной органной *регенерации* — восстановлению утраченных органов, свойственной беспозвоночным и некоторым позвоночным животным (рептилии).



Бесполое размножение эволюционно возникло раньше полового. Образовавшееся при бесполом размножении потомство является точной копией материнского организма. Биологическое значение бесполого размножения состоит в обеспечении быстрого размножения и увеличения численности организмов того или иного вида. Однако при любых формах бесполого размножения генотип каждого организма идентичен генотипу материнского организма. Вспомните митоз. В интерфазе митоза происходит абсолютно точное удвоение генетического материала клетки, и каждая дочерняя клетка получает при делении сходную с материнской наследственную информацию. Поскольку все клетки тела организма образовались путем митоза, а именно из них развивается новый организм, то на основе митотического деления можно объяснить причину генетического сходства организмов при бесполом размноже-

нии. Полезные мутации (или новые признаки) в таких организмах могут возникать лишь в редких случаях в результате изменения условий окружающей среды.



1. В каких организмах наблюдается бесполое размножение?
2. Какие виды бесполого размножения вы знаете?
3. Почему организмы, образовавшиеся в результате бесполого размножения, генетически сходны друг с другом и родительскими организмами?



1. В каких случаях особи, возникшие в результате бесполого размножения, отличаются от родительского организма?
2. В чем заключается биологическое значение бесполого размножения?
3. Почему партеногенетическое размножение нельзя отнести к бесполому размножению?

### § 37. Половое размножение

Половое размножение имеет огромное биологическое значение. Преимущество его перед бесполом размножением заключается в том, что оно создает возможность комбинации генетических признаков обоих родителей. Поэтому потомство может быть более жизнеспособным, чем родители, и более приспособленным к условиям среды.

Половому размножению принадлежит важнейшая роль в эволюции организма.

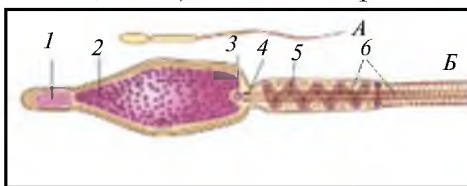
### Половые клетки и их развитие

**Половые клетки** различаются размерами и формой. Мужские половые клетки — сперматозоиды — отличаются от женских половых клеток — яйцеклеток — значительно меньшими размерами и подвижностью. Рассмотрим строение *сперматозоида* млекопитающих (рис. 43). Он имеет форму длинной нити, которая состоит из трех частей: головки, шейки, хвостика. В головке располагается ядро, в передней части головки имеется уплотненный участок цитоплазмы, с помощью которого сперматозоид проникает в яйцеклетку. В шейке располагаются клеточный центр и митохондрии. Шейка непосредственно переходит в хвостик. По строению хвостик напоминает ресничку или жгутик и является двигательным органоидом сперматозоида.

**Сперматозоиды млекопитающих:** А— общий вид; Б— схема строения:

Рис. 43.

- 1 акросома;
- 2 ядро;
- 3 центриоль в головной части;
- 4 центриоль в задней части;
- 5 митохондриальная спираль;
- 6 стержневая нить или жгутик



**Яйцеклетки** имеют чаще всего округлую амебовидную форму, они неподвижны. Основное отличие яйцеклеток от других клеток — крупные размеры, что связано с наличием в цитоплазме богатого белком вещества — желтка. Наиболее крупных размеров достигают яйцеклетки у яйцекладущих позвоночных (пресмыкающиеся и птицы, см. рис. 44). Яйцеклетка несет в себе всю наследственную информацию, необходимую для развития организма.

**Развитие половых клеток (гаметогенез).** Половые клетки (гаметы) развиваются в половых железах. Мужские — сперматозоиды — в семенниках, женские — яйцеклетки (или яйца) — в яичниках. Развитие сперматозоидов называют *сперматогенезом*, развитие яйцеклеток — *овогенезом* (рис. 45). Процесс образования половых клеток — как сперматозоидов, так и яйцеклеток — осуществляется в несколько стадий.

**Первая стадия** — период размножения, в котором первичные половые клетки делятся путем митоза, в результате чего увеличивается их количество. При сперматогенезе размножение первичных половых клеток очень интенсивное, оно на-

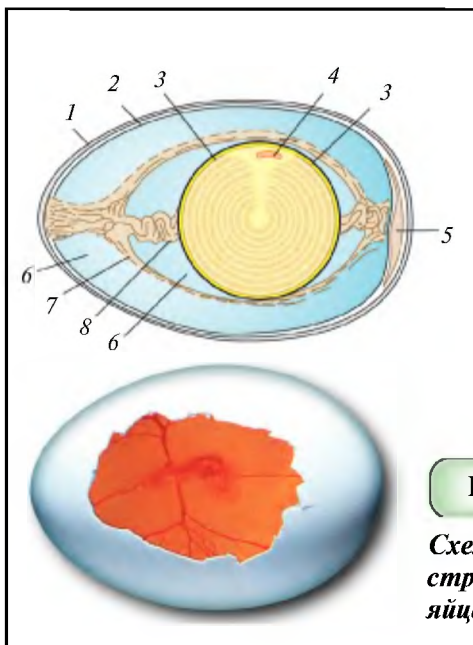
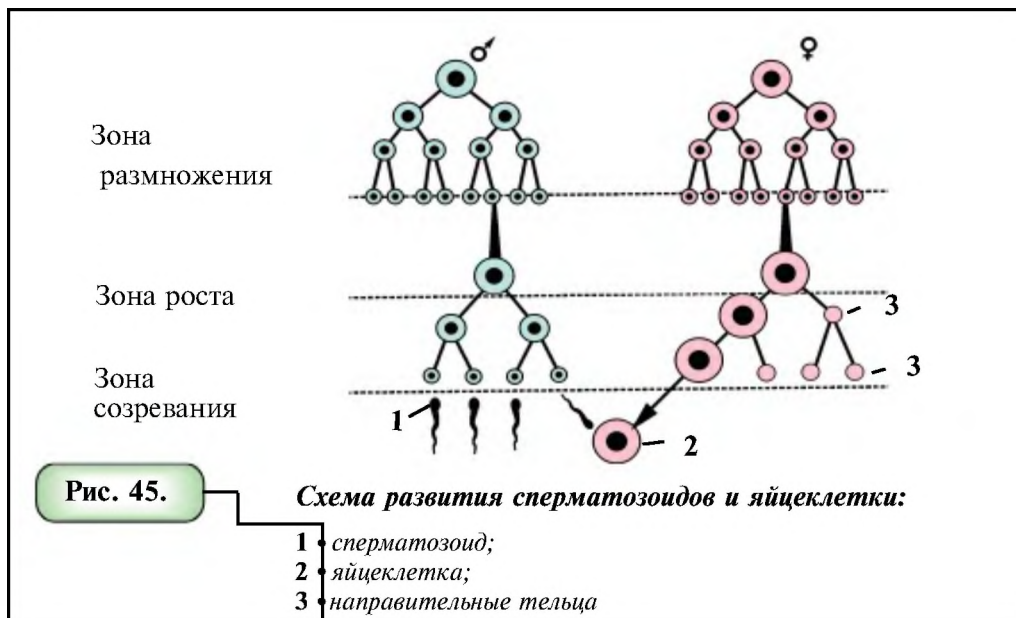


Рис. 44.

**Схематическое строение куриного яйца:**

- 1 скорлупа;
- 2 подскорлуповая оболочка;
- 3 желток;
- 4 зародышевый диск;
- 5 воздушная камера;
- 6 белковая оболочка;
- 7 белковые волокна;
- 8 халаза (канатик)



чинается с наступления половой зрелости и затухает лишь к старости. При овогенезе размножение женских половых клеток у низших беспозвоночных также продолжается всю жизнь.

**Вторая стадия** — период роста. Отдельные первичные половые клетки переходят в зону роста, увеличиваются в размерах, накапливают питательные вещества. Количество молекул ДНК в них увеличивается вдвое. Первичные сперматозоиды в зоне роста увеличиваются незначительно. Однако яйцеклетки — овоциты — увеличиваются в размерах иногда в сотни, а чаще в тысячи раз. Рост яйцеклеток осуществляется за счет веществ, образуемых другими клетками организма. Например, у рыб, амфибий, пресмыкающихся и птиц основную массу яйца составляет желток. Желток — совокупность питательных веществ (жиров, белков, углеводов и др.), необходимых для питания развивающегося зародыша.

Кроме того, в первичной половой клетке синтезируются многочисленные белки и большое количество разнообразных РНК.

**Третья стадия** — период созревания, или мейоз. Клетки, вступающие в период созревания, содержат диплоидный набор хромосом и уже удвоенное количество ДНК. В этот период клетки путем мейоза образуют гаплоидный набор хромосом.

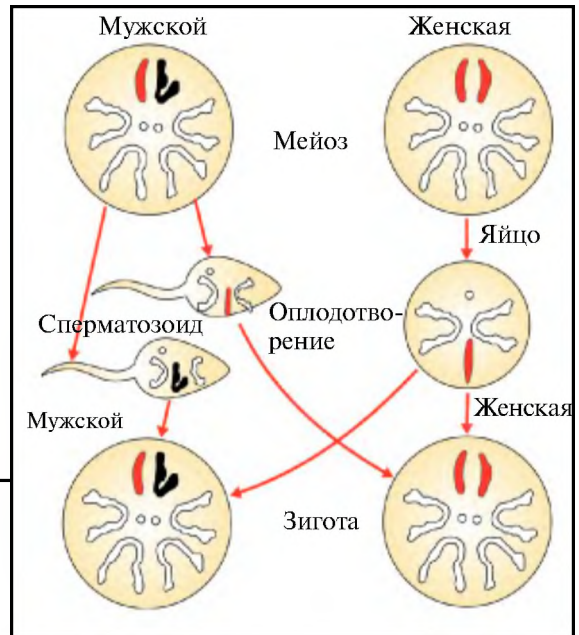


Проникновение сперматозоида в яйцеклетку при оплодотворении

Рис. 46.

Рис. 47.

Схема восстановления диплоидного набора хромосом при присоединении сперматозоида к оплодотворяемой яйцеклетке



**Четвертая стадия** — период формирования — состоит в приобретении клетками определенной формы и размера. К этому периоду яйцеклетки покрываются специальными оболочками и готовы к оплодотворению. Во многих случаях, например, у пресмыкающихся, птиц и млекопитающих вокруг клетки возникает ряд дополнительных оболочек (рис. 44). Их функция заключается в защите яйцеклетки и зародыша от внешних неблагоприятных воздействий. В зависимости от строения сперматозоида имеют различные размеры и форму (см. рис. 43).

Основная функция сперматозоидов состоит в доставке в яйцеклетку генетической информации и стимуляции ее развития. В сформировавшихся сперматозоидах содержатся митохондрии, комплекс Гольджи и специальные ферменты, растворяющие мембрану яйцеклетки во время оплодотворения. В результате оплодотворения яйцеклетки сперматозоидом возникает зигота, обладающая диплоидным набором (рис. 46 и 47).



1. В чем заключается основное отличие полового размножения от бесполого?
2. На какие стадии делится развитие половых клеток?
3. Чем отличается яйцеклетка от сперматозоида?



### § 38. Мейоз

*Мейоз* — это специфический способ деления клеток при половом размножении организмов. Термин «мейоз» означает «уменьшение». В результате мейоза из первичных половых клеток с диплоидным набором хромосом образуются половые клетки с гаплоидным набором. Мейоз включает два последовательных, следующих друг за другом практически без перерыва, деления. Как и при митозе, в каждом мейотическом делении выделяются четыре стадии: профазы, метафазы, анафазы и телофазы. Для их различения после названия фаз первого мейотического деления ставится цифра I, а после фаз второго — цифра II (рис. 48). Как и митоз, мейоз начинается с интерфазы. В результате двух последовательных делений хромосомы претерпевают определенные изменения. Период между первым и вторым мейотическим делением называется *интеркинезом*. Последовательность осуществления фаз первого и второго мейотического деления можно увидеть на следующей схеме:

Интерфаза: профазы I, метафазы I, анафазы I, телофазы I.

Интеркинез: профазы II, метафазы II, анафазы II, телофазы II.

Во многих случаях период интеркинеза может отсутствовать и профазы II следуют сразу за телофазой I.

Самой сложной и продолжительной среди фаз первого мейотического деления является профазы I. В профазе I происходит спирализация хромосом. Каждая хромосома состоит из двух хроматид, соединенных между собой в области центромеры. Затем гомологичные хромосомы (т.е. хромосомы каждой пары) сближаются, каждая точка одной хромосомы совмещается с соответствующей точкой другой гомологичной хромосомы. Тесно сближаясь, хромосомы как бы прилипают друг к другу. Этот процесс соединения гомологичных хромосом в мейозе называется *конъюгацией*. В дальнейшем между хромосомами, соединенными друг с другом, может произойти обмен одинаковыми, или гомологичными, участками — генами. Такой процесс носит название *кроссинговера*. В конце профазы I гомологичные хромосомы начинают отталкиваться друг от друга, что сопровождается расщеплением ядерной оболочки и исчезновением ядрышек.

В **метафазе I** спирализация хромосом достигает максимума. Конъюгированные хромосомы попарно располагаются на плоскости экватора

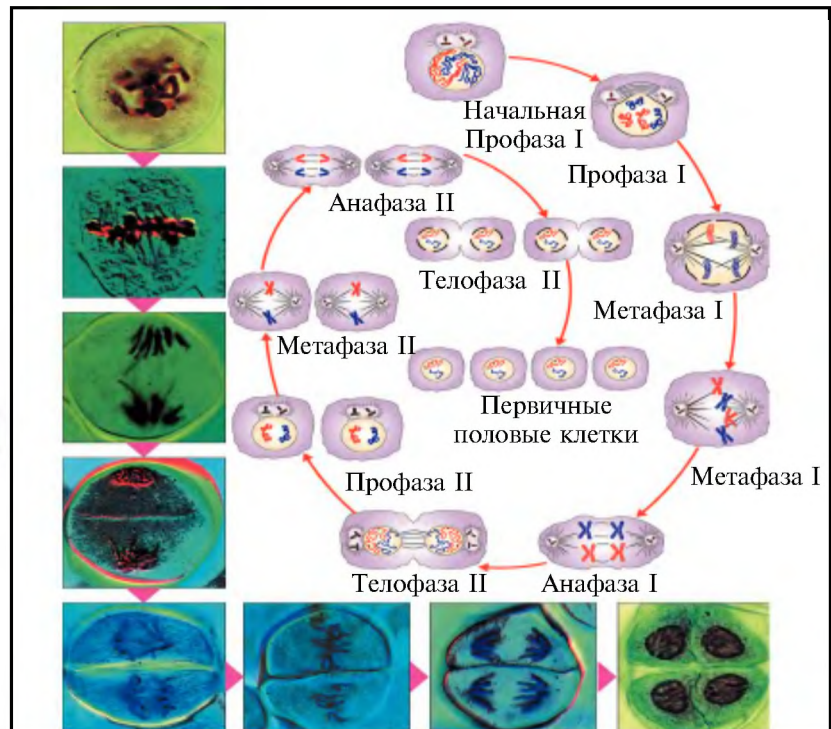
клетки, причем центромеры их обращены к разным полюсам. К ним прикрепляются нити веретена деления.

**В анафазе I** плечи гомологичных хромосом окончательно расходятся, а хроматиды расходятся к различным полюсам, оставаясь соединенными с центромерой. Из каждой пары гомологичных хромосом в дочернюю клетку попадает только одна.

**В телофазе I** число хромосом уменьшается в два раза, хромосомный набор становится гаплоидным. На непродолжительное время образуется ядерная оболочка. Поскольку отдельные хромосомы гаплоидных дочерних клеток продолжают оставаться удвоенными, во время интеркинеза между первым и вторым делением мейоза редупликации ДНК не происходит. Клетки, образовавшиеся в результате первого деления, отличаются по составу родительских хромосом и, следовательно, по набору генов. Например, все клетки человека, в том числе первичные половые клетки, содержат 46 хромосом. Из них 23 получены от отца и 23 – от матери. После первого деления мейоза в сперматоциты и

**Рис. 48.**

*Созревание  
половой  
клетки  
(мейоз)*



овоциты попадает только по 23 хромосомы (по одной хромосоме из каждой пары гомологичных хромосом). Вследствие случайности расхождения родительских хромосом в анафазе I образующиеся клетки получают самые разнообразные комбинации родительских хромосом. Например, в одной из них может быть 3 отцовских и 20 материнских хромосом, в другой — 10 отцовских и 13 материнских и т.д. Число возможных комбинаций очень велико. Если учесть еще обмен гомологичными участками хромосом в профазе I деления мейоза, то вполне очевидно, что каждая образующаяся клетка генетически уникальна, так как несет свой неповторимый набор генов.

В профазе II и метафазе II второго деления мейоза наблюдаются такие же процессы, как и при митозе, с той лишь разницей, что делящаяся клетка гаплоидна. В анафазе II центромеры, соединяющие хроматиды в каждой хромосоме, делятся, и хроматиды, как и при митозе, с этого момента становятся самостоятельными хромосомами. В телофазе II образуются две клетки с гаплоидным набором хромосом. Таким образом, в результате двух последовательных делений мейоза из исходной первичной половой клетки образуются четыре полноценные половые клетки с гаплоидным набором хромосом — гаметы.

**Биологическое значение мейоза.** Благодаря мейозу число хромосом при делении клетки на протяжении смены поколений не изменяется. При мейозе осуществляются разнообразные комбинации гомологичных хромосом. В результате конъюгации хромосом и обмена гомологичными участками возникают новые наборы генетической информации.



1. Каковы различия между митозом и мейозом?
2. Расскажите о стадиях мейоза и протекающих в них процессах?
3. В чем заключается биологическое значение мейоза?
4. Почему гаметы, возникающие в результате мейоза, разнообразны с генетической точки зрения?

### § 39. Оплодотворение

Оплодотворение представляет собой процесс слияния женской и мужской гамет — клеток с гаплоидным набором хромосом. Оплодотворенная яйцеклетка носит название *зиготы*. Зигота имеет диплоидный набор хромосом, так как она образуется в результате слияния двух гаплоидных гамет. В ядре зиготы все хромосомы вновь становятся

парными; в каждой паре гомологичных хромосом одна хромосома отцовская, другая — материнская. Следовательно, диплоидный набор хромосом, характерный для соматических клеток каждого вида организмов, восстанавливается при оплодотворении.

