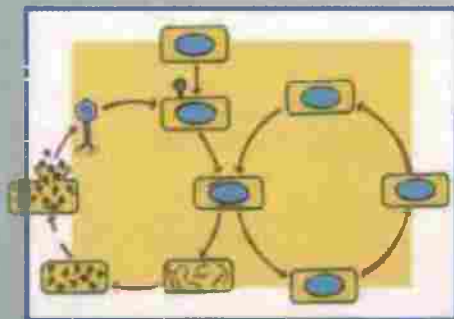
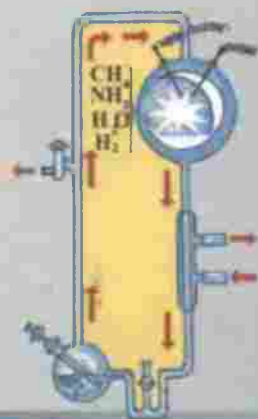
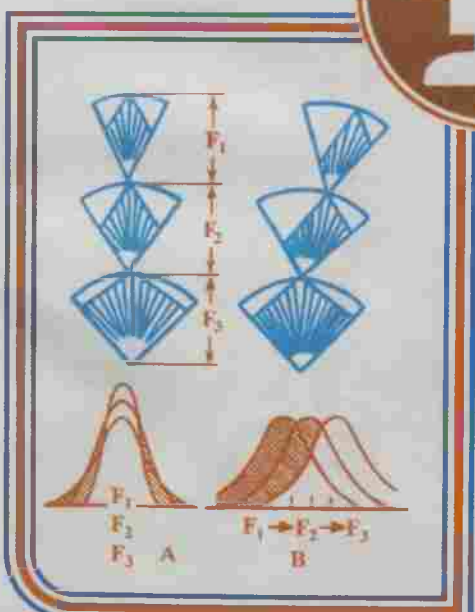
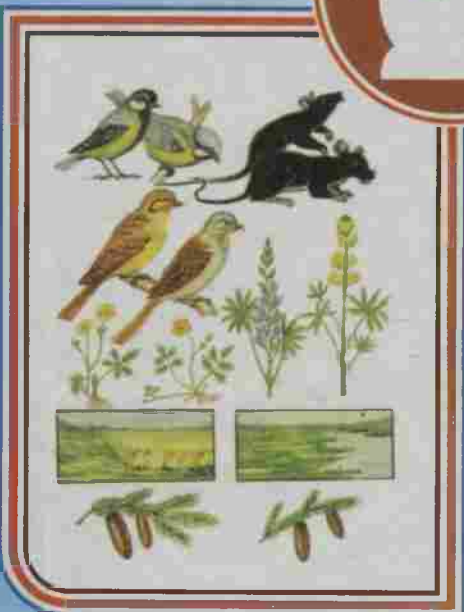
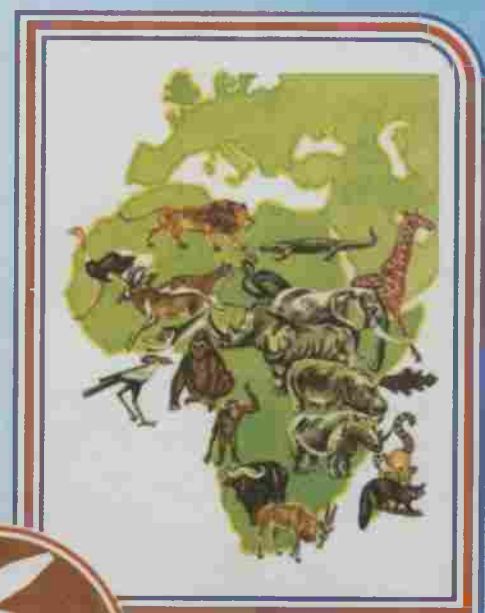
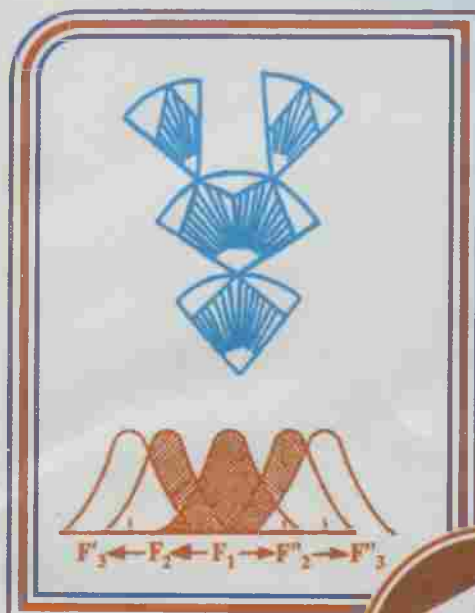


# БИОЛОГИЯ

УЧЕБНИК  
ДЛЯ АКАДЕМИЧЕСКИХ ЛИЦЕЕВ  
И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ  
КОЛЛЕДЖЕЙ





573  
-60

5.32)

2016/82  
2650

\_\_\_\_\_ Пилеолонд.  
\_\_\_\_\_ Гречкик  
\_\_\_\_\_ год мес., кол.

7-2014		15000с.
...	24	20.07.16
		21.07.16
		22.07.16
		...

2016/82  
2650

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
ЦЕНТР СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО, ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

---

# БИОЛОГИЯ

Учебник для академических лицеев и  
профессиональных колледжей

*Издание шестое, исправленное и дополненное*

ТАШКЕНТ  
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ  
ИЗДАТЕЛЬСКО-ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ  
АКЦИОНЕРНОЙ КОМПАНИИ «SHARQ»

2014

573(075.32) - биология

УДК: 57(075) +20.1 Я 722

ББК 28.Я 722

Б-60

Б 63

Министерство высшего и среднего специального образования  
Республики Узбекистан  
Центр среднего специального, профессионального образования.

#### Авторы

А. Абдукаримов, А. Гафуров, К. Нишанбаев,  
Д. Хамидов, Б. Ташмухамедов, О. Эшанкулов

#### Рецензенты:

Г. Дж. Джалалов, Р. Н. Бабаева — кандидаты биологических наук, преподаватели академического лицея при Втором Ташкентском государственном медицинском институте  
Т. Салихова — кандидат биологических наук, преподаватель лицея-интерната при Ташкентском государственном техническом университете

Б-60 **Биология:** Учебник для учащихся акад. лицеев и проф. колледжей // Коллектив авторов: А.А. Абдукаримов, А.Т. Гафуров, К.Н. Нишанбаев и др. — Ташкент: «Sharq», 2014. — 264 с.

Настоящий учебник является логическим продолжением учебника биологии для 9 класса общеобразовательной школы. В нем представлены знания о зарождении и развитии органического мира, взаимодействии организмов с внешней средой, биосфере, месте человека в биосфере, об изменении наследственности микроорганизмов, растений и животных методами генной инженерии и использовании их в промышленных масштабах. Для самостоятельного овладения знаниями и развития логического мышления учащихся задания приводятся не в конце, а в начале каждой темы.

Введение, главы I, III, IV, а также §§ 23—25 главы V учебника написаны проф. А.Т. Гафуровым, глава II — акад. АН РУз А.А. Абдукаримовым, § 22 главы V — проф. К. Н. Нишанбаевым, глава VI — проф. О. Эшанкуловым, глава VII — акад. АН РУз Б.А. Ташмухамедовым и проф. К.Н. Нишанбаевым, глава VIII — акад. АН РУз Д. Х. Хамидовым и проф. К.Н. Нишанбаевым.

УДК: 57(075)

ББК 28.02Я 722+20.1 Я 722

ISBN 978-9943-26-232-4

Alisher Navoiy

© Главная редакция ИПАК «Sharq», 2010, 2011, 2012, 2014.

2016/82

2651

O'zbekiston MK

## ВВЕДЕНИЕ

Биология (от греч. *bios* — жизнь, *logos* — наука) — наука о жизни.

Существуют молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценозный, биосферный уровни организации жизни. Любое живое существо, каким бы сложным строением оно ни обладало, состоит из биомолекул — нуклеиновых кислот, белков и других органических веществ. Начиная с молекулярного уровня проявляются специфические свойства жизни — обмен веществ и энергии, передача наследственной информации.

Клетка является структурной, функциональной и развивающейся единицей всех живых существ. На клеточном уровне организации жизни не только происходят обмен веществ и энергии, передача наследственной информации, но и обеспечивается целостность живого.

Единицей организменного уровня считается индивид. На этом уровне, помимо отмеченных выше свойств, присущих жизни, наблюдаются индивидуальное развитие и смерть. На организменном уровне организации формируется система органов, выполняющих различные функции.

Единицей популяционно-видового уровня организации жизни считается популяция. Обычно под популяцией понимается устойчивая группа организмов, приспособленная к обитанию на определенном участке распространения вида, дающая потомство при свободном взаимном скрещивании и относительно обособленная от другой группы организмов данного вида. Близкие популяции, соединяясь, образуют биологический вид.

Начиная с популяционно-видового уровня организации жизни происходит эволюционное обновление. В природе каждый вид существует не обособленно, а в постоянной связи с другими видами, с неорганической природой.

Относительно стабильная система, которая сложилась в процессе исторического развития видов, относящихся к различным систематическим группам и различающихся неодинаковой сложностью строения, совместно с неорганической природой, называется *биогео-*



**ценозом.** Биогеоценозный уровень является саморегулирующейся биологической системой. Совокупность биогеоценозов образует биосферный уровень организации жизни, который охватывает все жизненные формы и виды на Земле. На этом уровне организации жизни происходят круговорот веществ и превращение энергии, связанные с жизнедеятельностью всех живых организмов.

**Система биологических наук.** В зависимости от объекта исследования биологическая наука подразделяется на ряд отраслей. Ботаника является наукой о растениях, зоология — о животных, микробиология — о микроорганизмах, гидробиология — об организмах водной среды, палеонтология — об ископаемых организмах, а экология — о связи между организмом и средой. В зависимости от отдельных аспектов живых организмов биология также подразделяется на различные отрасли. Так, анатомия изучает строение органов организмов, физиология — их функции, эмбриология — развитие эмбриона, систематика — систематические группы организмов, их родственные взаимосвязи. Некоторые отрасли биологии появились благодаря сотрудничеству ее с другими естественными науками. Таковыми являются биофизика, изучающая физико-химические процессы, протекающие в биологических системах, биохимия — наука, изучающая химический состав организмов и протекающие в них химические процессы. Одними из направлений биологии являются бионика, цель которой состоит в создании технических систем на основе использования специфических особенностей строения и функций организмов, их органов, и биотехнология, обеспечивающая применение биологических процессов, протекающих в живых организмах, на производственных предприятиях.

**Методы научного исследования биологии.** В различных отраслях биологии широко применяются следующие методы научного исследования.

*Метод наблюдения* позволяет описать и проанализировать явления, происходящие в организмах и в окружающей их среде. Данный метод использовался на начальных этапах развития биологии, однако и сегодня он не утратил своего значения и широко применяется в ботанике, зоологии, экологии и во многих других отраслях биологии. Сходства и различия разных систематических групп, сообществ организмов, их строения, функций и составных частей изучаются с помощью *сравнительного метода*. Этот метод используется в систематике, морфологии, анатомии, палеонтологии,

эмбриологии и прочих отраслях науки. С его помощью была создана клеточная теория, открыты биогенетический закон, закон гомологических рядов в наследственной изменчивости.

Закономерности возникновения и развития различных систематических групп, организмов и их органов в историческом процессе выявляются путем применения *исторического метода*. С его помощью было создано учение об эволюционном развитии органического мира. Наблюдения за строением, жизнедеятельностью живых организмов в условиях, созданных с определенной целью, осуществляются с помощью *экспериментального метода*. Этот метод позволяет гораздо глубже исследовать сущность поведения, строение и особенности организмов. В последнее время развитие электронно-вычислительной техники диктует необходимость использования в биологических исследованиях *метода моделирования*. Сущность его состоит в изучении какого-либо явления живой природы или его важнейших особенностей путем воспроизведения их модели. Созданную модель преобразуют с помощью математических знаков и на ЭВМ определяют изменения, которые могут происходить с этой моделью через определенные промежутки времени. Преимущество метода моделирования состоит в том, что он позволяет предсказывать явления живой природы.

**Проблемы биологической науки.** В биологической науке существует ряд нерешенных проблем. Первая из них — возникновение жизни, вторая — появление человека, третья — изучение механизмов головного мозга с целью познания закономерностей мышления и памяти, четвертая — изучение развития по генетической информации тканей, органов и организма животных и человека в период эмбрионального развития, пятая — определение регуляторных функций одноклеточных и многоклеточных организмов, шестая — продление жизни человека.

**Значение биологической науки.** В настоящее время перед человечеством стоит ряд проблем, одна из которых — продовольственная. Известно, что численность населения в мире ежегодно увеличивается. К началу XXI века численность населения нашей планеты превысила 6 млрд человек. Каждый человек для нормального существования должен получать 100—120 г белка в сутки, между тем большинство населения в день потребляет не более 50—60 г белка. Ощущается недостаток жизненно необходимых для человека продуктов, содержащих жиры и углеводы. Следовательно, первостепенной задачей биологической науки является решение



теоретических и практических проблем, связанных с удовлетворением потребности людей в продуктах питания. В этой связи весьма эффективно использование в селекции, помимо гибридизации и отбора, методов генной инженерии.

Вторая задача биологической науки связана со здоровьем человека. Весьма важными представляются изучение генетики наследственных болезней человека, разработка и практическое внедрение мер по их профилактике. Положительное решение этой проблемы тесно связано не только с исследованием генетики человека, но и с развитием генной инженерии и биотехнологии.

Одно из опаснейших явлений в настоящее время — постепенное обеднение природы, что особенно отчетливо выражается в ежегодном сокращении полезных видов растений и животных. Только в Узбекистане свыше 400 видов растений и 400 видов животных являются редкими. В последнее время за счет распространения новых сортов растений и пород животных сокращаются, а порой и полностью исчезают выведенные народной селекцией и хорошо приспособленные к местным условиям сорта и породы. В частности, в Европе 115 из 175 местных пород животных находятся на грани полного исчезновения.

Строительство новых городов и промышленных центров, научно-технический прогресс, применение в сельском хозяйстве и в быту различных химических веществ, промышленные, транспортные и бытовые отходы — все это приводит к усиленному загрязнению природы. В деле охраны природы весьма актуальным является создание в сельском хозяйстве сортов хлопчатника, самопроизвольно сбрасывающих листву, внедрение севооборота, разработка и практическое применение биологических методов борьбы с паразитами, вредными насекомыми и другими организмами, в частности, методов предупреждения загрязнения воды и воздуха, эрозии и засоления почвы.

### Задания

1. Ознакомьтесь с оглавлением учебника. Сколько глав и параграфов он включает?
2. Запомните заголовки и последовательность глав.
3. Пролистайте учебник, обратите внимание на рисунки и таблицы. Определите, сколько в нем рисунков и таблиц.

## Глава I

### ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ И ТЕОРИИ

В настоящей главе представлены краткие данные о строении, составе клетки, клеточной теории, бесполом размножении, образовании половых клеток, оплодотворении, о законах и теориях наследственности и изменчивости, развитии признаков под влиянием взаимодействия генов. Все эти данные будут способствовать усвоению материала главы «Генетическая инженерия и биотехнология».

#### Задания

I. Прочитайте текст § 1.

II. Внимательно изучите рис. 1—5.

III. Ответьте на вопросы.

1. Что входит в состав клетки?
2. Какие неорганические и органические вещества имеются в клетке?
3. Из каких веществ состоят белки?
4. Перечислите основные положения клеточной теории.
5. Какие типы нуклеиновых кислот вы знаете?
6. Чем отличается транскрипция от трансляции?
7. В каком органоиде клетки и как происходит биосинтез белка (объясните по рисунку?).
8. Из каких фаз состоит митоз?
9. Происходят ли изменения в наборе хромосом при мейотическом делении?
10. Как происходит созревание половых клеток у животных?
11. Как происходит образование пыльцы и яйцеклетки у растений?
12. Что представляет собой оплодотворение?

# § 1. ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ И ИЗМЕНЧИВОСТИ

## I. Строение и химический состав клетки

**А. Строение.** Клетка всех живых организмов окружена с внешней стороны клеточной стенкой. У растительных клеток она более плотная, чем у животных. Все содержимое клетки, за исключением ядра, носит название цитоплазмы. Она включает вязкую жидкость — цитозоль, а также мембранные и немембранные компоненты. К мембранным компонентам клетки относятся ядро, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, вакуоли растительных клеток, митохондрии и пластиды. К немембранным компонентам относятся рибосомы, хромосомы, клеточный центр и центриоли, реснички и жгутики.

Опорно-двигательная система клетки — цитоскелет — состоит из микрофибрилл и микротрубочек.

Важнейшей составной частью клетки является ядро, наличие которого характерно для эукариотических клеток. Ядро выполняет функцию хранения и передачи наследственной информации, а также регуляции обмена веществ. В состав ядра входят ядерная оболочка, отделяющая его содержимое от цитоплазмы, ядерный сок, хромосомы и ядрышко.

**Б. Химический состав.** В состав клетки входят неорганические и органические вещества. Неорганические вещества представлены в основном водой и различными солями и ионами химических элементов. Органические соединения, которые во множестве содержатся в составе клеток, определяют основные свойства клетки и организма. Это такие органические вещества, как белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты.

Белки выполняют строительную, двигательную, сократительную, транспортную, энергетическую, иммунную, сигнальную, защитную функции. В составе белков насчитывается 20 аминокислот, каждая из которых имеет  $\text{NH}_2$ - и  $\text{COOH}$ -группы. В связи с тем, что большинство белков обладает ферментативными свойствами, они выполняют функцию биологического катализатора и обеспечивают обмен веществ.

Все углеводы подразделяются на две группы: моносахариды и полисахариды. Моносахариды, называемые простыми сахарами, представлены рибозой и дезоксирибозой, которые входят в состав нуклеиновых кислот РНК и ДНК. Важнейшими из

полисахаридов считаются крахмал, гликоген и клетчатка (целлюлоза). В отличие от животной, растительная клетка богата углеводами.

Липиды по своему строению подразделяются на простые и сложные. К простым липидам относятся жиры и масла. Жиры служат основным источником энергии в животных и растительных организмах. Будучи неотъемлемой частью клеточной мембраны, липиды защищают клетку и ее органониды от тепловых, электрических и механических воздействий. Помимо этого, они выполняют функцию запасаания питательных веществ.

Нуклеиновые кислоты — природные высокомолекулярные органические соединения, которые обеспечивают хранение и передачу наследственной (генетической) информации в живых организмах.

Существуют нуклеиновые кислоты двух типов, различающиеся по составу, строению и функциям. Одна из них содержит углеводный компонент дезоксирибозу и названа дезоксирибонуклеиновой кислотой (ДНК). Другая содержит рибозу и именуется рибонуклеиновой кислотой (РНК). Молекулы ДНК находятся в клеточном ядре, РНК — в основном в цитоплазме. Число нуклеотидных цепей в молекуле ДНК равно двум, а в молекуле РНК — одному. Нуклеиновые кислоты — это полимерные молекулы, их мономерами являются нуклеотиды.

Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания, рибозы или дезоксирибозы и остатка фосфорной кислоты. Азотистые основания — это производные пурина и пиримидина.

По выполнению функции выделяют несколько видов РНК: транспортная РНК (т-РНК), рибосомальная РНК (р-РНК), информационная РНК (и-РНК).

ДНК содержит наследственную информацию и передает ее из поколения в поколение при делении клетки. Данный процесс осуществляется через биосинтез белка, состоящий из транскрипции и трансляции. В процессе транскрипции наследственная информация, содержащаяся в одной цепи двуцепочечной ДНК и заключенная в последовательности расположения нуклеотидов, передается информационной РНК при участии фермента, называемого РНК-полимеразой. В процессе трансляции осуществляется перевод генетической информации с языка нуклеотидов на язык аминокислот, синтез полипептидных цепей выполняется по матрице и-РНК рибосомами. Молекулы белков,

синтезированные таким путем, принимают участие в метаболизме клеток и определяют развитие признаков и свойств организмов (рис. 1)

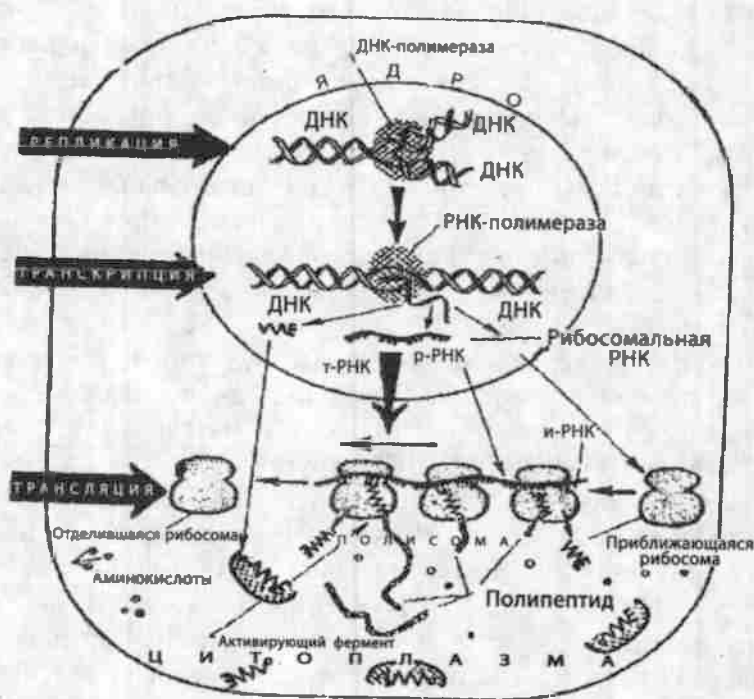


Рис. 1. Схема биосинтеза клеточного белка.

**II. Клеточная теория** была впервые создана немецкими учеными М. Шлейденом и Т. Шванном. Сущность ее заключалась в признании того факта, что все как растительные, так и животные организмы состоят из простейших элементов — клеток.

Основные положения этой теории формулировались следующим образом.

1. Клетка — структурная единица всех живых организмов.
2. Клеткообразование обеспечивает рост, развитие и совершенствование растений и животных.

Дальнейшее развитие биологии клетки, введение в цитологию новых современных физических и химических методов исследования послужили толчком для внесения ряда

изменений в клеточную теорию. Основные положения клеточной теории на современном уровне развития биологии можно сформулировать следующим образом.

1. Клетка — элементарная структурная, функциональная единица, а также единица развития всех живых организмов, обитающих на Земле.

2. Каждая клетка размножается путем деления. Новые клетки образуются только в результате деления ранее существовавших исходных клеток.

3. Клетки многоклеточных организмов схожи по строению, функциям и химическому составу.

4. Клетки, имеющие различную специализацию, действуя совместно, образуют ткани многоклеточных организмов.

5. Клеточное строение обеспечивает сохранение наследственной информации и передачу ее следующим поколениям.

**III. Размножение.** Свойство всех живых организмов воспроизводить потомство называется размножением. Существуют разные способы размножения: бесполое и половое.

**А. Бесполое размножение** широко распространено у растений. Известно много растений, которые можно размножать клубнями, черенками, отводками, усиками и даже листьями, т. е. использовать для выращивания нового организма вегетативные органы. Такой тип бесполого размножения у растений называют *вегетативным*.

Из курса ботаники вам известно, что некоторые водоросли (хлорелла, хламидомонады) и споровые растения (мхи, хвощи, папоротники), а также грибы могут размножаться *спорообразованием*.

У животных способность к бесполому размножению сохранили лишь одноклеточные животные и некоторые многоклеточные — губки, кишечнополостные, плоские черви. Образование нового организма у них происходит либо путем *почкования*, либо *делением*, после чего каждая обособившаяся часть целого достраивается до целого.

У отдельных грибов, среди одноклеточных животных — у споровых при делении одной клетки появляется несколько организмов. Данный способ деления называется *мизогонией*. В основе бесполого размножения лежит митотическое деление клетки.

**Б. Митотическое деление.** Период между делением клетки называется интерфазой. Интерфаза вместе с митозом образуют митотический цикл. Другими словами, митотический цикл — это период жизни клетки от деления до деления. Хотя интерфаза и считается состоянием покоя клетки, в действительности в ней происходят важнейшие события клеточной жизни. Во-первых, клетка растет и увеличивается. Во-вторых, в ней накапливаются белки, углеводы, жиры, возрастает активность ферментов. В-третьих, образуется РНК и одновременно происходит удвоение хромосом, в основе которого лежит удвоение молекулы ДНК.

Каждая удвоенная хромосома состоит из двух сестринских хроматид, слегка обособленных друг от друга, но соединенных в центромерном районе.

Митотическое деление происходит в четыре стадии — профазы, метафазы, анафазы и телофазы. Стадия профазы начинается с укорочения хроматидных нитей, которые в интерфазном ядре находились в виде клубка. К концу профазы хроматиды значительно укорачиваются и одновременно утолщаются. Ядрышко, хорошо видимое в начале профазы, к концу ее исчезает. В цитоплазме образуются нити веретена деления и формируются два полюса деления. С исчезновением ядерной оболочки хромосомы оказываются в цитоплазме. К центромерам прикрепляются нити веретена деления и хромосомы начинают двигаться до тех пор, пока не займут центральное положение в клетке.

На стадии метафазы центромеры сестринских хроматид разъединяются и они становятся независимыми одна от другой. Начинается анафаза, во время которой сестринские хроматиды ставшие самостоятельными хромосомами, расходятся к полюсам. В телофазе завершается расхождение хромосом к полюсам и формируется ядерная оболочка. Хромосомы постепенно превращаются в тонкие и длинные нити. Образуются ядрышки. Телофаза заканчивается разделением цитоплазмы, а на месте материнской клетки возникают две дочерние (рис. 2).

Таким образом, митотическое деление — это деление ядра (кариокинез) и цитоплазмы (цитоккинез). В некоторых случаях цитоккинез не следует за делением ядра, и в результате образуются многоядерные клетки.

При митозе сохраняется диплоидный набор хромосом. Митоз характерен для бесполого размножения, а в основе



полового размножения лежит мейоз. В отличие от митоза, мейоз состоит из двух последовательных делений: первого и второго.

Мейоз, как и митоз, начинается с интерфазы. В интерфазе за счет удвоения молекулы ДНК число хроматид увеличивается в два раза.

Первая профаз мейоза, следующая за интерфазой, — это сложно организованная и длительно протекающая стадия. В профазе I каждая хромосома, состоящая из двух сестринских хроматид, спирализуется, утолщается, после чего пары мужских и женских хроматид приближаются друг к другу и образуют тетраду хроматид. Иногда в результате перекреста взаимно спаренных участков гомологичных хромосом может происходить обмен отдельными участками хроматид. Это явление носит название *кроссинговера*. Профаза I заканчивается расщеплением ядерной оболочки и ядрышка. Центриоли устремляются к полюсам клетки. Наступает метафаза I, во время которой объединенные попарно хромосомы выстраиваются в центральной части и движутся независимо друг от друга. В анафазе I пары хроматид, сохраняя свои центромеры, отходят к разным полюсам. В телофазе I происходит образование клеток с числом хромосом, уменьшенным в два раза.