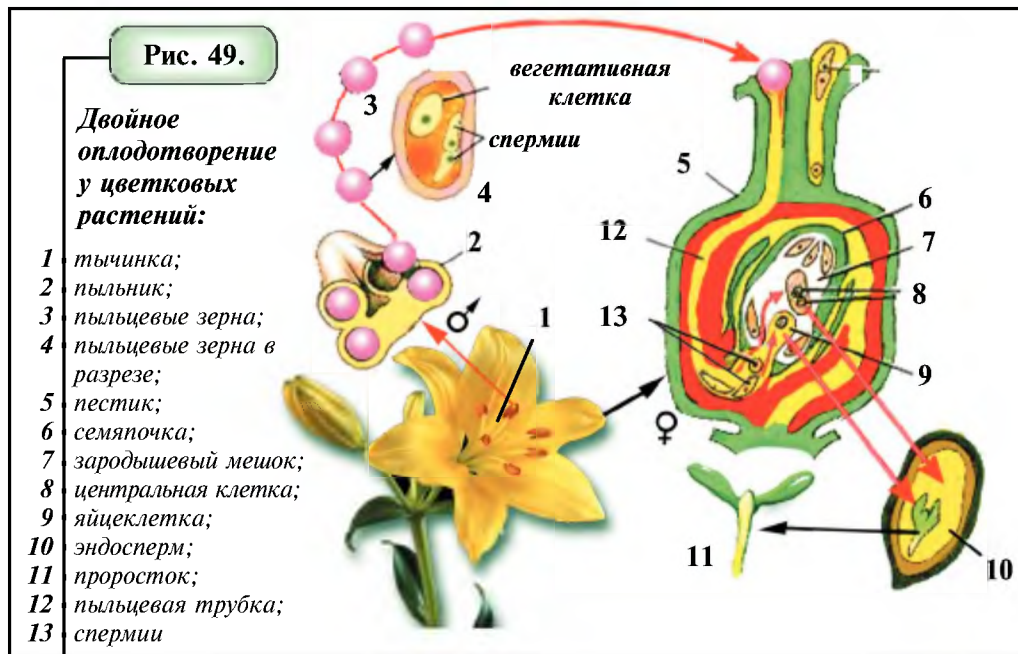
**Оплодотворение у животных.** У большинства водных и земноводных животных оплодотворение непосредственно связано с водой. Эти животные в период размножения выделяют очень много яйцеклеток и сперматозоидов в воду, где сперматозоиды проникают в яйцеклетку и оплодотворяют ее. Это — внешнее осеменение. У животных, обитающих на суше, наблюдается внутреннее осеменение.

В процессе оплодотворения сперматозоид сначала приближается к яйцеклетке. Под воздействием ферментов, находящихся в головке сперматозоида, оболочка яйцеклетки растворяется и в ней образуется небольшое отверстие, через которое ядро сперматозоида проникает внутрь яйцеклетки. Гаплоидные ядра обеих гамет, соединяясь, образуют единое гаплоидное ядро, после чего начинается деление и развитие ядра зиготы.

В большинстве случаев одну яйцеклетку оплодотворяет только один сперматозоид. У некоторых животных в яйцеклетку могут проникать два или несколько сперматозоидов, однако в оплодотворении яйцеклетки участвует только один сперматозоид, остальные погибают.

**Оплодотворение у растений.** Рассмотрим процесс оплодотворения у покрытосеменных (цветковых) растений (рис. 49). У покрытосеменных растений мужские гаметы созревают в пыльцевом зерне, которое состоит из двух клеток. Более крупная из этих клеток называется *вегетативной*, а более мелкая — *генеративной клеткой*. Вырастая, вегетативная клетка образует длинную тонкую трубку. Генеративная клетка в вегетативной клетке делится надвое, образуя два спермия. Пыльцевые трубки быстро растут и проникают в рыльце и столбик пестика и направляются в сторону завязи. Пыльцевые трубки растут с различной скоростью, однако только одна из них, опередив остальные, достигает зародышевого мешка, где происходит оплодотворение. Один из спермиев, находящихся в пыльцевой трубке, сливается с яйцеклеткой и образует диплоидную зиготу, из которой развивается зародыш. Вторым спермием сливается с диплоидной центральной клеткой, и в результате возникает новая клетка с триплоидным ядром, т.е. в нем содержится три набора хромосом. Из нее развивается эндосперм семени.

Этот универсальный для всех покрытосеменных растений половой



процесс получил название двойного оплодотворения. Он был открыт в 1898 г. академиком С.Г.Навашиным, а триплоидная природа эндосперма была открыта в 1915 г. его сыном М.С.Навашиным.

**Партеногенез** — это развитие зародыша из неоплодотворенной яйцеклетки. Партеногенез бывает естественным и искусственным. Естественный партеногенез наблюдается у отдельных ракообразных (дафнии), чешуекрылых (пчелы, осы), тлей и частично у птиц (фазаны). При искусственном партеногенезе неоплодотворенная яйцеклетка развивается под воздействием различных механических и химических факторов. Искусственный партеногенез используется при размножении шелкопряда, лягушек, кроликов, водорослей, грибов, зерновых и бобовых культур.



1. Что называется оплодотворением?
2. Как происходит оплодотворение у животных?
3. Как происходит двойное оплодотворение у растений?
4. Когда и кем было открыто двойное оплодотворение?
5. Каким растениям присуще двойное оплодотворение?
6. Каким ученым была открыта триплоидная природа эндосперма?

## Глава 10

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ  
ОРГАНИЗМОВ – ОНТОГЕНЕЗ

## § 40. Эмбриональный период развития

После оплодотворения начинается индивидуальное развитие животного или растения – онтогенез. Различают три типа онтогенеза. 1. Личиночное развитие. Такой тип онтогенеза наблюдается у насекомых, лягушек, у многих паразитических червей. 2. Безличиночное развитие. Этот тип онтогенеза характерен для рыб, пресмыкающихся и птиц. 3. Развитие в утробе матери. Оно происходит у человека и других высших млекопитающих.

Онтогенез делится в основном на два периода: 1) эмбриональное развитие; 2) постэмбриональное развитие. У многоклеточных организмов, независимо от сложности их организации, стадии эмбрионального развития едины. В эмбриональном периоде выделяют три основных этапа: дробление, гастрюляцию и первичный органогенез.

**Дробление.** Развитие многоклеточного организма начинается с одноклеточной стадии. Оплодотворенное яйцо – клетка и в то же время уже организм на самой ранней стадии его развития. В результате многократных делений одноклеточный организм превращается в многоклеточный. Уже через несколько минут после оплодотворения яйцеклетки начинает делиться ядро, а вместе с ним делится и цитоплазма. Яйцеклетка делится на две одинаковые по величине клетки, называемые *бластомерами*. В первый раз яйцеклетка делится в меридианной плоскости. Затем каждый из бластомеров одновременно делится также в меридианной плоскости, в результате чего образуются четыре одинаковые клетки. Следующее третье деление происходит в экваториальной плоскости – образуются восемь клеток.

В дальнейшем меридианное и экваториальное деления чередуются, что приводит к образованию 16, 32, 64 и т.д. бластомеров, представляющих собой очень близко расположенные друг к другу клетки. Клетка, образующаяся после каждого деления, уменьшается в размерах, поэтому данный процесс называется *дроблением*. В период дробления накапливается клеточный материал для дальнейшего развития клеток (рис. 50). Завершается дробление образованием многоклеточного зародыша

*бластулы*. Бластула имеет форму шара со стенкой, состоящей из одного слоя клеток. Внутренняя полость бластулы заполнена жидкостью и носит название *первичной полости тела* — *бластоцеля*.

При дроблении митотический цикл протекает очень быстро, бластомеры не растут и их размеры уменьшаются с увеличением количества клеток. Для дробления характерны и другие особенности, свойственные всем видам животных. Например, все клетки в бластуле имеют диплоидный набор хромосом, но отличаются друг от друга главным образом по количеству содержащегося в них желтка.

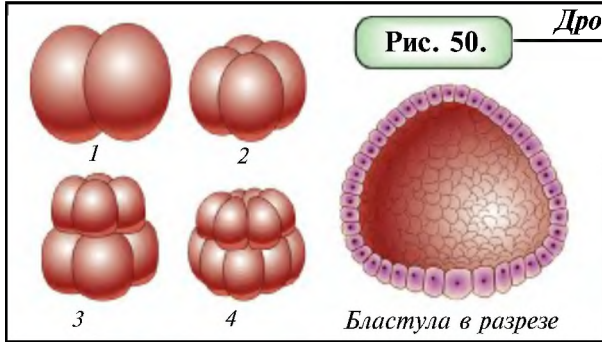
**Гастрюляция.** Бластула, состоящая из большого числа клеток (например, у ланцетника их 3000), в результате дальнейшего развития переходит во вторую стадию, которая называется *гастроулой*. На стадии гастрюлы зародыш становится двухслойным. Наружный слой клеток зародыша называют *эктодермой*, внутренний слой — *энтодермой*. Совокупность процессов, приводящих к образованию гастрюлы, называют *гастрюляцией*.

У ланцетника гастрюла образуется за счет впячивания стенки бластулы в первичную полость тела, у некоторых животных — путем послойного расположения стенки бластулы (рис. 51).

У многоклеточных животных (кроме кишечнополостных) возникает третий слой, называемый мезодермой. Мезодерма располагается между экто- и энтодермой в первичной полости тела — бластоцеле. Вследствие появления мезодермы зародыш становится трехслойным. Теперь он состоит из эктодермы, энтодермы и мезодермы, называемых *зародышевыми листками* (рис. 52). У всех позвоночных животных зародышевые листки гомологичны.

Сущность процесса гастрюляции заключается в перемещении клеточных масс. Клетки зародыша практически не делятся и не растут. Однако на этой стадии начинается использование генетической информации клеток зародыша, появляются первые признаки дифференциации. Порядок развития и формирования зародышевых листков является отражением исторического развития, что в свою очередь нашло свое выражение в биогенетическом законе, открытом во второй половине XIX в. немецкими учеными Ф.Мюллером и Е.Геккелем. Каждый индивид в процессе своего развития (онтогенеза) вкратце повторяет историческое развитие (филогенез) вида, к которому он относится, то есть *онтогенез* — это краткое повторение филогенеза.

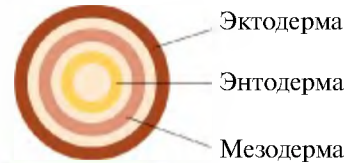
**Дифференциация** — это процесс возникновения и нарастания струк-



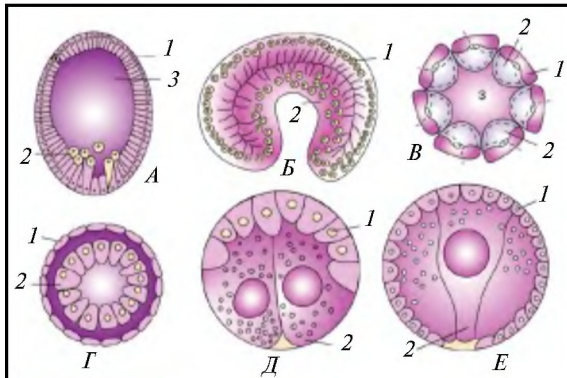
**Рис. 50.**

**Дробление зиготы ланцетника:**

- 1 | 2 бластомера;
- 2 | 4 бластомера;
- 3 | 8 бластомеров;
- 4 | 16 бластомеров



**Рис. 52.** *Схема расположения зародышевых листков в первичных тканях зародыша*



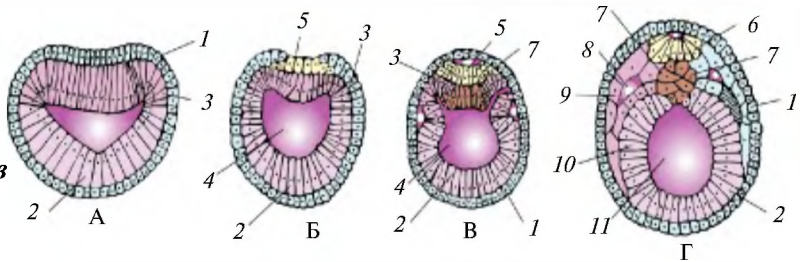
**Рис. 51.** *Различные виды гастрюляции:*

- А** • миграция клеток у кишечнополостных;
- Б** • втягивание бластулы у ланцетника;
- В, Г** • послойное расположение бластулы у пресмыкающихся и птиц;
- Д, Е** • вращание бластулы у амфибий;

- 1 - эктодерма,
- 2 - энтодерма,
- 3 - бластоцель

**Рис. 53.**

**Схема образования осевых органов у ланцетника:**



- А** • гастрюла (поперечный разрез);
- Б, В** • формирование нервной трубки;
- Г** • образование хорды, кишечной трубки и третьего зародышевого листка;

- 1 • эктодерма;
- 2 • энтодерма;
- 3 • начальная мезодерма;
- 4 • полость гастрюлы (гастроцель);
- 5 • нервная пластинка;
- 6 • нервная трубка;

- 7 • хорда;
- 8 • вторичная полость (целостная);
- 9 • мезодерма;
- 10 • кишечная трубка;
- 11 • кишечная полость



турных и функциональных различий между отдельными клетками и частями зародыша. С морфологической точки зрения дифференцирование выражается в том, что образуются несколько сотен типов клеток специфического строения, отличающихся друг от друга. Из неспециализированных клеток бластулы постепенно появляются клетки эпителия кожи, кишечника, легких, нервные, мышечные и другие клетки.

С биохимической точки зрения специализация клеток характеризуется синтезом определенных белков, свойственных только данному типу клеток. Например, лимфоциты синтезируют защитные белки — антитела, мышечные клетки — сократительный белок — миозин. Каждая клетка синтезирует белки, свойственные только ей. Биохимическая специализация клеток обеспечивается дифференциальной активностью генов, т.е. в клетках зародышевых листков — зачатков определенных органов и систем — начинают функционировать разные группы генов.

У разных видов животных одни и те же зародышевые листки дают начало одним и тем же органам и тканям. Это свидетельствует о том, что все они гомологичные органы.

**Органогенез.** После завершения гастрюляции у зародыша образуется комплекс осевых органов: нервная трубка, хорда, кишечная трубка. У ланцетника осевые органы формируются, как показано на рис. 53. Особого внимания заслуживает развитие нервной трубки. Эктодерма спинной стороной прогибается по средней линии, превращаясь в желобок, а ectoдерма, расположенная справа и слева от него, начинает нарастать на его края. Желобок — зачаток нервной системы — погружается под ectoдерму и края его смыкаются. Образуется нервная трубка. Вся остальная ectoдерма — зачаток кожного эпителия.

Спинная часть энтодермы, располагающаяся непосредственно под нервным зачатком, обособляется от остальной энтодермы и сворачивается в хорду. Дальнейшая дифференциация клеток зародыша приводит к возникновению из зародышевых листков многочисленных тканей и органов. Из зародышевого листка ectoдермы формируются нервная система, органы чувств, эпителий кожи, эмаль зубов; из энтодермы — эпителий кишечника, пищеварительные железы — печень, поджелудочная железа, легкие и жабры; из мезодермы — мышечная ткань, соединительная ткань (хрящи, кости, кровь и лимфа), кровеносная и выделительная системы и половые органы.



1. Что такое зигота?
2. Как образуются новые клетки при дроблении?
3. Чем отличается дробление от митотического деления клеток взрослого животного?
4. Как называются зародышевые листки?

#### § 41. Постэмбриональное развитие

В момент выхода организма из яйцевых оболочек или рождения заканчивается эмбриональный и начинается постэмбриональный период развития. Постэмбриональное развитие может быть прямым и непрямым (метаморфоз). При прямом развитии из яйцевых оболочек или у матери рождается организм, похожий на взрослый, но меньших размеров (пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие). Постэмбриональное развитие этих животных сводится в основном к росту и половому созреванию. При непрямом (метаморфоз) развитии из яйца выходит личинка, резко отличающаяся от взрослого организма по своему строению. Личинка питается, растет и со временем личиночные органы заменяются органами взрослого организма. Следовательно, при непрямом развитии разрушаются личиночные органы и возникают органы, присущие взрослым животным.

Рассмотрим не прямое постэмбриональное развитие на нескольких примерах. У асцидий (тип хордовые, подтип личиночно-хордовые) образуется личинка, обладающая всеми основными признаками хордовых животных: хордой, нервной трубкой, жаберными щелями в глотке (рис. 54). Личинка свободно плавает, затем прикрепляется к какой-либо твердой поверхности на дне и подвергается метаморфозу. Хвост исчезает, хорда, мышцы и нервная трубка распадаются на отдельные клетки, образуя фагоциты. От нервной трубки остается лишь группа клеток, участвующих в образовании нервного узла. Строение тела взрослой асцидии несколько не напоминает обычное строение хордовых животных. Только знание строения асцидий позволяет сделать вывод, что это животное происходит от хордовых, которые вели свободный образ жизни. Основная причина возникновения метаморфоза у асцидий — переход к сидячему образу жизни.

Личиночная форма лягушки — головастик (рис. 55), для которого характерны жаберные щели, боковая линия, двухкамерное сердце, один круг кровообращения. В процессе метаморфоза под влиянием гормо-



**Рис. 54.** *Метаморфоз у асцидий.*



Сверху — взрослые животные, образующие колонию; справа — строение личинки асцидии: 1 — хорда, 2 — нервная трубка, 3 — жаберные щели



**Рис. 55.**

*Стадии метаморфоза у лягушки.*

Сверху слева — вышедшие из яиц головастики; сверху справа — начало метаморфоза; внизу — молодая лягушка с остаточным хвостом



на щитовидной железы исчезают хвост и боковая линия, развиваются легкие и второй круг кровообращения. По ряду особенностей головастики схожи с рыбами (боковая линия, строение сердца и кровеносной системы, жаберные щели).

Примером непрямого развития — метаморфоза может служить также развитие насекомых (рис. 56). Личинки жуков и бабочек резко отличаются от взрослых животных по внешнему строению, образу жизни и среде обитания. Их предки схожи с кольчатыми червями. Таким образом, метаморфоз связан с переменной образа жизни и среды обитания. Биологическое значение метаморфоза заключается в том, что личинки и взрослые особи одного вида обитают в различных условиях, поэтому они не соперничают за среду обитания и источники питания. Свободно живущие личинки прикрепленных или паразитических организмов, передвигаясь, помогают расширению ареала вида.

Постэмбриональный период развития может иметь разную продолжительность. Например, личиночная стадия гусеницы шелкопряда длится 20—24 дня, а взрослая бабочка живет 5—10 дней. Личинка лягушки — головастик превращается в лягушку за 2—3 месяца. Взрослая лягушка живет несколько лет. В большинстве же случаев постэмбриональный период более продолжителен. У человека он включает стадию роста и полового созревания, стадию зрелости и стадию старости.

**Гомеостаз.** Свойство организмов сохранять неизменными свое строение и постоянство внутренней среды независимо от факторов внешней среды называется гомеостазом. Гомеостаз хорошо развит у организмов с высокой организацией, особенно у млекопитающих.