Промежуток между первым и вторым мейозом непродолжительный и называется интеркинезом. В интеркинезе не происходит удвоения молекулы ДНК.

Второе деление мейоза состоит из тех же стадий, что и митоз, с тем отличием, что в каждой клетке находится не диплоидное, а гаплоидное число пар хроматид.

В профазе II мейоза происходит спирализация хромосом, расщепление ядерной оболочки, исчезновение ядрышка и образование веретена деления. В метафазе II парные хроматиды располагаются в центре клетки. В анафазе II вследствие разъединения центромер хроматиды отделяются друг от друга и отходят к полюсам клетки. На стадии телофазы II каждая клетка, возникшая при первом делении мейоза, делится на две. Таким образом, в ходе мейоза в результате последовательного двукратного деления одной диплоидной клетки развиваются четыре клетки с гаплоидным набором хромосом — гаметы (рис. 3).

**Биологическое значение мейоза.** Благодаря мейозу сохраняется постоянство числа хромосом на протяжении смены поколений. Вследствие случайного распределения отцовских и



Рис. 2. Митоз животной клетки: 1 — клеточное ядро в интерфазе; 2—3 — профаза; 4 — метафаза; 5—6 — анафаза; 7—8 — телофаза.

материнских хромосом между клетками, а также в результате обмена гомологичных хромосом отдельными участками достигается огромное разнообразие гамет у каждого организма.

### Созревание половых клеток у животных.

У млекопитающих животных половые органы формируются во внутриутробном периоде. Мужские половые клетки — сперматозоиды образуются в семенниках, женские — яйцеклетки — в яичниках. Развитие сперматозоидов называется сперматогенезом, а яйцеклеток — овогенезом. Сперматогенез происходит в несколько стадий: размножения, роста, созревания и формирования. Первая

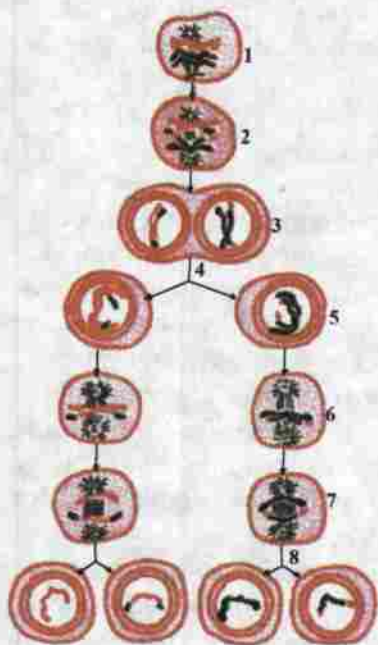


Рис. 3. Схема изменения гомологичных хромосом при мейозе: 1 — метафаза I; 2 — анафаза I; 3 — телофаза I; 4 — цитокinesis; 5 — профаза II; 6 — метафаза II; 7 — анафаза II; 8 — телофаза II.

из них — стадия размножения первичных половых клеток, которые усиленно делятся путем митоза. В них сохраняется диплоидный набор хромосом. На стадии роста клетки увеличиваются в размерах, накапливают питательные вещества, происходит удвоение молекулы ДНК. Стадия, во время которой проходят одно за другим два мейотических деления, в результате которых образуются клетки с гаплоидным набором хромосом, носит название стадии созревания. На стадии формирования развитие, сперматозоидов завершается.

Овогенез отличается от сперматогенеза.

1. В отличие от сперматогенеза, овогенез длится более продолжительное время вследствие накопления в яйцеклетках огромного количества питательных веществ, необходимых для развития зародыша.

2. При сперматогенезе в процессе мейоза цитоплазма распределяется во всех клетках равномерно. В овогенезе в результате двукратного деления мейоза образуются одна крупная клетка, содержащая практически всю цитоплазму и три мелкие с минимальным количеством цитоплазмы.

Крупная — это яйцеклетка, готовая к оплодотворению. Три мелкие клетки со временем дегенерируют (рис. 4).

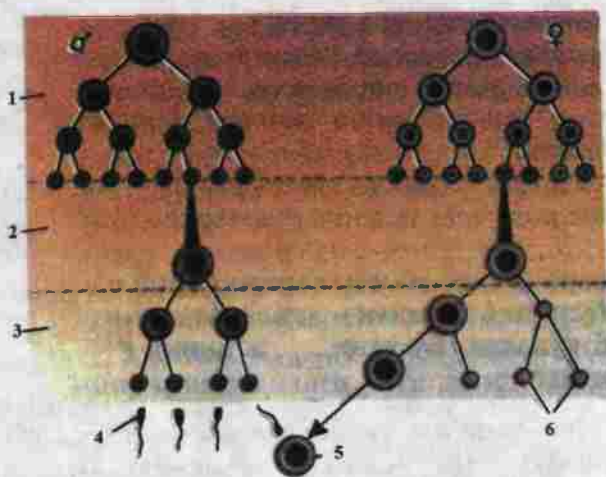


Рис. 4. Сперматогенез и овогенез: 1 — зона размножения; 2 — зона роста; 3 — зона созревания; 4 — сперматозоиды; 5 — яйцеклетка; 6 — направительное тело.

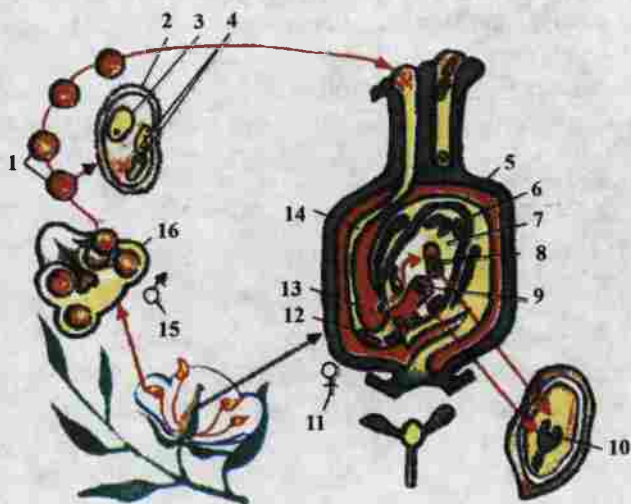
## Образование половых клеток у растений

У растений половые органы формируются на протяжении всего индивидуального развития. Формирование мужских половых клеток — пыльцы происходит в специальной ткани пыльника, называемой археспориальной, где в результате мейоза образуются мужские половые клетки — пыльца. Вступая в мейоз, эти клетки образуют четыре микроспоры, каждая из которых имеет гаплоидный набор хромосом. Затем каждая микроспора путем митотического деления образует одну крупную — вегетативную и мелкую — генеративную клетку. Позднее генеративная клетка претерпевает еще один митоз и образуются две собственно половые клетки — спермии. Таким образом, пыльца состоит из одной вегетативной клетки и двух генеративных ядер.

Формирование яйцеклетки происходит в тканях семязачатка, где обособляются одна или несколько археспориальных клеток. Из развившейся археспоры молодой семязачатка в результате неравномерного двукратного мейотического деления образуются четыре гаплоидные клетки. Самая крупная из них после трехкратного митоза развивается в зародышевый мешок с восемью клетками, а три — постепенно исчезают. Позже из ядер образуются самостоятельные клетки, которые распределяются в зародышевом мешке следующим образом. Одна из них — собственно яйцеклетка вместе с двумя клетками располагается в месте, где происходит проникновение спермиев. Три клетки располагаются в противоположной части зародышевого мешка. Две оставшиеся клетки занимают центральное место в зародышевом мешке и сливаясь, образуют центральную диплоидную клетку.

В то время, когда в завязь проникают два спермия, один из них сливается с яйцеклеткой, образуя диплоидный зародыш. Другой, соединяясь с центральной диплоидной клеткой, образует триплоидную клетку, из которой развивается эндосперм семени с триплоидным набором хромосом (рис. 5). Данный процесс наблюдается у всех покрытосеменных растений и называется *двойным оплодотворением*. Оплодотворением называется процесс образования зиготы в результате слияния яйцеклетки с пыльцой. Благодаря оплодотворению в клеточных организмах восстанавливается диплоидный набор хромосом.

Образование нового организма из материнской половой клетки без оплодотворения называется партеногенезом. В организмах, возникших в результате оплодотворения яйцеклетки, развиваются признаки и свойства обоих родителей, тогда как при партеногенезе — только признаки материнского организма.



Р и с . 5. Двойное оплодотворение у покрытосеменных растений:  
 1 — пыльцевые зерна (внешний вид); 2 — зрелое пыльцевое зерно (в разрезе); 3 — вегетативная клетка; 4 — два спермия; 5 — пестик; 6 — семязпочка; 7 — зародышевый мешок; 8 — диплоидная клетка, образовавшаяся в зародышевом мешке после соединения двух гаплоидных клеток; 9 — яйцеклетка; 10 — эндосперм; 11 — символ пестика; 12 — спермии в пыльцевой трубке; 13 — вегетативная клетка в пыльцевой трубке; 14 — пыльцевая трубка; 15 — пыльник; 16 — символ пыльцы.

## Задания

I. Прочитайте текст § 2.

II. Внимательно изучите рис. 6—8.

III. Ответьте на вопросы.

1. Укажите ученых, открывших законы наследственности.
2. Охарактеризуйте первый закон наследственности.
3. Объясните второй закон наследственности.
4. Изложите сущность третьего закона наследственности.
5. Объясните теорию чистоты гамет

6. Объясните содержание закона Моргана.
7. Перечислите положения хромосомной теории наследственности.
8. Сравните третий генетический закон Менделя с законом Моргана.
9. Объясните, в каких случаях оба эти закона справедливы.

#### IV. Определите правильные ответы в тестовых заданиях.

1. Укажите ученого, создавшего теорию чистоты гамет.  
 А) Т. Морган; В) Г. Мендель; С) Н. И. Вавилов;  
 Д) Де Фриз; Е) А. Н. Северцов.
2. Кто создатель хромосомной теории?  
 А) Т. Морган; В) Г. Мендель; С) Н. И. Вавилов;  
 Д) Де Фриз; Е) А. Н. Северцов.
3. Хромосомные мутации — ...  
 А) анеуплоидия; В) моносоматические; С) делеция;  
 Д) дупликация; Е) нет правильного ответа.
4. Геномные мутации — ...  
 А) инверсия; В) делеция; С) полиплоидия;  
 Д) дупликация; Е) нет правильного ответа.
5. Методы изучения наследственности — ...  
 А) гибридизация; В) цитогенетический;  
 С) генетическая инженерия; Д) А—С; Е) цитокинез.

## § 2. ЗАКОНЫ И ТЕОРИИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Под наследственностью понимается свойство живых организмов передавать будущим поколениям свои признаки и свойства. Благодаря наследственности у поколений сохраняется относительное постоянство свойств, присущих виду.

Изменчивость — это возникновение у живых организмов признаков и свойств, измененных под влиянием внешних и внутренних факторов.

Хотя наследственность и изменчивость явления противоположные друг другу, проявляются они одновременно.

Наследственность и изменчивость живых организмов изучаются с помощью ряда методов. Так, передача признаков и свойств из поколения в поколение исследуется методом гибридизации, хромосомы, являющиеся материальной основой наследственности и изменчивости, — цитогенетическим методом, строение и функции нуклеиновых кислот — молекулярно-генетическим, перевод ценных генов и хромосом из одного организма в другой — методами генетической инженерии.



## Законы Менделя

Чешский естествоиспытатель Г. Мендель, используя метод гибридизации, открыл законы наследственности. В опытах с растениями гороха он скрещивал сорта гороха с альтернативными признаками и установил наследование этих признаков несколькими поколениями гибридов.

Скрещивая в одном из опытов сорта гороха с красными и белыми цветками, он обнаружил, что гибриды первого поколения имели красные цветки. Альтернативные признаки, проявившиеся у гибридов первого поколения, он назвал доминантными, а не проявившиеся — рецессивными. На основе полученных результатов Мендель открыл первый закон наследственности, который получил название **закона единообразия или доминирования** гибридов первого поколения. Скрещивая между собой гибриды первого поколения, Мендель изучал, как развиваются альтернативные признаки у гибридов второго поколения. Он установил, что у гибридов второго поколения наряду с растениями, имевшими доминантные признаки, развивались и растения с рецессивными признаками. Однако растений с красными цветками было в три раза больше, чем растений с белыми. Другими словами, у гибридов второго поко-

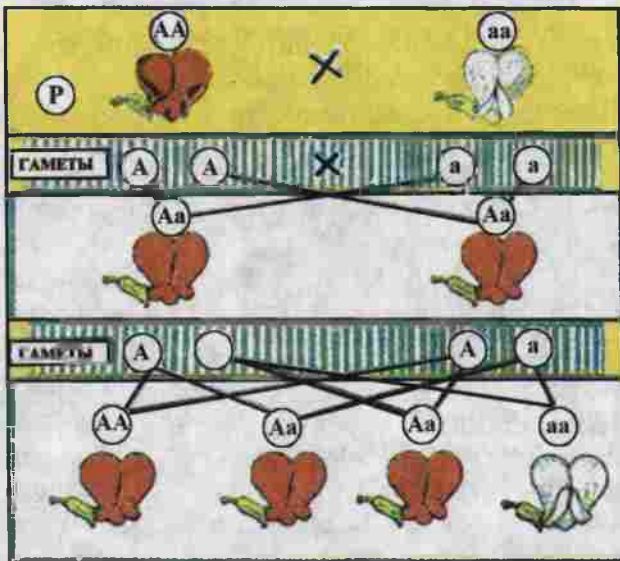


Рис. 6. Наследование окраски цветка у растений гороха.



ления, в отличие от гибридов первого, наблюдалось расщепление признаков и их соотношение составляло 3:1. На основании этого Мендель открыл **второй закон наследственности — закон расщепления признаков** (рис. 6).

Для решения вопроса о том, почему начиная со второго поколения гибридов наблюдается разнообразие по признакам, Мендель выдвинул гипотезу о чистоте гамет. Согласно этой гипотезе, в каждом организме, помимо видимых внешних и внутренних признаков и свойств, имеются наследственные факторы, обуславливающие их переход из поколения в поколение. Эти наследственные факторы Мендель обозначил буквами латинского алфавита: наследственные факторы доминантных признаков — прописными буквами, рецессивных — строчными.

По утверждению Менделя, гибриды, полученные в результате скрещивания пестичных и пыльцевых цветков, несут в себе наследственные факторы и пестичных, и пыльцевых цветков. При размножении гибридов в половых клетках — гаметах размещается только один из двух альтернативных факторов. Следовательно, гаметы находятся в чистом состоянии.

По прошествии многих лет после исследований Менделя в 1902 г. немецкий ученый Г. Бовери и американский исследователь В. Сэттон установили полное соответствие между гипотезой чистоты гамет и распределением гомологичных хромосом в половых клетках в процессе мейоза, тем самым доказали правильность гипотезы Менделя с цитологической точки зрения.

Теперь, пользуясь гипотезой Менделя о чистоте гамет, рассмотрим результаты первого, второго поколений гибридов, полученных при скрещивании форм растений гороха с альтернативными признаками.

В своих опытах Мендель наряду с растениями, различающимися одной парой признаков, скрещивал растения, которые отличались друг от друга по двум парам признаков и изучал гибриды первого, второго и последующих поколений. В одном из опытов он скрестил между собой растения гороха с желтыми гладкими и зелеными морщинистыми семенами.

У гибридов, полученных от такого скрещивания, доминировали признаки желтых гладких семян. При скрещивании между собой гибридных растений первого поколения и растений с зелеными морщинистыми семенами были получены поколения

растений с желтыми гладкими, желтыми морщинистыми, зелеными гладкими и зелеными морщинистыми семенами. При этом все они были одинаковыми по количеству. В данном опыте было доказано, что гены, обуславливающие парные признаки пыльцевых и пестичных цветков, могут передаваться из поколения в поколение иногда совместно, а в отдельных случаях независимо друг от друга. Подытожив результаты опытов, Мендель открыл **закон независимого наследования генов**.

Таким образом, первый и второй законы Менделя были открыты на основе моногибридов, различающихся одной парой альтернативных признаков, а третий закон — на основе гибридов, различающихся двумя парами альтернативных признаков.

### Цитологические основы законов Менделя

После смерти Менделя наследственные факторы, обозначаемые латинскими буквами, были заменены понятием гена. Гены, выражающие одну пару альтернативных признаков, то есть, например, желтую и зеленую окраску, стали обозначать буквами  $A$  и  $a$ . Поскольку гены располагаются в хромосомах, обозначая гены пестичного цветка, взятого для скрещивания, буквами  $AA$ , а гены пыльцевого цветка —  $aa$  и предполагая, что эти гены расположены в гомологичных хромосомах пестика ( $A|A$ ) и гомологичных хромосомах пыльника ( $|a|a$ ), полученные результаты с цитологической точки зрения можно объяснить следующим образом:

	Фенотип	красные		белые	
P	Генотип	AA	x	aa	
	Цит	$ A A$		$ a a$	
	Фенотип	красные		белые	
F1	Генотип	Aa	x	Aa	
	цит	$ A a$		$ A a$	
	Фенотип	красные	красные	красные	белые
F2	$ A A$	$ A a$	$ A a$	$ A a$	$ a a$

## Сцепленное наследование признаков

В 1912—1926 гг. американский ученый Томас Морган с учениками проводили исследовательские работы по скрещиванию форм плодовой мушки дрозофилы, различающихся альтернативными признаками и изучению наследования родительских признаков у гибридов. В результате скрещивания дрозофил с серым телом и длинными крыльями с дрозофилами, имеющими черную окраску тела и короткие крылья, было получено первое поколение. Установлено, что серое тело и длинные крылья у родительских организмов являются доминантными признаками. При повторном скрещивании полученных в первом поколении гибридов, с мушками, несущими рецессивные признаки родителей — черное тело и короткие крылья, было получено поколение мушек, 50% которых имели серое тело и короткие крылья, а 50% — черное тело и длинные крылья, то есть развились дрозофилы, похожие на родителей (рис. 7).

На основании полученных результатов Т. Морган вывел закон сцепленного наследования генов. Согласно этому закону, если ген, определяющий два разных признака, располагается в одной хромосоме, то такие пары признаков переходят из

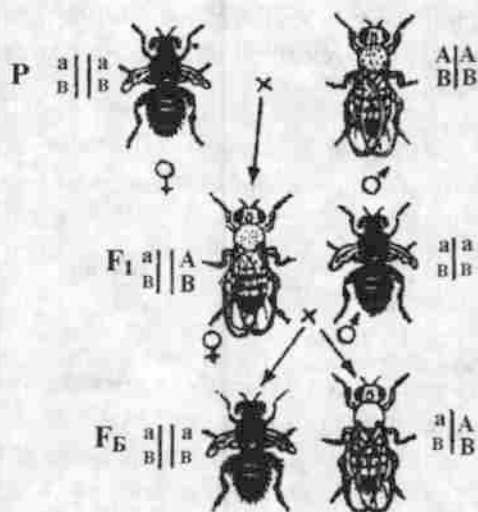


Рис. 7. Наследование, сцепленное с окраской тела и формой крыльев, у плодовой мушки дрозофилы.

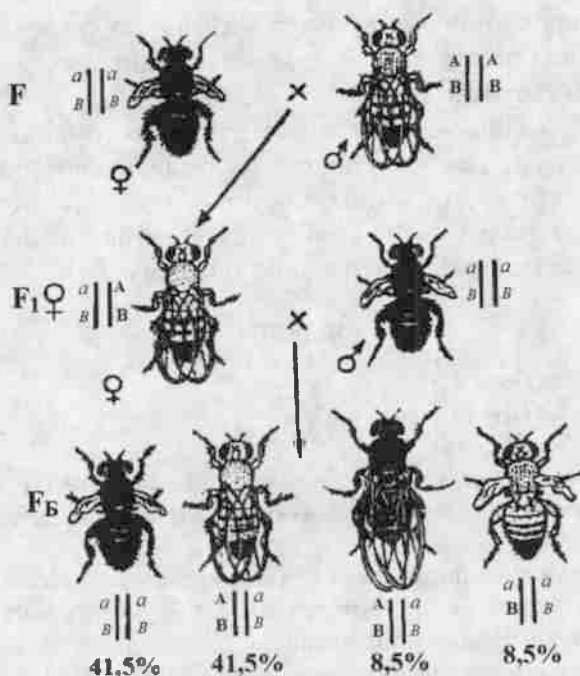


Рис. 8. Изменение сцепленного наследования признаков вследствие кроссинговера.

поколения в поколение в сцепленном виде. Если при мейотическом делении клетки происходит перекрест гомологичных хромосом — кроссинговер, то у аллельных генов наблюдается обмен отдельными участками. В результате образуются особи, несущие в себе отдельные признаки родителей. Но несмотря на это явление кроссинговера не нарушает закон сцепленного наследования генов, так как среди гибридов второго поколения  $F_2$  особей, схожих с родителями, больше, чем особей, подвергшихся кроссинговеру (рис. 8).

### Хромосомная теория наследственности

Наряду с открытием закона сцепленного наследования генов Т. Морган создал хромосомную теорию наследственности. Содержание этой теории сводится к следующему.

1. Гены как материальная единица наследственности находятся в хромосомах в определенном порядке в устойчивом состоянии.

2. Каждая хромосома образует отдельные группы сцепления генов. Группы сцепления генов в клетке равны числу хромосом в гаплоидном состоянии ( $n$ ).

3. Гены, расположенные в каждой хромосоме, как правило, передаются из поколения в поколение в сцепленном виде.

4. Вследствие конъюгации гомологичных хромосом сцепленные гены иногда могут наследоваться независимо друг от друга. Это явление называется кроссинговером.

## Задания

**I. Прочитайте текст § 3.**

**II. Внимательно изучите рис. 9–13.**

**III. Ответьте на вопросы.**

1. Сколько существует типов воздействия неаллельных генов?
2. Изложите специфические особенности комплементарного наследования.
3. Что понимают под эпистатическим наследованием?
4. Чем отличаются друг от друга полимерное, эпистатическое и комплементарное наследование?
5. Как называется ген, опосредованно влияющий на признаки при эпистазе?
6. При каком типе взаимодействия неаллельных генов в первом поколении развивается новый признак?
7. Чем отличаются гены-модификаторы от других генов?
8. Каковы отличия между аллельными и неаллельными генами?

**V. Определите правильный ответ в тестовых заданиях.**

1. При скрещивании между собой растений с неаллельными генами во втором поколении  $F_2$  получены гибриды в соотношении 9:3:3:1. К какому типу взаимодействия неаллельных генов это относится?  
А) эпистаз;  
В) комплементарность;  
С) некумулятивная полимерия;  
D) кумулятивная полимерия;  
E) модифицирующие гены.
2. При скрещивании между собой растений с неаллельными генами во втором поколении  $F_2$  получено разнообразие в соотношении 13 : 3 : 12 : 3 : 1. Какому типу взаимодействия неаллельных генов это присуще?  
А) эпистаз;  
В) комплементарность;  
С) некумулятивная полимерия;

- D) кумулятивная полимерия;  
E) модифицирующие гены.
3. При скрещивании между собой растений с неаллельными генами во втором поколении  $F_2$  получено разнообразие в соотношении 1 : 4 : 6 : 4 : 1. Какому типу взаимодействия неаллельных генов это свойственно?
- A) эпистаз;  
B) комплементарность;  
C) некумулятивная полимерия;  
D) кумулятивная полимерия;  
E) модифицирующие гены.

### **§ 3. РАЗВИТИЕ ПРИЗНАКОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ**

Согласно законам наследственности, каждый признак формируется в ходе индивидуального развития организма под влиянием одного определенного гена. С этим положением вы ознакомились при изучении предыдущих тем. Основываясь на приведенных доказательствах, однако, не следует считать, что генотип каждого организма складывается из отдельных, независимых друг от друга генов. Генотип любого организма представляет собой целостную систему, которая обуславливает протекание сложных биохимических и морфофизиологических процессов. При этом взаимоотношения генов и признаков в организме проявляются по-разному.

1. Один ген влияет на развитие одного признака, а второй — на развитие другого.

2. Развитие одного признака осуществляется при совместном влиянии двух или трех генов.

3. Один ген одновременно влияет на формирование нескольких признаков.

Различают следующие основные типы взаимодействия одного и более неаллельных генов: комплементарность; эпистаз, полимерия.

#### **Комплементарное взаимодействие генов**

Термин «комплементарность» (от лат. complement) означает «дополняющий». При комплементарном взаимодействии на развитие нового признака оказывают совместное действие один основной и один дополнительно действующий гены.

Примером комплементарного наследования может служить наследование цвета оперения у австралийских пятнистых попугаев. Перья этих попугаев окрашены в белый, желтый, голубой и зеленый цвета. При скрещивании между собой попугаев с голубым и желтым оперением все попугаи первого поколения будут иметь зеленое оперение. Во втором поколении, полученном при скрещивании самок и самцов первого поколения, будут развиваться четыре фенотипических класса, как при дигибридном скрещивании, то есть 9 с зеленым, 3 с голубым, 3 с желтым и 1 с белым оперением (рис. 9).

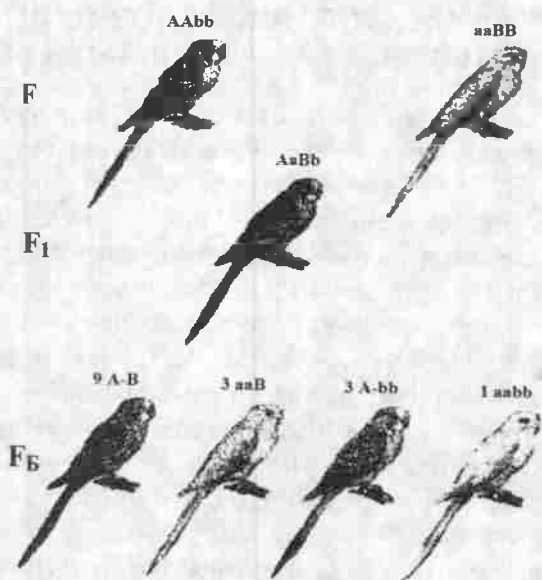


Рис. 9. Комплементарное наследование у попугаев:  $Abb$  — голубые;  $aaB$  — желтые;  $A-B$  — зеленые;  $aabb$  — белые.

Для подтверждения сказанного приводим генотипы и фенотипы родительских форм и гибридов первого и второго поколения:

	Фенотип	Голубой		Желтый
P	Генотип	$AAbb$		$aaBB$
	Гаметы	$Ab$		$aB$
	Фенотип	Зеленый		Зеленый
F <sub>1</sub>	Генотип	$AaBb$	x	$AaBb$



♂ \ ♀	AB	AB	aB	ab
AB	Зеленый AABB	Зеленый AABb	Зеленый AaBB	Зеленый AaBb
Ab	Зеленый AABb	Голубой AAbb	Зеленый AaBb	Голубой Aabb
aB	Зеленый AaBB	Зеленый AaBb	Желтый aaBB	Желтый aaBb
ab	Зеленый AaBb	Голубой Aabb	Желтый aaBb	Белый aabb

Характерная особенность комплементарного наследования — развитие у первого поколения, полученного в результате скрещивания двух организмов с различными генотипами, нового признака, не схожего с родительскими.