**Биоритмы.** Жизнедеятельность живых организмов находится в зависимости от ритмичных изменений среды их обитания. Это зависимость формировалась в результате эволюции и носит название биоритмов. Наглядным примером биоритмов может служить фотопериодизм — ответная реакция организмов на продолжительность дня.

Рис. 56.

*Стадии развития (метаморфоза) бабочки с полным превращением: выход гусеницы из яйца, образование куколки, выход бабочки из куколки*



**Анабиоз.** Крайнее замедление или временная приостановка обмена веществ у организмов при наступлении неблагоприятных условий называется анабиозом. Примером анабиоза являются споры микроорганизмов, цисты простейших животных, яйца птиц, семена растений.



1. Какое развитие называется постэмбриональным?
2. Что такое прямое и непрямое постэмбриональное развитие?
3. В чем заключается биологическое значение непрямого развития (метаморфоза)?
4. Укажите животных, личинки которых схожи с предками.

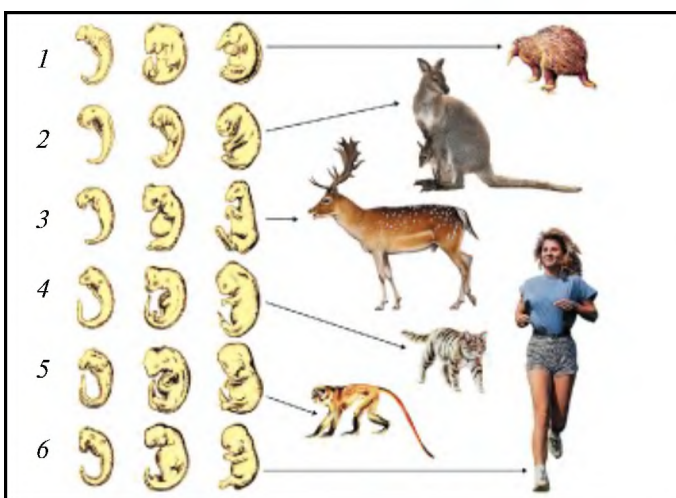
## § 42. Общие закономерности развития. Биогенетический закон

Все многоклеточные организмы развиваются из оплодотворенного яйца (зиготы). Развитие зародышей у организмов, относящихся к одному типу, во многом сходно. У всех хордовых животных в эмбриональном периоде развития формируется внутренний скелет — хорда, возникает нервная трубка, в переднем отделе глотки образуются жаберные щели. На ранних стадиях развития зародыши позвоночных очень схожи (рис. 57). Эти факты подтверждают справедливость закона зародышевого сходства, сформулированного К.Бэрром: «Эмбрионы обнаруживают, уже начиная с самых ранних стадий, известное общее сход-

**Рис. 57.**

*Зародышевое сходство у позвоночных.*

1. клоаковые (ехидна);
2. сумчатые (кенгуру);
3. парнокопытные (олень);
4. хищники (кошки);
5. приматы (мартышка);
6. человек



ство в пределах типа». Сходство зародышей разных систематических групп свидетельствует об общности их происхождения. В дальнейшем в строении зародышей проявляются признаки класса, семейства, вида и, наконец, признаки, характерные для данной особи. Расхождение признаков зародышей в процессе эмбрионального развития называют *эмбриональной дивергенцией*.

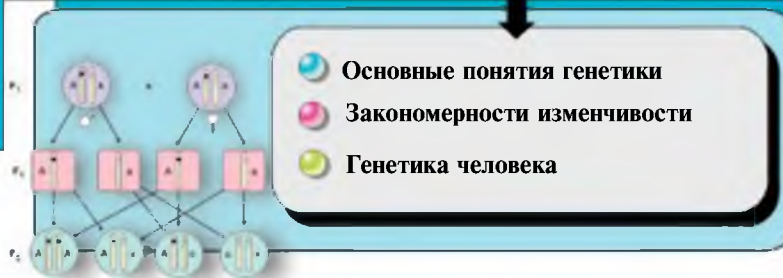
В ходе своего развития организм претерпевает постоянные изменения. Мутация приводит к изменению генов, влияющих на строение и обмен веществ зародыша на ранних стадиях его развития. Измененные признаки играют огромную роль в последующих процессах развития.

Зачаток хорды влияет на образование нервной трубки, с его утратой развитие прекращается. Поэтому изменения на ранних стадиях обычно приводят к отставанию в развитии или к гибели. Изменения на более поздних стадиях развития, воздействуя на менее значительные признаки, выявляют полезные для организма признаки, которые выбираются в процессе естественного отбора.

Появление в эмбриональном периоде развития современных животных признаков, присущих их далеким предкам, отражает эволюционные преобразования в строении органов. Организм в своем развитии проходит одноклеточную стадию (зигота), т.е. филогенетически повторяет стадию первобытной амебы. У всех позвоночных, даже у имеющих высшую организацию, вначале появляется хорда, которая затем замещается позвоночником, а у их предков хорда оставалась на всю жизнь. В процессе эмбрионального развития у птиц, млекопитающих и человека в глотке появляются жаберные щели. Наличие жаберных щелей у эмбрионов позвоночных, обитающих на суше, свидетельствует от том, что они произошли от рыбообразных предков, дышащих жабрами. Строение сердца эмбриона человека на ранних стадиях его развития схоже со строением сердца у рыб: оно с одним желудочком, одним предсердием и одним кругом кровообращения. У беззубых китов в эмбриональном периоде появляются зубы, которые не прорезываются, а разрушаются и рассасываются. Приведенные выше примеры указывают на тесную связь между индивидуальным и историческим развитием организмов.



1. Как вы понимаете эмбриональную дивергенцию?
2. В чем состоит сущность биогенетического закона?
3. Кем изучался биогенетический закон?



## § 43. Наследственность и изменчивость

Генетика изучает два свойства организмов — наследственность и изменчивость.

**Наследственность** — это свойство родителей передавать свои признаки и особенности развития следующим поколениям. Благодаря этому все особи в пределах вида сходны между собой. Наследственность позволяет животным, растениям и микроорганизмам сохранять из поколения в поколение характерные признаки рода, породы, сорта и штамма.

Наследование признаков осуществляется через размножение. Новое поколение при половом размножении появляется на свет в результате оплодотворения. Материальную основу наследственности составляют хромосомы половых клеток и находящиеся в них гены. *Геном* является участок ДНК, определяющий развитие отдельного элементарного признака или синтез одной белковой молекулы. При бесполом и вегетативном размножении новое поколение развивается из одноклеточных или из многоклеточных структур. При таких формах размножения преемственность между поколениями также обеспечивается генами.

**Изменчивость** — это способность организмов проявлять новые признаки и свойства. Благодаря изменчивости все особи в пределах вида различаются между собой. Следовательно, наследственность и изменчивость — это два противоположных, но взаимосвязанных свойства организма. Если благодаря наследственности сохраняется однородность вида, то изменчивость, напротив, делает вид неоднородным. Различия между особями одного вида могут зависеть от изменения генотипа организма. Изменчивость определяется и внешними условиями.

Совокупность всех генов одного организма называют *генотипом*.

Совокупность всех характерных признаков организмов называют *фенотипом*. Сюда относятся не только внешние, видимые признаки (цвет кожи, волос, форма уха или носа, окраска цветков), но и биохимические (структура белка, активность фермента, концентрация гормонов в крови и др.), гистологические (форма клетки, строение тканей и органов), анатомические (строение тела, расположение органов) и др.



1. Что изучает наука генетика?
2. Что называют наследственностью?
3. Что называют изменчивостью?
4. Что такое ген?
5. Проведите сравнение генотипа и фенотипа.

#### § 44. Гибридологический метод изучения наследственности организма

Основные закономерности передачи признаков в ряду поколений при половом размножении были впервые установлены чешским ученым Грегором Менделем и опубликованы в 1865 г. Его исследования долгое время не были правильно оценены. Лишь в 1900 г. они были заново открыты и подтверждены крупными учеными Г.Фризом, Э.Чермаком и К.Корренсом. Поэтому 1900 г. считается годом, когда закладывались основы генетики – новой отрасли биологии – науки о закономерностях наследственности и изменчивости.

Мендель проводил свои опыты на горохе. У этого растения много разных сортов, отличающихся друг от друга хорошо выраженными наследственными признаками. Например, имеются сорта с белыми и пурпурными цветками, с высоким и низким стеблем, с желтыми и зелеными семенами, с гладкими или морщинистыми семенами. Каждая из указанных особенностей наследуется в пределах данного

Наследственные признаки гороха, изученные Менделем

Признак	Доминантный	Рецессивный
Форма семян	Гладкая	Морщинистая
Окраска семян	Желтая	Зеленая
Окраска цветка	Красная	Белая
Длина стебля	Длинный	Короткий
Форма стручка	Простые бобы	Членистые бобы



сорта. У гороха обычно происходит самоопыление, но возможно и перекрестное опыление.

Мендель применил гибридологический метод исследования – скрещивание родительских форм, отличающихся друг от друга определенными признаками, и проследил проявление изучаемых признаков в ряду поколений. Аналитическим путем он вычленил из большого разнообразия признаков растений одну или несколько пар противоположных друг другу признаков и прослеживал их проявление в последующих поколениях. Сущность опытов Менделя состояла в точном количественном учете проявления изучаемых признаков у всех особей. Это позволило ему выявить определенные количественные закономерности в наследственности.

Метод, использованный Менделем, получил название *гибридологического метода*, или *метода скрещивания*.



1. Кто впервые открыл закономерности наследственности?
2. Кто из ученых заново открыл законы Менделя?
3. Какое растение использовал для своих опытов Мендель?
4. В чем состоит сущность опытов Менделя?

#### § 45. Законы Менделя. Первый закон Менделя

Анализ закономерностей скрещивания Мендель начал с *моногибридного скрещивания* – скрещивания родительских форм, наследственно различающихся только по одной паре признаков.

Если скрестить растение гороха с желтыми и зелеными семенами, то у всех растений первого поколения гибридов, полученных в результате скрещивания, семена будут желтыми. Противоположный признак (зеленые семена) как бы исчезает. Так же при скрещивании растений с гладкими и морщинистыми семенами первое поколение гибридов  $F_1$  было с гладкими семенами, а при скрещивании растений гороха с красными и белыми цветками поколение  $F_1$  (первое поколение) имело красные цветки. В этом проявляется установленное Менделем правило единообразия первого поколения гибридов. Признак желтой окраски семян как бы подавляет проявление противоположного признака (зеленой окраски) и все семена у гибридов  $F_1$  оказываются желтыми. Явление преобладания признака получило название *доминирования*, а преобладающий признак называют *доминантным*.

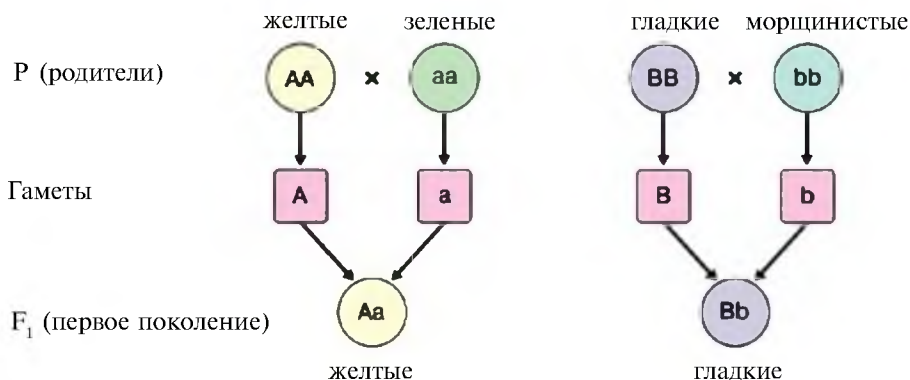
*Закон единообразия гибридов первого поколения – первый закон Мен-*

деля – называют *законом доминирования*, так как все особи первого поколения имеют одинаковое проявление признака.

В рассматриваемых примерах желтая окраска и гладкая форма семян, красная окраска цветков доминируют над зеленой окраской, морщинистой формой семян и белой окраской цветков.

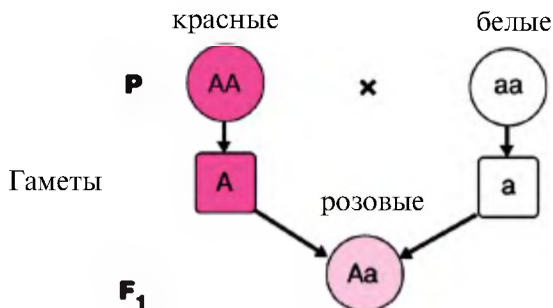
Противоположный признак, не проявляющийся в поколении  $F_1$ , называют *рецессивным* признаком. Доминантные признаки принято обозначать прописной буквой «А», а рецессивные признаки – строчной «а». Если в генотипе организма (зиготы) есть два одинаковых аллельных гена, такой организм называют *гомозиготным*. Организм может быть гомозиготным по доминантным (АА или ВВ) или по рецессивным генам (аа или вв). Если же гены отличаются друг от друга, например, один из них доминантный, а другой рецессивный (Аа, Вв), такой организм называется *гетерозиготным*.

Первый закон Менделя можно сформулировать следующим образом: *При скрещивании двух гомозиготных организмов, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных признаков, все первое поколение гибридов ( $F_1$ ) окажется единообразным по генотипу и фенотипу и будет нести признак одного из родителей*. Приводим результаты, полученные в поколении  $F_1$  при скрещивании сортов растений гороха с желтой и зеленой окраской и гладкой и морщинистой формой семян:



**Неполное доминирование.** Закон единообразия гибридов первого поколения в рассмотренных выше примерах выражается в том, что все гибриды внешне были похожи на одного из родителей, т.е. проявлялось доминирование. Это наблюдается не всегда. Часто признаки у гетерозиготных форм носят промежуточный характер, т.е. доминирование может быть неполным. Ниже представлены результаты скрещивания

двух наследственных форм растения ночной красавицы. Одна из них имеет красные цветки, другая – белые. Все гибриды первого поколения имеют розовые цветки, т.е. носят промежуточный характер:



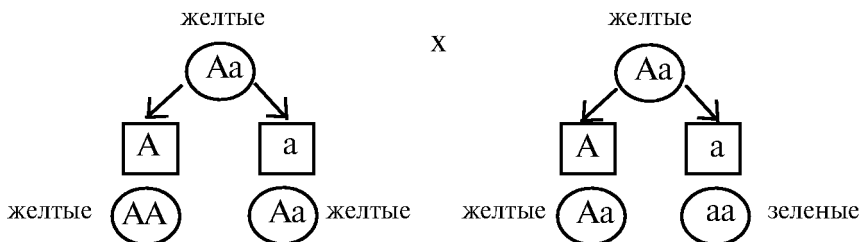
Неполное доминирование, или *промежуточное наследование*, – широко распространенное явление. Оно наблюдается при изучении окраски ягод клубники, строения перьев у птиц, окраски перьев у кур.



У крупного рогатого скота ген безрогости доминирует над геном рогатости. Какой результат следует ожидать при скрещивании гетерозиготного быка с безрогой гетерозиготной коровой? Что при этом происходит? Могут ли родиться безрогие телята от скрещивания рогатых коров с рогатыми быками?

#### § 46. Второй закон Менделя (закон расщепления)

Если гибридов первого поколения F<sub>1</sub> в гетерозиготном состоянии скрестить между собой, то во втором поколении F<sub>2</sub> будет наблюдаться явление расщепления. Признаки обоих родителей проявляются в определенном соотношении: 3/4 полученных особей будут иметь доминантный признак, 1/4 – рецессивный. В вышеприведенном опыте при скрещивании гомозиготных растений гороха с желтыми и зелеными семенами были получены в F<sub>1</sub> семена желтого цвета. Скрестив первое поколение гороха F<sub>1</sub>, получим:



В результате скрещивания гетерозиготных организмов определенная часть полученных поколений проявляет доминантные признаки, другая часть – рецессивные. Это явление называется *расщеплением признаков*.

Таким образом, второй закон Менделя, или закон расщепления, можно сформулировать следующим образом: *При скрещивании двух потомков первого поколения  $F_1$  между собой (двух гетерозиготных особей) во втором поколении  $F_2$  наблюдается расщепление в определенном числовом соотношении: по фенотипу 3:1, по генотипу 1:2:1.*

25% организмов, полученных во втором поколении  $F_2$ , являются гомозиготными доминантными (AA), 50% – гетерозиготны по доминантному признаку (Aa) и 25% – гомозиготны по рецессивному признаку (aa). При неполном доминировании в потомстве гибридов  $F_2$  расщепление по фенотипу и генотипу составляет 1: 2:1 (рис. 58).

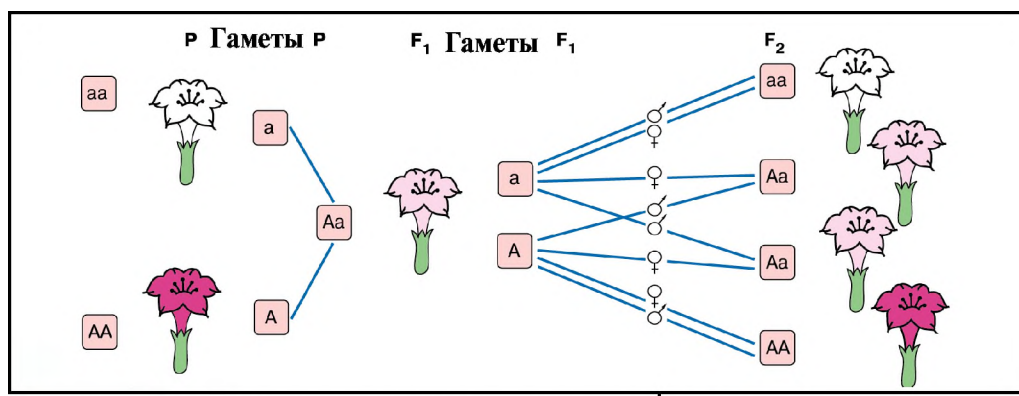


Рис. 58.

*Промежуточное наследование у ночной красавицы:*

AA • красные цветки;  
Aa • розовые цветки;  
aa • белые цветки



1. Вследствие частичного доминирования у хлопчатника волокна рыжего цвета над белым в первом поколении  $F_1$  появляется форма с рыжей окраской волокна. Какой результат следует ожидать в поколении  $F_2$ , если скрестить между собой гибриды первого поколения  $F_1$ ?
2. При скрещивании форм ночной красавицы, имеющих красную и белую окраску цветков, в первом поколении  $F_1$  появляются формы с розовыми цветками, во втором поколении  $F_2$  – 50% с розовыми и 50% с белыми цветками. Определите генотипы родительских форм и гибридов  $F_1$ .