При комплементарном наследовании во втором поколении не всегда развиваются четыре фенотипических класса. В отдельных случаях развиваются три или два фенотипических класса, что наблюдается при скрещивании организмов со схожими фенотипами и различными генотипами. Например, при скрещивании сортов душистого горошка, имеющих различные генотипы, но одинаковые белые лепестки цветка, в первом поколении получают растения с красными цветками. Скрещивание между собой растений первого поколения дает во втором поколении  $F_2$  растения,  $9/16$  часть которых имеет красные цветки, а  $7/16$  — белые.

**Эпистаз.** При эпистазе один аллельный ген А доминирует над неаллельным В геном. Доминирующий ген называется ингибитором — I. Он бывает в доминантном (I) и рецессивном (i) состоянии. Рецессивный ингибитор может подавлять действие доминантного неаллельного гена только в гомозиготном состоянии. А доминантный ингибитор I подавляет деятельность неаллельного гена, воздействующего на признак и в гомозиготном, и гетерозиготном состоянии. В результате в фенотипе поколения  $F_1$  признак не проявляется. В качестве примера эпистаза можно привести результаты скрещивания растений белого лука с разными генотипами, но схожими фенотипами:

	Фенотип Белый лук		Белый лук
P	Генотип ПАА	x	iiаа
	Гаметы IA		ia
F <sub>1</sub>	Фенотип Белый лук		Белый лук
	Генотип IiAa	x	IiAa

F<sub>2</sub>

	♀	IA	Ia	iA	ia
♂	♀				
IA		Белый ПАА	Белый ПАа	Белый IiAA	Белый IiAa
Ia		Белый ПАа	Белый Iiаа	Белый IiAa	Белый Iiaа
iA		Белый IiAA	Белый IiAa	Цветной iiAA	Цветной iiAa
ia		Белый IiAa	Белый Iiaа	Цветной iiAa	Белый iiаа

Как показывают данные решетки Пеннета, если в генотипе растения имеется доминантный ингибитор, то вследствие его доминирования над доминантным неаллельным геном последний теряет свою активность и получаются растения с белыми луковицами. Если в генотипе рецессивный ген находится в гомозиготном состоянии, то ген А активизируется и обеспечивает цветную окраску луковиц (см. таблицу). При скрещивании собак с белой и коричневой шерстью, во втором поколении гибридов возникнут три фенотипических класса: 12/16 часть собак будет иметь белую шерсть, 3/16 — черную, а 1/16 — коричневую. Таким образом, если при комплементарном наследовании развитие организмов, не похожих на родительские, наблюдается и в первом, и во втором поколениях, то при эпистазе это явление отмечается только у гибридов второго поколения (рис. 10).

**Полимерия.** В отличие от комплементарного и эпистатического взаимодействия неаллельных генов, при полимерии доминантные неаллельные гены, действуя в одном направлении, оказывают влияние на развитие одного признака. В качестве примера полимерии следует указать наследование цвета зерен у



Рис. 10. Наследование цвета шерсти у собак при эпистазе:

$A$  — черная;  $a$  — коричневая;  $I$  — ген, подавляющий деятельность гена, образующего цвет;  $i$  — ген, не подавляющий деятельность гена, образующего цвет.

пшеницы. Если скрестить сорта пшеницы с красными и белыми зёрнами, то в первом  $F_1$  поколении будет доминировать красный цвет зёрен. При скрещивании между собой гибридных растений первого поколения во втором поколении получают растения, 15/16 часть которых имеет красные зёрна, 1/16 — белые (рис. 11).

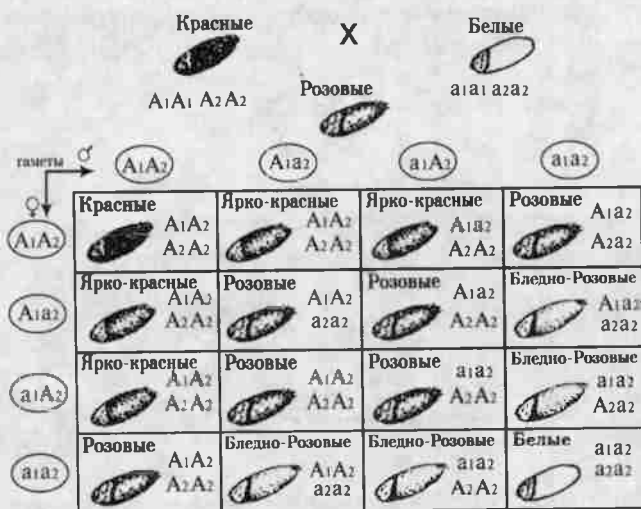


Рис. 11. Наследование цвета зёрен у пшеницы (кумулятивная полимерия).

Полимерное наследование подразделяется на кумулятивное и некумулятивное. Кумулятивная полимерия проявляется в наследовании количественных, а некумулятивная — в наследовании качественных признаков. Примером кумулятивной полимерии служат описанные выше результаты, полученные при скрещивании сортов пшеницы с красными и белыми зернами.

При кумулятивном полимерном наследовании степень развития признаков в первом и втором поколениях гибридов зависит от числа доминантных генов. В соответствии с этим, если в генотипе гибрида имеется четыре доминантных гена, то развиваются растения с красными зернами, если три доминантных гена, — растения с ярко-красными зернами, если два доминантных гена, — растения с розовыми зернами, если один доминантный ген — растения с бледно-розовыми зернами. При отсутствии в генотипе доминантного гена получают белые зерна.

Развитие доминантного признака при некумулятивном полимерном наследовании не зависит от числа доминантных генов. В связи с этим особи с генотипом, состоящим из четырех, трех, двух, одного доминантных генов, в фенотипическом отношении схожи друг с другом.

**Плейотропия.** При плейотропии — один ген одновременно влияет на развитие нескольких признаков. Возьмем для примера появление волнистого оперения у кур вследствие мутации. Обычно такие куры отличаются редким оперением и низкой температурой тела, что приводит к ускорению сердцебиения,



Рис. 12. Наследование цвета шерсти у мышей при плейотропии.

увеличению объема тела и потребности в пище, снижению яйценоскости. Таким образом, ген, определяющий волнистое оперение, одновременно оказывает воздействие на другие признаки и свойства кур. Аналогичное явление, когда один ген влияет на развитие множества признаков, наблюдается и у мышей (см. рис. 12).

### Воздействие модифицирующих генов

При рассмотрении влияния неаллельных генов на развитие признаков внимание обращалось главным образом на основные гены. Между тем в генотипе организма встречаются также модифицирующие гены, которые сами не оказывают непосредственного влияния на признак, но усиливают или ослабляют деятельность гена, воздействующего на него. В качестве примера можно привести черно-пеструю окраску у крупного рогатого скота. Данный признак развивается под воздействием одного основного рецессивного и двух модифицирующих генов, один из которых усиливает, а второй — ослабляет образование белых пятен. В результате в первом случае возникает больше белых пятен, а в другом — черных (рис. 13).

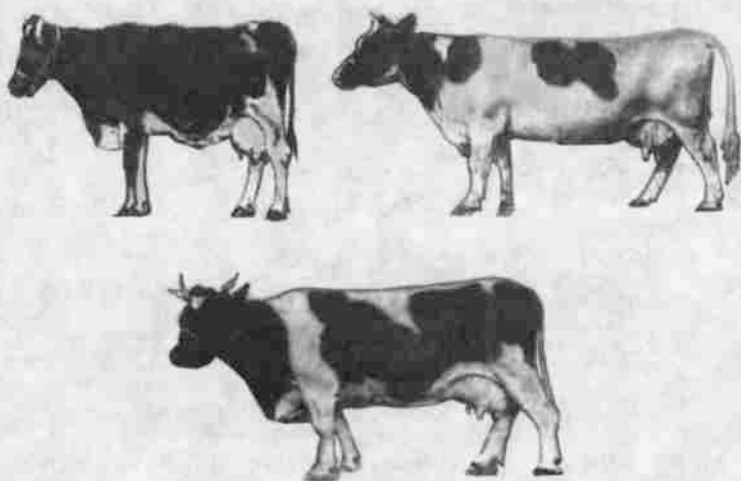


Рис. 13. Наследование в различных количествах белых и черных пятен у крупного рогатого скота под влиянием модифицирующих генов.



модификационной изменчивости. *Онтогенетическая изменчивость* проявляется в связи с возрастом организма. Хотя хромосомы каждого организма, полученные от родителей, на различных этапах индивидуального развития и схожи, но в его внешнем облике на разных этапах наблюдаются различия. Это — онтогенетическая изменчивость. Под *модификационной изменчивостью* понимают изменение фенотипа организмов под влиянием абиотических факторов. Различный облик растений одного и того же вида, произрастающих на маловодной и сильно увлажненной почве, — есть не что иное, как модификационная изменчивость.

*Генотипическая изменчивость* порождает изменения, затрагивающие генотип, и в свою очередь слагается из *комбинативной, рекомбинативной и мутационной изменчивости*. *Комбинативная изменчивость* основана на половом размножении живых организмов, вследствие которого появляется огромное разнообразие генотипов. *Рекомбинативная изменчивость* проявляется в результате случайного попадания в гибридные организмы генов и гомологичных хромосом при митотическом или мейотическом делении, что приводит к появлению признаков, не присущих родителям. *Мутационная изменчивость* — это случайно возникающие стойкие изменения генотипа, затрагивающие весь геном, целые хромосомы, их части или отдельные гены.

Основы мутационной теории заложены голландским ученым Г. де Фризом. Основные положения этой теории сводятся к следующему:

- мутации — это изменения, возникающие без участия промежуточных форм;
- мутации имеют качественные отличия;
- мутации могут устойчиво передаваться из поколения в поколение;
- мутации возникают ненаправленно (внезапно) и могут быть полезными и вредными.

Одни и те же мутации могут повторяться в организмах повторно.

Выдающийся русский генетик Н. И. Вавилов многие годы исследовал мутационную изменчивость у культурных растений семейства злаковых. Он установил, что мутационный процесс протекает у генетически близких родов и видов параллельно, поэтому у разных форм появляются сходные мутации. Н.И. Вавилов назвал их *гомологическими рядами наследственной*



*изменчивости*. Расположив близкие по генотипу роды и виды в определенном порядке, он обнаружил следующую закономерность: близкородственные виды и роды благодаря большому сходству их генотипов обладают сходной наследственной изменчивостью. Данное явление получило в биологии название *закона гомологических рядов в наследственной изменчивости*.

Согласно этому закону, генетически близкие виды и роды, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предсказать наличие параллельных форм у других видов и родов.

Хотя закон гомологических рядов касался изменчивости у растений, он получил подтверждение и для других, близких по происхождению, видов организмов. Например, черно-белые, лишенные оперения, безшерстные организмы встречаются и в классе птиц, и в классе млекопитающих.

*Различают генные, хромосомные, геномные мутации.*

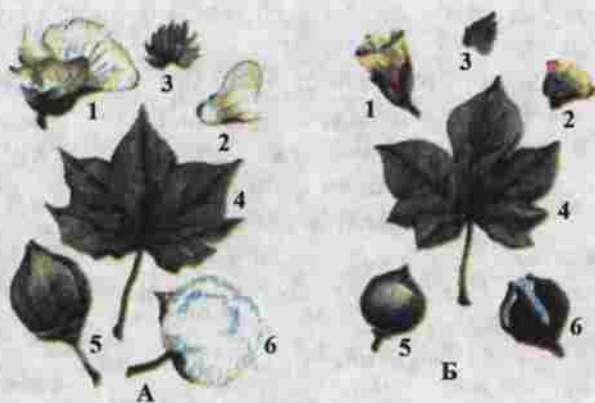
*Генные мутации* встречаются наиболее часто и возникают вследствие изменения последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК.

*Хромосомные мутации* появляются вследствие перестройки хромосом: делеции — отделения среднего участка хромосомы; дупликации — удвоения отдельных участков; инверсии — поворота отдельного участка на 180°; транслокации — перемещения участка на негомологичную хромосому; слияния негомологичных хромосом.

*Геномные мутации* приводят к изменению числа хромосом и вызывают серьезные изменения, обуславливающие снижение жизнеспособности, а в отдельных случаях — гибель организмов. Если в геноме не хватает одной хромосомы, развиваются трисомичные организмы. Наблюдаемые у человека синдром Шерешевского-Тернера, синдром Клейнфельтера или X-трисомия — результат количественных изменений хромосом.

Наиболее распространенным типом геномных мутаций является *полиплоидия* — двух-, трех-, четырехкратное и более увеличение числа хромосом вследствие внешних и внутренних воздействий. Во многих случаях полиплоидные формы отличаются от диплоидных организмов более крупными размерами тела, продуктивностью и жизнеспособностью. Полиплоидия

возникает в основном на стадии анафазы деления клеток, когда хромосомы не отходят к полюсам клетки. Полиплоидные формы встречаются у хлопчатника, пшеницы, у аскариды, дождевого червя и других организмов (рис. 14).



Р и с . 14. Тетраплоидные и диплоидные виды хлопчатника *G. hirsutum* (А) и *G. herbaceum* (Б):

1 — цветок; 2 — венчик; 3 — околоплодник; 4 — лист;  
5 — нераскрывшаяся коробочка; 6 — раскрывшаяся коробочка.

Наследственная изменчивость — мутации — возникают в естественных условиях и создаются искусственным путем.

Искусственные мутации появляются в результате воздействия на растения, животных и микроорганизмы химических и физических факторов.

## Практическое занятие

### Решение задач

I. Прежде чем приступить к решению задач, необходимо понять сущность и условия задачи, а также порядок получения гамет.

II. Для решения задач по взаимодействию неаллельных генов необходимо прочно усвоить материал по комплементарному, эпистатическому и полимерному наследованию.

## Комплементарное наследование

**Задача.** Существуют четыре разновидности гребня у кур и петухов: розовидный, гороховидный, ореховидный и простой. При скрещивании кур с простым гребнем и петухов с гороховидным гребнем во втором  $F_2$  поколении наблюдается соотношение 3:1. Такое же соотношение гибридов получено при скрещивании кур с простым гребнем и петухов с розовидным гребнем. Однако в результате скрещивания между собой кур и петухов с розовидным и гороховидным гребнем в первом  $F_1$  поколении появились куры и петухи с ореховидным гребнем.

Определите генотипы птиц с розовидным, гороховидным и ореховидным гребнем. Какого вида гребень будут иметь куры и петухи второго  $F_2$  поколения при скрещивании между собой кур и петухов первого  $F_1$  поколения с ореховидным гребнем?

## Эпистатическое наследование

**Задача.** При скрещивании кур и петухов с разными генотипами во втором  $F_2$  поколении получено 5010 птиц с белыми перьями и 334 — с черными. Определите генотипы кур и петухов, взятых для скрещивания, и гибридов поколений  $F_1$  и  $F_2$ . Объясните полученные результаты.

## Полимерное наследование

**Задача.** Юноша ростом 180 см женился на девушке ростом 150 см. Каким будет рост детей первого поколения, рожденных от этого брака?

## Плейотропия

**Задача.** Четвертая часть ягнят, полученных от скрещивания овец и баранов с серой шерстью, оказалась мертворожденной. Как можно объяснить это явление с генетической точки зрения?

## Глава II

### ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

Усвоение изложенного ниже учебного материала должно основываться на знаниях, полученных из глав учебника биологии для 9 класса «Многообразие органического мира», «Основы цитологии», «Химические основы жизненных процессов», «Основы генетики».

В настоящей главе излагаются сведения о генетической инженерии, объектах исследования этой науки, истории изучения материальных основ наследственности, явлениях трансформации, трансдукции, блуждающих генетических элементах, методах и оборудовании генетической инженерии, получении с их помощью рекомбинантных ДНК, клонировании генов, создании трансгенных организмов. На основании этих сведений приводятся понятия о биотехнологиях целенаправленного изменения наследственности растений и животных, результаты, полученные в Узбекистане в области генетической инженерии и биотехнологии.

#### Задания

**I. Прочитайте текст § 5.**

**II. Рассмотрите рис. 15—20 и поясните их содержание.**

**III. Ответьте на вопросы.**

1. Что изучает генетическая инженерия?
2. Расскажите о возникновении и задачах генетической инженерии.
3. Как образуются штаммы?
4. Может ли мутировать молекула ДНК, поступившая извне в процессе трансформации?
5. Какие явления могут уберечь бактериальную клетку от поражения (лизиса) фагом?
6. В каком случае при трансдукции не происходит мутация наследственности бактерий?
7. Какова роль фагов в трансдукции?

**IV. Определите правильные ответы в тестовых заданиях.**

1. Какое из следующих открытий обеспечило усиленное развитие генетической инженерии?  
А) автоматический синтез отрезка ДНК и определение последовательности нуклеотидов; В) выявление ферментов, соединяющих отрезки ДНК друг с другом;

- С) открытие электрофореза;
  - Д) выявление рестриктаз;
  - Е) все ответы дополняют друг друга.
2. Когда исчезают материальные различия между молекулами ДНК живых организмов?
- А) при расщеплении молекулы ДНК на специфические отрезки;
  - В) при повторном соединении отрезков молекулы ДНК;
  - С) при делении клеток;
  - Д) при репликации ДНК;
  - Е) при очищении клетки ДНК от других веществ.
3. Что называется штаммом бактерии?
- А) бактериальные клетки разных видов, отличающиеся друг от друга по отдельным генам;
  - В) бактериальные клетки разных видов, схожие между собой отдельными генами;
  - С) бактериальные клетки одного вида, различающиеся между собой по отдельным генам;
  - Д) бактериальные клетки одного вида, схожие между собой по отдельным генам;
  - Е) нет правильного ответа.
4. Что является причиной превращения непатогенного пневмококка в патогенный?
- А) молекула ДНК; В) молекула белка; С) факторы внешней среды;
  - Д) липиды; Е) все перечисленные.
5. Укажите процесс, обуславливающий изменение наследственности клетки.
- А) транскрипция; В) трансляция; С) модификация;
  - Д) репликация; Е) трансформация.
6. Что называется литической реакцией фагов?
- А) размножение лизогенных бактерий;
  - В) гибель бактерии, пораженной фагом;
  - С) соединение наследственных молекул фага и бактерии;
  - Д) переход фагов в неактивное состояние;
  - Е) выживание бактериальных клеток, пораженных фагом.

## § 5. ПОНЯТИЕ О ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ

*Геном* называется последовательность нуклеотидов в цепи ДНК, ответственная за синтез одной молекулы белка. Несколько генов, почти схожих друг с другом по структуре и участвующих в регулировании последовательности сложного биологического процесса, образуют совокупность или *семейство генов*.

Манипулирование генами или совокупностью генов организма

в интересах человека называется *генной* или *генетической инженерией*.

Целью генной инженерии является изменение строения генов, их расположения в хромосоме и регулирование их деятельности в соответствии с потребностями человека. Для достижения этой цели применяются различные методы, позволяющие осуществлять в промышленных масштабах производство белков, создавать новые сорта растений и породы животных, наиболее отвечающие требованиям, диагностировать и лечить различные инфекционные и наследственные болезни человека.

Генетическая инженерия (генная инженерия) возникла в результате открытия энзимов, специфическим образом разделяющих материальную основу наследственности — молекулу ДНК на отрезки и соединяющих эти отрезки концами друг с другом, а также электрофоретического метода, позволяющего с высокой точностью разделять по длине отрезки ДНК. Создание методов и оборудования для определения специфической последовательности нуклеотидов, образующих молекулу ДНК, а также для автоматического синтеза любого желаемого отрезка ДНК обеспечило развитие генетической инженерии быстрыми темпами.

### **Объекты исследования генетической инженерии**

Объектами исследования генетической инженерии являются вирусы, бактерии, грибы, животные (в том числе организм человека) и растительные клетки. После очищения молекулы ДНК этих живых существ от других веществ клетки материальные различия между ними исчезают. Очищенная молекула ДНК может быть расщеплена с помощью энзимов на специфические отрезки, которые затем при необходимости можно с помощью сшивающих энзимов соединить между собой. Современные методы генетической инженерии позволяют размножить любой отрезок ДНК или заменять любой нуклеотид в цепи ДНК другим. Разумеется, эти успехи достигнуты в результате последовательного изучения закономерностей наследственности.

**История изучения материальных основ наследственности.** Великий французский ученый Луи Пастер, разработав метод получения клонов, первым показал, что бактерии разнообразны, обладают наследственностью и их свойства тесно связаны с последней (рис. 15–16).

В 1952 г. Джошуа и Эстер Ледерберги, используя метод копирования (репликации) колоний бактерий, доказали существование

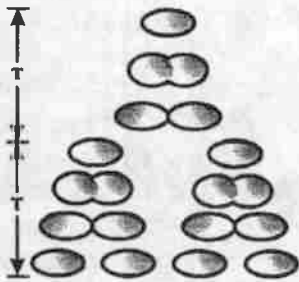


Рис. 15. Рост и размножение бактерий. Т — время, в течение которого бактериальная клетка делится один раз.

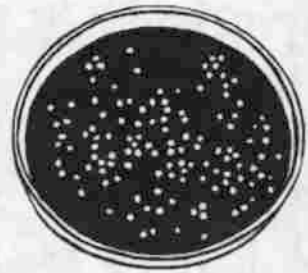


Рис. 16. Клоны бактерий, образованные в результате деления бактериальной клетки на поверхности питательной среды (агар-агар) в чашке Петри, видны невооруженным глазом.

самопроизвольных мутаций в бактериях (рис. 17). Они разработали метод, позволяющий выделять мутантные клетки с помощью репликации.

Бактерии одного вида, различающиеся между собой отдельными генами, называются *штаммами*. Названия штаммам даются с учетом их генетических свойств. Например, штамм *lac* – (лак-минус) — это штамм, не имеющий полноценного гена, усваивающего лактозу, и не синтезирующий полноценный фермент. Штаммы образуются в результате мутаций ДНК, приводящих к изменению функций отдельных генов. Совокупность клеток, возникших в результате последовательного деления и размножения одной бактерии определенного штамма, называется *клоном* этого штамма. Наследственность бактериальных клеток, содержащихся в одном клоне, одинакова.

Для клонирования (искусственного размножения) бактерий используются специальные питательные среды, в состав которых должны обязательно входить: 1) соединения, содержащие углерод, азот, кислород, водород; 2) неорганические соединения (различные соли); 3) факторы роста. На рост и развитие микроорганизмов, кроме состава питательной среды, большое влияние оказывает также ее физико-химическое состояние (рН, осмотические свойства, вязкость). Питательная среда, отвечающая свойствам размножаемой бактерии, называется *оптимальной*. Исходя из свойств выращиваемых микроорганизмов, используют различные питательные среды. В оптимальной среде в качестве источника азота применяют минеральные или органические соединения или пептоны. Пептоны представляют собой смесь полипептидов, дипептидов и

аминокислот и являются продуктом, образующимся в результате неполного расщепления белков. В качестве источника углерода используются углеводы, спирт и органические кислоты. Минеральные соединения определяют осмотические свойства среды и являются катализатором биохимических реакций, протекающих в клетке.

По свойствам, составу и задачам питательные среды делятся на несколько групп: 1) по консистенции (твердости — жидкости): а) жидкие, б) твердые, в) полужидкие; 2) по составу: а) простые (минимальные), в составе которых содержатся сахар или глицерин, аммонийные соли и сульфаты и отсутствуют аминокислоты, витамины, пурин и пиримидин, так как бактерии сами синтезируют их; б) сложные (максимальные) — в связи с тем, что микроорганизмы, подвергшиеся мутации, теряют способность синтезировать отдельные ферменты, в питательную среду добавляют необходимые пурин, пиримидин, аминокислоты и витамин; 3) по выполняемой задаче: а) селективные — на этих средах растут только определенные микроорганизмы. Например, на висмутово-сульфидном агаре развиваются и размножаются клоны бактерии *Salmonella*, а рост и развитие бактерий, вызывающих дизентерию, снижаются; б) насыщенные — усиливают рост определенных бактерий и препятствуют росту других; 4) синтетические питательные среды, приготовленные из определенных химических соединений.

Под влиянием внешней среды частота мутаций возрастает. Специальные методы позволяют увидеть невооруженным глазом клоны новых штаммов, образовавшихся в результате мутаций.

В 1915 г. Туорт и ДЭррель доказали, что фаги (фаги — вирусы, размножающиеся в бактериях), самопроизвольно размножаясь внутри бактерий, могут их уничтожить. Микробиологи возлагали надежды на использование фагов против микробов — возбудителей опасных инфекционных заболеваний. Однако, как отмечалось выше, бактерии обладают устойчивостью к фагам вследствие самопроизвольных спонтанных мутаций. Наследование этих мутаций предохраняет бактерии от уничтожения со стороны фагов.



Рис. 17. Метод получения реплик. Стерилизованную бархатную ткань натягивают на поверхность деревянного приспособления и прикладывают к колонии бактерий, растущих на поверхности чашки Петри, предназначенной для пересадки реплик. Затем колонии переносят в чистую чашку Петри с искусственной питательной средой.



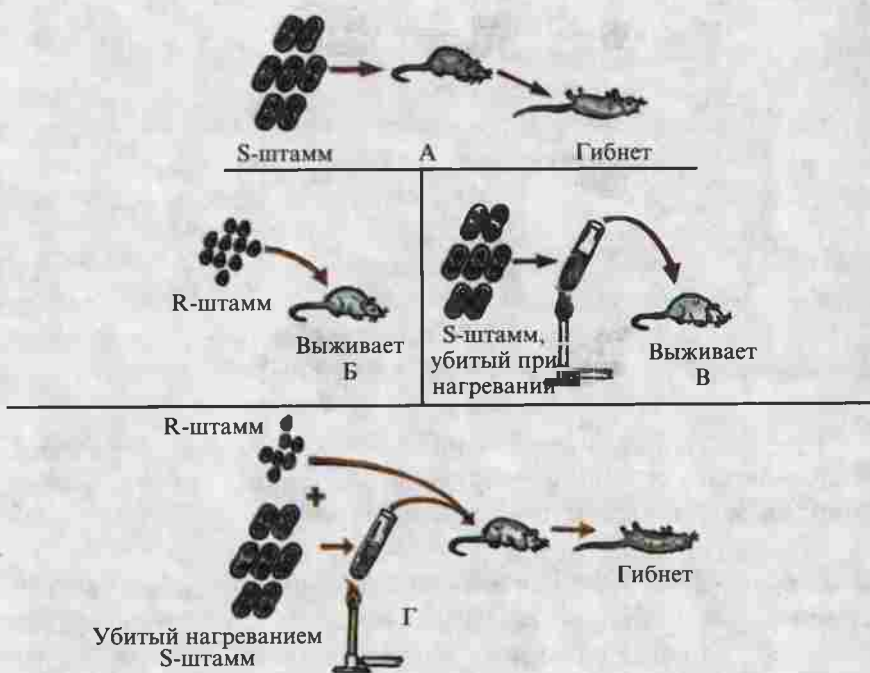
Размножаясь внутри клетки, вирусы и фаги могут погубить ее или, внедрившись в геном клетки, изменить ее наследственность. Для изменения наследственности организма широко используются процессы трансформации и трансдукции.

**Генетическая трансформация.** Перенос в определенных условиях любой части наследственной молекулы одного организма в наследственную молекулу другого организма называется *трансформацией*. Процесс трансформации был открыт в 1928 г. английским микробиологом Ф. Гриффитом. Этот процесс Гриффит наблюдал на двух видах штаммов пневмококковых бактерий (S и R). Штамм S имел полисахаридную оболочку, поверхность клетки была гладкой, а штамм R не имел полисахаридной оболочки, и поверхность клетки была шероховатой (буква S — от *англ.* smooth — гладкий, R — от *англ.* rough — шероховатый). Полисахаридная оболочка штамма S бактерии вызвала пневмококковое заболевание и привела к гибели животных. Штамм R не был возбудителем болезни, поэтому мыши, зараженные этим штаммом, не погибли. При нагревании болезнетворных S-штаммов они погибали, и при введении клеток убитого S-штамма мышам не вызывали заболевания.

При введении мышам убитых нагреванием S-штаммов бактерий вместе с неболезнетворными живыми клетками R-штамма животные погибали. В крови погибших мышей были найдены живые клетки S-штамма бактерий. Сущность этого явления показана на рис. 18. Видно, что какое-то вещество переходит из клеток S-штамма пневмококка в R-штамм и изменяет его наследственность. Под воздействием этого вещества отдельные клетки R-штамма превратились в S-штамм, то есть трансформировались. Гриффит не смог объяснить полученные в опытах результаты.

Данное явление было объяснено в 1944 г. О. Эйвери с сотрудниками. Для этого они расщепили пневмококковую клетку S-штамма на отдельные фракции, проверили болезнетворную активность каждой фракции. Было установлено, что только при смешивании выделенной из S-штамма молекулы ДНК с R-штаммом непатогенный R-штамм трансформируется в вызывающий болезнь S-штамм (рис. 19). Следовательно, было доказано, что трансформация R-штамма в S-штамм зависит от молекулы ДНК.

Позднее были созданы методы трансформации путем смешения в определенных условиях клеток с подлежащими трансформации отдельными хромосомами или отдельными генами.



Р и с . 18. Схематическое изображение опыта Гриффита: *A* — мышь, зараженная патогенной (болезнетворной) пневмококковой бактерией (*S*-штамм), погибает; *Б* — мышь, зараженная непатогенной (*R*-штамм) пневмококковой бактерией, выживает; *В* — мышь, зараженная патогенной бактерией, убитой нагреванием, выживает; *Г* — при смешивании *S*- и *R*-штаммов бактерий и введении этой смеси мыши она погибает. В ее крови обнаруживается живой *S*-штамм. Это свидетельствует о том, что при введении в организм мыши смеси, состоящей из непатогенного *R*- и убитого *S*-штаммов, ген наследственности молекулы *S*-штамма, вызывающий болезнь, переносится в наследственную молекулу живого *R*-штамма и придает ей свои свойства, т. е. происходит трансформация.

Таким образом, процесс трансформации представляет собой естественный процесс, который приводит к изменению наследственности клеток.

**Трансдукция.** Изучение процесса трансформации послужило толчком для открытия трансдукции — процесса переноса и рекомбинации бактериальных генов с помощью бактериофагов.

Процесс трансдукции был открыт в 1952 г. Н. Циндером и Дж. Ледербергом. До этого открытия было известно, что при внедрении наследственного материала (нуклеиновой кислоты) фагов



Рис. 19. Трансформация R-штамма в S-штамм путем смешения R-штамма с бесклеточным экстрактом, выделенным при расщеплении бактериальных клеток из пневмококка S-штамма.

в бактериальную клетку они начинают размножаться в ней, вызывая гибель клетки вследствие разрыва ее оболочки, то есть происходит лизис. Этот процесс называется *литической реакцией фагов*. Однако не всегда фаг, внедренный в бактериальную клетку, приводит клетку к гибели. Это происходит в результате соединения молекулы ДНК фага, внедренной в бактериальную клетку, с особой последовательностью нуклеотидов молекулы ДНК бактерии. В результате фаг попадает под контроль наследственной программы бактериальной клетки и переходит в неактивное состояние — в состоянии профага. Бактерии, имеющие в хромосоме профаг и способные свободно размножаться, называются лизогенными, а сам процесс — лизогенной реакцией (рис. 20).

При переходе из погибшей бактериальной клетки в здоровую фаг может перенести с собой какой-либо отрезок хромосомы погибшей бактерии. Перенос генов из одной бактериальной клетки в другую посредством фагов называется *трансдукцией*, причем эти гены изменяют наследственность данной бактерии.

## Задания

- I. Прочитайте текст § 6.
- II. Объясните рис. 21–23.
- III. Ответьте на вопросы.
  1. Каково строение транспозонов?
  2. Из каких генов состоят в основном плазмиды?

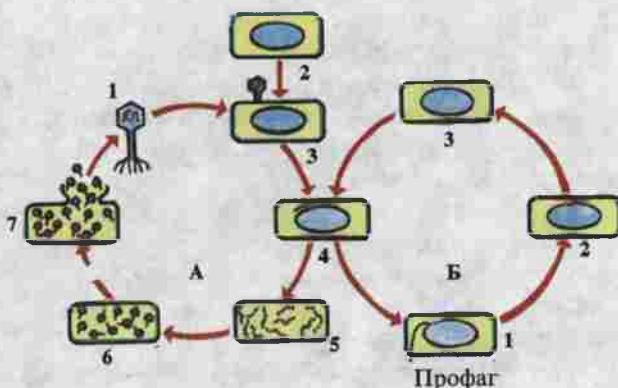


Рис. 20. Жизненный цикл фагов:

*А* — литический жизненный цикл фагов: 1 — фаг; 2 — бактериальная клетка; 3 — присоединение фага к бактериальной клетке; 4, 5 — в отдельных бактериях фаги в течение 15—60 мин при 37° С переходят в литический цикл, и молекула ДНК фага (хромосома) использует все имеющиеся в бактерии нуклеотидтрифосфаты, подвергается репликации и размножается; 6 — хромосома фага синтезирует для себя белковую оболочку и присоединяет ее к своей поверхности, при этом образуются частицы фага; 7 — в результате разрывается оболочка бактериальной клетки, и фаг, выйдя наружу, заражает другие бактерии; *Б* — переход фагов в лизогенное состояние: 1 — хромосома фага рекомбинируется с хромосомой бактерии и переходит в состояние профага; 2 — в результате образуются лизогенные бактерии; 3 — в отдельных случаях под воздействием внешних факторов хромосома фага выделяется из лизогенной бактерии; 4 — литический (*А*) или лизогенный (*Б*) жизненный цикл фагов продолжается.

3. Какого рода плазмиды обеспечивают быструю выработку устойчивости бактерий к антибиотикам и каким образом?
4. Объясните воздействие трансмиссибельных и автономных плазмид на наследственность клетки.
5. Как отделяются друг от друга отрезки ДНК?

#### IV. Определите правильные ответы в тестовых заданиях.

1. Кем были впервые открыты транспозоны?
  - А) А. Корнберг; В) Дж. Бишоп;
  - С) А. Бухари; Д) Г. Георгиев; Е) Б. Мак-Клинток.
2. Плазмиды — это ...
  - А) каллусная ткань;
  - В) дополнительная хромосома в виде кольца из двойной цепи ДНК;
  - С) ретротранспозоны;

- Д) рекомбинированные хромосомы;  
 Е) отрезок генома, разделенного рестриктазами.
3. Какие плазмиды называются трансмиссильными?  
 А) разрывающие специфическую последовательность ДНК основных хромосом клетки и способные к рекомбинации;  
 В) передающиеся по наследству;  
 С) теряющие свою самостоятельность после присоединения к основной хромосоме;  
 Д) не способные к самостоятельной репликации от основной хромосомы;  
 Е) все ответы правильные.
4. Что называют рестриктазами?  
 А) ген в центре транспозона;  
 В) фермент, соединяющий отрезки ДНК друг с другом;  
 С) ферменты, осуществляющие репликацию;  
 Д) ферменты, разделяющие молекулу ДНК на отрезки;  
 Е) кольцо ДНК,кратно меньшее, чем основная хромосома.

## § 6. БЛУЖДАЮЩИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

На протяжении многих лет существовало мнение, что локусы генов в геноме организма являются постоянными. Однако в 1950 г. американский ученый Барбара Мак-Клинтон в процессе исследования наследственных признаков кукурузы открыла комплекс генов, меняющих свое местоположение. Она высказала мысль о блуждании генов в геноме. Блуждание генов не признавалось долгое время, до тех пор, пока эти элементы не были открыты другими американскими учеными Дж. Бишопом и А. Бухари у микроорганизмов и российским ученым Г. Георгиевым у животных. Такие блуждающие гены называются *регуляторными генами* или *транспозонами*. Каждый раз, когда гены меняют свое место, деятельность соседних генов меняется в ту или иную сторону.

Транспозоны состоят из очень простых элементов IS (от *англ.* insertion sequences).

Хотя транспозоны имеют различную структуру, но все транспозонные молекулы содержат на обоих концах особые нуклеотидные последовательности, а в центральной их части содержится ген, обуславливающий синтез фермента транспозазы, который обрывает определенный участок молекулы ДНК с образованием на нем «липких» концов (рис. 21).

**Плазмиды, рестрикционные эндонуклеазы, методы генетической инженерии.** У бактерий и у низших эукариотных клеток наряду с основными хромосомами имеются также дополнительные. Эти дополнительные мелкие хромосомы называются *плазмидами* (рис. 22–23).

**Плазмиды** представляют собой кольцо из двойной цепи ДНК размером, в сотни раз меньшим, чем у основных хромосом. Они состоят в среднем из 3—10 генов и делятся на две группы. Первая так же, как и транспозоны или наследственная молекула бактериофага, разрывает специфическую последовательность ДНК основных хромосом клетки и способна к рекомбинации. Такие плазмиды называются *трансмиссильными*, т. е. плазмидами, которые передаются по наследству. После присоединения к основной хромосоме трансмиссильные плазмиды теряют свою самостоятельность и не могут воспроизводиться самостоятельно от основной хромосомы. В то же время гены этих плазмид выполняют свою деятельность в основной хромосоме. При делении клетки гены трансмиссильных плазмид передаются по наследству сцепленно с генами основной хромосомы. Плазмиды второй группы называются *плазмидами с автономной репликацией*. Они способны, не присоединяясь к основной хромосоме, самопроизвольно размножиться десятки и даже сотни раз. При делении бактерии или гриба распределение автономных плазмид между дочерними клетками происходит

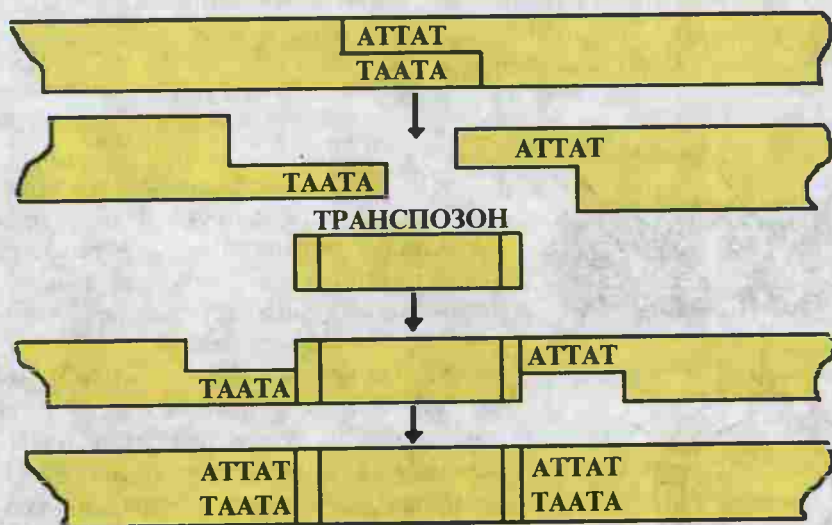


Рис. 21. При присоединении транспозона к ДНК хромосомы фермент транспозаза разрезает молекулу с образованием «липких» концов.





Р и с. 22. Вид плазмиды RSS 101 под электронным микроскопом.

случайно. Вместе с тем автономные плазмиды могут переходить из одной клетки в другую через поры их оболочки или мембраны. Плазмиды состоят в основном из генов, синтезирующих ферменты, расщепляющие антибиотики или ядовитые токсины. Поэтому плазмиды обеспечивают устойчивость бактерий, дрожжей и грибов к антибиотикам и ядовитым токсинам. Плазмидные гены, расщепляющие антибиотики, могут также переходить от одной плазмиды к другой в связанном с транспозонами состоянии. Этот молекулярный процесс значительно усиливает устойчивость болезнетворных микробов к действию антибиотиков.

**Рестрикционные эндонуклеазы.** Если в какую-нибудь клетку микроорганизма извне внедряется чужеродный генетический материал, то он немедленно расщепляется под действием фермента нуклеазы.

Ферменты, разделяющие молекулу ДНК на мелкие части, называются *разрывающими эндонуклеазами* или *рестриктазами*. Каждая рестриктаза распознает четыре или более пары специфических последовательностей нуклеотидов, связывается с ними и разрывает молекулу ДНК. Отдельные рестриктазы разрезают двойную цепь ДНК на две части подобно ножницам.



Р и с. 23. В бактериальной клетке существуют плазмиды, которые подвергаются репликации автономно или же передаются по наследству после присоединения к хромосоме (трансмиссибельные плазмиды). Трансмиссибельные плазмиды также могут выделяться из хромосомы и функционировать как кольцевая молекула, но они не способны к самостоятельной репликации. 1 — бактерия; 2 — плазмиды; 3 — основная хромосома; 4 — нуклеотидная последовательность, приспособленная к присоединению к хромосоме; 5 — ген резистентности к антибиотикам.

Вместе с тем существуют также рестриктазы, которые разрывают двойную цепь молекулы ДНК с образованием «липких» концов. К их числу относятся рестриктазы *Eco* RI, *Bam* HI (*Эко-эр-один*, *бам-аш-один*), приведенные в табл. 1. Видно, что эти рестриктазы по своим функциям подобны транспозазам. Поэтому, используя «липкие» концы, образованные этими рестриктазами, легче удастся соединить отрезки разных ДНК между собой. Благодаря этим свойствам такие рестриктазы широко используются в генной инженерии. К настоящему времени получено в чистом виде и изучено более 500 различных рестриктаз.

Методы выделения высокомолекулярной ДНК из различных организмов в чистом виде, разделения ее соответствующей рестриктазой на отрезки с образованием «липких» концов и разделения образовавшихся отрезков методом электрофореза, выбора из различных отрезков тех, которые необходимы, и соединения их между собой с помощью фермента лигазы в заданном порядке являются самыми простыми и основными методами генной инженерии.

Таблица 1

**Отдельные рестриктазы, а также распознаваемые и разрезаемые ими нуклеотидные последовательности**

Микроорганизм	Сокращенное название	Нуклеотидная последовательность 5'— 3', 3'— 5'
<i>Bacillus amulolique faciens</i> H	<i>Bam</i> HI	GGATCC CCT AGG
<i>Esherichia coli</i> RY13	<i>Eco</i> RI	GAATTC CTTAAG
<i>Haemophilus aegyptius</i>	<i>Haе</i> III	GGCC CCGG

**Задания**

**I. Прочитайте текст § 7, объясните рис. 24—26.**

**II. Ответьте на вопросы.**

1. Во сколько этапов осуществляется генная инженерия?
2. Какая группа плазмид целесообразна при клонировании генов?
3. Каково значение плазмидного гена, расщепляющего антибиотики, в технологии клонирования генов?



4. По какой причине ТДНК теряет свои функции при внедрении чужеродного гена в отрезок ТДНК, в котором находится Ti-плазмида?

**III. Определите правильные ответы в тестовых заданиях.**

1. С чем соединяется отрезок ДНК, выделенный из хромосомы при клонировании отрезка гетерологичной ДНК в составе плазмиды?
- А) с молекулой рекомбинантной ДНК;
  - В) с геном, внедренным в бактериальную клетку;
  - С) с кольцевой плазмидой с двойной цепью ДНК;
  - Д) с геном устойчивости к антибиотику;
  - Е) с рекомбинантной плазмидой.
2. Что используется в качестве вектора при клонировании отрезка ДНК?
- А) транспозон;
  - В) молекула ДНК вируса;
  - С) молекула ДНК фага;
  - Д) плазмида;
  - Е) все перечисленное.
3. Укажите порядок процесса изменения наследственности растения методом генной инженерии.
- 1) берется трансгенное растение;
  - 2) векторная конструкция вводится в агробактерию;
  - 3) вырезается отрезок ТДНК плазмиды рестриктазой;
  - 4) ТДНК пересаживается в плазмиду рBR 322;
  - 5) в отрезок ТДНК векторной конструкции пересаживается чужеродный ген.
- А) 1, 2, 5, 4, 3;      В) 3, 4, 5, 1, 2;      С) 3, 4, 1, 2, 5;  
Д) 3, 4, 5, 2, 1;      Е) 1, 3, 4, 5, 2.

## **§ 7. ПОЛУЧЕНИЕ РЕКОМБИНАНТНОЙ ДНК. КЛОНИРОВАНИЕ ГЕНОВ**

Генная инженерия осуществляется в несколько этапов.

1. Определяют ген, представляющий интерес по его функциям, затем его выделяют, клонируют и изучают его структуру.
2. Выделенный ген соединяют (рекомбинируют) с ДНК какого-нибудь фага, транспозона или плазмиды, имеющей способность рекомбинироваться с хромосомой, и таким путем создают векторную конструкцию.
3. Векторную конструкцию встраивают в клетку (трансформация) и получают трансгенную клетку.
4. Из трансгенной клетки в искусственных условиях можно получить зрелые организмы.

Получение рекомбинантной ДНК в искусственных условиях и клонирование генов впервые было осуществлено в 1972 г. американскими учеными Бойером и Коэном. Хромосомную ДНК бактерии *E. coli* и ее плазмиды они подвергали обработке в специальных пробирках ферментом рестриктазой *Eco RI* (Эко-эридин), образующей «липкие» концы. В связи с тем, что в составе кольцевой плазмиды содержится только одна специфическая нуклеотидная последовательность, которую распознает и разрезает фермент рестриктаза *Eco RI*, этот фермент разрезает двойную цепь ДНК плазмиды только в одном месте и переводит кольцевую плазмиду в открытое состояние с «липкими» концами. Молекула ДНК хромосомы разделяется на столько отрезков, сколько она содержит специфических нуклеотидных последовательностей, которые могут быть распознаны ферментом рестриктазой *Eco RI*. Отрезки ДНК в сильном электрическом поле электрофоретической установки разделяются по величине, и выделенные отрезки окрашиваются специальной краской. В результате образуются видимые невооруженным глазом наборы отрезков ДНК одной величины. Из электрофоретического геля можно выделить отрезок ДНК любой величины путем его растворения в воде. Таким способом Бойер и Коэн смешали в пробирке выделенный отрезок ДНК хромосомы с «липкими» концами и ДНК плазмиды, находящуюся в открытом состоянии, и сшили эти различные отрезки ДНК при помощи фермента лигазы с образованием ковалентной связи. В результате в состав плазмиды был введен отрезок ДНК хромосомы. Таким образом была впервые создана рекомбинантная плаزمида (рис. 24). В этой молекулярной конструкции ДНК плазмиды выполняет векторную (направляющую) функцию, поскольку, как указывалось выше, плазмиды могут рекомбинироваться в хромосомной ДНК. Эта векторная конструкция в силу наличия в ней гена устойчивости к антибиотикам была введена в бесплазмидную, т. е. неустойчивую к антибиотикам бактериальную клетку. Бактерии с рекомбинантными плазмидами в силу того, что они имеют ген устойчивости к антибиотикам, в отличие от бесплазмидных бактерий, не погибают в питательной среде, содержащей антибиотик. Поэтому в опытную пробирку вводится антибиотик и выделяется клон рекомбинантной бактерии, который затем выращивается. В каждой бактерии, составляющей данный клон, будет содержаться отрезок чужой (гетерологичной) ДНК, и этот отрезок может размножаться по мере размножения бактериальной биомассы. Кроме того, если реком-

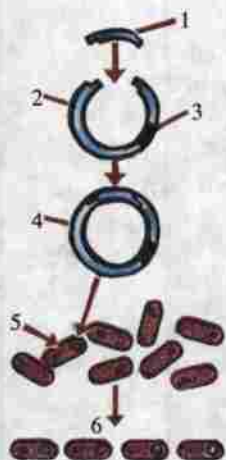


Рис. 24. Клонирование отрезка гетерологичной ДНК. 1 — отрезок ДНК, выделенной из хромосомы; 2 — плазмида; 3 — ген резистентности к антибиотикам; 4 — рекомбинантная молекула ДНК; 5 — ген, введенный в бактериальную клетку; 6 — клетка с рекомбинантной плазмидой выделяется по резистентности к антибиотикам. Остальные клетки в среде с антибиотиками погибают.

бинантная плазмида обладает способностью к автономной репликации, то отрезок чужой ДНК может размножаться еще десятки раз. Размножение чужой ДНК посредством векторной конструкции называется *клонированием генов*. В качестве вектора при клонировании отрезков ДНК могут быть использованы вирусные и фаговые молекулы ДНК или блуждающие генетические элементы.

**Перестройка наследственности растений методами генной инженерии.** Основной недостаток классического генетического метода изменения наследственности состоит в том, что при скрещивании двух организмов с разными генотипами происходит взаимная рекомбинация их ценных и не ценных в хозяйственном отношении генов. В результате в созданный сорт будут переходить, кроме тех генов, которые были желательны для генетика-исследователя, и гены, ухудшающие свойства сорта.

При применении методов генной инженерии данная проблема легко разрешается. Для этого в клетку растения, сорт которого хотят улучшить, вводится ценный ген и из этой клетки выращивается зрелое растение. Для введения в клетку определенного гена в качестве векторной молекулы пользуются плазмидой почвенной бактерии *Агробактериум*. В природе при заражении этим видом бактерии растения повреждаются. В результате беспорядочного деления клеток зараженного растения на нем развивается опухоль, которая вызывается отрезком ТДНК (ДНК, вызывающая опухоль) генома *Ti*-плазмиды. В основе появления опухоли лежит встраивание ТДНК в геном растительной клетки и изменение ею свойств клетки

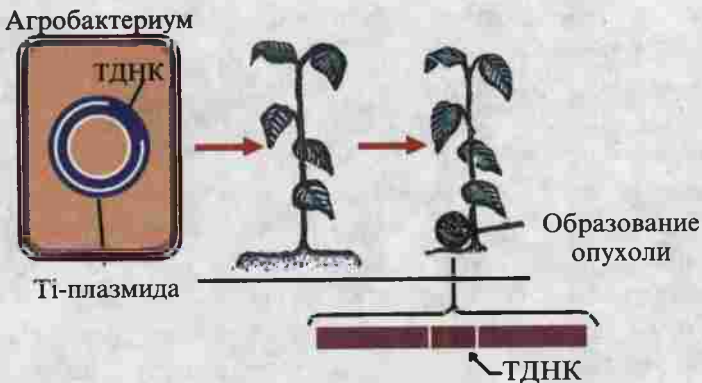


Рис. 25. Образование опухоли на растениях при заражении их некоторыми видами Агробактериума под воздействием отрезка ТДНК Ti-плазмиды. ТДНК, рекомбинируясь в хромосому растения, нарушает программу деления растительной клетки.

(рис. 25). Эта особенность ТДНК широко используется в генной инженерии.

Довольно большой размер Ti-плазмиды Агробактериума (более 20 тысяч нуклеотидных пар) несколько затрудняет ее использование в генной инженерии. Поэтому для перестройки наследственности растения методом генной инженерии при помощи рестриктазы получают отрезок ТДНК, плазмиды которого соединяют с плазмидой pBR 322 (пи-би-эр 322) и клонируют. Созданная искусственная плазида несколько меньше, чем Ti-плазида, и использование ее намного легче и эффективнее. Такие молекулы (созданные искусственные плазмиды) называются *векторными конструкциями*. На отрезок ТДНК векторной конструкции пересаживают растительный ген. В результате этого ТДНК теряет способность вызывать опухоль, так как она уже разделена на два отрезка чужеродным геном.

Векторная конструкция, содержащая расчлененные ТДНК и чужеродный ген, внедряется в безвредные для растения специальные штаммы Агробактериума, Ti-плазида которого не содержит ТДНК. При заражении растений этими бактериями Ti-плазида Агробактериума с помощью своего специального аппарата трансформации встраивает чужеродный ген в геном растения. В последние годы разработаны методы внедрения в растительную или животную клетку чужеродного гена в составе векторной конструкции с помощью

сверхмощного электрического поля или генных пушек. Однако эти методы применяются только в особых случаях из-за их технической сложности и дороговизны. Из растительной клетки, подвергнутой трансформации, получают трансгенное растение (рис. 26).

В результате деления трансформированной растительной клетки образуется набор клеток, которые развиваются по определенной программе. Такой набор называется *калусной тканью*. Отдельные клетки калусной ткани под действием растительных гормонов или других регуляторных веществ начинают делиться по заданной программе. В результате из таких клеток поэтапно получают ткани растительного эмбриона и нормальное во всех отношениях, зрелое трансгенное растение. В хромосомах каждой его клетки содержится пересаженный ген. Поэтому когда разведение трансгенного растения производится половым путем, пересаженный чужеродный ген передается по наследству.

С помощью генной инженерии выведены сорта хлопчатника и картофеля, которые отличаются устойчивостью к коробочному червю и колорадскому жуку. В Институте генетики и экспериментальной биологии растений АН РУз созданы трансгенные формы хлопчатника.

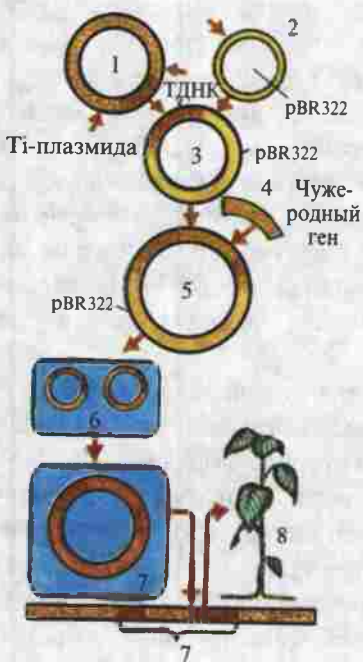


Рис. 26. Основные этапы получения трансгенного растения.

Путем соединения Ti-плазмиды (1), полученной из Агробактериума, с плазмидой (2) с уникальным рестрикционным сайтом создается векторная конструкция (3). В отрезок ТДНК векторной конструкции рекомбинируется чужой ген (4) и получается вектор (5) на основе Ti-плазмиды, не способной образовать опухоль. Этот вектор вводится в специальный штамм Агробактериума с Ti-плазмидой, не содержащей участок ТДНК (6). При выращивании в искусственных условиях созданной рекомбинантной агробактерии (7) вместе с протопластом растения вектор (8) рекомбинируется в геноме растения.