## § 47. Цитологические основы наследования

**Гипотеза чистоты гамет.** Мендель предположил, что наследственные факторы при образовании гибридов не смешиваются, а сохраняются в неизменном виде. Гибрид  $F_1$ , полученный от скрещивания родителей, различающихся по альтернативным признакам, содержит оба признака: доминантный и рецессивный. Связь между поколениями при половом размножении осуществляется через половые клетки — гаметы. Допустим, что каждая гамета несет только один признак из пары. Тогда при оплодотворении слияние двух гамет с рецессивными признаками приводит к образованию организма с рецессивным признаком, проявляющимся фенотипически. Слияние же гамет, несущих по доминантному признаку, или же двух гамет, одна из которых содержит доминантный, а другая — рецессивный признак, будет приводить к развитию организма с доминантным признаком. Таким образом, появление во втором поколении ( $F_2$ ) организма с рецессивным признаком может иметь место только при соблюдении двух условий: 1) если у гибрида наследственные факторы сохраняются неизменными; 2) если половые клетки (гаметы) содержат только один наследственный фактор из аллельной пары.

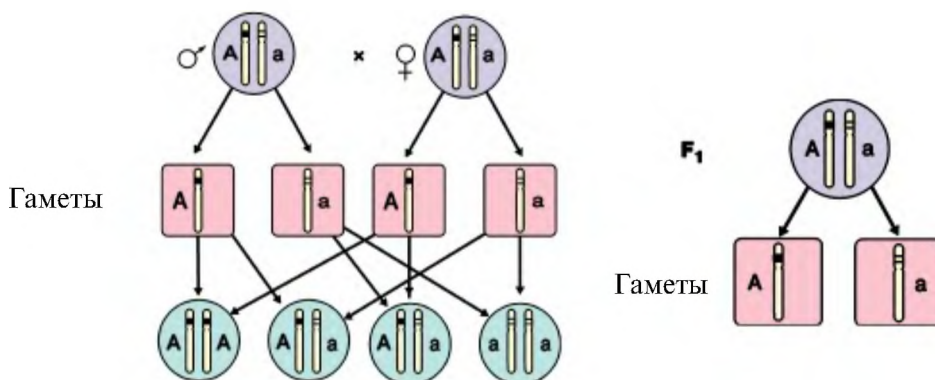
Расщепление признаков в потомстве при скрещивании гетерозиготных особей Мендель объяснил тем, что гаметы генетически чисты, т.е. несут только один ген из аллельной пары.

Гипотезу чистоты гамет можно сформулировать следующим образом: *При образовании половых клеток в каждую гамету попадает только один ген из аллельной пары.* Как это происходит? Известно, что при образовании гамет гомологичные хромосомы гибридов в результате первого деления мейоза переходят в разные клетки. В организме образуются два вида гамет. Гипотеза чистоты гамет устанавливает, что закон расщепления есть результат случайного сочетания гамет, несущих разные гены: AA, Aa, aa.

**Цитологические основы наследования.** В то время, когда Мендель сформулировал гипотезу чистоты гамет, еще ничего не было известно о митозе, развитии гамет и мейозе. В настоящее время благодаря успехам цитологии законы Менделя получили твердую цитологическую основу.

Каждый вид растений и животных обладает определенным числом хромосом. Допустим, для простоты, что у изучаемого нами организма имеется всего одна пара хромосом, а гены — это участки хромосом. Парные гены расположены в гомологичных хромосомах. Легко понять,

что при мейозе из каждой пары гомологичных хромосом в гаметы попадает по одной, а следовательно, и по одному гену из каждой пары. Цитологической основой расщепления признаков при моногибридном скрещивании является то, что в результате мейоза гомологичные хромосомы расходятся и образуются гаплоидные половые хромосомы:



**Аллельные гены.** Рассмотренный выше материал о закономерностях наследования при моногибридном скрещивании позволяет объяснить некоторые основные понятия, необходимые для более углубленного изучения генетики. Образование пар генов, определяющих развитие взаимоисключающих признаков, прослеживается на примере наследования у растений гороха, ночной красавицы и других объектов. Так, гены, обуславливающие желтую и зеленую окраску семян гороха, а также белую и красную окраску цветков ночной красавицы и др., являются примером таких пар. Парные гены называют **аллельными генами**. Таким образом, гены, определяющие желтую и зеленую окраску семян гороха — аллельные гены (аллели). Аллельные гены располагаются в гомологичных, т.е. парных хромосомах, вследствие чего при мейозе они переходят в разные гаметы.



1. Что называется моногибридным скрещиванием?
2. В каких соотношениях происходит расщепление по фенотипу и генотипу при моногибридном скрещивании?
3. Объясните первый и второй законы Менделя.
4. Что такое промежуточное наследование?
5. Какие гены называют аллельными?
6. Объясните цитологические основы наследования.

### § 48. Дигибридное скрещивание. Третий закон Менделя

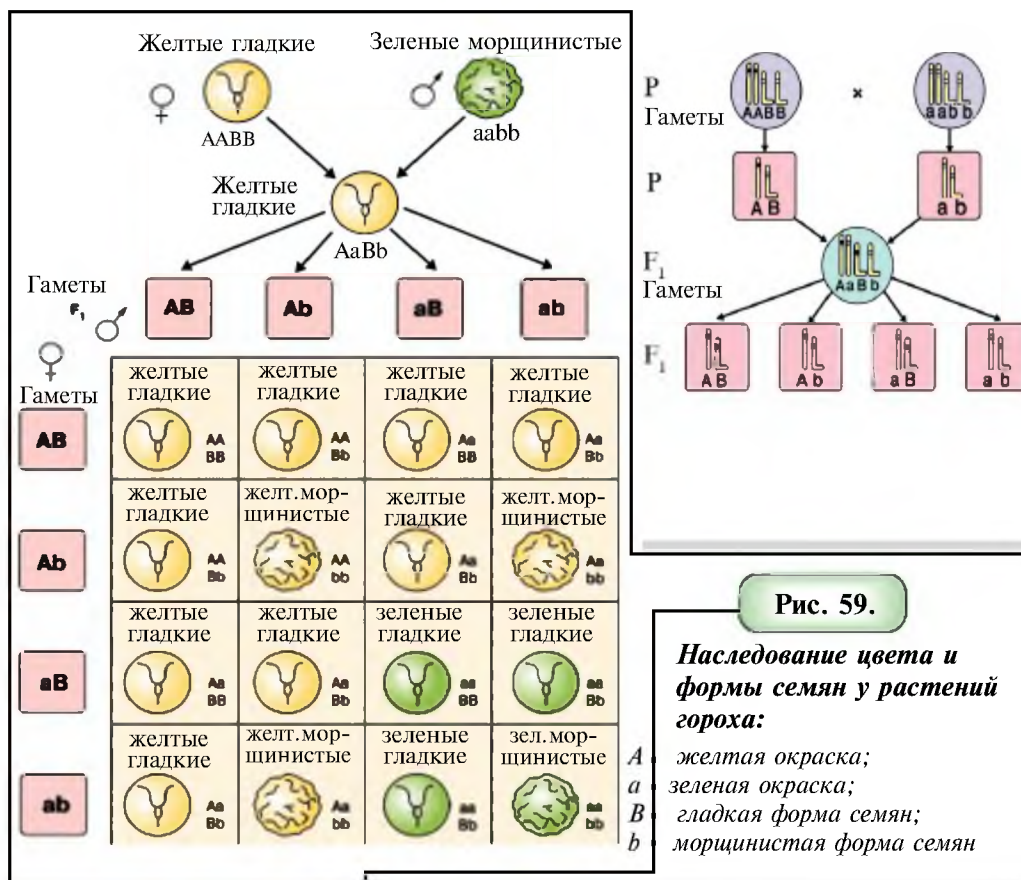
Изучение наследования одной пары аллелей позволило Менделю установить ряд генетических закономерностей: доминирование, неизменность рецессивных аллелей, расщепление признаков в соотношении 3:1 и др. Явление расщепления позволило предположить, что гаметы генетически чисты, т.е. сохраняют только один ген из аллельной пары. Однако организмы отличаются друг от друга по многим признакам. Закономерности наследования двух и более пар признаков можно изучить путем дигибридного, или полигибридного, скрещивания.

**Дигибридным, или полигибридным, скрещиванием** называют скрещивание родительских форм организмов, различающихся по двум и более парам признаков. Для дигибридного скрещивания Мендель взял homozygous растения гороха, различающиеся по двум парам признаков: цветом (желтый и зеленый) и формой (гладкие и морщинистые) семян. Желтый цвет (А) и гладкая форма (В) семян гороха доминантны, а зеленый цвет (а) и морщинистая форма (b) рецессивны. Каждое растение образует один тип гамет по изученным аллелям. Потомство, полученное при слиянии этих гамет, будет единообразным, т.е. желто-гладким.

В гибридах первого поколения из каждой пары аллельных генов в гамету попадает только один. При этом в результате первого деления мейоза ген А может попасть в одну гамету с геном В или с геном b. Точно так же, как и ген а может попасть в одну гамету с геном В или с геном b. В каждом организме образуется много половых клеток, и в силу статистических закономерностей у каждого гибрида образуются четыре типа гамет в одинаковом количестве (по 25 %): АВ, Ab, aВ, ab.

В процессе оплодотворения каждая из четырех типов гамет одного организма может случайно встретиться с любой из гамет другого организма. Это можно легко установить с помощью решетки Пеннета. Над решеткой по горизонтали выписывают гаметы одного организма, а по левому краю решетки по вертикали — гаметы второго организма. В квадратики же вписывают генотипы зигот, образующихся при слиянии гамет (см. рис. 59). Подсчитать, на сколько групп делятся по фенотипу организмы, возникшие во втором поколении  $F_2$ , очень легко.

По фенотипу дигибриды делятся на четыре группы в следующем соотношении: 9 желтых гладких, 3 зеленых гладких, 3 желтых морщинистых, 1 зеленый морщинистый. Если рассчитать результаты расщепления в отдельности, то отношение числа желтых семян к числу



зеленых и отношение числа гладких к числу морщинистых для каждой пары составит 3:1. Таким образом, при дигибридном скрещивании каждая пара признаков подвергается расщеплению, как и при моногибридном скрещивании, независимо от другой пары признаков.

В процессе оплодотворения вероятность случайных сочетаний гамет для всех них одинакова. В образовавшихся зиготах возникают различные комбинации генов. Независимое распределение признаков в результате возникновения различных комбинаций генов при дигибридном скрещивании возможно лишь в том случае, если пары аллельных генов расположены в разных гомологичных хромосомах. Отсюда можно сформулировать третий закон Менделя: *При скрещивании родительских организмов, отличающихся друг от друга по двум или более*



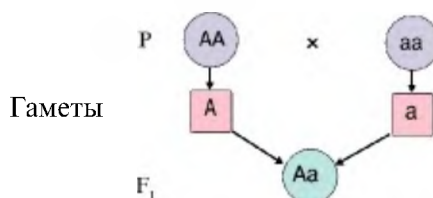
парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга.

С помощью законов Менделя можно понять расщепление и в более сложных случаях — при различиях гибридов по трем, четырем и более парам признаков. Если родительские организмы различаются по одной паре признаков, расщепление во втором поколении будет 3:1, при дигибридном скрещивании — 9:3:3:1. Можно рассчитать также число типов гамет, образующихся у гибридов. Общая формула расчета гамет у полигибридов —  $2^n$ , где  $n$  — число гетерозиготных пар генов в генотипе. У гетерозиготы (Aa) образуется два типа гамет  $2^1$  — A и a; у дигетерозиготы Aa и Bb — четыре типа гамет, или  $2^2$ ; у тригетерозиготы AaBbCc — восемь типов гамет, или  $2^3$ .

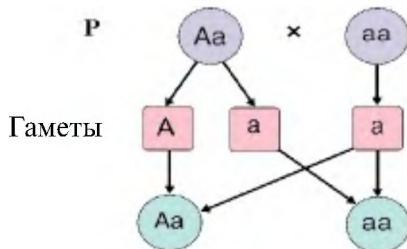
#### § 49. Анализирующее скрещивание

Гибридологический метод, разработанный Менделем для изучения наследственности, позволяет установить, гомозиготен или гетерозиготен организм с фенотипом, доминантным по изучаемому гену. Для этого скрещивают организм с неизвестным генотипом и, гомозиготный организм, имеющий рецессивный фенотип.

Если доминантный организм гомозиготен, потомство в первом поколении будет единообразным, т.е. расщепления не произойдет:

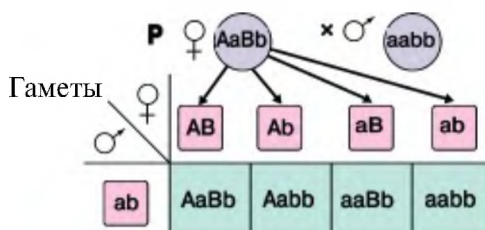


Если же организм гетерозиготен, то получится иная картина:



Расщепление произойдет в отношении 1:1 по фенотипу и генотипу, что является прямым доказательством образования у одного из родителей двух типов гамет, т.е. его гетерозиготности (рис. 60).

Анализирующее скрещивание при гетерозиготности организма по двум парам признаков имеет следующий вид:

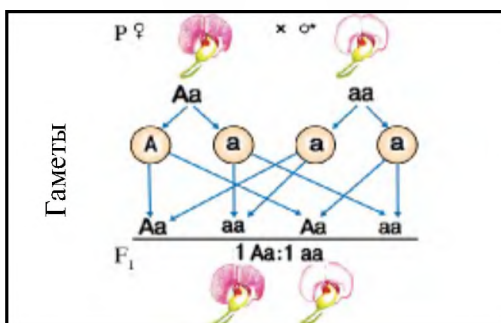


Гибриды, полученные при таком скрещивании, образуют четыре группы отличающихся друг от друга фенотипов в отношении 1:1:1:1.

Рис. 60.

*Анализирующее скрещивание при моногибридном наследовании:*

- A • красная окраска цветков;
- a • белая окраска цветков



1. Что называют дигибридным скрещиванием?
2. Объясните третий закон Менделя.
3. Что такое анализирующее скрещивание? Приведите примеры.
4. Какое отношение по фенотипу может быть при дигибридном скрещивании?



1. Круглая форма (A) плодов томата доминирует над грушевидной формой (a), красный цвет (B) плодов доминирует над желтым цветом (b). Используя генетические формулы, запишите результаты следующих скрещиваний: при скрещивании растения с круглыми красными плодами и растения с грушевидными желтыми плодами все растения потомства дали красные круглые плоды. Определите генотип родителей и гибридов.
2. Фенотип родительских растений такой же, как в предыдущем

задании, однако результат расщепления другой. 25% гибридов растений дали круглые красные плоды, 25% — грушевидные красные плоды, 25% — круглые желтые плоды и 25% — грушевидные желтые плоды (отношение 1:1:1:1). Определите генотипы родителей и гибридов.

### § 50. Лабораторная работа 6



#### Изучение результатов скрещивания растений хлопчатника, томата и ночной красавицы на основе гербария

**Цель.** Закрепление знаний учащихся о наследовании на основе гербария.

**Необходимое оборудование.** Гербарии, приготовленные из различных сортов хлопчатника, томата и ночной красавицы, волокна хлопка белой, бурой, рыжей, светло-бежевой окраски, плоды томата различной формы и цвета.

**Порядок работы.** Учащиеся разделяются на три группы. Каждая группа работает над отдельными растениями, сообщает результаты и обосновывает их.

#### Задания.

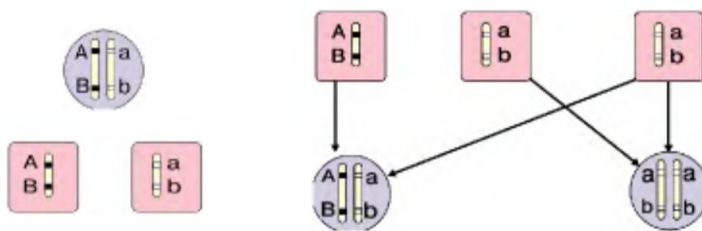
1. Изучите гербарии различных сортов растений томата. Определите доминантные и рецессивные признаки, изучите форму стеблей, листьев, плодов и сопоставьте их между собой.
2. Изучите гербарии различных сортов растений хлопчатника. Определите доминантные, рецессивные и промежуточные признаки. Определите причину различной окраски волокон.
3. Изучите гербарии сортов растений ночной красавицы с красной, белой и розовой окраской цветков. Сопоставьте стебли, листья и строение цветков. На основе результатов работы заполните следующую таблицу.

Растение	Доминантный признак	Рецессивный признак	Промежуточный признак
Хлопчатник			
Томат			
Ночная красавица			

4. У хлопчатника рыжая окраска волокна неполно доминирует над белой, поэтому в поколении  $F_1$  образуется форма со светло-бежевой окраской волокна. Какой результат можно ожидать в поколении  $F_2$ , если скрестить между собой гибриды  $F_1$  с рецессивными организмами?
5. Какое расщепление признаков наблюдается в поколениях  $F_1$  и  $F_2$  при скрещивании растений ночной красавицы с красными и белыми цветками? А при анализирующем скрещивании?

### § 51. Сцепленное наследование генов

В своих опытах Мендель наблюдал за наследованием семи пар признаков у душистого горошка. Впоследствии многие ученые, изучая наследование различных пар признаков у самых разных организмов, подтвердили законы Менделя. Было признано, что эти законы носят общий характер. Однако в ходе последующих научных исследований было установлено, что отдельные признаки душистого горошка – форма тычинки и окраска цветков – не претерпевают независимого распределения в потомстве. Потомки остались похожими на родителей. Постепенно таких исключений из третьего закона Менделя стало накапливаться все больше. Выяснилось, что в распределении признаков в потомстве и комбинировании расщепляются не все гены. Конечно, у любого организма признаков очень много, а число хромосом невелико. Следовательно, в каждой хромосоме должно находиться много генов. Такие гены называются *сцепленными* и образуют группы сцепления, которые соответствуют гаплоидному набору хромосом. Например, у человека содержится 46 хромосом и 23 группы сцепления, у мушки дрозофилы 8 хромосом – 4 группы, у гороха 14 хромосом – 7 групп сцепления. Гены, находящиеся в одной хромосоме, наследуются следующим образом:



Закономерности наследования генов, локализованных в одной хромосоме, изучены Т.Морганом и его учениками в опытах на плодовой мушке дрозофиле (рис. 61). Это насекомое очень удобно для генетических исследований. Мушка очень плодовита: легко разводится при температуре 25°C в лабораторных условиях, она дает потомство каждые 10–15 дней, обладает многочисленными и разнообразными наследственными признаками и малым числом хромосом (в диплоидном наборе – 8).