## Задания

I. Прочитайте текст § 8 и объясните рис. 27—29.

II. Ответьте на вопросы.

1. Какие существуют пути клонирования животных?
2. Каковы преимущества гибридной клетки?
3. Как вы размножите гибридные клетки для получения отдельных клонов гибридных клеток, синтезирующих моноклональные антитела?
4. Каково значение моноклональных антител?

III. Определите правильные ответы в тестовых заданиях.

1. Как получают клоны растений?  
А) размножением одной клетки в искусственных условиях;  
В) перекрестным опылением растений;  
С) вегетативным размножением черенкованием;  
D) самоопылением растений;  
E) А и С.
2. Когда и кем впервые разработана биотехнология создания клонов высших животных?  
А) в 1977 г. Гордоном; В) в 1977 г. Рослином; С) в 1975 г. Келером;  
D) в 1977 г. Мильштейном; E) в 1977 г. Томсоном.
3. Как называется клетка, полученная в результате соединения лимфоцитарной клетки, синтезирующей антитела, с раковой клеткой?  
А) протопласт; В) эндолитическая; С) гибридома;  
D) каллус; E) политения.
4. В каких целях используются моноклональные антитела?  
А) при диагностике болезней;  
В) при получении поликлональных антител;  
С) при клонировании генов; D) при получении гибридом; E) А.

## § 8. ИЗМЕНЕНИЕ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ЖИВОТНЫХ МЕТОДОМ КЛЕТОЧНОЙ ИНЖЕНЕРИИ. ПОЛУЧЕНИЕ ГИБРИДОМ

Достижения клеточной и генной инженерии нашли свое применение и при улучшении пород животных. Одной из первых в этом направлении является биотехнология получения в больших количествах яйцеклеток крупного рогатого скота с высокими хозяйственными и генетическими показателями. Известно, что у коров за один год образуется только одна, иногда две яйцеклетки, что не дает возможности быстро приумножать знаменитые породы



крупного рогатого скота. Введение инъекций определенного гормона коровам, дающим высокие удои качественного молока, позволило добиться образования у опытных коров большого количества яйцеклеток. Эти клетки были выделены из матки коров и оплодотворены в искусственных условиях. Образовавшиеся зиготы имплантированы в матку непородистых коров, не имеющих хозяйственно ценных показателей. В результате от непородистой коровы получено потомство ценной породы. Эта биотехнология применяется и в нашей стране.

Всемирно известная американская компания Монсанто, используя методы генной инженерии, начала производство гормона роста (growth hormone), который был инъецирован коровам. Это позволило добиться увеличения надоев молока. Продукция этой компании в настоящее время продается в продуктовых магазинах США.

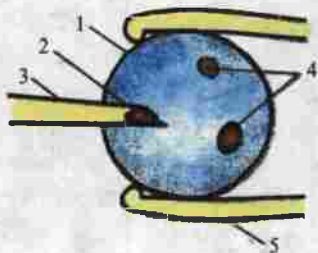
Микроинъецирование зиготы (оплодотворенной яйцеклетки) различными генами и получение трансгенных мышей или крыс практикуется во многих лабораториях. В нашей стране под руководством академика Д. Х. Хамидова, благодаря использованию этого метода, путем введения в зиготу кроликов гена гормона роста выведены трансгенные кролики, отличающиеся более быстрым ростом по сравнению с обычными.

**Клонирование животных.** Известно, что колония бактерий, образовавшаяся в результате деления одной клетки микроорганизма, называется клоном. Клоны растений получают в искусственных условиях культивированием одной клетки или черенкованием путем вегетативного размножения. Поскольку высшие животные не размножаются вегетативным путем, задача получения их клонов до недавнего времени считалась проблематичной. В 1977 г. английским ученым Дж. Гордоном была разработана биотехнология создания клонов высших животных (рис. 27—28).

В 1997 г. шотландским ученым Рослином был создан клон овцы,

Рис. 27. Пересадка ядра в процессе получения клонов лягушки. Из оплодотворенной яйцеклетки удаляют оба пронуклеуса и в нее вводят ядро клетки другой лягушки.

1 — оплодотворенная яйцеклетка; 2 — ядро, полученное из чужой клетки; 3 — микропипетка; 4 — пронуклеусы; 5 — поддерживающая пипетка.



и это открытие наделало много шума. До этого эксперимента в зиготу с удаленным ядром пересаживалось ядро из другой эмбриональной клетки, и образовавшаяся трансплантная яйцеклетка имплантировалась в матку неродной матери. Отличие результатов опытов Рослина от опытов Гордона и других описанных выше экспериментов состоит в том, что он впервые добился получения зрелого организма путем введения в зиготу с удаленным ядром ядра, выделенного из соматической клетки зрелого организма.

Использование при создании клона ядра соматической клетки зрелого организма вызывает у отдельных состоятельных лиц желание создать своего клона. Вполне вероятно, что этим способом физически возможно создание клона любого человека, однако идентичность созданного клона своему оригиналу в духовном и умственном отношении является весьма проблематичной.

**Гибридомы.** Развитие клеточной инженерии привело к возникновению биотехнологии получения гибридом и создало возможности для синтеза моноклональных антител.

Известно, что нормальные клетки делятся и размножаются очень медленно, и их деление ограничено. Раковые же клетки обладают свойством неограниченного и быстрого роста. Биомассу нормальной клетки, синтезирующей любой полезный белок, можно размножать в искусственных условиях и получать эти белковые вещества в больших количествах. Однако в силу ограниченности биомассы нормальных клеток эти проблемы не находили своего решения.

В 1975 г. английские ученые Келер и Мильштейн путем слияния лимфоцитарной клетки, синтезирующей в искусственных условиях антитела, с раковой клеткой, обладающей свойством неограниченного роста, создали гибридную клетку, не имеющую аналогов в



Рис. 28. Клон лягушки, полученный путем пересадки (трансплантации) ядра мелкой белой лягушки в оплодотворенную яйцеклетку крупной черной.



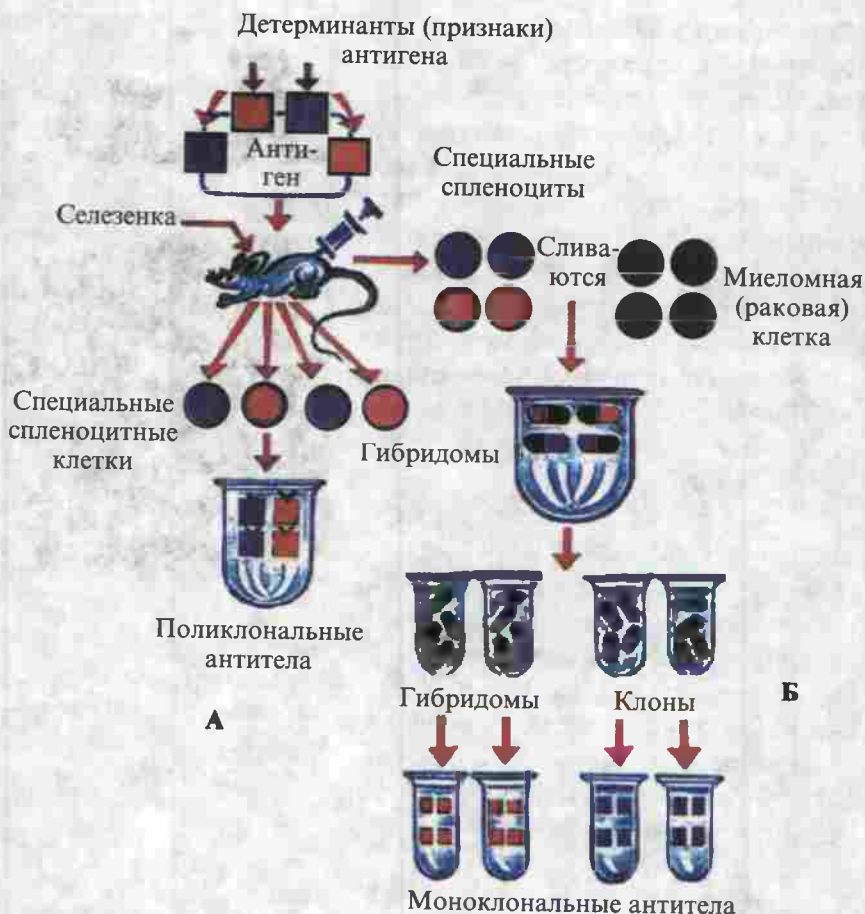


Рис. 29. Схема получения поликлональных и моноклональных антител. *А* — получение поликлонального антитела. Мышь иммунизируется каким-нибудь антигенным веществом. В клетках селезенки образуются специальные спленциты, синтезирующие антитела отдельно для каждой антигенной группы вещества. Они могут распознавать только свою соответствующую антигенную группу. Образовавшаяся смесь различных антител называется поликлональными антителами.

*Б* — получение гибридом и синтез моноклонального антитела.

Спленциты, образовавшиеся в ответ на антиген, сливаются с миеломной (раковой) клеткой, и получается гибридома. В результате раздельного размножения гибридом получают их клоны. Каждый клон-гибридома синтезирует моноклональное антитело, распознающее и связывающее только один антигенный признак. Моноклональные антитела используются для высокоточной диагностики заболеваний.

природе. Эта клетка была названа *гибридомой*. В результате была достигнута возможность неограниченного размножения клеток, синтезирующих антитела в искусственных условиях (рис. 29).

Гибридная клетка может быть получена в результате целесообразного соединения любой клетки с раковыми клетками. В настоящее время эта технология может быть использована наравне с генной инженерией при синтезе белковых регуляторов, антител и гормонов. Поэтому возможности биотехнологии, основанной на клеточной инженерии, неограниченны.

## Задания

### I. Прочитайте текст § 9.

### II. Ответьте на вопросы.

1. Расскажите о факторах, обуславливающих развитие генетической инженерии в Узбекистане.
2. Расскажите об исследованиях и полученных результатах в области генетической инженерии и биотехнологии в Узбекистане.
3. Перечислите направления биотехнологии.
4. Как вы представляете себе будущее генной и клеточной инженерии?
5. Что такое генная терапия?
6. Какими свойствами обладают клетки «основы»?
7. Как вы думаете, можно ли воссоздавать органы человека в пробирке?

### III. Определите правильные ответы в тестовых заданиях.

1. В каком году и кем были созданы клетки «основы»?  
А) 1998, Томсоном;                      В) 1998, Чеком;  
С) 1977, Рослином;                      D) 1977, Гордоном;                      E) 2000, Файлдом.
2. Для каких тканей приемлема технология создания «новых» органов?  
А) легкие, печень, хрящи;  
В) сердце, кожа, сухожилия;  
С) мочевого пузыря, кожа, хрящи;  
D) нервы, кишки, почки;  
E) сухожилия, кожа, хрящи.
3. Генная терапия — это...  
А) перестройка структуры генов;  
В) разработка лекарств путем введения генов в бактерию;  
С) рекомбинация генов;  
D) транспозиция генов;  
E) лечение различных наследственных заболеваний с помощью генов.

## § 9. ДОСТИЖЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ В УЗБЕКИСТАНЕ. ПЕРСПЕКТИВЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

Создание по инициативе Президента нашей республики Ислама Каримова Института генетики в составе Академии наук, утверждение постановлением правительства научной программы «Генинмар», определяющей развитие генной инженерии, организация Госкомитетом по науке и технике совместно с Академией наук центра генной инженерии «Генинмар» обеспечили возможности для создания биотехнологий, основанных на генетической инженерии.

Сотрудником данного научного центра И. Абдурахмановым совместно с биотехнологическим центром Техасского университета сельского хозяйства и механики США (Texas A and M) выделено семейство генов, определяющих длину хлопкового волокна и регулирующих цветение хлопчатника. Это позволило заложить основу биотехнологии, направленной на улучшение качества хлопкового волокна. Учеными лаборатории, руководимой профессором Ш. С. Азимовой, успешно завершен научный проект по созданию с применением методов генной и клеточной инженерии диагностикума для диагностики опасного заболевания печени — гепатита В, известного в народе под названием желтухи, и вакцины, предупреждающей эту болезнь.

Научная группа под руководством доктора биологических наук Р. С. Мухамедова и ведущего научного сотрудника Б. Ирисбаева с применением технологии PCR широко внедрила в практику биотехнологию генноинженерной диагностики десятков опасных наследственных заболеваний.

В сотрудничестве с Республиканским кардиологическим центром изучаются закономерности наследования заболевания кардиомиопатии (Б. Ирисбаев, Г. Хамидуллаева).

Ученые Института судебно-медицинской экспертизы при Министерстве юстиции совместно с центром «Генинмар» внедрили и усовершенствовали метод генной дактилоскопии (генная дактилоскопия — определение неизвестного лица по ДНК-последовательности гена и спектру генов) (Р. С. Мухамедов и А. Икрамов).

Профессор О. Т. Адылова выделила группу генов, обезвреживающих пестицидные остатки в почве и подземных водах, из штамма бактерии *Pseudomonas* и пересадила их в бактерию ризосферу, обитающую на поверхности волокон сосудов хлопчатника. Итогом этих экспериментов должно стать освобождение площадей, засе-

ваемых хлопчатником, от остатков гербицидов и пестицидов, которыми обрабатывался хлопчатник в течение десятков лет.

Как следует из изложенного, центром «Генинмар» создан и внедрен в жизнь целый ряд генноинженерных биотехнологий в областях экологии, сельского хозяйства, юстиции и здравоохранения нашей страны. В Институте генетики Академии наук открыт Центр геномных технологий, оборудованный новейшими научными приборами, благодаря чему созданы ценные формы трансгенного хлопчатника, семена которых интенсивно размножаются (А.Абдукаримов, И. Абдурахманов, З. Буриев).

### **Понятие биотехнологии. Достижения и перспективы биотехнологии**

Любая технология, созданная при участии биологических макромолекул и организмов с использованием знаний и закономерностей жизненных процессов, протекающих в живых существах, называется *биотехнологией*.

Возникновение биотехнологии своими корнями уходит в давние времена, когда люди на основе биологических процессов бессознательно использовали технологию приготовления простокваши из молока, браги из фруктовых соков. Кроме того, в основе разведения племенных животных или создания качественных сортов растений также лежит успешное регулирование человеком жизненных процессов. Такие биологические технологии являются несколько упрощенными проявлениями биотехнологии и называются *традиционными биотехнологиями*.

Позднее в результате развития биологических наук, в частности, биохимии, микробиологии и генетики, были заложены основы довольно сложной, весьма тонкой и эффективной *современной биотехнологии*. Открытие способов манипуляции (клонирование, трансформация) генетическим материалом ДНК и генами организмов обеспечило ускоренные темпы развития биотехнологии. Современная биотехнология развивается по пути получения необходимых для человека веществ из биомассы микроорганизмов путем их размножения в промышленных масштабах, а также в направлениях ферментной, генетической и клеточной инженерии.

В основе биотехнологий, разработанных в течение XX в., лежат микроорганизмы. Созданы возможности для производства различной продукции — лекарств, продовольственных продуктов и других биологически активных веществ с использованием быстро

размножающихся и хорошо изученных в генетическом отношении микроорганизмов. Например, путем введения в геном бактерии гена инсулина, выделенного из поджелудочной железы человека, можно получать биологически активный гормон инсулин в чистом виде или путем введения гена гормона роста вырабатывать большие количества гормона соматотропина, культивируя его бактерии в искусственных условиях. Ныне многие биотехнологические компании мира производят этим методом различные лекарства.

Прогресс молекулярной биологии к концу XX — началу XXI в. обусловил быстрые темпы развития генной и клеточной инженерии. Самые большие успехи этого периода были достигнуты, с одной стороны, благодаря выяснению полной последовательности генома человека и, с другой, — открытию 25 тысяч генов, регулирующих все жизненные процессы, протекающие в растениях, начиная с прорастания семян и кончая плодоношением. Создаваемые в настоящее время новые технологии осуществляются не только на основе микроорганизмов, но и более сложных животных и растений. В частности, продукция, получаемая в результате введения различных ценных генов в клетки растений и животных, начинает применяться в народном хозяйстве. Например, путем внедрения в геном банана генов, синтезирующих вакцину против инфекционных болезней, ученые добились получения трансгенных растений, в плодах которых вырабатывается готовая вакцина. При употреблении в пищу таких плодов банана у человека вырабатывается иммунитет против инфекционных заболеваний. Эта технология, несомненно, имеет большое экономическое значение. Кроме того, в результате введения в геном растений генов, выделенных из бактерий, которые усваивают токсическую ртуть, в настоящее время получены трансгенные растения, усваивающие ртуть из почвы. Высаживание таких растений в местах, зараженных ртутью, позволяет очистить от нее почву.

Одним из последних достижений генетической инженерии является технология лечения различных наследственных заболеваний человека посредством введения в его клетки функциональных генов. Это называется *генной терапией*. Широкое изучение генома человека еще больше увеличило возможности лечения наследственных болезней с помощью генной терапии.

Большие успехи в биотехнологии достигнуты в направлении клеточной инженерии. Выделяя одну здоровую клетку из органа больного и культивируя ее в искусственной питательной среде, можно получить набор клеток, относящихся к определенной ткани, и даже

восстановить этот набор клеток до целого органа. Затем этот новый орган пересаживают больному, и он выздоравливает. Это называется технологией создания «новых» органов. Данная технология, хотя и применима по отношению к коже, сухожилиям и хрящам, но не подходит для сердца, печени, почек и нервных тканей. Открытие в 1998 г. американским ученым Дж. Томсоном специальных «стволовых» клеток (*англ.* stem cells) намного облегчило эту трудность и открыло широкие возможности для развития технологии создания «новых» органов. «Стволовые» клетки — это клетки, которые еще не полностью сформировались, но похожи на эмбриональные и обладают способностью расти в искусственной среде до образования любой ткани. Выращивая такие клетки в среде с витамином А, можно получить даже нервные ткани. К настоящему времени полностью разработаны технологии получения тканей, присущих различным органам животных. Теперь на очереди стоит задача создания с использованием полученных тканей «новых» органов тела, схожих по функциям и форме с нормальными органами. Эта работа осуществляется бурными темпами в лабораториях мира.

## Выводы

1. Генетическая инженерия и современная биотехнология возникли в результате развития микробиологии, генетики и биохимии. Достижения молекулярной биологии, молекулярной генетики, биологии клетки, а также вновь открытые экспериментальные методы и новое оборудование обеспечили немыслимые темпы развития генетической инженерии и биотехнологии.

2. Доказательства, свидетельствующие о том, что основу наследственности всех растений и животных составляет молекула ДНК, что бактерии и фаги также подчиняются законам наследственности, что мутационный процесс является общим для всех живых существ и может регулироваться экспериментальными методами, способствовали развитию у ученых стремления управлять наследственностью.

3. Открытие блуждающих генетических элементов, доказательство появления изменений наследственной молекулы в ответ на воздействие внешней среды и передача этих изменений, как и мутационных, по наследству способствовали развитию у исследователей стремления менять расположение отдельных отрезков (генов) в молекуле ДНК или целенаправленно изменять наследственность путем пересадки генов.

4. Открытие и автоматизация определения нуклеотидной последовательности в молекуле ДНК, разделение отрезков ДНК посредством рестрикционных эндонуклеаз и высокоточных электрофоретических установок, открытие устройств, синтезирующих гены по заданной программе, позволили не только получить рекомбинантную ДНК, но и ускорили процессы производства генноинженерной продукции в промышленных масштабах.

5. Стыковка методов получения эмбриональных тканей из растительных клеток и тканей посредством использования искусственных питательных сред, витаминов, гормонов и микроэлементов и выращивания этих тканей до зрелого растения с достижениями генетической инженерии ускорила внедрение в жизнь биотехнологии целенаправленного получения трансгенных растений.

6. Создание биотехнологий получения гибридом привело к возникновению биотехнологий производства моноклональных антител. В результате объединения этой биотехнологии, основанной на клеточной инженерии, с генной инженерией появилась возможность разработки методов точной диагностики инфекционных и наследственных заболеваний, а также создания биотехнологий производства сывороточных антигенов — вакцин, предупреждающих инфекционные болезни.

7. Развитие биотехнологии пересадки ядра, выделенного из клетки любой ткани, в яйцеклетки человека и животного создало возможности для клонирования человека и животных. Именно с помощью этой технологии путем создания различных тканей разрабатываются технологии трансплантации тканей, полученных искусственным путем, в больной орган человека.

8. С применением данных, полученных в результате выполнения программы генома человека, создаются биотехнологии диагностики, прогнозирования сроков проявления и последствий и даже коррекции с помощью генной терапии всех наследственных заболеваний.

9. На основе данных, полученных из программ геномов растений, разрабатываются методы клонирования генов, имеющих любое хозяйственное значение, точного измерения их состояния и деятельности в растении, расширения и ускорения селекционного процесса.

10. В нашей стране проводятся исследования почти по всем перечисленным направлениям биотехнологии.

## Словарь терминов

**Автономные плазмиды** — кольцевые молекулы ДНК, не присоединяющиеся к основной хромосоме и способные к репликации автономно от нее.

**Агробактериум** (от *лат.* Agrobacterium) — почвенная бактерия, образующая опухоль при заражении растений.

**Антиген** (от *англ.* anti — против) — чужая для организма молекула, образующая антитела при внедрении в клетку.

**Антитело** — белковые молекулы, нейтрализующие антиген.

**Бактериофаги** — вирусы, паразитирующие на бактериях и подвергающие их лизису.

**Биотехнология** — технология производства продукции с использованием биологических макромолекул и организмов.

**Векторная конструкция** — молекула ДНК плазмиды, вируса или блуждающего генетического элемента, в которую введен имеющий то или иное значение отрезок ДНК.

**Ген** — отрезок ДНК, ответственный за синтез полипептидной цепи.

**Геном** — совокупность генов организма.

**Гибридома** — набор быстро делящихся гибридных клеток, образованных в результате соединения лимфоцитарной и любой другой клетки с раковой клеткой.

**Инсерция** (от *англ.* insertion — вводить) — внедрение отрезка ДНК в определенные места генома.

**Каллусная ткань** — набор неспециализированных клеток, образованных при делении клетки.

**Клон** — колония генетически схожих клеток, образованных из одной клетки.

**Лигаза** — фермент, связывающий друг с другом концы молекулы ДНК.

**Лизис** — уничтожение бактериальных клеток бактериофагами.

**Лизогения** — способность бактериофага укладываться в состоянии профага в геном бактерии.

**Лизогенная бактерия** — бактерия, содержащая в составе генома неактивный профаг.

**Молекулярная генетика** — раздел генетики, изучающий молекулярные основы наследственности организмов.

**Моноклональные антитела** — белковые молекулы гомогенного антитела, производимые гибридомами.

**Плазмида** — кольцевая молекула ДНК, расположенная вне хромосомы и способная к самостоятельной репликации.

**Поликлональные антитела** — белковые молекулы гетерогенного антитела, выработанного против попавшего в организм чужеродного вещества.



**Пронуклеус** — ядра сперматозоида и яйцеклетки в оплодотворенной яйцеклетке, еще не успевшие соединиться.

**Протопласт** — растительная клетка, оболочка которой удалена специальными методами.

**Рекомбинантная ДНК** — генетическая конструкция, полученная путем сшивания различных отрезков молекулы ДНК.

**Рестриктаза** (от *англ.* restriction — резать) — фермент, разрезающий молекулу ДНК на отрезки по специфической последовательности нуклеотидов.

**Ретротранспозон** — вирусоподобная молекула ДНК, переходящая в другое место генома после синтеза своей копии с помощью матрицы i-РНК.

**Сайт** (от *англ.* site — место) — единственная точка в молекуле ДНК. В зависимости от протекающего процесса она называется рестрикционным сайтом, рекомбинационным сайтом, транспозиционным сайтом.

**Ti-плазмида** — плазмида в клетке агробактерии, вызывающая опухолевое заболевание у растений.

**ТДНК** — отрезок ДНК в составе Ti-плазмиды Агробактериума, образующий опухоль.

**Транскрипция обратная** — синтез двуцепочечной молекулы ДНК из одноцепочечной молекулы РНК.

**Трансгенное растение** (от *англ.* trans — перенос) — растение с новым свойством, полученное в искусственных условиях путем введения в его клетку чужеродного гена.

**Трансдукция** — выведение профагом того или иного гена из генома бактерии в период индукции.

**Трансмиссибельная плазмида** — плазмида, способная рекомбинироваться в составе клеточных хромосом.

**Транспозоны** — генетические структуры, которые вырезаются из генома и перемещаются в другое место генома.

**Транспозаза** — фермент, обеспечивающий перемещение транспозонов.

**Трансформация** — переход отрезка ДНК одной клетки в геном другой клетки в функционально активном состоянии.

**Фаг** — сокращенное название бактериофага, вид вируса.

**Штамм** — тип клеток одного вида, отличающихся только отдельными генами.

**Экцизия** (от *англ.* excision — выход) — процесс выхода профага из генома бактерии.

**Электрофорез** — метод разделения молекул в специальном геле, помещенном в электрическое поле установки, по величине их отрезков.

**Эндонуклеаза** — фермент, разрезающий цепь ДНК (рестриктаза).

## Г л а в а III

### ЭВОЛЮЦИОННОЕ УЧЕНИЕ

В настоящей главе приводятся данные об истории изучения природы, ее устройства, происходящих в ней явлениях, учение Дарвина о происхождении и многообразии культурных растений и домашних животных, изменчивости и наследственности, искусственном отборе, борьбе за существование, естественном отборе, происхождении видов, приспособлениях организмов, их возникновении, а также сведения о достижениях современной биологической науки в области эволюции органического мира, т. е. основах микроэволюции.

#### Задания

I. Прочитайте текст § 10.

II. Заполните таблицы.

Таблица 2

Представления естествоиспытателей древнего мира о природе

Древний Египет	Древняя Индия	Древний Китай

Таблица 3

Взгляды ученых древнего мира на устройство природы и природные явления

Греческие ученые			Римские ученые
Гераклит	Эмпедокл	Аристотель	Лукреций Кар

Таблица 4

Взгляды средневековых ученых Центральной Азии на устройство природы и природные явления

Фараби	Беруни	Ибн Сина	Бабур

Основываясь на данных табл. 2—4, расскажите учителю или однокурсникам о взглядах ученых на природу, ее устройство, происходящие в ней явления.

### III. Определите правильные ответы в тестовых заданиях.

1. Ученый, который разделял животных на группы «с кровью» и «без крови», — ...  
А) Гераклит; В) Эмпедокл; С) Кротонский; D) Аристотель;  
Е) Лукреций Кар.
2. Ученые, которые выдвигали положение о том, что между организмами идет борьба за существование и естественный отбор, — ...  
А) Эмпедокл, Абу Али ибн Сина;  
В) Аристотель, Абу Наср Фараби;  
С) Абу Наср Фараби, Абу Райхан Беруни;  
D) Лукреций Кар, Гераклит;  
Е) Гераклит, Абу Райхан Беруни.