Как известно из опытов, гены, локализованные в одной хромосоме,

не обнаруживают независимого распределения и наследуются, в основном, совместно. Рассмотрим это на конкретном примере. Если скрестить мушку дрозофилу, имеющую серое тело и нормальные крылья, с мушкой, обладающей темной окраской тела и зачаточными крыльями, то в первом поколении гибридов все мухи будут серыми с нормальными крыльями. Это гетерозиготы по двум парам аллелей (серое тело и нормальные крылья; темное тело и зачаточные крылья). Проведем анализирующее скрещивание дигетерозиготных самок (с серым телом и нормальными крыльями) с самцами, имеющими рецессивные признаки (темное тело и зачаточные крылья).

В соответствии со вторым законом Менделя можно было бы ожидать получения в потомстве мух с четырьмя фенотипами: 25% с нормальными крыльями и серым телом, 25% с зачаточными крыльями и серым телом, 25% с нормальными крыльями и темным телом и 25% с зачаточными крыльями и темным телом. На самом деле на опыте мух с исходной комбинацией признаков (серое тело – нормальные крылья, темное тело – зачаточные крылья) оказывается значительно больше (в данном опыте 41,5%), чем мух с перекомбинированными признаками (серое тело – зачаточные крылья и темное тело – нормальные крылья). Последних везде будет по 8,5% каждого типа. Из этого примера видно, что гены, обусловившие признаки: серое тело – нормальные крылья и темное тело – зачаточные крылья, наследуются преимущественно вместе, или, иначе говоря, в сцепленном виде. Это сцепление является следствием локализации генов в одной и той же хромосоме. Поэтому при мейозе эти гены не расходятся, а наследуются вместе. *Явление сцепления генов, локализованных в одной хромосоме, известно под названием закона Моргана.*

Число групп сцепления генов соответствует числу хромосом в гаплоидном наборе. У мушки дрозофилы их 4, у растения кукурузы – 10. Соответствие числа групп сцепления числу хромосом является важным доказательством того, что хромосомы играют огромную роль в наследственности.

Почему же среди гибридов второго поколения появляется небольшое число индивидов с перекомбинацией родительских

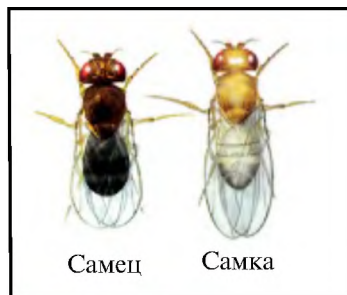


Рис. 61.

*Вид плодовой  
мушки дрозофилы*

признаков? Почему сцепление генов не является абсолютным? Согласно исследованиям, указанная выше перекombинация генов связана с тем, что в процессе мейоза гомологичные хромосомы при конъюгации иногда обмениваются своими участками, или, иначе говоря, между ними происходит перекрест. Очевидно, что при этом гены, расположенные сначала в одной из двух гомологичных хромосом, окажутся в разных гомологичных хромосомах. Между ними произойдет перекombинация.

Частота перекреста для разных генов оказывается различной, что зависит от расстояния между ними. Чем ближе друг к другу расположены гены в хромосоме, тем реже они разделяются при перекресте и тем выше частота сцепления. Это объясняется тем, что хромосомы обмениваются участками, и близко расположенные гены имеют больше вероятности оказаться вместе. На основе этих закономерностей удалось создать генетические карты хромосом для хорошо изученных в генетическом отношении организмов, на которых указаны относительные расстояния между генами.

Перекрест и обмен участками у гомологичных хромосом имеет место только у самок мушки дрозофилы. У самцов дрозофилы этого явления не наблюдается, поэтому у них сцепление генов, расположенных в одной хромосоме, считается полным сцеплением. Именно по этой причине для анализирующего скрещивания необходимо отбирать самок мушки дрозофилы.



1. Каким генам присущ третий закон Менделя? При каком расположении пар генов закон «не работает»?
2. Что такое сцепленное наследование?
3. Что такое группы сцепления? Сколько таких групп у человека?
4. Какой процесс нарушает сцепленное наследование генов?

## § 52. Генетика пола

Изучение половых различий, механизма определения пола и соотношений полов в животном мире имеет важное значение в биологии как с теоретической, так и с практической точек зрения. Так, возможность искусственного регулирования пола животных была бы весьма полезна для сельского хозяйства. У раздельнополых организмов (в том числе и у человека) соотношение полов составляет 1:1. У большинства раздельнополых организмов хромосомы самцов и самок неодинаковы.

Рассмотрим эти различия на примере набора хромосом у дрозофилы. У дрозофилы хромосомный набор в диплоидном состоянии равен 8. По трем парам хромосом самцы и самки не отличаются друг от друга. Но в отношении одной пары имеются существенные различия. У самки две одинаковые (парные) палочковидные хромосомы, у самца такая хромосома только одна, ее пару составляет особая двуплечая хромосома. Одинаковые хромосомы, по которым самцы и самки не отличаются друг от друга, называются *аутосомами*. Хромосомы, по которым самцы и самки отличаются друг от друга, называются *половыми хромосомами*.

Таким образом, хромосомный набор дрозофилы состоит из шести аутосом и двух половых хромосом. Половая палочковидная хромосома, присутствующая у самок в двойном числе (XX), а у самца — в единичном (XY) называется *X-хромосомой*, вторая половая хромосома (отсутствующая у самки двуплечая хромосома самца) называется *Y-хромосомой*.

Как сохраняются эти половые различия в хромосомном наборе самцов и самок дрозофилы в процессе размножения? Для ответа на этот вопрос необходимо выяснить, как ведут себя хромосомы в мейозе и при оплодотворении.

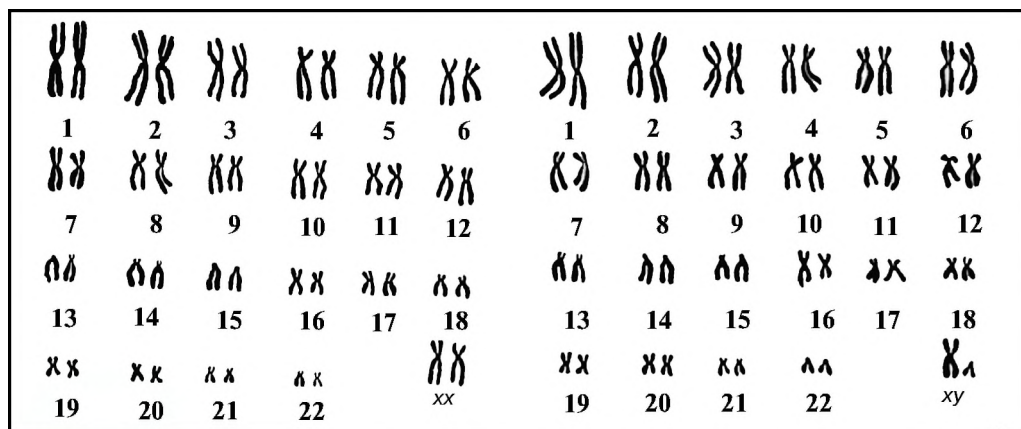
При созревании половых клеток у самки мушки в каждую яйцеклетку в результате мейоза переходит гаплоидный набор из четырех хромосом, в том числе одна X-хромосома. При мейозе у самца дрозофилы образуется два вида сперматозоидов. Половые хромосомы расходятся к противоположным полюсам клетки. Таким образом, X-хромосома отходит к одному полюсу, а Y-хромосома — к другому.

В связи с этим у самцов дрозофилы образуется два вида сперматозоидов в равном количестве. В сперматозоиды одного вида входят три аутосомы и одна X-хромосома, другого вида — три аутосомы и одна Y-хромосома. При оплодотворении возможны две комбинации. Яйцеклетка с равной вероятностью может быть оплодотворена спермием с X- или Y-хромосомой.

В первом случае из оплодотворенного яйца сформируется самка, во втором — самец. Пол организма определяется в момент оплодотворения и зависит от хромосомного набора зиготы.

Хромосомный механизм определения пола у человека точно такой же, что и у дрозофилы. Диплоидный набор хромосом у человека равен 46. В это число входят 22 пары аутосом и две половые хромосомы. У женщин половые хромосомы состоят из двух X-хромосом, а у мужчин

из одной X-хромосомы и одной Y-хромосомы. В соответствии с этим у мужчин образуются сперматозоиды двух видов – с X- и Y-хромосомами (рис. 62).



**Рис. 62.** Кариотип человека. Справа— женщины, слева— мужчины

У некоторых раздельнополых организмов (например, у отдельных насекомых) Y-хромосом вообще не бывает. В таких случаях у самца оказывается на одну хромосому меньше: вместо X- и Y-хромосом у него бывает лишь X-хромосома. При образовании в процессе мейоза мужских гамет эта X-хромосома не имеет партнера для конъюгации и переходит в одну из клеток. В результате половина сперматозоидов имеет X-хромосому, а другая половина лишена ее. При оплодотворении яйцеклетки спермием с X-хромосомой образуется комплекс с двумя X-хромосомами и из такой яйцеклетки развивается женский организм. В случае же оплодотворения яйцеклетки спермием без X-хромосомы развивается организм с одной X-хромосомой, который будет самцом.

Вместе с тем в природе существует и другой тип определения пола, который характеризуется женской гетерогаметностью. Здесь имеют место отношения, обратные рассмотренным выше. Женскому полу свойственны разные половые хромосомы или только одна X-хромосома. Мужской пол обладает парой одинаковых X-хромосом. По всей видимости, в этих случаях будет иметь место женская гетерогаметность,



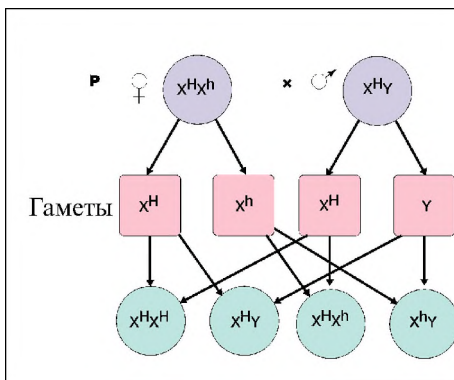
тогда как все спермии в отношении хромосомного комплекса остаются одинаковыми (всегда имеют одну X-хромосому).

Следовательно, пол зародыша будет определяться тем, какое яйцо — с X-хромосомой или Y-хромосомой — будет оплодотворено. Женская гетерогаметность наблюдается у бабочек, птиц и пресмыкающихся.

**Наследование, сцепленное с полом.** Морган и его ученики не только установили возможность определения пола по половым хромосомам, но и выявили закономерности наследования в сцепленном с полом виде. Согласно их утверждениям, гены располагаются не только в аутосомах, но и в половых хромосомах. Признаки, обусловленные такими генами, наследуются в сцепленном с полом виде. Например, ген дрозофилы, обуславливающий красный (A) и белый (a) цвет глаз, расположен в половой X-хромосоме. Этот признак наследуется в сцепленном с полом виде.

Гены, расположенные в половых хромосомах человека, также наследуются в сцепленном с полом виде. Например, гены, обуславливающие такие заболевания, как гемофилия (несвертываемость крови) и дальтонизм (неспособность различать красный и зеленый цвета), расположены в X-хромосомах. Эти заболевания наследуются в сцепленном с полом виде.

Наследование дальтонизма в сцепленном с полом виде показано на рис. 63. Наследование гемофилии показано на схеме на примере брака



женщины, имеющей ген, обуславливающий гемофилию ( $X^H X^h$ ), и здорового мужчины ( $X^H Y$ ). У половины детей, рожденных от этого брака, было заболевание гемофилией. Гены, расположенные в Y-хромосоме, передаются от отца только сыновьям. В настоящее время изучено наследование очень многих нормальных и патологических признаков, сцепленных с полом.



1. Какие хромосомы называют половыми?
2. Какие хромосомы называют аутосомами?
3. Какой пол называется гомогаметным и гетерогаметным? Приведите примеры.
4. Что такое наследование, сцепленное с полом? Приведите примеры.



1. Белый цвет глаз у дрозофилы зависит от рецессивного гена в X-хромосоме. Какое расщепление будет наблюдаться в поколении  $F_1$  при скрещивании самки дрозофилы с белым цветом глаз с самцом, имеющим красные глаза? А при скрещивании между собой гибридов первого поколения?
2. Как будет происходить наследование цвета в первом  $F_1$  и втором  $F_2$  поколениях мушки дрозофилы при скрещивании гомозиготной самки с красными глазами с самцом, имеющим белые глаза?
3. Сын рожден в семье, где отец с заболеванием гемофилией, а мать здорова. Правильно ли будет сказать, что гемофилия перешла к сыну от отца?

### § 53. Взаимодействие генов

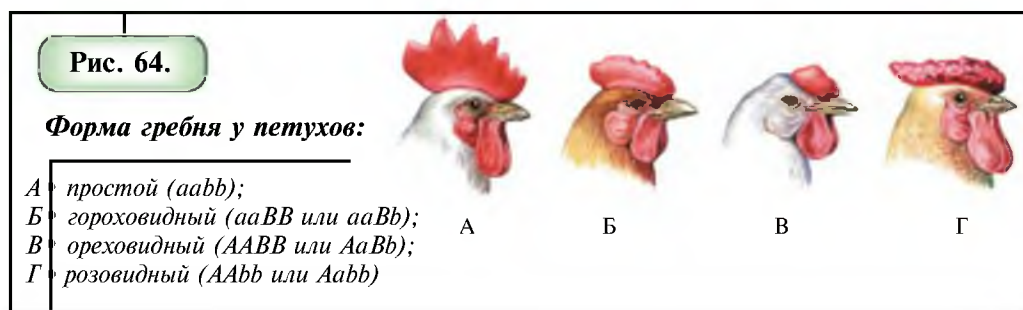
Гены представляют собой структурные и функциональные единицы наследственности. В приведенных выше примерах гены действительно ведут себя как отдельные единицы, т.е. каждый ген определяет развитие одного какого-то признака, независимо от других. Из этого можно сделать вывод, что генотип — механическая совокупность генов, а фенотип — это мозаика отдельных признаков. На самом деле это не так. Отдельная клетка и организм являются целостными системами, где все биохимические и физические процессы согласованы и взаимосвязаны прежде всего потому, что генотип — это система генов, взаимодействующих друг с другом как аллельные и неаллельные гены, расположенные в различных участках одних и тех же и разных хромосом.

Аллельные гены вступают в отношения доминантности — рецессивности. Различают полное и неполное доминирование.

Наряду с несколько независимым воздействием на развитие не-

которых признаков, гены, относящиеся к различным парам аллелей, проявляют часто и иные формы взаимодействия. В результате развитие какого-либо признака в организме происходит под контролем не одного, а нескольких генов. Примером этого является различная форма гребня у разных пород кур.

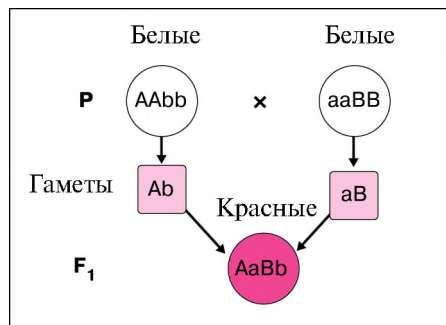
В результате различных комбинаций генов, возникающих при взаимодействии двух пар генов, образуются четыре варианта формы гребня: простой ( $aabb$ ), гороховидный ( $aaBB$  или  $aaBb$ ), ореховидный ( $AABB$  или  $AaBb$ ) и розовидный ( $AAbb$  или  $Aabb$ ) (см. рис. 64).



Неаллельные гены проявляют в основном комплементарную (взаимодополняющую) эпистатическую и полимерную формы взаимодействия.

Развитие у организма новых признаков, отсутствующих у родителей, в результате взаимодействия двух и более пар неаллельных генов называют комплементарным (или взаимодополняющим) взаимодействием.

Комплементарное взаимодействие четко проявляется при скрещивании между собой растений душистого горошка с белыми цветками. Гибриды первого поколения получают с красными цветками. При



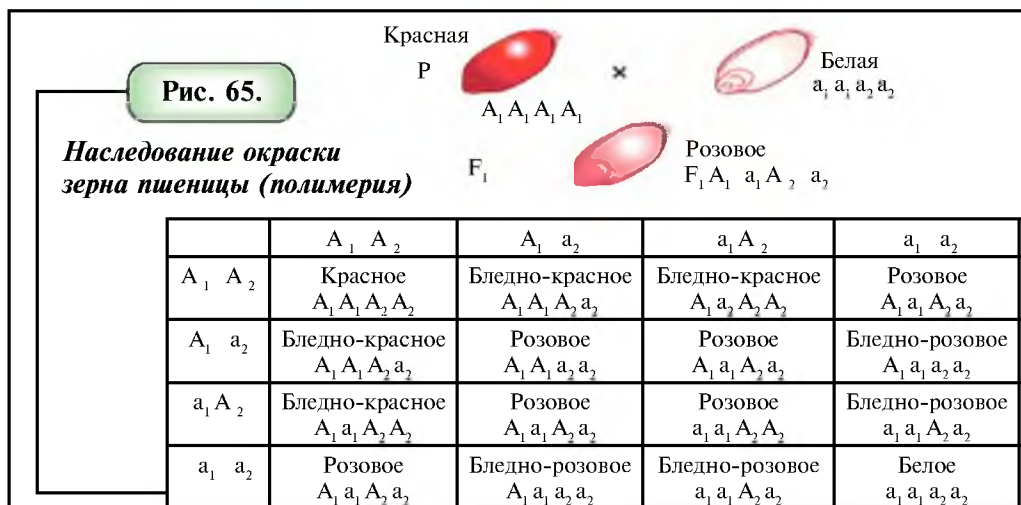
скрещивании гибридов первого поколения между собой у растений второго поколения расщепление идет в отношении 9:7, т.е. растения одного фенотипического класса (9/16) имеют красные цветки, другого (7/16) — белые, следовательно, конечное соотношение равно 9:7. Генотип родительских растений —  $AAbb$  и  $aaBB$ , и каждый из них обладает доминантным геном (А

или В). По отдельности эти гены (А и В) не могут обусловить красную окраску цветков, поэтому цветки родительских растений бывают белыми.

**Полимерное взаимодействие генов.** Одинаковое действие двух и более неаллельных генов на развитие одного и того же признака в организме называется *полимерным взаимодействием генов*. Полимерное взаимодействие проявляется в количественных признаках: например, масса, рост животных, высота растений, яйценоскость кур, количество и жирность молока у скота, содержание витаминов в растениях и т.п. Степень развития количественных признаков зависит от числа воздействующих полимерных генов.

Явление полимерии первоначально было изучено шведским ученым Нильсоном Эле. Путем скрещивания сортов пшеницы с красными ( $A_1A_1A_2A_2$ ) и белыми ( $a_1a_1a_2a_2$ ) зернами он получил растения  $F_1$ , зерна которых были розового цвета (рис. 65). Скрестив гибриды  $F_1$ , он получил растения  $F_2$ , которые можно разделить на пять групп по цвету их зерен. Количественное соотношение их было следующим: растения с красным зерном — 1, с бледно-красным зерном — 4, с розовым зерном — 6, с бледно-розовым зерном — 4, с белым зерном — 1.