IV. Задание. Запомните выводы и значения терминов, приведенных в конце главы.

## § 10. ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

**Страны Древнего Востока.** Представления об устройстве природы, происходящих в ней явлениях возникли в странах Древнего Востока — Египте, Китае, Индии — за несколько тысячелетий до нашей эры. В частности, в Древнем Египте были известны многие виды животных и растений, выращивались зерновые, овощные культуры, фруктовые деревья, разводился крупный рогатый скот, лошади, овцы, козы, ослы, свиньи. Были одомашнены одnogорбый верблюд, газель, кошка, гусь, утка, голубь, отдельные виды лебедя.

В Древней Индии считали, что природа состоит из огня, земли, воды, воздуха и эфира, из сочетания которых возникают живые организмы, растения и животные. Они полагали, что слизистое вещество, смешиваясь с желчью, образует кровь, мышцы, жир, кости, мозг. Как отмечается в пособиях по природе, созданных в VI—I вв. до н. э., живые организмы обладают наследственными признаками, обеспечивающими сходство детей с родителями. Ребенок появляется в результате слияния продуктов половых органов мужчины и женщины.

В трудах, написанных в Китае в IX—VII вв. до н. э., отмечается, что все в природе — вода, огонь, земля, металлы — возникло из про-

тивоположных материальных частиц, они, в свою очередь, послужили основой для возникновения растений, животных и человека. Жители Древнего Китая еще за два тысячелетия до нашей эры занимались земледелием и скотоводством. Именно поэтому Китай считается родиной многих видов культурных растений и домашних животных.

Представления о неживой и живой природе, возникшие в странах Востока в древности, впоследствии оказали влияние на науку Древней Греции и Рима.

**Древняя Греция и Рим.** По представлениям греческих ученых, живших до V в. до н. э., мир появился из воды, огня и воздуха, а первые животные произошли из воды. Их тело было покрыто чешуйками, которые исчезли с переходом животных на сушу. Гераклит указывал, что природа постоянно обновляется.

По мнению греческого ученого Эмпедокла (490—430 гг. до н.э.), вся неживая и живая природа произошла из противоположностей — огня и воды, воздуха и земли. Сначала по отдельности возникали органы и части животных, потом они, соединяясь друг с другом, образовали организмы. Соединение соответствующих друг другу органов приводило к развитию нормальных, а соединение несоответствующих — к развитию ненормальных организмов. Первые, размножаясь, оставляли потомство, а последние погибали.

В развитие естествознания Древней Греции большой вклад внес Аристотель (384—322 гг. до н.э.). Он создал основу классификации животных, впервые затронул вопросы сравнительной анатомии и эмбриологии. Его перу принадлежат такие труды, как «О возникновении животных», «О частях животных» и др. В них он выдвигал некоторые идеи о постепенном развитии природы. Аристотелю было известно около 500 видов животных. Он указывал на необходимость при классификации животных обращать внимание не на отдельные, а на множество признаков. Всех животных он разделял на две большие группы — животные «с кровью» и «без крови», которые соответствуют современным позвоночным и беспозвоночным. Животные «с кровью» были разделены на пять больших родов. Понятие «большой род» может быть отождествлено с современным понятием «класс». Аристотель различал 130 видов «бескровных». Как он подчеркивает, медузы, актинии и губки по своей организации близки, с одной стороны, к животным, а с другой — к растениям. Поэтому Аристотель называл их зоофитами.

Как указывается в труде «О возникновении животных», развитие эмбриона происходит в определенной последовательности. Зародыш сначала имеет структуру, свойственную зоофитам, но постепенно приобретает общие черты животных, строение, свойственное своему виду, и, наконец, черты, присущие данному индивиду. По мнению ученого, внутренности всех животных «с кровью» похожи друг на друга и расположены одинаково.

Один из учеников Аристотеля, Теофраст, изучил более 400 видов растений и описал их строение, физиологию и практическое значение. Он поддерживал мысль о возможности превращения растений одного вида в другой.

Римский ученый Лукреций Кар (99—55 гг. до н.э.) утверждал, что мир возник сам собой, животные также произошли из земли, причем сначала возникли нежизнеспособные виды, впоследствии — научившиеся двигаться, питаться, размножаться, защищаться от врага нормальные животные.

Клавдий Гален (130—200 гг.) был одним из основоположников медицины. Он изучил строение овцы, собаки, медведя и других позвоночных животных, отметил сходство строения тела обезьяны и человека. Однако его положения в области физиологии не лишены некоторых ошибок. Например, по его мнению, воздух поступает в сердце, кровь переходит из одного желудочка в другой через отверстия в стенке, расположенной между ними.

**Центральная Азия.** Из глубокой древности до нас дошли священные книги, в которых приводятся сведения о земледелии, скотоводстве, медицине и других областях жизни народов Центральной Азии, рассказывается также о природных явлениях. Одна из них — «Авеста», написанная 2700 лет тому назад, содержит сведения о природных ресурсах, растительном и животном мире, природе, жизни народов Центральной Азии и соседних стран.

Происхождение мира, природа и природные явления, образ жизни людей изображены в «Авесте» как противоборство двух противоположных сил — Ахура Мазды и Анхра Ману. Создатель вселенной и жизни Ахура Мазда сотворил все хорошее и прекрасное, а Анхра Ману — все нехорошее и безобразное, например, волков, драконов, насекомых-вредителей, скорпионов, лягушек, комаров, муравьев. Собака рассматривается как символ преданности и пользы, а волк — как символ жестокости.

В разделе «Авесты», относящемся к медицине, подчеркивается, что необходимо соблюдать чистоту воды, не допускать загрязнения



Р и с. 30. Абу Наср Фараби.



Р и с. 31. Абу Райхан Беруни.

колодцев и родников, соблюдать чистоту и опрятность, ухаживать за ногтями и волосами.

Земля считалась священной, поэтому запрещалось хоронить умерших в землю. Их оставляли на съедение червям и диким животным. Основной причиной этого являлась, с одной стороны, необходимость соблюдения чистоты почвы, с другой, — то, что зороастрийцы истолковывали смерть как враждебную силу.

В то время как в Европе в средние века естественные науки подвергались гонению, в Центральной Азии продолжалось их бурное развитие. Центральноеазиатские ученые внесли большой вклад в развитие естествознания, особенно биологических наук.

Именно поэтому великие ученые Центральной Азии, жившие и творившие в IX—XV вв., считаются достойными предшественниками великих европейских ученых XVI—XVIII вв.

Абу Наср Фараби (873—950 г.) (рис. 30) высказал ряд соображений, касающихся ботаники, зоологии, анатомии человека и других областей естествознания. Он указывал на то, что организм человека является целостной системой и что возникновение различных болезней связано с изменением режима питания. Фараби утверждал, что человек произошел от животных, поэтому у него сохранилось некоторое сходство с ними. Он признавал существование естественного и искусственного отбора.

В развитие естествознания в средние века большой вклад внесли Абу Райхан Беруни и Абу Али ибн Сина. Беруни (973—1048 г.) родился и учился в Хорезме. Он знал арабский, греческий, сирийский, древнеиндийский (санскрит) языки, написал более 150 трудов



Рис. 32.  
Абу Али ибн Сина.

по различным отраслям науки. Беруни (рис. 31) указывал, что природа возникла из пяти элементов: пространства, воздуха, огня, воды и почвы.

Беруни критически относился к учению древнегреческого ученого Птолемея о том, что Земля является центром Вселенной и неподвижной планетой. Он считал, что Земля имеет круглую форму и нет ничего удивительного в том, что она вращается вокруг Солнца. Следовательно, Беруни еще за 500 лет до польского астронома Коперника имел правильное представление об основах строения Солнечной системы. По его мнению, земная поверхность постоянно подвергается изменениям: в безводных местах постепенно возникают реки, моря, которые, в свою очередь, также меняют свое расположение. По утверждению Беруни, условия для развития животных и растений ограничены, поэтому между живыми существами идет борьба за существование, которая составляет сущность их жизни.

Беруни считал, что если бы природа не ограничивала размножение какого-нибудь вида, он занял бы все пространство на земле. Однако такому размножению препятствуют другие организмы и борьба между ними приводит к возникновению более приспособленных организмов. На основе положений, высказанных Беруни, о борьбе за существование, естественном отборе, мы убеждаемся в том, что наш соотечественник констатировал наличие движущих факторов эволюции на 800 лет раньше, чем английский естествоиспытатель Чарльз Дарвин.

По мнению Беруни, все в природе живет и развивается в соответствии с законами природы. Хотя он не признавал исторического развития живой природы, но допускал, что пчелы произошли от растений, черви от мяса, скорпионы от инжира. Согласно предположению ученого, изменение земной поверхности влечет за собой изменение растений и животных. Беруни признавал, что различия в цвете кожи, внешнем виде, характере, поведении людей зависят не только от их наследственности, но также и от почвы, воды, воздуха и условий среды. Он отмечал, что человек в своем развитии

далеко ушел от животных. Он подчеркивал, что деление людей на высшие и низшие расы является следствием невежества.

Известный ученый-естествоиспытатель Центральной Азии Абу Али ибн Сина (980—1037 гг.) верил в объективную реальность природы (рис. 32).

По его мнению, горы возникли под воздействием воды или в результате поднятия земли. Когда-то некоторые участки земли были морским дном, поэтому в этих местах встречаются остатки водных животных, например, раковины. В своих трудах Ибн Сина отмечал наличие сходства у растений, животных и человека, так как все они питаются, размножаются и растут. Растения находятся на низшей ступени развития, животные — на средней, а человек — на самой высшей. В средние века, когда запрещалось изучать строение тела человека, Ибн Сина занимался анатомией тайно. Ученый написал много научных трудов, из которых до нас дошли 242. Из них 23 труда посвящены медицине. Ученый прославился как один из основоположников медицины. Ибн Сина — автор всемирно известного научного труда «Канон медицины», являющегося энциклопедией медицинских знаний средневекового Востока. «Канон медицины» состоит из пяти книг. В первой книге описываются строение и функции тела и органов человека, различные заболевания с указанием причин их возникновения, методы их лечения. Во второй книге указываются лекарства, получаемые из растений, минералов и животных, и заболевания, которые излечиваются каждым из них. Третья книга посвящена заболеваниям каждого органа человека, способам их выявления и лечения. В четвертой книге речь идет о хирургии, то есть лечении вывихов и переломов костей. В пятой книге приводятся сведения о сложных лекарствах и способах их приготовления. «Канон медицины» Ибн Сины на протяжении 500 лет изучался в университетах Европы в качестве основного медицинского руководства и издавался более 40 раз. Ученый считал, что причиной некоторых болезней человека (оспа, холера, туберкулез) являются невидимые организмы. Следовательно, Ибн Сина предполагал распространение инфекционных заболеваний через воду и воздух еще задолго до открытия микроскопа и на 600—700 лет раньше становления микробиологии как науки.

Захириддин Мухаммад Бабур (1483—1530 гг.) был не только великим государственным деятелем и поэтом, но и крупным ученым-естествоиспытателем. В его книге «Бабурнаме» наряду с интересными сведениями об истории, географии, образе жизни и культуре



народов Центральной Азии, Афганистана и Индии, описываются их растительный и животный мир. Приводя данные о сходствах и различиях растений и животных, их строении и образе жизни, Бабур основывался не на литературных сведениях и не на рассказах людей, а на том, что наблюдал сам. В частности, он указывал, что на пастбищах Самарканда и Бухары в изобилии растут арча, кустарники, кипарисы, оливы, платаны, что многие животные этих мест схожи с животными Индии. Бабур описал внешний вид и образ жизни попугаев, кур, аистов, слонов, обезьян, дельфинов, крокодилов, оленей и других животных. Он разделил животный мир на четыре группы: животные, обитающие на суше; птицы; животные, живущие около воды; водные животные.

Таким образом, представления и знания о природе, об изменениях, происходящих в ней, о строении растений и животных накапливались постепенно на протяжении 3000—4000 лет. Большую роль в этом сыграли средневековые ученые Центральной Азии.

### Задания

I. Прочитайте текст § 11.

II. Заполните таблицы.

Таблица 5

Открытия, сделанные в естественных науках до Дарвина

Науки	Открытия
Анатомия	
Эмбриология	
Палеонтология	
Цитология	

Таблица 6

Описание систем животных Карлом Линнеем, Жоржем Кювье, Жан Батистом Ламарком

Карл Линней	Жорж Кювье	Жан Батист Ламарк

## Толкование созданных систем

Карл Линней		Жорж Кювье		Жан Батист Ламарк	
положительная	отрицательная	положительная	отрицательная	положительная	отрицательная

Ш. Укажите на карте, где побывал и что видел Чарльз Дарвин во время кругосветного путешествия на корабле «Бигль».

## § 11. ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ И ОБЩЕСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭВОЛЮЦИОННОГО УЧЕНИЯ

### Развитие систематики и других естественных наук

В середине XV в. в европейских странах на смену феодализму пришла власть буржуазии. В результате этого стали возникать промышленные центры, крупные города, некоторое развитие получили наука и техника. Стало возможным путешествовать на далекие расстояния. Начались завоевание чужих стран, ограбление их природных богатств, эксплуатация народов. В больших городах создавались ботанические сады и зоопарки. Из других стран в Европу были завезены многие виды растений и животных, не известных европейцам. Все это пробудило большой интерес к их изучению.

В результате этого знания людей в данной области стали гораздо обширней, чем в античный период. Для дальнейшего развития ботаники и зоологии требовалось сначала классифицировать уже известные виды растений и животных. Этим занимался известный шведский ученый Карл Линней (1707—1778 гг.) (рис. 33). Самоотверженный ученый описал свыше 10 тыс. видов растений и более 4200 видов животных. Он объединил виды в роды, роды в семейства, семейства в отряды, а отряды в классы. В курсах ботаники и зоологии вы познакомились со многими типами, классами, отрядами, семействами, родами и видами водорослей,



Рис. 33.  
Карл Линней.

споровых, голо- и покрытосеменных растений, беспозвоночных и позвоночных животных. В настоящее время получили широкое развитие разные отрасли биологии. Поэтому при систематизации растений и животных принимается во внимание множество их признаков и свойств. Такой подход, в свою очередь, позволяет систематизировать живые существа на основе их родственных отношений.

Во времена Линнея многие отрасли биологии были еще не развиты, поэтому ему удалось создать лишь искусственную систему, которая была основана на отдельных признаках растений и животных. Он объединил все растения по числу пыльников и длине тычиночных нитей в 24 класса, а животных по строению в 6 классов. В результате этого близкие по происхождению и родственным связям организмы были объединены в разные классы и, наоборот, организмы, различные по происхождению и родственным связям, — в один класс. К. Линней считал, что виды растений и животных не изменяются. Хотя созданная им система и была искусственной, но впоследствии его деятельность послужила толчком для всестороннего изучения органического мира. После трудов Линнея ботаника и зоология стали развиваться быстрыми темпами.

В развитие биологической науки большой вклад внес французский ученый Жорж Кювье (1769—1832 гг.). Он проводил исследования в области морфологии, анатомии, систематики, палеонтологии. Кювье утверждал, что основная задача морфологии состоит не в простом описании строения организма животных, а в раскрытии его закономерностей. По его мнению, каждое живое существо является целостной системой, и его органы неразрывно связаны между собой. В соответствии с этим изменение одного, например, органа пищеварения животного, приводит к изменению других связанных с ним органов. Хотя ученый и признавал на словах взаимосвязь изменений органов животного, но на практике он отрицал это. Согласно выдвинутому Кювье положению, каждый вид животных возникает в определенной среде, в которой он обитает, поэтому у животных не происходит никаких изменений. При систематике животных Кювье использовал открытый им принцип корреляции органов. В отличие от Линнея, он считал, что при систематизации животных основное внимание необходимо обращать на строение нервной системы, обеспечивающей связь с внешней средой. По строению нервной системы ученый разделил всех животных на четыре типа: позвоночные, моллюски, членистые, лучевые. По утверждению Кювье, эти типы животных постоянны и неизменны.

В XVIII—XIX вв. определенные исследования проводились также в области изучения индивидуального развития животных и растений. В 1827 г. Карл Бер впервые открыл яйцеклетку у млекопитающих. При тщательном изучении развития цыпленка он установил, что его органы развиваются постепенно. Бер установил сходство животных, относящихся к различным классам, на начальных этапах эмбрионального развития. В конце XVIII — начале XIX в. сформировалась палеонтология — наука об ископаемых животных и растениях. В развитии этой науки велика заслуга Жоржа Кювье, который изучил более 150 видов ископаемых млекопитающих и пресмыкающихся. С помощью принципа корреляции органов Кювье разработал и применил на практике метод восстановления вида целого животного по отдельным костям ископаемых животных. Он установил, что в разные эры и периоды Земли проживали самые разнообразные виды животного мира. Хотя ученый утверждал, что со временем они усложнялись, но объяснял эти изменения с точки зрения теории катастроф.

К 40-м годам XIX в. была создана клеточная теория. Ее авторами являются немецкие ученые Т. Шванн и М. Шлейден. Она считается одним из величайших открытий естествознания XIX в. Согласно этой теории, все живые существа, растения, животные, тело человека состоят из клеток. Клеточная теория послужила основой для предположения о единстве строения всех организмов.

### Учение Ламарка

Учение об эволюции органического мира впервые было создано французским естествоиспытателем Жаном Батистом Ламарком (1744—1829 гг.) (рис. 34). Он проводил научные исследования сначала в области ботаники, впоследствии — зоологии. Впервые идею об эволюции Ламарк выдвинул в своем труде «Введение в зоологию», но преобразовал эту идею в эволюционную теорию в труде «Философия зоологии», изданном в 1809 г.

По мнению Ламарка, простейшие существа самопроизвольно зарождаются из неорганической природы. Впоследствии, изменяясь под воздействием внешней среды и со временем усложняясь, они превращаются в высшие организмы. Следовательно, время имеет



Рис. 34. Жан Батист Ламарк.

большое значение как фактор эволюции организмов. Отвечая на вопрос, почему же в настоящее время вместе с животными, имеющими сложное строение, встречаются простейшие существа, Ламарк объяснял, что они произошли из неживой природы недавно и поэтому еще не успели приобрести сложное строение. Ламарк занимался также систематикой животных. Он разделил всех животных на 14 классов. Из них 4 класса относятся к позвоночным, 10 классов — к беспозвоночным. В зависимости от строения органов пищеварения, кровообращения, дыхания и нервной системы Ламарк подразделил животных на 6 ступеней. Переходя от низшей ступени к высшей, эти системы органов постепенно усложняются. Следовательно, в отличие от К. Линнея, Ламарк попытался создать естественную систему. Самая важная заслуга Ламарка состоит в том, что его эволюционная идея была подтверждена множеством доказательств. По утверждению ученого, изменение организмов и возникновение их новых видов происходят, с одной стороны, благодаря их стремлению к совершенствованию и, с другой, — вследствие непосредственного влияния внешних факторов.

По мнению Ламарка, растения и низшие животные со слабо развитой нервной системой изменяются прямо под воздействием внешней среды. Животные же, имеющие сложное строение нервной системы, изменяются опосредованно, в результате изменения их потребностей, повадок и привычек, упражнения или неупражнения органов.

Признавая постепенность изменений в природе, Ламарк отрицал реальность видов. Хотя он и заложил основу учения об эволюции органического мира, однако не смог объяснить ее движущие силы — борьбу за существование, естественный отбор.

Таким образом, данные, собранные в первой половине XIX в. в различных отраслях естествознания, показали, что органический мир не находится в застывшем состоянии, а постоянно изменяется. Однако единая теория об эволюции органического мира еще не была создана. Хотя и признавалась изменчивость органического мира, вопрос о причине приспособленности каждого вида организмов к условиям своей среды обитания еще не нашел решения. Основная задача естествознания состояла в разработке единой теории об эволюции органического мира на основе накопления и обобщения данных, собранных в различных его отраслях. Это позволило бы положить конец ошибочным взглядам, которые в течение многих веков господствовали в естествознании, и направить дальнейшее развитие

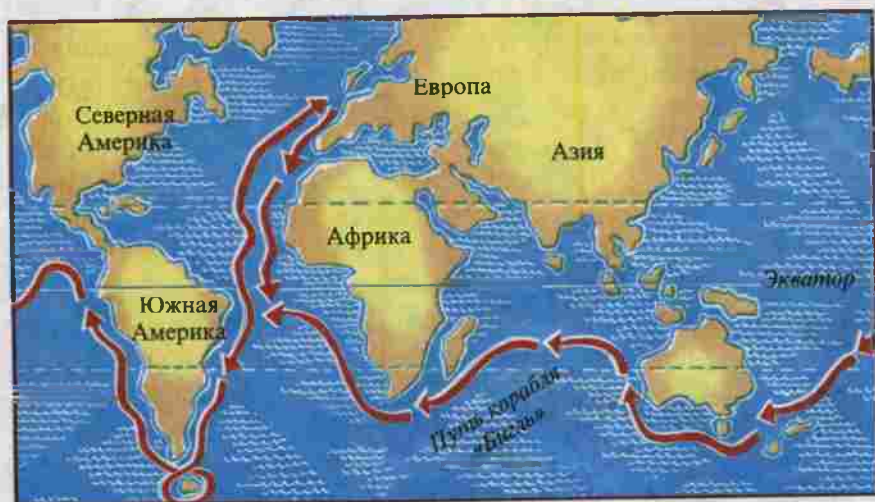
биологии по научно обоснованному пути. Для решения этой огромной задачи нужна была незаурядная личность с обширными знаниями.

Именно такой личностью был Чарльз Дарвин.

### Общественно-экономическое положение Англии в XIX в.

К XIX в. Англия являлась крупной страной с развитой промышленностью и сельским хозяйством, установившей господство над многими странами. Развитие промышленности привело к тому, что часть сельского населения перебралась в города. Бурное развитие промышленности потребовало дальнейшего увеличения сырья, получаемого от животноводства и в целом от сельского хозяйства. Чтобы удовлетворить возросшие потребности в сельскохозяйственном сырье, английские селекционеры начали выводить высокопродуктивные породы овец, крупного рогатого скота, птицы, высокоурожайные сорта овощных и зерновых культур. Занятие селекцией приобрело массовый характер. Результаты селекции положили конец господствовавшим в то время представлениям о неизменности животных и растительных организмов.

С целью поиска все новых и новых источников сырья для промышленности английское правительство организовывало экспедиции в другие страны. В одной из таких экспедиций в качестве натуралиста участвовал и Чарльз Дарвин (рис. 35).



Р и с . 35. Маршрут корабля «Бигль».



Рис. 36. Чарльз Дарвин.

**Биография Ч. Дарвина и путешествие на корабле «Бигль».** Чарльз Дарвин (рис. 36) родился 12 февраля 1809 г. в английском городе Шрюсбери в семье врача. По окончании школы он поступил на медицинский факультет Эдинбургского университета. Однако преподавание многих предметов на латинском языке и оперирование больных без наркоза отвратили его от медицины. По этой причине он оставил университет и по совету отца поступил на богословский факультет Кембриджского университета.

Здесь Дарвин, не особенно увлекаясь религиозными догмами, начал изучать естественные науки под руководством профессоров Д. Гукера и А. Седжвика и активно участвовал в организуемых ими экспедициях.

В 1831 г. он окончил университет, однако не стал священником. Профессор Генсло, зная об увлечении молодого Дарвина естественными науками и о его способностях вести наблюдения за природой, дал ему рекомендацию для работы натуралистом на корабле «Бигль», который отправлялся в кругосветное плавание. На этом корабле Дарвин в течение пяти лет плавал по Атлантическому, Тихому и Индийскому океанам и побывал на многих островах, на восточном и западном побережьях Южной Америки, в Австралии, в южных районах Африки. Он познакомился с распространенными там растениями и животными. Изучив останки ископаемых и ныне существующих животных и сравнив их, он определил сходства и различия между ними. Сравнивая животных Северной и Южной Америки, Дарвин отметил, что обитающие в Южной Америке лама, тапир, ленивец, муравьед, броненосец не встречаются в Северной Америке. Дарвин утверждал, что эти два континента в древности составляли единое целое, а затем были разделены горными хребтами. В результате этого животный и растительный мир Северной и Южной Америки стал различаться. Особенно поразил Дарвина животный и растительный мир



Рис. 37. Различия в клювах горных вьюрков Галапагоса.



Галапагосского архипелага, расположенного на расстоянии 900 км от западного берега Южной Америки. Часто встречающиеся там выюрки из отряда воробьиных и черепахи на каждом острове отличаются своеобразным строением. Животный и растительный мир Галапагосского архипелага в общих чертах сходен с таковым Южной Америки, однако все же отмечаются различия по отдельным признакам и свойствам (рис. 38).

Из кругосветного путешествия Дарвин вернулся с очень богатой коллекцией животных и гербариями. Собранные во время путешествия доказательства послужили основой для создания Дарвином учения об эволюции органического мира.

### Задания

**I. Прочитайте текст § 12.**

**II. Внимательно изучите табл. 8—10.**

**III. Обратите внимание на рис. 38—40.**

**IV. Ответьте на вопросы.**

1. Какие сходства и различия существуют между сознательным и бессознательным отбором?
2. От чего зависит успешность искусственного отбора?
3. Какие цели преследует человек, проводя искусственный отбор?
4. Какие признаки хлопчатника изменены путем искусственного отбора?
5. Расскажите о подробностях опытов русского ученого Д. К. Беляева.

**V. Определите правильные ответы в тестовых заданиях.**

1. Крупные произведения Дарвина — ...
  - А) «Происхождение видов», «Дарвин и его учение», «Происхождение человека и половой отбор»;
  - В) «Происхождение видов», «Дарвин и его учение», «Прогресс в растительном и животном мире»;
  - С) «Происхождение видов», «Происхождение человека и половой отбор», «Изменчивость домашних животных и культурных растений»;
  - Д) «Дарвин и его учение», «Философия зоологии», «Канон медицины»;
  - Е) «Дарвин и его учение», «Происхождение видов», «Влияние перекрестного и самоопыления в растительном мире».
2. Когда началось одомашнивание диких животных и окультуривание диких растений?
  - А) 10—12 тыс. лет назад; В) 9—10 тыс. лет назад;
  - С) 3—5 тыс. лет назад; Д) 1—2 тыс. лет назад; Е) до нашей эры.
3. В какие годы Дарвин совершил кругосветное путешествие на корабле «Бигль»?



- А) 1830—1835; В) 1828—1833;  
С) 1831—1836; D) 1835—1840; E) 1826—1831.

4. Определите породы и виды, произошедшие от одного дикого предка.
- А) домашние голуби, свекла, овца;
  - В) капуста, голубь, крупный рогатый скот, свинья;
  - С) овца, крупный рогатый скот, собака, курица;
  - D) курица, голубь, капуста, свекла;
  - E) свинья, собака, овца, крупный рогатый скот.

## § 12. СУЩНОСТЬ УЧЕНИЯ ДАРВИНА

Вернувшись из кругосветного путешествия, Дарвин начал изучать собранный материал совместно с известными учеными-естествоиспытателями Англии. Одновременно с этим он исследовал опыт выведения новых пород животных и сортов растений, а также знакомился с трудами своих предшественников и современников. На основании этого в 1842 г. он впервые написал научный труд об эволюции органического мира, который в течение последующих 15 лет расширял, углублял и обогащал достоверными фактами.

Наконец, в 1859 г. он опубликовал свой знаменитый труд «Происхождение видов». Дарвин написал еще ряд произведений, среди которых следует указать «Изменчивость домашних животных и культурных растений» (1868), «Происхождение человека и половой отбор» (1871), «Влияние перекрестного и самоопыления в растительном мире» (1876). В них ученый привел огромный фактический материал об эволюции органического мира, изложил результаты исследований, взгляды и соображения своих предшественников и современников в этой области. Дарвин подчеркивал, что движущими силами эволюции органического мира являются наследственность, изменчивость, борьба за существование и естественный отбор. Чарльз Дарвин умер в 1882 г.

### Искусственный отбор

Из кругосветного путешествия Дарвин вернулся с уверенностью в том, что виды могут изменяться под влиянием внешней среды.

О непостоянстве, изменчивости видов свидетельствовали и научные факты геологии, палеонтологии, сравнительной анатомии, эмбриологии. Несмотря на это многие ученые-естествоиспытатели под влиянием господствовавших в те времена представлений, ссылаясь на то, что не наблюдали превращения одного вида в

другой, не признавали эволюцию органического мира. Поэтому молодой Дарвин начал свою деятельность с определения механизмов эволюционного процесса. Он прежде всего изучил причины многообразия домашних животных и сортов культурных растений.

### **Бессознательный отбор**

Как показывают археологические данные, до появления людей современного типа на Земле не существовали формы культурных растений и домашних животных. Первобытные люди занимались охотой на диких животных, сбором семян, плодов и других частей дикорастущих растений. Примерно 9—10 тысяч лет тому назад люди стали приручать детенышей диких животных, выращивать вокруг своих жилищ некоторые виды диких растений, и этот опыт передавался из поколения в поколение. Каждый раз из имеющихся растений и животных люди отбирали для размножения отдельные продуктивные экземпляры, а остальные использовали для своих нужд. Такой отбор продолжался на протяжении многих тысячелетий. В результате этого возникали местные породы животных и сорта растений, несколько отличающиеся от диких растений и животных своими полезными признаками и свойствами. Учитывая то, что человек в своей деятельности не ставил перед собой прямой цели создания новых сортов и пород, Дарвин назвал такой первобытный отбор бессознательным. Бессознательная форма искусственного отбора применяется и в настоящее время среди отсталых племен и в земледельческих хозяйствах. Так, во время путешествия на корабле «Бигль» Дарвин наблюдал, как дикие племена, живущие на Огненной Земле, в неблагоприятные годы поедали мало пригодных для охоты на выдр собак и кошек, сохраняя более полезных животных. В Центральной Азии в результате бессознательного отбора людьми были созданы сорта пшеницы, зерна которой не осыпаются, местные сорта бахчевых культур и плодовых деревьев. Выведение сортов растений и пород животных путем бессознательного отбора требовало очень много времени.

### **Сознательный отбор**

В последующем, когда наука и техника достигли определенного уровня развития, что привело к увеличению потребностей людей в питании, одежде и лекарствах, основную роль в выведении сортов растений и пород животных начал играть сознательный отбор. При этом заранее планировалось, какими полезными признаками и

свойствами должны обладать создаваемые сорта растений и породы животных. На этой основе затем производился искусственный отбор. Это способствовало сокращению сроков выведения новых пород и сортов и повышению эффективности отбора (табл. 8—10).

Когда человек производит искусственный отбор, основной его целью, прежде всего, является удовлетворение своих потребностей. А потребности у человека разные: экономические, хозяйственные, эстетические. Например, одни ставили задачу выведения мясной, другие — яйценосной, третьи — бойцовой породы кур, а четвертые хотели иметь красивых кур с длинными перьями и с годами достигали цели. Проведение искусственного отбора в разных направлениях применимо ко всем организмам. Ярким примером этого является создание раннеспелых (хандаляк), летних, тонко- и толстокорых, осенних и зимних сортов дынь (рис. 38), каракульской и гиссарской пород овец, ахалтекинской и карабаирской пород лошадей.

Таблица 8

**Изменение хозяйственно ценных признаков хлопчатника  
в результате искусственного отбора**

Годы	Урожай с каждого гектара, ц	Масса коробочки, г	Длина волокна, мм	Выход волокна, %
1923	10,8	4,8	27	30
1940	15,0	5,2	32,2	33,4
1950	20,3	5,5	34,4	34,4
1960	20,4	6,2	32	34,7
1970	25,3	6,3	32,5	34,8
1980	29,7	6,3	34,7	36,7

Таблица 9

**Изменение количества молока у крупного рогатого скота  
цимментальской породы**

Годы	Количество молока от одной коровы, л
1870—1875	2500
1880—1885	2950
1890—1910	4000

Изменение содержания сахара в свекле

Годы	Содержание сахара, %	Годы	Содержание сахара, %
1808	6,0	1888	13,7
1838	8,5	1898	19,2
1848	9,8	1908	18,6
1858	10,1	1929	20,1
1878	11,7	1954	22,3

В Центральной Азии путем искусственного отбора созданы сорта низкорослой пшеницы, гороха, моркови, абрикоса, фисташки, персика, граната, инжира, винограда, ореха, яблони и разнообразные сорта других растений.

В процессе искусственного отбора человек старался улучшить полезные для него признаки и свойства растений и животных. Доказательством этого является создание мясных пород овец и свиней, сортов растений, не дающих семена, бесшерстных пород собак, не способных летать против ветра павлиньих голубей и т.д.

Некоторые сорта растений и породы животных созданы на основе одного дикого вида, а другие — на основе нескольких диких видов. Например, различные породы собак получены от шакалов и волков, породы овец — от ряда их диких предков — архара, муфлона и аргали, породы кур — от дикой банкивской курицы, породы голубей — от дикого сизого скалистого голубя (рис. 39), породы крупного рогатого скота — от степных и лесных диких видов крупного рогатого скота, а сорта капусты — от дикого вида капусты.

Обоснованность приведенных положений Дарвин доказал с помощью ряда аргументов. Например, дикие банкивские куры, распространенные в густых лесах Индии и Юго-Восточной Азии, не очень боятся человека, спят на деревьях и ветвях кустарников и при скрещивании с домашними курами дают нормальное потомство. Все это является доказательством того, что домашние куры произошли от диких банкивских кур (рис. 40). Именно таким путем Дарвин доказал, от каких диких видов произошли те или иные породы домашних животных и сорта культурных растений.

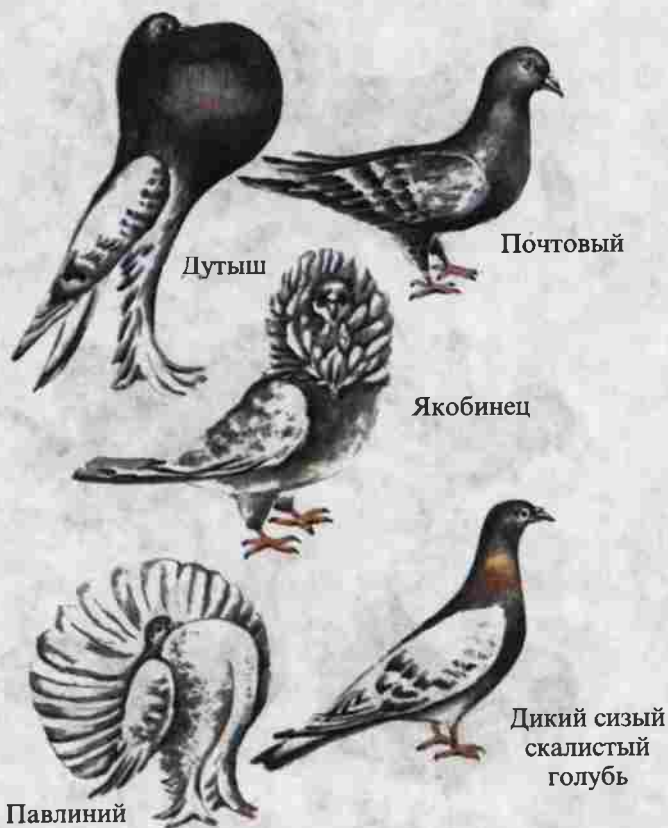
Дарвин не мог в то время экспериментально доказать возможность одомашнивания диких животных путем искусственного отбора. Это впоследствии сделал русский ученый, академик Д.К.Беляев. В ходе наблюдений за чернобурыми лисицами он



Р и с . 38. Сорты дыни.

заметил, что по отношению к человеку они ведут себя по-разному. Оказалось, что животные одной группы были крайне агрессивными и бросались на человека, второй группы — хотели этого, но боялись, лисицы же третьей группы были спокойными.

Беляев отобрал из третьей группы лисиц самцов и самок и скрестил их между собой. Из полученного потомства ученый продолжал отбирать особей, быстро привыкающих к человеку. В результате искусственного отбора, проведенного среди нескольких поколений таких лисиц, были получены похожие на домашних собак, т. е. быстро привыкающие к человеку и отвечающие на ласку животные. Проведение искусственного отбора исходя из повадок



Р и с. 39. Породы голубя и его дикий предок.

животных привело к изменению их морфологических и физиологических признаков. Так, в результате экспериментов были получены лисицы с отвислыми ушами и загнутым кверху хвостом. Дикие лисицы обычно дают потомство раз в год, а одомашненные — дважды: в декабре-январе и марте-апреле.

Проводя искусственный отбор, человек ставит перед собой цель изменить не все признаки и свойства растений и животных, а только те, которые представляют для него интерес. Поэтому в результате искусственного отбора признаки и свойства организмов, не соответствующие потребностям человека, остаются неизменными или незначительно изменяются согласно закону корреляции. Например, хотя разные сорта хлопчатника и различаются по скороспелости, урожайности, технологическим качествам волокна, все они сходны



Р и с . 40. Породы кур и их дикий предок.

по строению цветка и корней. У анютиных глазок, наоборот, цветки разнообразные, а листья похожи, так как при выведении этого растения учитывались эстетические потребности человека. Такое положение можно наблюдать и у животных. Шерсть тонкорунных овец высоко ценится. Поэтому у овец разных пород шерсть резко различается. Этого нельзя сказать о крупном рогатом скоте.

Методы создания новых сортов и пород в последующий после Дарвина период значительно усовершенствовались. В настоящее время помимо скрещивания форм организмов, далеких друг от друга в систематическом и экологическом отношении, получают мутантные организмы под воздействием химических и физических факторов, пересадки гена, хромосомы и ядра из одной клетки в другую, размножения отдельной клетки в искусственной среде и др.

## § 13. ЭКСКУРСИЯ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИЕ И ПТИЦЕВОДЧЕСКИЕ ХОЗЯЙСТВА

Тема. Искусственный отбор.

Цель. Ознакомление с породами, выведенными путем искусственного отбора, с их хозяйственными признаками.

Оборудование. Тетрадь, ручка, фотоаппарат.

### Примерный план

1. Ознакомление с породами крупного рогатого скота, овец или птицы, выращиваемых в общественных и фермерских хозяйствах.
2. Определение пород, выведенных в местных условиях и завезенных из других стран.
3. Выявление среди них пород, дающих больше (меньше) продуктов (мяса, молока, яиц, шерсти).
4. Изучение родословной породистых особей крупного рогатого скота, овец или птицы.
5. Выяснение суточной нормы и видов корма, выделяемого для крупного рогатого скота, овец и птицы.
6. Ознакомление с работами по улучшению потомства крупного рогатого скота, овец и птицы.

### Подведение итогов

- а) заключительная беседа учителя;
- б) выпуск фотоальбома или фотогазеты, посвященных экскурсии;
- в) оценка письменных отчетов учащихся по материалам экскурсии, касающимся пород, их признаков и свойств, выращивания и улучшения потомства.

### Задания

**I. Прочитайте текст § 14 и поясните рис. 41–45.**

**II. Объясните нижеследующее.**

1. Определенное и неопределенное влияние внешней среды на организмы.
2. Прямое и косвенное влияние внешней среды на организмы.
3. Групповая и индивидуальная изменчивость.
4. Понятие «сомнительного» вида.

**III. Ответьте на вопросы.**

1. Почему не все особи из потомства, оставленного организмом, достигают зрелости?
2. Сколько форм борьбы за существование различал Дарвин?
3. Какая из этих форм является ожесточенной и почему?



IV. Дайте определение термина «естественный отбор».

V. Заполните следующую таблицу.

Таблица 11

Сходства и различия между искусственным и естественным отбором

Показатель	Искусственный (сознательный) отбор	Естественный отбор
Материал для отбора		
Судьба организмов с полезной изменчивостью		
Судьба организмов с нейтральной и вредной изменчивостью		
Направление отбора		
Описание индивидуальной изменчивости		
Скорость воздействия отбора		
Результат отбора		

VI. Сделайте вывод по данным табл. 11.

VII. Определите правильный ответ в тестовом задании.

Какие явления могут служить примером внутривидовой борьбы?

- А) отношения между волком, лисцей и зайцем;
- В) отношения между насекомыми и цветковыми растениями;
- С) отношения между саранчой и копытными;
- Д) слабый рост всходов густо посаженных растений;
- Е) гибель надземной части многолетних растений на морозе.

#### § 14. БОРЬБА ЗА СУЩЕСТВОВАНИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР

После того, как была выяснена возможность одомашнивания диких животных и окультуривания диких растений, а также изменения признаков и свойств пород и сортов путем искусственного отбора, Дарвин предположил, что такой процесс может происходить и у организмов, обитающих в природных условиях. Однако для обоснования данного предположения необходимо было, во-первых,

изучить индивидуальную изменчивость растений и животных, обитающих в природных условиях, во-вторых, выяснить наличие в природе некоего движущего фактора, схожего с желанием человека.

### Индивидуальная изменчивость растений и животных в природных условиях

Дарвин установил, что организмы нового поколения любого растения и животного отличаются от родителей, а также друг от друга отдельными признаками и свойствами. Он назвал это *индивидуальной изменчивостью* (рис. 41). По мнению ученого, основная причина изменчивости организмов связана с изменением окружающей среды — температуры, влажности, воздуха, пищи и



Рис. 41. Изменчивость растений, животных и бактерий.

других факторов. Влияние внешней среды на организм осуществляется в определенном и неопределенном виде. В первом случае воздействие внешней среды проявляется у всех организмов, а во втором — у отдельных организмов. Иначе говоря, в первом случае имеет место групповая изменчивость, во втором — индивидуальная. Факторы внешней среды могут оказывать на организмы прямое или косвенное влияние. В результате прямого влияния внешней среды изменяется организм, а при косвенном влиянии изменяются его последующие поколения. Существование индивидуальной изменчивости у организмов Дарвин доказал также путем сопоставления вида с его разновидностями. Под «разновидностью вида» он понимал группу организмов с неярко выраженными признаками и свойствами, присущими данному виду. Промежуточные формы между двумя отдельными видами не встречаются. Однако наличие промежуточных форм между видом и его разновидностью совершенно естественно. Поэтому во времена Дарвина разновидности видов называли также «сомнительными» видами. Вследствие наличия в природе разновидностей видов ученые затрудняются в определении численности видов. Основная причина этого состоит в том, что одни ученые считают группу организмов, не достигших степени проявления признаков и свойств, видом, а другие — разновидностью вида. Во времена Дарвина во флоре Англии насчитывалось 182 «сомнительных» вида.

### **Скорость размножения организмов**

В повседневной жизни вам приходилось наблюдать, какое большое количество потомков производят одуванчик, паслен, домашняя муха, лягушки и другие животные и растения. В табл. 12 приведены данные о количестве потомков, производимых отдельными животными и растениями. Зачастую не все потомки достигают зрелости и успевают дать потомство. Большинство из них погибает на различных стадиях индивидуального развития.

Причины гибели потомства различны: недостаток пищи, нападение врагов, неблагоприятные погодные условия. Следовательно, каждое живое существо постоянно ведет борьбу за существование и оставление потомства. Термин «борьба за существование» Дарвин применял в широком смысле, т. е. под этим он понимал сложные и многообразные формы взаимоотношений организмов как друг с другом, так и с неблагоприятными условиями неорганической

природы, а также оставление ими после себя нормального потомства.

**Формы борьбы за существование.** Дарвин различал три формы борьбы за существование: а) межвидовую; б) внутривидовую; в) борьбу с неблагоприятными условиями неорганической природы.

Таблица 12

Уровень плодовитости растений и животных

Типы организмов	Количество яиц или семян
Аскарида	50000000—60000000
Свиной солитер	200000000—300000000
Сом	136000
Треска	10000000
Зеленая лягушка	10000
Подорожник	39000—40000
Паслен	108000—110000
Белена	400000—4100000
Гумай	235000—238000
Марь белая	1369000

**Межвидовая борьба** проявляется в разных формах (рис. 42). Так, волки и лисицы охотятся на зайцев, следовательно, между волками и лисицами, а также между лисицами и зайцами постоянно идет взаимная борьба за существование.

Отсутствие добычи приводит к голоданию и гибели хищников. Индийский скворец, широко распространенный в Центральной Азии, питается саранчой, которая служит также пищей и для воробьев, следовательно, между скворцами и воробьями имеет место конкуренция. Растениями питаются не только копытные животные, но и саранча, быстрое размножение которой



Рис. 42. Межвидовая борьба:

1 — черный водорез, поедающий рыбу; 2 — орел-змееед с добычей; 3 — повилика, «душущая» клевер; 4 — цветок повилики.

служит причиной голодания и гибели копытных животных. Кроме того, жизнь копытных животных зависит от хищников. От растений зависят не только травоядные животные, но и опыляющие их насекомые, а также соперничающие с ними другие виды растений.

Межвидовая борьба за существование может быть и не столь ожесточенной, так как организм, относящимся к различным видам, необходима разная пища. Например, скворцы питаются не только саранчой, но и слепнями и другими насекомыми, паразитирующими на теле овец, крупного рогатого скота, а также черешней, виноградом и птенцами других птиц. Лисицы, в свою очередь, поедают не только зайцев, но также и мышей, ежей и птиц.

**Внутривидовая борьба за существование.** В отличие от этого, у организмов, принадлежащих к одному виду, потребности в пище, местах обитания и в других жизненно необходимых факторах являются одинаковыми. Например, между птицами, относящимися к одному виду, в период размножения идет борьба за выбор места для постройки гнезда. У млекопитающих и птиц идет борьба между самцами за обладание самкой во время брачного периода. Между густо посаженными семенами хлопчатника, пшеницы и других растений отмечается внутривидовая борьба за свет, влажность и питательные вещества, в результате чего всходы отстают в росте и развитии. Такое же явление наблюдается и между деревьями и кустарниками, относящимися к одному виду. Самые высокие деревья с раскидистой кроной забирают большую часть солнечных лучей. Их мощная корневая система впитывает из почвы воду и растворенные в ней минеральные вещества. Вследствие этого соседние деревья отстают в росте или перестают расти и погибают (рис. 43,44).

**Борьба организмов с неблагоприятными условиями неорганической природы.** Факторы неорганической природы оказывают большое влияние на развитие и выживание организмов. С наступлением осени все однолетние растения, а также надземная часть многолетних травяных растений погибает. В суровые зимы можно наблюдать и гибель многолетних деревьев, сусликов, дождевых червей, птиц. Зимой вследствие обледенения верхнего слоя воды и снижения содержания растворенного в ней кислорода погибают также рыбы. Гибель многих пустынных растений является результатом недостатка влаги. Живые организмы выживают и дают потомство только тогда, когда они могут противостоять неблагоприятным условиям неорганической природы.

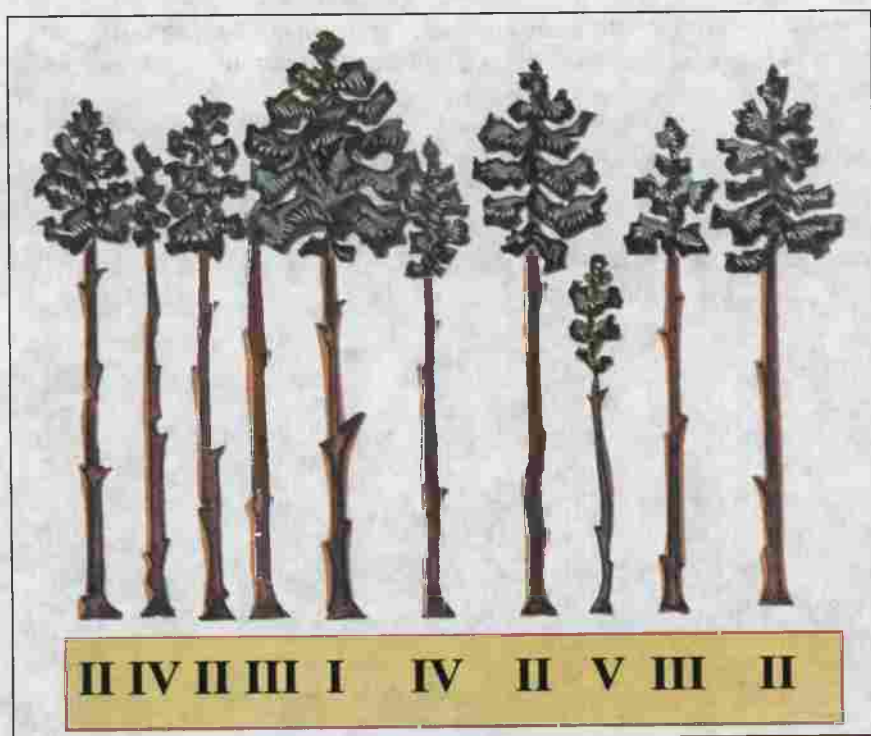


Рис. 43. Борьба между деревьями одного вида.

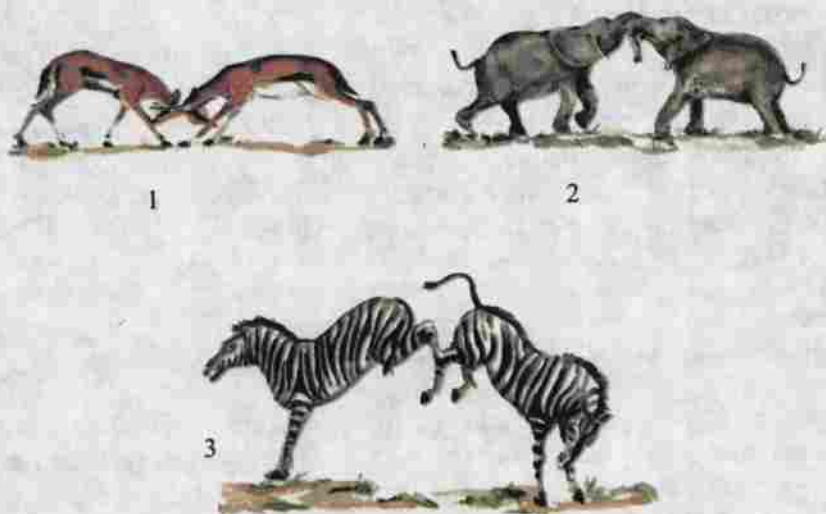


Рис. 44. Внутривидовая борьба: 1 — олени; 2 — слоны; 3 — зебры.

## Использование человеком взаимоотношений организмов

Учитывая, что между организмами одного вида идет ожесточенная борьба, при закладке новых садов саженцы плодовых деревьев в зависимости от их вида высаживают на определенном расстоянии друг от друга. При создании искусственных лесных насаждений почву, лишенную микоризы, удобряют гифами гриба-микоризы, так как последняя, проникая в корни деревьев, снабжает их почвенной влагой и питательными веществами. Это способствует нормальному росту таких деревьев, как дуб, бук, береза. Для искусственного размножения рыб в озерах и водоемах нашей республики их прежде всего очищают от хищных (щука) и не имеющих особого значения (гамбузия) рыб. Только после этого в водоемах приступают к разведению хозяйственно ценных пород рыб. В целях научно обоснованного ведения охотничьего хозяйства особое внимание обращается на период размножения животных, численность потомства, сроки достижения им зрелости, виды корма, взаимоотношения организмов.

При уничтожении хищных животных — волков и лисиц — учитывают их санитарную роль — истребление ими слабых, больных особей.

Дикие растения отличаются большей живучестью, чем культурные, поэтому во избежание их отрицательного влияния на развитие культурных растений (лук, морковь, редис и др.) посевы пропалывают и освобождают от сорных трав. В борьбе против вредных насекомых — черепашки (вредитель зерновых), яблоневого плодожорки, хлопковой совки, тли и других используют микрофанус, златоглазку, трихограммы, алефинус, подолию и энтобактерии. В борьбе против вредных насекомых большую роль играют насекомоядные птицы, в частности скворцы, синицы и др. Пчелы способствуют получению высоких урожаев от перекрестно опыляемых растений.

### Естественный отбор

Борьба за существование сопровождается гибелью многих организмов и выживанием некоторых. Поскольку это так, естественно, возникает вопрос, какие из организмов выживают, а какие погибают. В начале темы мы отмечали, что у каждой особи растений и животных, обитающих в природных условиях, присутствует



индивидуальная изменчивость, которая может проявляться в трех видах — полезная, нейтральная и вредная. Обычно организмы с вредной изменчивостью погибают на различных этапах индивидуального развития. Нейтральная изменчивость организмов не влияет на их жизнеспособность. Индивиды с полезной изменчивостью выживают благодаря преимуществу во внутривидовой, межвидовой борьбе или в борьбе против неблагоприятных условий абиотической среды. Выживание организмов, обладающих полезными признаками и свойствами, в борьбе за существование и гибель организмов, не имеющих таких признаков и свойств, Дарвин назвал *естественным отбором*. Если искусственный отбор производится человеком, то естественный отбор осуществляет природа. Когда человек производит искусственный отбор, он всегда преследует свою выгоду, поэтому у сортов и пород, выведенных путем искусственного отбора, хорошо развиты признаки и свойства, полезные для человека, а при естественном отборе на первом месте стоят интересы организма, а не человека. Благодаря этому полезные для организма признаки и свойства из поколения в поколение усиливаются и умножаются. В результате скрещивания организмов с такой наследственной изменчивостью с другими увеличивается число форм с полезными свойствами. Организмы, приспособленные к борьбе за существование, погибают меньше по сравнению с неприспособленными. А это свидетельствует о том, что естественный отбор является основным фактором возникновения новых популяций и видов в процессе приспособления организмов к среде.

### Формы естественного отбора

**Стабилизирующий отбор.** Условия среды, в которых обитают организмы, со временем могут постепенно изменяться или оставаться относительно постоянными. В обоих случаях некоторые особи, живущие в определенных условиях, могут подвергаться мутационным, комбинативным изменениям, а другие — сохранять признаки и свойства, присущие их предкам. При определенном постоянстве среды естественный отбор сохраняет из числа особей одного вида те, которые имеют признаки и свойства, присущие своим предкам, и приспособлены к данным условиям среды, и уничтожает особи с резкой наследственной изменчивостью. В результате этого, например, в течение миллионов лет сохранились почти в неизменном виде из кистеперых рыб — латимерия, из



пресмыкающихся — гаттерия, из млекопитающих — яйцекладущие виды, сумчатые, из голосеменных — гинкго билоба. Выживание особей с неизменными признаками предков и вымирание особей, подвергнутых изменениям в условиях относительно постоянной среды, называется *стабилизирующим отбором* (рис. 45).