Изучение закономерностей наследования путем полимерии имеет очень большое значение. Количественные признаки организмов, в частности, полезные для человека количественные признаки культурных растений и домашних животных, наследуются и развиваются под воз-



действием полимерных генов. Например, такие признаки, как масса тела животных, количество и жирность молока, содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы, длина колоса зерновых, длина початка кукурузы и др.

**Эпистатическое взаимодействие генов.** Явление доминантности одного аллельного гена в отношении другого неаллельного гена называется *эпистазом*. Рассмотрим сущность данной закономерности на примере наследования цвета перьев у кур. Установлено, что у двух пород кур с белыми перьями генотипы по этому признаку различные, хотя фенотипы одинаковые. Для подтверждения этого были скрещены две породы кур с белыми перьями. Все полученные в первом поколении  $F_1$  гибриды имели белые перья. Во втором поколении  $F_2$ , полученном при скрещивании между собой кур и петухов первого поколения  $F_1$ , наблюдалось расщепление по цвету перьев на две фенотипические группы. 13/16 частей этих кур и петухов имели белые перья, а 3/16 – черные. Таким образом, во втором поколении гибридов, полученных путем скрещивания пород кур и петухов с белыми перьями, появились организмы с новым признаком (черными перьями).

Ознакомимся теперь с генетическими основами такого расщепления у кур и петухов второго поколения при наследовании признака. Белый цвет перьев у пород кур регулируется генотипами  $IiCC$ ,  $PCC$ ,  $IiCc$ ,  $iiCC$ ,  $Pcc$ ,  $Iicc$ , а генотипы  $iiCC$ ,  $iiCc$  обеспечивают черный цвет перьев. Черно-белая окраска перьев кур зависит от двух пар неаллельных генов. Первая пара – ген  $Cc$ . Доминантный аллель этого гена и в состоянии  $CC$ , и в состоянии  $Cc$  обеспечивает черный цвет перьев. Состояние  $cc$  этого гена обуславливает белый цвет перьев. Вторая пара неаллельных генов ( $I i$ ) регулирует деятельность гена  $Cc$ . Этот ген называется геном-ингибитором и в состояниях  $II$  и  $Ii$  приостанавливает деятельность гена  $C$ , определяющего цвет перьев. В результате, несмотря на наличие в генотипе гена  $C$ , черный цвет перьев фенотипически не проявляется и они остаются белыми. Таким образом, в процессе наследования под воздействием эпистатического взаимодействия неаллельных генов у гибридных поколений также появляются новые признаки, отсутствовавшие у родительских организмов.

**Множественное действие генов. Плейотропия.** Выше мы рассмотрели влияние нескольких генов на развитие одного признака. Вместе с тем выяснено также влияние одного гена на развитие нескольких признаков. Это явление называется *плейотропией*. Плейотропия широко

распространена в природе и имеет важное значение. Она встречается во многих генах растений и животных. Например, ген, обуславливающий отсутствие пигмента в глазах хорошо изученной в генетическом отношении плодовой мушки дрозофилы, снижает ее плодовитость, воздействует на окраску некоторых внутренних органов и является причиной сокращения продолжительности жизни. Ген, обеспечивающий темно-красную окраску цветков у цветковых растений, определяет и темно-красную окраску стебля и веток.

Встречаются, например, породы кур с махровым оперением. Такие перья обычно не прилегают к телу и часто выпадают, что приводит к выделению из тела кур большого количества тепла, к нарушению пищеварения и сердечно-сосудистой системы. Все это оказывает отрицательное воздействие на плодовитость и жизнеспособность кур.

В результате плейотропного воздействия некоторых генов развитие различных органов в организме претерпевает существенные изменения, вследствие чего они погибают. Такие гены называют *летальными*, т.е. генами, приводящими к гибели. Например, желтая и черная окраска шерсти у мышей зависит от одной пары аллельных генов (Aa). Если этот ген находится в рецессивном гомозиготном состоянии (aa), то шерсть мыши будет иметь черную окраску.

Мыши с желтой шерстью всегда имеют гетерозиготное состояние (Aa). Среди них никогда не встречаются доминантно гомозиготные (AA) особи, так как ген, обуславливающий желтую окраску шерсти, в доминантно гомозиготном состоянии приводит к гибели организма. Указанное подтверждается результатами следующего опыта. Были скрещены родительские мыши с желтой шерстью, имеющие генотип (Aa). В их поколении получены мыши с желтой и черной шерстью. Но количественное их соотношение составляло не 3:1, как обычно, а 2:1. Это связано с тем, что доминантно гомозиготные (AA) мыши погибают уже в период эмбрионального развития.

Следовательно, доминантно гомозиготный ген обладает летальным свойством, т.е. приводит к гибели организма. Обширный материал, накопленный в настоящее время в генетике по изучению наследственности у самых различных растений, животных и микроорганизмов, свидетельствует о многостороннем действии генов. Представленные факты и наблюдения, касающиеся взаимодействия и множественного действия генов, позволяют значительно углубить знания о природе наследственной основы организма — генотипа. Данные о расщеплении

в потомстве гибридов дают возможность утверждать, что генотип состоит из отдельных элементов — генов, которые могут отделяться друг от друга и наследоваться независимо. Вместе с тем генотип обладает целостностью и его нельзя рассматривать как простую механическую сумму отдельных генов. Эта целостность генотипа, исторически возникающая в процессе эволюции вида, прежде всего выражается в том, что отдельные его составные компоненты (гены) находятся в тесном взаимодействии друг с другом.

Развитие признаков организма зависит от взаимодействия множества генов, а каждый ген обладает множественным действием, оказывая влияние на развитие не одного, а многих признаков организма.



1. Объясните взаимодействие генов.
2. На какие виды разделяется взаимодействие генов?
3. Что такое комплементарное действие генов? Объясните на примерах.
4. Что такое эпистаз? Приведите примеры.



1. Объясните полимерное взаимодействие генов.
2. В чем состоит сущность множественного воздействия генов?
3. Чем отличается взаимодействие генов от законов Менделя?

## § 54. Лабораторная работа 7–8



### Решение задач по генетике

**Цель.** Расширение и углубление знаний учащихся по основам генетики, полученных ими при изучении данного раздела.

#### Задачи для самостоятельного решения.

1. У кур розовидный гребень является доминантным (А) признаком, а простой — рецессивным (а). Каким будет фенотип и генотип гибридов поколения  $F_1$  при скрещивании между собой кур с розовидным гребнем и петухов с простым гребнем?
  - а) какой результат можно ожидать в поколении  $F_2$  при скрещивании между собой кур и петухов поколения  $F_1$ ?
  - б) а при повторном скрещивании кур поколения  $F_1$  и петухов с простым гребнем?
2. У кроликов нормальная длина шерсти является доминантным (В) признаком, а короткая шерсть — рецессивным (в). Организмы с каким фенотипом могут быть получены при скрещивании между собой организмов, имеющих следующие генотипы:  $Vb \times Vb$ ;  $BB \times bb$ ;  $Vb \times BB$ ?

3. Красная окраска (А) плодов томата доминирует над желтой (а). В опыте плоды родительских организмов имели красную окраску, однако при скрещивании их между собой 3/4 полученных томатов были красными, 1/4 — желтыми. Определите генотипы родительских организмов и гибридов поколения  $F_1$ .
4. У человека карие глаза — доминантный признак, а голубые глаза — рецессивный. Какие глаза будут у детей мужчины и женщины, если у одного из них карие глаза, а у другого — голубые?
5. У плодовой мушки дрозофилы нормальные крылья обусловлены доминантным геном, а изогнутые крылья — рецессивным. Мушек с каким генотипом необходимо скрестить между собой, чтобы получить поколение в соотношении 3:1 или 1:1?
6. Полосатые (А) личинки тутового шелкопряда доминируют над личинками, имеющими однородную (а) окраску. Определите фенотип и генотип первого поколения  $F_1$ , полученного при скрещивании самки бабочки от гетерозиготной полосатой гусеницы с самцом бабочки от однородно окрашенной гусеницы.
7. Темная окраска (А) грены тутового шелкопряда доминирует над белой (а). Какое поколение может быть получено при скрещивании гетерозиготной самки бабочки с таким же самцом?

#### **Задачи о промежуточном наследовании**

1. У хлопчатника рыжая окраска волокна неполно доминирует над белой, поэтому в поколении  $F_1$  образуется форма со светло-бежевой окраской волокна. Какой результат может быть получен в поколении  $F_2$  при скрещивании между собой гибридов поколения  $F_1$  ?
2. Формы ночной красавицы с красными и розовыми лепестками скрестили с формой, имеющей белые лепестки. При первом скрещивании получили поколение  $F_1$  с розовыми лепестками, а при втором скрещивании 50 % растений имели розовые лепестки, а 50 % — белые. Определите генотипы пестичных и тычиночных гибридов, полученных при обоих скрещиваниях.

#### **Задачи о дигибридном скрещивании**

1. У томата круглая форма (А) плодов доминирует над грушевидной (а), а красный цвет плодов (В) — над желтым (в). Какие гаметы образуют растения томата, имеющие следующие генотипы:  
а) ААВВ; б) АаВВ; в) ааВВ; г) ААВв; д) АаВв?
2. От родителей, обладающих нормальным слухом и имеющих один волнистые, а другой — прямые волосы, первый ребенок родился глухим и с прямыми волосами, а второй — с нормальным слухом и волнистыми волосами. Если допустить, что волнистые волосы доминируют над прямыми, а глухота является рецессивным признаком, возможно ли рождение в этой семье глухих детей с волнистыми волосами?
3. При скрещивании формы хлопчатника, имеющей неограниченное



(S) число плодоносных ветвей и цветки желто-лимонного цвета (И), с формой, имеющей ограниченное (s) число плодоносных ветвей и цветки бледно-желтого цвета (и), получили 25 % растений с неограниченным числом плодоносных ветвей и желто-лимонными цветками, 25 % растений с ограниченными числом плодоносных ветвей и желто-лимонными цветками, 25 % растений с неограниченным числом плодоносных ветвей и бледно-желтыми цветками, 25 % растений с ограниченным числом плодоносных ветвей и бледно-желтыми цветками. Определите генотипы родительских форм, участвовавших в скрещивании.

4. При скрещивании между собой растений гороха с длинным стеблем, белыми цветками и с коротким стеблем, красными цветками в поколении  $F_1$  образуются 120 растений с длинным стеблем, красными цветками, а в поколении  $F_2$  — 720 растений.
  - а) сколько генотипов будет в поколении  $F_1$ ?
  - б) сколько видов гамет будет в поколении  $F_1$ ?
  - в) сколько растений в поколении  $F_2$  будут иметь длинный стебель и красные цветки?
  - г) сколько растений в поколении  $F_2$  будут иметь длинный стебель и белые цветки?

## Глава 12

## Закономерности изменчивости

### § 55. Наследственная (генотипическая) изменчивость

Изменения признаков организма, которые определяются генотипом и сохраняются в ряду поколений, называются *наследственной изменчивостью*. Иногда это крупные, хорошо заметные изменения, например, коротконогость у овец, отсутствие оперения у кур (рис. 66), раздвоенные пальцы у кошек, отсутствие пигмента (альбинизм), коротконопалость (рис. 67) и многопалость (полидактилия) (рис. 68) у человека.

Вследствие внезапных изменений, стойко передающихся по наследству, возникли новые признаки: карликовый рост душистого горошка, растения с махровыми цветками и многие другие. Чаще всего это мелкие, но заметные отклонения от нормы.

Наследственные изменения генетического материала называют *мутациями*. Мутации возникают вследствие изменения структуры гена или хромосом и служат единственным источником разнообразия внутри вида.

**Характер проявления мутаций.** Мутации бывают доминантными и

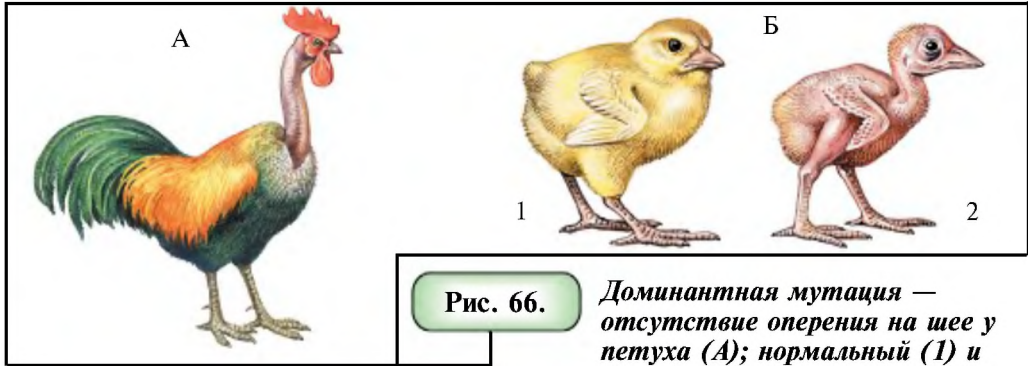


Рис. 66.

*Доминантная мутация — отсутствие оперения на шее у петуха (А); нормальный (1) и мутантный (2) цыпленок (Б)*

рецессивными. Большинство их являются рецессивными и не проявляются у гетерозигот. Это обстоятельство очень важно для существования вида.

Мутации, как правило, оказываются вредными, так как вносят нарушения в тонко сбалансированную систему биохимических превращений организма. Организмы с доминантными мутациями нежизнеспособны в гетеро- и гомозиготном состояниях и погибают уже на ранних стадиях индивидуального развития. При изменении внешней среды некоторые мутации, бывшие ранее вредными, могут оказывать полезное воздействие на организм. Организмы — носители таких мутаций получают преимущество в процессе естественного отбора.

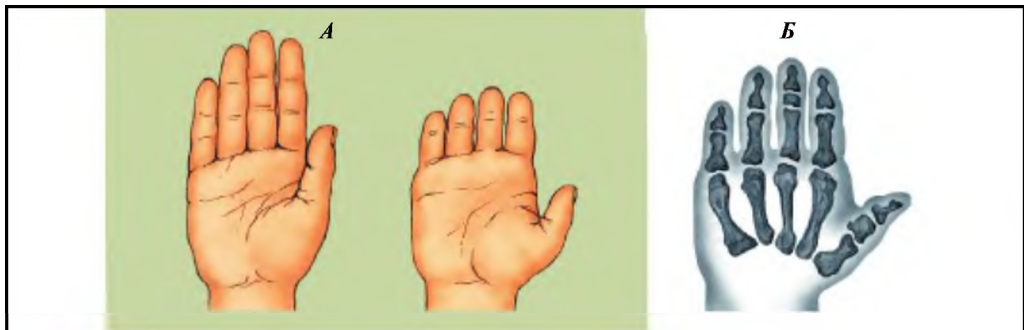
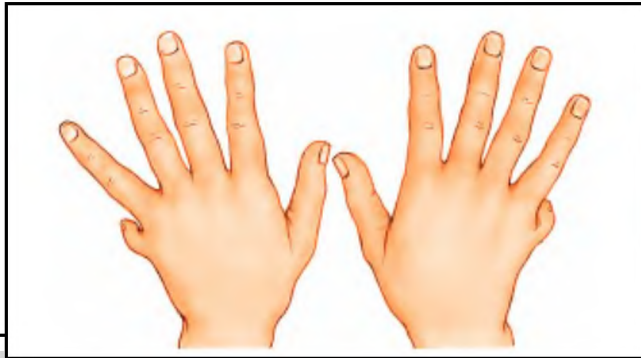


Рис. 67.

*Короткопалость у человека:*

*А — слева — нормальная рука, справа — короткопалая,  
Б — вид с тыльной стороны фаланг пальцев и их слияние*

Рис. 68.

*Полидактилия у человека*

**Проявление мутаций.** Мутации могут быть генеративными и соматическими. Мутации, возникшие в половых клетках, не влияют на признаки данного организма, а проявляются только в следующих поколениях. Такие мутации называют *генеративными*.

Если в соматических клетках гены изменяются, то такие мутации проявляются у данного организма и не наследуются потомством при половом размножении. Однако при бесполом размножении, если организм размножается из одной клетки или из группы клеток, в которых присутствует изменившийся — мутировавший ген, мутации могут передаваться потомству. Такие мутации называют *соматическими*.

В растениеводстве соматические мутации широко используются при создании новых сортов культурных растений.

**Уровни возникновения мутаций.** Мутации, связанные с изменением или заменой одного или нескольких нуклеотидов в пределах одного гена, называют *генными*, или *точечными*, *мутациями*. Они привносят изменения в строение белков, обуславливающие появление новой последовательности аминокислот в полипептидной цепи, а вместе с этим изменение функциональной активности белковой молекулы.

Изменения структуры хромосом называют *хромосомными мутациями*. Такие мутации возникают вследствие утраты определенного участка хромосомы. В отдельных случаях отделившийся участок хромосомы присоединяется к негомологичной хромосоме, образуя новую комбинацию генов, изменяющую характер их взаимодействия. В период оплодотворения в зиготе, образовавшейся в результате слияния таких гамет с нормальной гаплоидной гаметой, число хромосом на одну хромосому больше или меньше по сравнению с диплоидным набором, характер-

ным для данного вида. В таких случаях нарушение генного баланса приводит к нарушениям в развитии организма.

У простейших животных и растений часто наблюдается увеличение числа хромосом, кратное гаплоидному набору. Такое изменение хромосомного набора называют *полиплоидией*. Степень полиплоидии бывает различной. У простейших животных число хромосом может увеличиваться в несколько сотен раз. Явление полиплоидии широко распространено у высших растений. С увеличением числа хромосом в кариотипе возрастает генетическая стабильность организма, уменьшается опасность снижения жизнеспособности при мутациях.

Полиплоидия повышает жизнеспособность, плодовитость и другие свойства организмов. Она широко используется в растениеводстве, так как искусственно полученные полиплоидные сорта отличаются высокой урожайностью (рис. 69).

**Свойства мутаций.** Мутации наследственны, если они стойко передаются из поколения в поколение. Одна и та же мутация может возникать у различных организмов, относящихся к одному виду. По своему проявлению мутации могут быть полезными и вредными, доминантными и рецессивными.

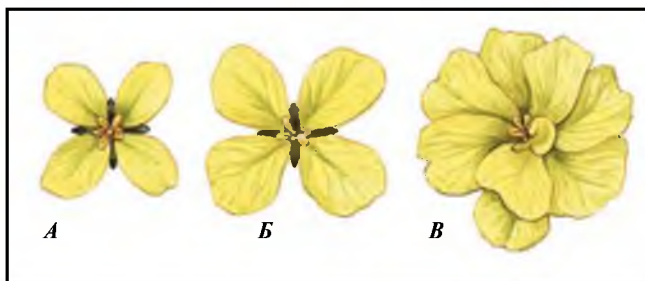
Одно из важных свойств генов — способность к мутированию. Впервые резкое повышение частоты наследственных изменений было получено с помощью рентгеновских лучей. Под влиянием рентгеновских лучей число возникающих мутаций удалось повысить более чем в 150 раз. Помимо рентгеновских лучей и других форм ионизирующей радиации, мутации могут возникать под влиянием химических веществ. Факторы, воздействующие на процесс обмена веществ, в частности на синтез ДНК, оказывают действие и на мутационный процесс.

Мутации, получаемые искусственным путем, имеют практическое

**Рис. 69.**

**Цветки капуств:**

- А — диплоидные;
- Б — тетраплоидные;
- В — октаплоидные



значение, так как они повышают генетическое разнообразие внутри вида и популяции и тем самым создают вспомогательный материал для селекционеров.



1. Какие формы изменчивости вы знаете?
2. Что называется мутацией?
3. Какие структуры клетки перераспределяются при мутационной изменчивости? Классифицируйте мутации.
4. Что такое полиплоидия?
5. Каким образом можно увеличить скорость мутаций?

### § 56. Фенотипическая изменчивость

Каждый организм развивается и обитает в определенных внешних условиях, испытывая на себе действие факторов внешней среды – колебаний температуры, влажности, количества и качества пищи, а также вступает во взаимоотношения с другими организмами. Все эти факторы могут изменять морфологические и физиологические свойства организмов, т.е. их фенотип. Рассмотрим изменчивость признаков, вызванную действием внешних по отношению к организму условий среды.

Если у гималайского кролика на спине выщипать белую шерсть и поместить его в холод, на этом месте вырастет черная шерсть (рис. 70). Если черную шерсть удалить и наложить теплую повязку, опять



Рис. 70.

*Фенотипическое изменение окраски шерсти гималайского кролика под влиянием различных температур*



вырастет белая шерсть. При выращивании гималайского кролика при температуре 30°C вся шерсть будет белая. У потомства двух таких белых кроликов, выращенного в нормальных условиях, будет обычное распределение пигмента. При недостатке корма или кормлении родителей спиртонасыщенным кормом крольчата рождаются недоношенными и будут развиваться слабо. Таким образом, изменения признаков, вызванные действием факторов внешней среды, не наследуются.

Отметим еще одну особенность изменчивости, вызванную факторами внешней среды. Листья лотоса (рис. 71) и водяного ореха (рис. 72) имеют разную форму в зависимости от того, находятся они под водой или на поверхности воды: подводные листья лотоса узкие, ланцетовидные, надводные — воронкообразные; у водяного ореха подводные листья перьевидные, изрезанные, а надводные — круглые. Точно так же под действием ультрафиолетовых лучей у всех людей (если они не

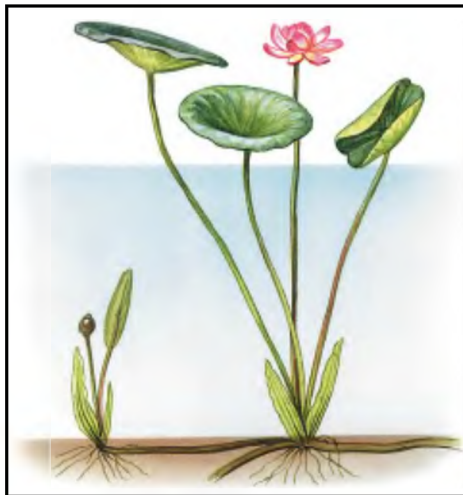


Рис. 71. *Общий вид  
водяного лотоса*

Рис. 72.

*Общий вид водяного ореха*



альбиносы) возникает загар – накопление в коже пигмента меланина. Таким образом, под воздействием определенного фактора внешней среды каждый вид организмов претерпевает специфические изменения, которые одинаковы у всех представителей данного вида. Вместе с тем изменчивость признака под влиянием условий внешней среды не беспредельна. Степень варьирования признака или пределы изменчивости называются *нормой реакции*.

Широта нормы реакции обусловлена генотипом и зависит от важности признака в жизнедеятельности организма. Узкая норма реакции свойственна таким важным признакам, как размеры мозга или сердца. В то же время количество жира в организме млекопитающих изменяется в широких пределах (жирность молока зависит от породы и генотипа).

У насекомоопыляемых растений цветки изменяются очень редко, тогда как размеры листьев весьма изменчивы.

Знание норм реакции модификационной изменчивости имеет важное значение в селекционной практике при создании полезных для человека растений, животных и микроорганизмов. Наряду с выведением новых высокопродуктивных пород и сортов в сельском хозяйстве, это создает возможности для высокоэффективного использования уже существующих пород животных и сортов растений. Изучение закономерностей модификационной изменчивости играет важную роль в медицине для поддержания организма человека в пределах нормы реакции и его развития.

Таким образом, фенотипическая изменчивость характеризуется следующими свойствами:

- 1) ненаследуемость; 2) групповой характер изменений;
- 3) зависимость изменений от влияния внешних факторов;
- 4) обусловленность пределов изменчивости генотипом.

Это означает, что хотя направленность изменений одинакова, степень проявления изменений у разных организмов различна.



1. Как влияет среда на проявление признаков?
2. Докажите на примерах ненаследуемость признаков, измененных под воздействием условий внешней среды.
3. Что такое норма реакции? От чего зависит широта нормы реакции?
4. Укажите свойства фенотипической изменчивости.

## § 57. Лабораторная работа 9



### Вариационные ряды и кривая изменчивости у растений и животных

**Цель.** Углубление знаний учащихся о норме реакции, границе приспособляемости организмов; формирование знаний о статистических закономерностях модификационной изменчивости, о вариационной изменчивости признаков; получение вариационного ряда и образование кривой нормы реакции опытным путем, закрепление основных правил лабораторной работы; изменение признаков организма под воздействием факторов внешней среды; статистические закономерности модификационной изменчивости; причины частоты промежуточных признаков в организме.

**Оборудование** (на каждом столе). Набор биологических объектов: семена фасоли, бобовые, колосья пшеницы, листья яблони, акации и др. в количестве не менее 100 каждый.

**Методические рекомендации.** Учитель сообщает краткие сведения о статистических закономерностях модификационной изменчивости, о демонстрируемых биологических объектах.

#### Порядок работы.

1. Указания учителя по цели, задаче и получаемым выводам лабораторной работы.
2. Проведение работы.
3. Обобщающая беседа по итогам лабораторной работы.

#### Инструктивная карточка:

- а) разложите листья, семена, бобы и колосья растений в последовательности возрастания их длины;
- б) измерьте длину листьев, запишите полученные данные в тетрадь. Подсчитайте число листьев с одинаковой длиной и занесите в таблицу:

Длина листа	v, см									
Число листьев	n, шт.									

- в) начертите на графике вариационную кривую изменчивости;
- г) вычислите среднюю величину изменчивости по формуле

$$M = \frac{\sum(V \cdot R)}{n},$$

где  $M$  — средняя величина изменчивости;  $V$  — варианты;  $R$  — частота встречаемости;  $n$  — число объектов;  $\Sigma$  — признак отбора.



## Глава 13

## ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА

## § 58. Методы изучения генетики человека

В последние годы интерес к генетике человека особенно возрос в связи с ее огромным практическим значением для человечества. В настоящее время более или менее подробно изучено наследование у человека около 4000 нормальных и патологических признаков. Установлено существование болезней, обусловленных наследственными факторами. Правильное распознавание этих заболеваний важно для их профилактики и лечения. Указанные успехи стали возможны после того, как были разработаны методы генетического исследования человека.

**Методы изучения наследственности человека.** Изучение наследственности человека представляет значительные трудности. Известно, что методы экспериментальной генетики неприменимы к человеку. Человек размножается медленно и достаточно поздно достигает зрелости. Число детей в одной семье относительно невелико. Эти обстоятельства затрудняют изучение наследственности человека. При изучении генетики человека используются в основном генеалогический, близнецовый, цитогенетический, биохимический, популяционный и онтогенетический методы исследования.

Остановимся кратко на характеристике этих методов.

**Генеалогический метод** состоит в изучении родословной людей (возможно большее число поколений). Используя его, можно определить многие признаки человека, в частности, переход из поколения в поколение наследственных заболеваний. С помощью генеалогического метода установлено, что развитие способностей, одаренности и других достоинств (например, музыкальная одаренность, математические способности) обусловлено наследственными факторами.

Разумеется, проявление тех или иных генетически обусловленных психических особенностей человека, в частности, одаренности, определяется социальной средой. Генеалогическим методом установлена передача по наследству многих заболеваний в рецессивном состоянии. Это, в частности, сахарный диабет, врожденная глухота, гемофилия, некоторые формы шизофрении (тяжелое психическое заболевание). Наследственные заболевания, определяемые не рецессивными, а доминантными генами, например, брахидактилия, или короткопалость, ведущая к слепоте наследственная дегенерация роговицы, предрас-

положенность к заболеванию туберкулезом, также выявлены генеалогическим методом.

**Близнецовый метод** заключается в изучении развития признаков у близнецов. Известно, что у человека близнецы бывают двух категорий. В некоторых случаях оплодотворяется не одна яйцеклетка, а две (в редких случаях три и даже четыре). Близнецы развиваются из одной и из разных яйцеклеток. Близнецы, развившиеся из одной яйцеклетки, обычно одного пола и удивительно похожи друг на друга. Это понятно, так как они обладают одинаковым генотипом, а различия между ними обусловлены влиянием среды. Близнецы, развившиеся из разных яйцеклеток, могут быть разного или одного пола, они похожи друг на друга как обычные братья и сестры.

**Цитогенетический метод** за последние годы приобрел большое значение. Он дает много ценного материала для понимания причин наследственных заболеваний человека. С генетической точки зрения наследственные заболевания представляют собой мутации, большинство из которых рецессивны. Этот метод дает возможность изучения видимых изменений в хромосомном наборе человека.

Существует такая категория хромосомных мутаций, которые выражаются в видимых изменениях структуры или числа хромосом. У человека такие мутации определяются цитогенетическим методом. В последние годы разработаны новые методы, позволяющие легко и быстро изучить хромосомный набор любого человека, не причиняя ему никакого вреда. Сущность их состоит в том, что лейкоциты крови помещают в особую питательную среду при температуре 37°C, в которой они делятся. Из них приготавливают препараты, на которых видны число и строение хромосом. Недавно разработаны методы окраски хромосом человека особыми красителями, что позволяет не только подсчитывать количество хромосом, но и изучать более тонкие изменения в структуре отдельных хромосом.

**Биохимический метод.** Наблюдаемые у человека многие патологические состояния обусловлены различными нарушениями нормального хода обмена веществ. Эти нарушения можно выявить соответствующими биохимическими методами. С помощью данного метода изучаются причины сахарного диабета. Это заболевание связано с нарушением нормальной деятельности поджелудочной железы, которая не выделяет в кровь необходимого количества гормона инсулина. В результате содержание сахара в крови повышается и происходят глубокие нарушения обмена веществ в организме человека.



1. Какие методы позволяют изучать наследственность человека?
2. Охарактеризуйте генеалогический метод.
3. В чем состоит сущность близнецового метода?
4. Охарактеризуйте цитогенетический метод.
5. Расскажите о значении биохимического метода.

### § 59. Наследственные болезни у человека

Генетика приобретает все большее значение для медицины. Отклонения от нормы и заболевания обусловлены генотипом. В человеческой популяции выявлено более 2000 наследственных заболеваний, которые передаются из поколения в поколение. Изучением наследственных заболеваний человека, причин их возникновения, а также разработкой методов их лечения занимается медицинская генетика. Наследственные заболевания условно подразделяются на две группы: генные и хромосомные.

**Генные болезни** проявляются в доминантном и рецессивном состояниях. Доминантные генные болезни четко проявляются в фенотипе, и лечение таких болезней не составляет труда. Рецессивные генные болезни не проявляются в фенотипе в гетерозиготном состоянии. Ген, обуславливающий болезнь, остается в скрытом бездеятельном состоянии, и болезнь не развивается. Но когда рецессивный ген скрыто сохраняется в генотипе человека в гетерозиготном состоянии и у его потомков переходит в гомозиготное состояние, он становится причиной появления генной болезни. В качестве примера генных болезней можно привести фенилкетонурию, альбинизм, гемофилию, дальтонизм. Фенилкетонурия встречается у одного из 10 000 новорожденных. В случаях, когда отсутствует своевременная и точная диагностика заболевания и из питания новорожденного не исключен фенилаланин, нарушается формирование мозга и развивается микроцефалия, появляются признаки слабоумия. Заболевание альбинизм возникает в результате перехода рецессивных генов в гомозиготное состояние. Эта болезнь встречается у одного из 10 000 или у одного из 200 000 человек. Болезнь характеризуется отсутствием пигмента в коже, белым цветом волос, пониженной зрительной способностью, повышенной восприимчивостью к солнечным лучам. Гемофилия и дальтонизм передаются по наследству в сцепленном с половой X-хромосомой состоянии.

**Хромосомные болезни.** В качестве примера хромосомных болезней

можно привести синдром Дауна, синдром Клайнфельтера, синдром Шерешевского-Тернера. Хромосомные болезни обусловлены нарушением числа и строения хромосом. Синдром Дауна встречается как у мужчин, так и у женщин. Причиной этой болезни является увеличение 21 пары гомологичных хромосом на одну во время деления, в результате диплоидный набор у больного равен не 46, а 47 хромосомам. Основные признаки заболевания – непропорционально маленькая голова, плоское лицо, маленькие глаза, близко расположенные друг к другу. Рот полуоткрытый, умственные способности снижены, больные обычно бесплодны, живут недолго. У таких больных часто встречаются пороки сердца и крупных кровеносных сосудов. Причиной рождения детей с синдромом Дауна является в основном возраст матери (поздние роды). У больных с синдромом Клайнфельтера число хромосом может быть XXУ, XXXУ. Это заболевание встречается только у мужчин. У людей с таким заболеванием обычно руки и ноги значительно удлинены, плечи уже таза, строение скелета схоже со скелетом женщины. Болезнь с генотипом XXУ, XXXУ встречается в среднем у одного из 500 детей.

Синдром Шерешевского-Тернера встречается у женщин. Число половых хромосом у них уменьшается на одну и становится XO. В результате диплоидный набор хромосом у больных женщин равен 45. У таких женщин очень маленький рост, недоразвитые яичники, вторичные половые признаки проявляются крайне слабо. Синдром Шерешевского-Тернера встречается в среднем у одной из 5000 новорожденных девочек.

**Медико-генетические консультации.** Многие молодые люди, хотя и изучали в школе основы генетики, при вступлении в брак не задумываются над тем, что некоторые болезни имеют наследственную природу. В настоящее время созданы специальные медико-генетические консультации и проводятся работы по предоставлению молодым людям, решившим вступить в брак, сведений об ожидаемом состоянии здоровья их будущих детей. На наследственность человека, на развитие генетических признаков и свойств оказывают очень неблагоприятное влияние спиртные напитки и такие наркотические вещества, как опиум, мак, гашиш и др.



1. В чем состоят задачи медицинской генетики?
2. Приведите данные о хромосомных болезнях человека.
3. В чем заключаются причины генных болезней человека?



Селекция растений, животных и микроорганизмов

## Глава 14

СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ, ЖИВОТНЫХ  
И МИКРООРГАНИЗМОВ

## § 60. Центры многообразия и происхождения культурных растений

Генофонд существующих пород животных или сортов культурных растений, естественно, менее разнообразен по сравнению с генофондом исходных диких видов. Поэтому успех селекционной работы зависит главным образом от генетического разнообразия исходных групп растений или животных. При выведении новых сортов растений и пород животных очень важны поиски и выявление полезных признаков у диких форм. Для изучения многообразия и географического распространения культурных растений великий российский ученый-генетик и селекционер Н.И.Вавилов организовал в 1920–1940 гг. ряд экспедиций на территории России и многих зарубежных стран. В результате этих экспедиций были изучены мировые растительные ресурсы и собрана значительная коллекция для семеноводства, которая впоследствии была использована для селекционной работы. Основываясь на результатах экспедиций, Н.И.Вавилов сделал исключительно важные для теории селекции обобщения. Он выделил семь центров происхождения культурных растений, распространенных по всему миру. К ним относятся Южноазиатский тропический центр (родина 50% культурных растений, в том числе риса, сахарного тростника и овощных культур); Восточноазиатский центр (отсюда началось распространение более 20% культурных растений, в том числе сои, проса, гречихи и т.д); Юго-Западноазиатский центр (родина 14% культурных растений, в том числе пшеницы, ржи, бобовых культур, льна, моркови и др.); Средиземноморский центр (родина 11% культурных растений,

в том числе капусты, сахарной свеклы, клевера и др.); Абиссинский (Эфиопия) центр (родина ячменя, бананов, кофейного дерева и др.); Центральноамериканский центр (родина тыквы, фасоли, кукурузы, перца, хлопчатника, дерева какао); Южноамериканский центр (родина картофеля, ананасов, табака). В настоящее время насчитывается 12 центров происхождения культурных растений. В 1940 г. Н.И.Вавилов был арестован по ложному обвинению и в 1943 г. умер от изнурения (от голода) в Саратовской тюрьме. Коллекция Н.И.Вавилова хранилась в Институте растениеводства в городе Санкт-Петербурге (Ленинград). Во время блокады города фашистами сотрудники института, несмотря на страшный голод, не притронулись ни к одному зернышку этой коллекции и никому не позволили этого сделать.

Значительная часть коллекции, относящаяся к субтропическим растениям, до сегодняшнего дня хранится в Институте растениеводства Узбекистана и используется для создания новых сортов растений.

Коллекция, которая хранится в России, включает более 320 образцов, относящихся к 1041 виду растений. К ним относятся дикие виды, сородичи культурных растений, старые местные сорта. Из мирового генофонда ученые выделяют генетические источники хозяйственно ценных признаков: урожайности, скороспелости, устойчивости к болезням и вредителям, засухоустойчивости и устойчивости к другим негативным воздействиям. Современные генетические методы дают возможность добиваться в селекции растений очень крупных успехов. Так, использование ценных генов дикого хлопчатника позволило создать сорт хлопчатника «Ташкент», который в свое время считался самым лучшим вилтоустойчивым сортом.



1. Какими свойствами отличаются домашние животные и культурные растения от диких сородичей?
2. Что такое селекция?
3. Какое значение для селекции имеют центры происхождения культурных растений?
4. Назовите центры происхождения культурных растений.

## § 61. Основы селекции растений и животных

Основная задача селекции — создание высокопродуктивных пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов, наилучшим образом удовлетворяющих пищевые, эстетические и технические по-

требности человека. *Породой* или *сортом* (чистой линией) называют популяцию организмов, искусственно созданную человеком, которая характеризуется постоянством и ценными биологическими и хозяйственными признаками, передающимися из поколения в поколение. Каждой породе и сорту свойственна присущая ему норма реакции. Например, куры породы белый леггорн отличаются высокой яйценоскостью. При улучшении условий содержания и кормления их яйценоскость возрастает, а масса практически не изменяется. Фенотип (в том числе продуктивность) наиболее полно проявляется при определенных условиях, поэтому для районов с различными климатическими условиями, агротехническими приемами и методами управления должны быть созданы соответствующие породы или сорта.

Основные методы селекции – это отбор и гибридизация. В растениеводстве по отношению к перекрестноопыляющимся растениям нередко применяется метод массового отбора. При таком отборе в посеве сохраняют только растения с необходимыми качествами. При посеве семян в следующем году снова отбирают растения с определенными признаками. Сорт, полученный этим методом, не является генетически однородным, поэтому отбор следует время от времени повторять.

При индивидуальном отборе в посеве выделяют отдельные растения с ценными признаками и от них получают потомство. Путем индивидуального отбора выделяют чистые линии – группы генетически однородных организмов. С помощью метода отбора удалось вывести многие ценные сорта культурных растений (рис. 73).

В животноводстве в связи с малым числом потомков широко используется индивидуальный отбор с учетом хозяйственно полезных признаков и гибридизации. У сельскохозяйственных животных проводят или близкородственное скрещивание, или неродственное



*Низкостебельный сорт пшеницы с улучшенными качествами клейковины (справа) и исходный сорт (слева)*

Рис. 73.

скрещивание между породами или видами. Неродственное скрещивание осуществляется с целью получения комбинации нескольких полезных признаков. Такое скрещивание вместе с последующим строгим отбором позволяет улучшить свойства породы.

При скрещивании различных пород животных или сортов растений, а также при межвидовом скрещивании первое поколение гибридов отличается повышенной жизнеспособностью и мощным развитием. Это явление называется *гибридной силой*, или *гетерозисом*. Оно объясняется тем, что многие гены переходят в гетерозиготное состояние и возникает взаимодействие благоприятных доминантных генов.

Одним из достижений современной селекции является разработка способов преодоления бесплодия. Впервые этот метод удалось применить в 20-х годах прошлого века российскому ученому Г.Д.Карпеченко при скрещивании редьки и капусты. Это новое растение, созданное человеком, не было похоже ни на редьку, ни на капусту. Плоды его состояли из двух половинок, из которых одна напоминала капусту, другая — редьку. Академику Н.В.Цицину удалось создать гибрид пшеницы и пырея. На основе этого гибрида был выведен новый зерно-кормовой сорт пшеницы, который дает три укоса в сезон до 300—450 ц/га зеленой массы.

Методами отдаленной гибридизации получена новая зерновая и кормовая культура — гибрид пшеницы и ржи. Этот гибрид, названный тритикале, сочетает в себе самые лучшие признаки пшеницы и ржи, давая высокие урожаи зерна и зеленой массы с полезными питательными свойствами. В растениеводстве нередко получают и полиплоидные

Рис. 74.



*Гетерозис по продуктивности гибрида (в центре), полученного от скрещивания двух различных линий кукурузы (рядом)*



Рис. 75.

*Семена пшеницы:*

А — диплоидный сорт ( $2n = 14$ );  
Б — тетраплоидный сорт ( $2n = 28$ )



растения, отличающиеся значительно крупными размерами, высокой урожайностью и более активным синтезом органических веществ (рис. 74,75). Широко распространены полиплоидные сорта клевера, сахарной свеклы, ржи, гречихи, масличных растений.



1. Что называют породой или сортом?
2. Какие основные методы селекции вы знаете?
3. В каких целях используется гибридизация?
4. Какие свойства полиплоидных сортов вы знаете?

## § 62. Селекция микроорганизмов

Микроорганизмы интенсивно используются в разнообразных технологических процессах. Продукты жизнедеятельности прокариотов и эукариотов с каждым годом все шире применяются в различных отраслях народного хозяйства. Ферментативная деятельность микроорганизмов, грибов и бактерий используется в хлебопечении, пивоварении, виноделии, приготовлении разнообразных молочных продуктов.

В связи с указанным широко развивается промышленная микробиология и ведется усиленная селекция новых штаммов микроорганизмов, вырабатывающих большое количество веществ, необходимых для человека. Такие штаммы имеют большое значение для производства антибиотиков, ферментных и витаминных препаратов и кормового белка. Например, микроорганизмы используются при получении витаминов  $B_2$ ,  $B_{12}$ . Из дрожжевых грибов, растущих на древесной стружке или на парафине, получают кормовые белки. В составе грибов содержится около 60% белкового вещества. За счет использования этого высокобелкового препарата в животноводстве можно дополнительно производить до 1 млн т мяса в год. Важное значение имеет и производство с помощью микроорганизмов незаменимых аминокислот. Недостаток в пище этих веществ резко снижает рост организмов. В традиционных кормах для животных незаменимых аминокислот мало. Добавление же 1 т аминокислоты — лизина, полученного микробиологическим путем, позволяет сэкономить десятки тонн кормов. Технологию получения необходимых для человека продуктов из живых клеток или с их помощью называют *биотехнологией*.

Биотехнология стоит в ряду чрезвычайно быстро развивающихся наук. За последние 30 лет возник ряд совершенно новых производств, основанных на использовании различных грибов и бактерий. Микро-

организмы применяют и в металлургии. Обычная технология извлечения металлов из руд не позволяет широко использовать бедные или сложные по составу руды; при их переработке образуются огромные скопления отходов, которые выбрасывают в атмосферу ядовитые газы. Биотехнология металлов основана на способности бактерий окислять минералы и переводить металлы в растворимые соединения.

Учеными разработаны способы внедрения в бактериальную клетку определенных генов, в том числе и генов человека. Эти способы называются *генной инженерией*. На основе чужого для нее гена бактериальная клетка синтезирует белок в больших количествах. Сейчас этим способом получают интерфероны — белки, подавляющие размножение вирусов, и инсулин — белок, регулирующий содержание глюкозы в крови.

В нашей стране благодаря наличию благоприятных условий для развития микробиологии развивается целый ряд отраслей промышленности по переработке продовольственной продукции, консервов, молочных продуктов, производству антибиотиков и витаминов.

Большой вклад в развитие микробиологии внесли ученые А.М.Музаффаров, М.И.Мавлани, С.Аскарлова, А.Халмурадов. А.М.Музаффаров и его ученики наладили широкое использование водоросли хлореллы в качестве кормовой добавки для повышения продуктивности скота, а также ряда других водорослей для очистки загрязненных водных бассейнов. В результате изучения некоторых дрожжевых грибов М.Мавлани разработала технологии изготовления дрожжей для хлебопекарной промышленности, животноводства и других отраслей.



1. Какое значение имеет селекция микроорганизмов для народного хозяйства?
2. Что такое биотехнология?
3. Назовите новые производства, основанные на использовании различных микроорганизмов.

### § 63. Достижения ученых Узбекистана в области селекции

После обретения независимости в нашей стране стало уделяться особое внимание селекции зерновых культур, плодов и овощей, хлопчатника и животных. Селекционерами Узбекистана созданы стойкие

(к вредителям) и засухоустойчивые сорта зерновых культур. Среди них заслуживают внимания хорошо приспособленные к условиям нашей страны высокоурожайные сорта пшеницы «Улугбек-600» и «Санзор».

В области селекции хлопчатника Узбекистан занимает одно из ведущих мест в мире. Поэтому большое значение придается выведению новых сортов хлопчатника. В создании генетической коллекции хлопчатника особое место занимает работа академика АН РУз Д.А.Мусаева и его учеников. Учеными-селекционерами созданы многие высокоурожайные, вилтоустойчивые сорта хлопчатника. Среди них известны выведенные академиком Садыком Мирахмедовым вилтоустойчивые сорта «Ташкент-1», «Ташкент-2», «Ташкент-3», а также созданные академиками Набиджаном Назировым и Остоном Джалиловым высокоурожайные сорта «АН-402», «Самарканд-3», «Юлдуз» и др.

В нашей стране широко развита селекция винограда. В Узбекистане существует более 250 сортов винограда. Народный селекционер Ризамат-ота Мусамухамедов и его ученики вывели ряд сортов винограда, среди которых особого внимания заслуживают сорта «Ризамат», «Гултиш», «Сохиби», «Хилоли» и др.

Садоводство является одной из основных отраслей сельского хозяйства нашей страны. Народными селекционерами созданы разнообразные сорта яблони («Оқ олма», «Қизил олма», «Наманган олмаси», «Қози дастор олма» и др.), персика («Ватан», «Лола», «Анжир шафтоли», «Зарафшан», «Фархад», «Зарғалдоқ» и др.), а также урюка, миндаля, ореха, граната и др. В течение многих лет проводится большая работа по сохранению и обновлению сортов овощей и фруктовых деревьев, доставшихся в наследство от наших отцов и дедов. Известным ученым Махмудом Мирзаевым и его учениками создано около 200 сортов плодовых и ягодных культур, из которых около 100 сортов возделываются в различных регионах нашей страны и дают высокие урожаи.

В селекции овощей также достигнуты определенные успехи. Выведены высокоурожайные средне- и позднезрелые сорта картофеля «нимранг» и «Обидов», продолговатой формы с бледной и красноватой окраской клубней. Сорт «Самарканд», созданный профессором Д.Абдукаримовым, позволяет получать по два урожая в год.

Большие достижения имеются в селекции животных. В частности, созданная М.М.Бушуевым в институте животноводства Узбекистана порода крупного рогатого скота получена в результате длительного скрещивания, начатого еще в 1949 г. Эта порода приспособлена к мест-

ным условиям и широко распространена во всех регионах нашей республики. Одна из пород лошадей, выведенная в Узбекистане, — карабаир — известна во всем мире как скаковая. Лошади этой породы приспособлены к различным условиям и отличаются своей выносливостью.



1. Кого из ученых-селекционеров Узбекистана вы знаете?
2. Что вы знаете о селекции хлопчатника?

### § 64. Экскурсия. Ознакомление учащихся с новыми сортами растений

**Цель.** Изучение новых урожайных сортов растений, приготовление гербариев из соответствующих сортов растений, знакомство с методами создания новых сортов, с использованием биологических знаний при создании новых сортов.

**Места проведения экскурсии:** экспериментальная селекционная станция, институт семеноводства, питомник фруктовых деревьев, фермерские хозяйства, специализирующиеся на выращивании пшеницы, хлопчатника, риса. **Проведение экскурсии.** Экскурсию по изучению новых сортов растений можно организовать по следующему плану.

1. Краткое введение.
2. Понятие о многообразии сортов растений: а) на примере культурных растений в окрестностях школы; б) на примере сортов растений, выращиваемых в фермерском хозяйстве.
3. Изучение продуктивности сортов в местах проведения экскурсии.
4. Проведение беседы о биологии новых сортов и уходе за ними.
5. Изучение потребности новых сортов в свете и влажности.
6. Изучение сорных трав, наиболее часто встречающихся в местах возделывания местных сортов, их многообразия.
7. Обобщение материалов экскурсии.

**Проблемы, на которые следует обратить внимание учащихся во время экскурсии.** Внедрение селекционной наукой теоретических и практических достижений различных отраслей биологии в сельское хозяйство.

**Задание на дом.** Оформление учащимися результатов наблюдений в виде отчета и гербариев, коллекции собранных объектов, фотоснимков.

## Оглавление

Введение	3
<b>Раздел I. Многообразие органического мира</b>	<b>5</b>
<b>Глава 1. Сходство и различия живой и неживой природы</b>	<b>5</b>
§ 1. Специфические особенности живых организмов	5
§ 2. Уровни организации живой материи	9
<b>Глава 2. Многообразие организмов</b>	<b>11</b>
§ 3. Неклеточные формы жизни	12
§ 4. Клеточные формы жизни	15
§ 5. Царство растений	19
§ 6. Царство грибов	23
§ 7. Царство животных	29
§ 8. Лабораторная работа 1	32
<b>Раздел II. Учение о клетке</b>	<b>33</b>
<b>Глава 3. Цитология — наука о клетке</b>	<b>33</b>
§ 9. История изучения клетки и клеточная теория	33
§ 10. Методы изучения клетки	34
<b>Глава 4. Строение и функции клетки</b>	<b>36</b>
§ 11. Прокариотическая клетка	36
§ 12. Эукариотическая клетка. Цитоплазма	38
§ 13. Эндоплазматическая сеть, рибосомы, комплекс Гольджи, лизосомы, митохондрии, клеточный центр	42
§ 14. Ядро	45
§ 15. Особенности строения растительной клетки	49
§ 16. Эволюция клетки	50
§ 17. Лабораторная работа 2	52
§ 18. Лабораторная работа 3	52
<b>Раздел III. Химические основы жизненных процессов</b>	<b>53</b>
<b>Глава 5. Химический состав живых организмов</b>	<b>53</b>
§ 19. Элементный состав клетки	53
§ 20. Вода и неорганические вещества, входящие в состав клетки	55
<b>Глава 6. Органические соединения в составе клетки</b>	<b>57</b>
§ 21. Биомолекулы	57
§ 22. Белки и аминокислоты	58
§ 23. Свойства белков. Простые и сложные белки	60
§ 24. Углеводы	61
§ 25. Липиды	62
§ 26. Нуклеиновые кислоты	63
<b>Глава 7. Обмен веществ и превращение энергии в клетках</b>	<b>66</b>
§ 27. Обмен веществ	66
§ 28. Пластический обмен. Биосинтез белков. Генетический код	67
§ 29. Энергетический обмен. АТФ	70
§ 30. Этапы энергетического обмена	72
§ 31. Фотосинтез	73

§ 32. Хемосинтез . . . . .	75
§ 33. Лабораторная работа 4 . . . . .	75
§ 34. Лабораторная работа 5 . . . . .	76
<b>Раздел IV. Размножение и индивидуальное развитие организмов . . . . .</b>	<b>77</b>
<b>Глава 8. Клеточный цикл . . . . .</b>	<b>77</b>
§ 35. Митоз . . . . .	77
<b>Глава 9. Размножение организмов . . . . .</b>	<b>81</b>
§ 36. Виды размножения. . . . .	81
§ 37. Половое размножение . . . . .	85
§ 38. Мейоз . . . . .	89
§ 39. Оплодотворение . . . . .	91
<b>Глава 10. Индивидуальное развитие организмов — онтогенез . . . . .</b>	<b>94</b>
§ 40. Эмбриональный период развития. . . . .	94
§ 41. Постэмбриональное развитие . . . . .	98
§ 42. Общие закономерности развития. Биогенетический закон . . . . .	101
<b>Раздел V. Основы генетики . . . . .</b>	<b>103</b>
<b>Глава 11. Основные понятия генетики . . . . .</b>	<b>103</b>
§ 43. Наследственность и изменчивость . . . . .	103
§ 44. Гибридологический метод изучения наследственности организма . . . . .	104
§ 45. Законы Менделя. Первый закон Менделя. . . . .	105
§ 46. Второй закон Менделя (закон расщепления) . . . . .	107
§ 47. Цитологические основы наследования . . . . .	109
§ 48. Дигибридное скрещивание. Третий закон Менделя. . . . .	111
§ 49. Анализирующее скрещивание. . . . .	113
§ 50. Лабораторная работа 6 . . . . .	115
§ 51. Сцепленное наследование генов. . . . .	116
§ 52. Генетика пола . . . . .	118
§ 53. Взаимодействие генов . . . . .	122
§ 54. Лабораторная работа 7—8 . . . . .	127
<b>Глава 12. Закономерности изменчивости . . . . .</b>	<b>129</b>
§ 55. Наследственная (генотипическая) изменчивость. . . . .	129
§ 56. Фенотипическая изменчивость. . . . .	133
§ 57. Лабораторная работа 9 . . . . .	136
<b>Глава 13. Генетика человека . . . . .</b>	<b>137</b>
§ 58. Методы изучения генетики человека . . . . .	137
§ 59. Наследственные болезни у человека . . . . .	139
<b>Раздел VI. Основы селекции . . . . .</b>	<b>141</b>
<b>Глава 14. Селекция растений, животных и микроорганизмов . . . . .</b>	<b>141</b>
§ 60. Центры многообразия и происхождения культурных растений . . . . .	141
§ 61. Основы селекции растений и животных. . . . .	142
§ 62. Селекция микроорганизмов . . . . .	145
§ 63. Достижения ученых Узбекистана в области селекции . . . . .	146
§ 64. Экскурсия . . . . .	148

ABDUKARIM ZIKIRYAYEV , ANVAR TO‘XTAYEV ,  
IBROXIM AZIMOV, NIKOLAY SONIN

## **BIOLOGIYA**

Sitologiya va genetika asoslari

*Umumiy o‘rta ta’lim maktablarining 9- sinfi uchun darslik*  
(Rus tilida)

Переводчик **Д. Валиева**  
Редакторы **Г. Далимова, Д. Валиева**  
Художник-дизайнер **Л. Дабижа**  
Технический редактор **У. Ким**  
Верстка **Х.Ходжаева**

Изд. лицензия АІ №185 от 10.05.2011. Разрешено в печать 12.06.2014.  
Формат 70x90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Кегль 11. Гарнитура Times. Печать офсетная.  
Усл.-печ. л.11,5. Уч.-изд. л. 9.5.Тираж 42 943.  
Заказ №

Оригинал-макет изготовлен в ООО «Mitti Yulduz»  
г.Ташкент, ул.Навои, 30.

Напечатано в типографии ООО «YANGIYO‘L POLIGRAF SERVIS»  
Ташкентская область Янгиюльский район, ул.Самаркандская, 44.

### Сведения о состоянии учебника

№	Имя, фамилия ученика	Учебный год	Состояние учебника при получении	Подпись классного руководителя	Состояние учебника при сдаче	Подпись классного руководителя
1						
2						
3						
4						

Таблица заполняется классным руководителем при передаче учебника в пользование и по возвращении назад в конце учебного года. При заполнении таблицы используются следующие критерии:

Новый	Состояние учебника перед сдачей в аренду
Хорошее	Обложка целая, не отделена от основной части учебника, оторванных, порванных и отклеившихся страниц нет, на страницах нет записей и пометок.
Удовлетворительное	Обложка измятая, исчерченная, с загнутыми краями, отделяется от основной части. Отремонтирована удовлетворительно. Отклеившиеся и оторванные страницы приклеены, отдельные страницы исписаны.
Неудовлетворительное	Обложка исписанная, порванная, отделилась от основной части книги или отсутствует вообще. Отремонтирована неудовлетворительно. Страницы порваны, отдельные страницы отсутствуют, исписаны и испачканы. Учебник не подлежит восстановлению.