Есть много примеров, которые убедительно показывают, что в природе действительно имеет место стабилизирующий отбор. Так, в Северной Америке после сильной снежной пурги в 1892 г. ученый-биолог Бемпес перенес в теплое помещение 136 полузамерзших воробьев, из которых 72 ожили, а 64 погибли. При их обследовании выяснилось, что выжившие воробьи имели крылья средней длины, а крылья погибших были относительно длиннее или короче. Действие стабилизирующего отбора проявляется также и у людей. Так, клетки нормального человека содержат 44 аутосомы и 2 половые хромосомы. Если оплодотворенная яйцеклетка женщины будет содержать 44 аутосомы и Y-хромосому, другими словами, если в ней будет не хватать X-хромосомы, то развитие плода в утробе матери приостанавливается и по истечении 2—3 месяцев происходит выкидыш.

**Движущий отбор.** При изменении условий среды выживают те особи вида, у которых проявилась наследственная изменчивость и в связи с этим развились признаки и свойства, соответствующие

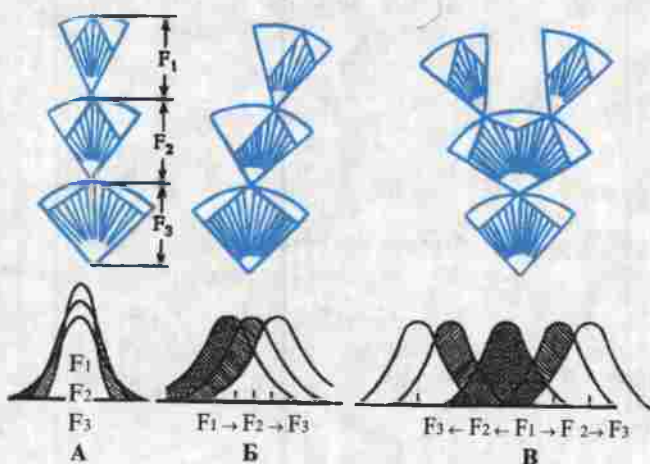


Рис. 45. Формы естественного отбора: схема действия стабилизирующего (А), движущего (Б) и дизруптивного (В) отбора; F — поколения. Заштрихованные участки — виды, вымершие на популяционной волне. Размер дуги окружности отбора внутри одного рода соответствует его норме реакции.

новым условиям, а те особи, которые не имели такой изменчивости, погибают. Во время своего путешествия Дарвин обнаружил, что на океанических островах, где господствуют сильные ветры, встречается мало длинокрылых насекомых и много насекомых с рудиментарными крыльями и бескрылых насекомых. Как объясняет Дарвин, насекомые с нормальными крыльями не могли противостоять сильным ветрам на этих островах и погибали. А насекомые с рудиментарными крыльями и бескрылые совсем не поднимались в воздух и скрывались в щелях, находя там укрытие. Этот процесс, который сопровождался наследственной изменчивостью и естественным отбором и продолжался в течение многих тысяч лет, привел к сокращению численности на этих островах длинокрылых насекомых и к появлению особей с рудиментарными крыльями и бескрылых насекомых. Естественный отбор, который обеспечивает возникновение и развитие новых признаков и свойств организмов, называется *движущим отбором*.

**Дизруптивный отбор.** Среди организмов определенного вида иногда встречаются особи с двумя или более различными формами. Это — результат особой формы естественного отбора — дизруптивного отбора. Так, у божьих коровок встречается две формы жестких крыльев — с темно-красной и красноватой окраской. Жучки с красноватыми крыльями реже погибают зимой от холода, но летом дают немногочисленное потомство, а с темно-красной окраской крыльев, наоборот, чаще погибают зимой, будучи не в состоянии противостоять холодам, но летом дают многочисленное потомство. Следовательно, эти две формы божьих коровок в силу разной приспособленности к различным сезонам сумели веками сохранить свое потомство.

## § 15. ЭКСКУРСИЯ ПО ОЗНАКОМЛЕНИЮ С БОРЬБОЙ ЗА СУЩЕСТВОВАНИЕ В ПРИРОДЕ\*

**Цель.** Закрепление в природных условиях знаний о многообразии видов в природе и приспособленности организмов к среде.

**Оборудование.** Бинокль, сачки, садовые ножницы, стеклянные банки с крышкой, папка для гербария, старые газеты, тетради, ручки.

---

\* План приводится на примере парка.

## **Наблюдение за борьбой за существование**

### ***А. Борьба за существование в растительном мире***

1. Межвидовая борьба среди растений. Наблюдение за видами, произрастающими среди других растений (однолетних, многолетних травяных растений, кустарников, деревьев), и определение различий между ними (изготовление гербария из травяных растений и повилики).

2. Внутривидовая борьба среди растений. Сопоставление между собой густо- и редкорастущих однолетних и многолетних травяных растений, кустарников, деревьев и выявление различий между ними.

3. Борьба растений с неблагоприятными условиями внешней среды. Сопоставление между собой подорожника или одуванчика, растущих на почвах с избытком или недостатком влаги, и объяснение причин различий между ними, сбор материала для гербария. Наблюдение за осенним листопадом и за высыханием однолетних растений.

### ***Б. Межвидовая борьба в мире животных***

1. Наблюдение за питанием паука-крестовика мухами, комарами и осами.

2. Наблюдение за питанием насекомоядных птиц — ласточек, скворцов, воробьев — комарами, мухами, богомолами и кузнечиками (с помощью бинокля).

3. Наблюдение за питанием божьих коровок тлей.

4. Наблюдение за питанием скворцов, воробьев и сороками различными насекомыми, а также семенами и плодами растений.

5. Рассматривание листьев карагача и тополя, обглоданных листоедами и златкой (сбор материала для гербария).

### ***В. Внутривидовая борьба в мире животных***

1. Наблюдение за борьбой за корм между воробьями и скворцами.

2. Наблюдение за соперничеством самцов птиц за обладание самкой или за овладение гнездом.

### ***Г. Борьба животных с неблагоприятными условиями внешней среды***

1. Наблюдение за отлетом насекомоядных птиц в теплые края с наступлением осени.

2. Наблюдение за переходом насекомых в состояние диапаузы (временное приостановление размножения, снижение или прекращение двигательной активности, питания).

### Задания

I. Прочитайте текст § 16.

II. Объясните, что изображено на рис. 46—52.

III. Основываясь на знаниях, полученных при изучении зоологии, а также на фильмах о животных, демонстрируемых по телевидению, расскажите преподавателю или однокурсникам, какие приспособления имеют хищные животные для охоты и какие приспособления имеют их жертвы для своей защиты.

IV. Объясните, как рыбы приспособились к водной, а птицы — к воздушной среде, исходя из их внутреннего, внешнего строения и функций органов.

V. Определите правильные ответы в тестовых заданиях.

1. Какое из перечисленных приспособлений является мимикрией?

- A) окраска тела животного сливается с окружающей средой или близка к ней;
- B) сходство беззащитных животных по цвету и форме с другими хорошо защищенными животными;
- C) раздражительное сходство животного с каким-либо предметом окружающей среды;
- D) бросающаяся в глаза яркая окраска некоторых животных;
- E) выделение животными ядовитой жидкости или запаха.

2. Какое из перечисленных приспособлений является маскировкой?

- A) окраска тела животного сливается с окружающей средой или близка к ней;
- B) сходство беззащитных животных по цвету и форме с другими хорошо защищенными животными;
- C) раздражительное сходство животного с каким-либо предметом окружающей среды;
- D) бросающаяся в глаза яркая окраска некоторых животных;
- E) выделение животными ядовитой жидкости или запаха.

VI. Ответьте на вопросы.

1. Какие приспособления имеют растения для защиты от животных?
2. Какие приспособления возникли у растений против неблагоприятных абиотических условий?
3. Как в ходе исторического процесса возникли приспособления у растений и животных?
4. Объясните на примерах относительность приспособлений.
5. Дайте определение жизнеспособности и конкурентоспособности.

## § 16. ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ ОРГАНИЗМОВ И ЕЕ ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ

Приспособленность организмов неразрывно связана с их жизнеспособностью, способностью к конкуренции и оставлению нормального потомства.

**Жизнеспособность.** Мутационная изменчивость, обычно проявляющаяся на различных этапах онтогенеза, во многих случаях приводит к снижению жизнеспособности организмов и нередко является причиной их гибели. Исходя из этого, под жизнеспособностью следует понимать нормальное проживание организмов в среде обитания без резкого изменения генотипа.

**Способность к конкуренции** — это преодоление организмами препятствий, возникающих в неживой и живой природе, в частности при добывании ими пищи, борьбе за обладание самкой и за места обитания. В отдельных случаях способность к конкуренции у организмов бывает развита слабо, хотя они и являются жизнеспособными.

**Оставление потомства** связано с нормальным протеканием процесса размножения организмов. Если в половых органах или клетках организма имеются какие-либо недостатки, процесс оплодотворения не будет проходить нормально и организм не даст потомства. Эти три компонента приспособленности организмов тесно взаимосвязаны между собой и являются результатом эволюции, возникающим в историческом процессе в ходе естественного отбора.

Заслуги Ч. Дарвина не ограничиваются только тем, что он доказал изменение видов в историческом процессе. Ученый первым в истории науки дал научно обоснованное объяснение проблемы приспособленности организмов. В повседневной жизни вы хорошо знаете о приспособленности рыб к водной, а птиц — к воздушной среде. Это лишь отдельные примеры. В действительности же приспособления живых существ к условиям среды могут выражаться по-разному.

### Приспособления в мире животных

Приспособленность животных к условиям среды проявляется в их внешнем и внутреннем строении, размножении, заботе о потомстве и др.

**Покровительственная окраска.** В большинстве случаев окраска тела животных соответствует окраске среды, в которой они живут,



Рис. 46. Покровительственная окраска животных: 1 — зеленый кузнечик; 2 — гусеница бабочки-пяденицы; 3 — квакша; 4, 5 — оперение куропатки летом и зимой; 6 — козодой; 7, 8 — горностай летом и зимой.

или близка к ней (рис. 46). Обычно животные пустынных зон — черепахи, ящерицы, змеи — имеют окраску, близкую к цвету песка, а северные животные — медведь, куропатка, лисица — белую; богомолы, стрекозы, живущие среди зеленых растений, обладают зеленой окраской; окраска гусеницы капустной бабочки не отличается от цвета капустного листа, которым она питается. С сезонным изменением цвета среды изменяется и окраска животных. Например, лисицы, зайцы, куропатки и горностаи, обитающие в европейской зоне, зимой имеют одну окраску, а летом — другую.

**Маскировка.** Форма и окраска тела животных иногда напоминают окружающие их листья, ветви, почки, растения. Например, насекомое чупчик по своей форме и окраске напоминает тонкий прутик, рыба-игла — водоросли, морской конек, а также рыба-тряпичник — подводные растения (рис. 47). Некоторые моллюски похожи на почки деревьев. Распространенная на Малайском архипелаге бабочка каллима имеет крылья, по форме, узорам и прожилкам очень похожие на листья.

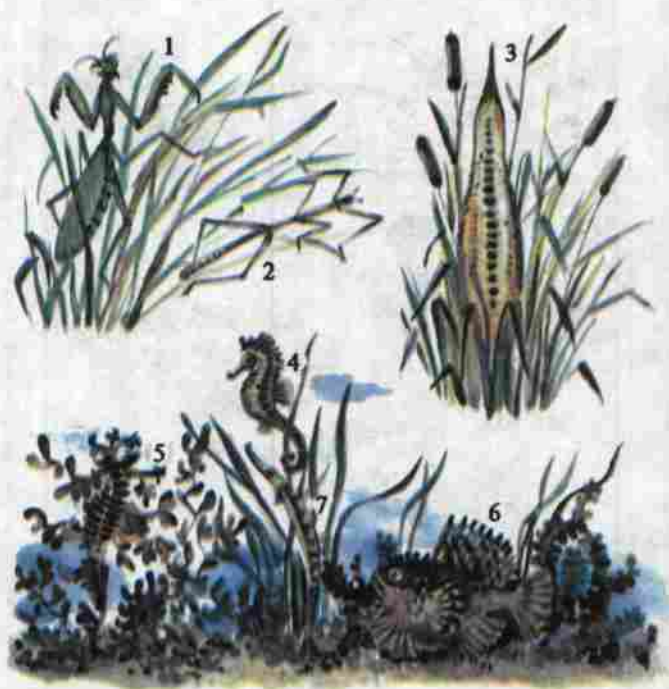


Рис. 47. Маскировка животных: 1 — богомол; 2 — чупчик; 3 — выпь; 4 — морской конек; 5 — рыба-тряпичник; 6 — морской «клоун»; 7 — рыба-игла.

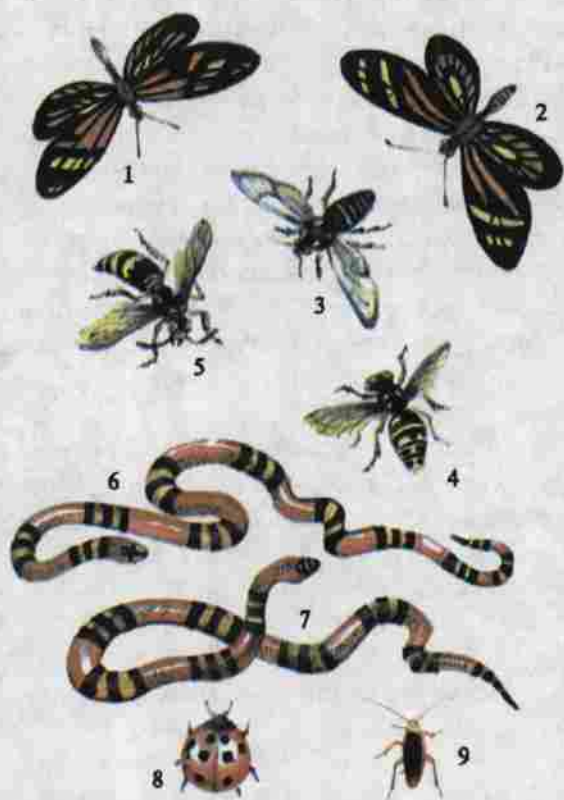
**Предостерегающая окраска.** Некоторые животные имеют разноцветную, бросающуюся в глаза яркую окраску. Майские жуки, божьи коровки, шмели, осы, большинство бабочек своей окраской как бы «предостерегают» своих врагов. Обычно у животных с предостерегающей окраской имеются дополнительные средства защиты от врагов. К таким средствам относятся выделяемые ими неприятные запахи или ядовитые жидкости, щетинки и иголочки на теле.

**Мимикрия.** В некоторых случаях животные, стараясь защититься от врагов, имитируют форму и окраску тела животных с предостерегающей окраской. Имитирование под цвет и форму хорошо защищенных, мало истребляемых животных некоторыми беззащитными и съедобными животными называется *мимикрией* (рис. 48). Примером мимикрии может служить схожесть окраски некоторых мух с осами, тараканов — с божьими коровками, неядовитых змей — с ядовитыми, отдельных видов бабочек — с осами и шмелями. Следует отметить, что покровительственная и



предостерегающая окраска животных становится более эффективной в сочетании с их поведением. Например, окраска оперения выпи, обитающей в камышах, схожа с цветом камыша. Несмотря на это с приближением опасности она вытягивает шею и, подняв клюв кверху, стоит неподвижно. В таком положении она становится неприметной для врага.

Имитация цвета и формы присуща не только самим организмам, но даже их яйцам. Так, кукушка не строит гнезда для откладывания яиц, как другие птицы, а подбрасывает их в гнезда мелких птиц — дроздовой камышовки, садовой славки, горихвостки. Интересно то, что прежде чем отложить свои яйца, она осматривает яйца в гнездах этих птиц и откладывает точно такие же по цвету и размеру (рис. 49).



Р и с . 48. Предостерегающая окраска и явление мимикрии у животных: 1 — бабочка белянка; 2 — ядовитая бабочка геликониус; 3 — стеклянница; 4 — муха жужжалка; 5 — обыкновенная оса; 6 — ядовитый коралловый аспид; 7 — неядовитый американский уж; 8 — божья коровка; 9 — таракан.





Рис. 49.

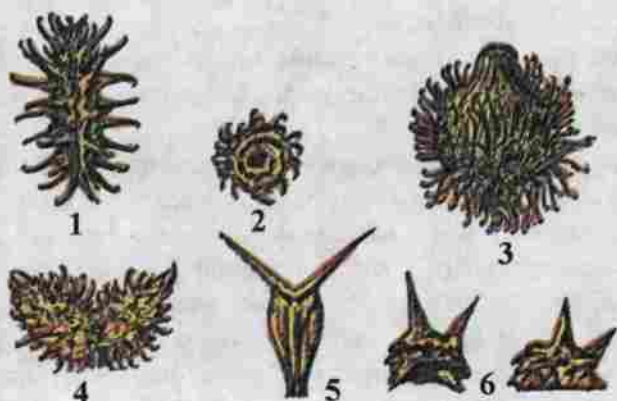
Существуют также приспособления животных, связанные с необходимостью оставления потомства. Например, самки некоторых насекомых привлекают к себе самцов с помощью запаха, выделяемого расположенными на их теле железами. Некоторые приспособления связаны с выхаживанием потомства. Например, американский сом носит свою икру прикрепленной к брюху. Жаба-повитуха носит оплодотворенные яйца на спине до тех пор, пока из них не появятся молодые жабы. В отличие от низших позвоночных, птицы откладывают яйца в специально построенные гнезда и согревают их своим телом. После вылупления птенцов из яйца они непрерывно кормят и защищают их от врагов. Приспособления, связанные с заботой о потомстве, особенно сильно развиты у млекопитающих.

Помимо приспособлений у отдельных организмов, существуют также приспособления в пределах вида. Примером таких приспособлений могут служить приспособления, связанные с питанием, размножением, оставлением потомства, защитой от врагов, преодолением неблагоприятных погодных условий у организмов, живущих группами.

### Приспособленность в мире растений

У растений так же, как и у животных, существует ряд приспособлений к факторам внешней среды. Например, растения по-разному приспособлены к дефициту влаги. Листья одних растений сверху покрыты восковым слоем (фикус), других — густыми волосками (коровяк джунгарский). Листья саксаула превратились в «чешуйки». Листья янтака мелкие и жесткие, большинство ветвей

имеют форму колючек. Кактус, агава, алоэ относятся к числу сочных растений. Некоторые растения имеют очень короткий вегетационный период. Например, лютик едкий, костер Дантонии начинают расти и развиваться ранней весной и успевают дать семена до конца вегетации. Верблюжья колючка, полынь и подобные им растения в засуху выживают, сбрасывая листья. У растений существует ряд приспособлений, связанных с их опылением. Растения, опыляемые насекомыми, привлекают их своими крупными, яркими цветками, которые обладают приятным запахом и содержат нектар. Цветки растений, опыляемые при помощи ветра, наоборот, мелкие, невзрачные, бесцветные, без запаха, с легкой пыльцой.



Р и с. 50. Распространение плодов с помощью животных и человека: 1 — двусемянка репишки; 2 — боб цепкой люцерны; 3 — корзинка лопуха с крючочками; 4 — соплодие дурнишника; 5 — вонзающийся плод устели-поле; 6 — вонзающиеся плоды якорцев.



Р и с. 51. Распространение плодов с помощью ветра: 1 — плод березы; 2 — плод карагача; 3 — плод клена; 4 — плод айланта; 5 — плод ясеня; 6 — плод сосны.

У растений встречаются и такие приспособления, которые способствуют распространению их плодов и семян. Распространяемые с помощью ветра плоды и семена березы, карагача, айланта, клена имеют крыловидные отростки, семена хлопчатника снабжены волосками. Плоды череды, зверобоя, дикой моркови, лопуха, рогоголовника снабжены крючками, колючками, волосками, с помощью которых они цепляются за шерсть животных, перья птиц, одежду человека и разносятся на большие расстояния (рис. 50–51).

Мясистые, сочные косточковые и бескостные плоды поедаются птицами и другими животными, и их непереваренные семена выделяются с пометом и таким образом распространяются на другие территории. Семена и плоды, распространяемые водой, также имеют некоторые приспособления.

Таким образом, под приспособленностью следует понимать обитание живых организмов в определенной среде и оставление потомства.

**Происхождение приспособленности организмов.** Дарвин научно объяснил происхождение сложных и многообразных приспособлений организмов к определенным условиям внешней среды. Для подтверждения правильности положений Дарвина проанализируем данные об изменении окраски тела бабочек. Об изменении окраски тела почти у 70 видов чешуекрылых было известно начиная с XVIII—XIX вв. Причина таких изменений была всесторонне изучена на примере бабочки, называемой березовой пяденицей (рис. 52). Когда эта бабочка неподвижно сидит на коре белой березы, ее трудно заметить, следовательно, ее окраска выполняет защитную функцию. Последние 200 лет во многих странах Европы увеличилось число заводов и фабрик, отходы которых в виде пыли и сажи постепенно загрязняли не только города и промышленные центры, но и оседали на коре, ветвях и листьях деревьев, придавая им темный оттенок. Известно, что изменение факторов среды не может не влиять на обитающие в этой среде организмы. Эти изменения, как отмечалось выше, бывают вредными, нейтральными и полезными. В соответствии с этим, если в сельских местностях в результате мутационной изменчивости появлялись бабочки с темной окраской, их быстро поедали насекомоядные птицы, так как у таких бабочек не было покровительственной окраски. В промышленных центрах, напротив, темная окраска бабочек, будучи схожей по цвету с корой и ветвями деревьев, выполняла защитную функцию. Таким способом в городах увеличивалось число березовых пядениц с темной

окраской, а в сельских местностях — со светлой. Наблюдения за насекомоядными птицами показали, что в промышленных центрах синицы, сойки и другие птицы больше поедали бабочек со светлой окраской, а в сельской местности — березовых пядениц темного цвета. По определению генетиков, изменение окраски тела и поведения березовой пяденицы связано с генными мутациями.

Приведенные данные показывают, что покровительственная окраска чешуекрылых является результатом наследственной изменчивости и естественного отбора. А это, в свою очередь, свидетельствует о том, насколько правильными были положения Дарвина.

### Относительность приспособленности организмов

Приспособленность организмов к условиям среды возникла под влиянием естественного отбора на протяжении длительного исторического процесса. Несмотря на это она является не абсолютной, а относительной, так как изменение среды происходит быстро, а приспособления возникают медленно. Относительность приспособленности организмов можно доказать с помощью множества фактов. Прежде всего, необходимо отметить, что приспособления, возникшие у организма для защиты от одного вида, не могут быть эффективными для защиты от другого. Например, нижний и верхний панцирь степной черепахи защищает ее от многих хищников, однако не может защитить от таких хищных птиц, как орел, бородач, сарыч степной, которые сбрасывают черепаху с большой высоты на камни, раскалывают ее панцирь и съедают. Точно так же колючая шкурка ежа не может защитить его от всех хищных животных, в частности, от лисиц. Известно, что опасные для многих животных и человека ядовитые змеи поедаются мангустами, ежами и свиньями. Осы, шмели не поедаются многими насекомоядными птицами, однако они являются основной пищей для птиц-осоедов из семейства ястребиных, встречающихся в бассейне Сырдарьи. Кроме того, приспособления, возникшие у организма в одних условиях, в других условиях могут быть бесполезными и даже вредными.



Рис. 52. Городская (темная) и сельская (светлая) формы березовой пяденицы.

Например, строение и функции рыб являются полезными в водной среде, тогда как в воздушной среде они приводят к их гибели. Длинные крылья и слабые ноги ласточки, хотя являются весьма полезными в воздушной среде, но служат серьезным препятствием для перемещения по земле. Перепонки на лапках горных гусей являются вредными для них на суше. Инстинкты, сформировавшиеся у животных под влиянием борьбы за существование и естественного отбора, иногда оказываются нецелесообразными. Например, ночные бабочки обладают инстинктом собирать нектар с белых цветов. Вместе с тем каждый из вас наблюдал, как они погибают, приближаясь к источнику освещения. Все эти и многие другие факты свидетельствуют о том, что приспособления организмов являются относительными, а не абсолютными.

### Задания

**I. Прочитайте текст § 17.**

**II. Рассмотрите рис. 53—54.**

**III. Запомните определения вида и популяции.**

**IV. Определите правильные ответы в тестовых заданиях.**

1. Критерии вида — ...

- А) морфологический, генетический, онтогенетический, систематический, популяционный, эмбриологический;
- В) морфологический, физиологический, биохимический, экологический, географический, генетический;
- С) генетический, систематический, популяционный, экологический, географический, биохимический;
- Д) физиологический, популяционный, физиолого-онтогенетический, морфологический, биохимический;
- Е) биохимический, морфологический, физиологический, систематический, генетический, эмбриологический.

2. Пути образования новых видов — ...

- А) дивергенция, экологическое, сравнительно-анатомическое, систематическое;
- В) аллопатрическое, симпатрическое, географическое, экологическая изоляция;
- С) географическое, экологическое, половая изоляция, популяционное;
- Д) эмбриологическое, сравнительно-анатомическое, систематическое, экологическое;
- Е) географическое, экологическое, эмбриологическое, сравнительно-анатомическое.

## V. Ответьте на вопросы.

1. Что вы понимаете под «политипическим видом»?
2. Что означает термин «дивергенция»?
3. Что вы знаете об ареале и численности популяций каждого вида?
4. Какие факторы воздействуют на географическую изоляцию популяций?

## VI. Как Ч. Дарвин представлял происхождение видов?

## § 17. ВИД — ОСНОВНОЙ ЭТАП ЭВОЛЮЦИИ

Прежде чем приступить к изучению биологического вида, необходимо понять сущность этого термина. В настоящее время в биологической науке *под видом понимают совокупность близких по происхождению организмов, относительно схожих в морфофизиологическом отношении, способных скрещиваться между собой, давать потомство и занимающих определенный ареал в природе.* Положительная сторона данного определения состоит в том, что оно трактует в качестве вида совокупность скрещивающихся между собой и размножающихся организмов. Однако не следует забывать, что не все организмы размножаются половым путем. В природе существуют организмы, способные размножаться бесполом путем. Отсюда следует, что в биологической науке еще не сформулировано определение вида, охватывающее специфические признаки и свойства всех видов организмов. В связи с этим на практике для разграничения видов используются следующие критерии.

**Критерии вида.** Совокупность признаков и свойств, присущих тому или иному виду, называется критерием вида. Существуют следующие критерии вида.

*Морфологический критерий* отражает внешнее и внутреннее сходство особей одного вида. Так, черная и белая вороны относятся к различным видам, что можно определить по их внешнему виду. Но и организмы, которые относятся к одному виду, могут отличаться друг от друга некоторыми признаками и свойствами. Однако эти различия очень незначительны по сравнению с теми, что наблюдаются у особей разных видов. Между тем существуют виды, которые обладают внешним сходством, но не могут скрещиваться между собой. Это так называемые виды-двойники. Так, у дрозофилы, малярийного комара и черной крысы установлено два вида-двойника. Виды-двойники встречаются также у земноводных, пресмыкающихся, птиц и даже у млекопитающих. Следовательно, морфологический критерий не



является определяющим для разграничения видов. Однако данный критерий в течение длительного времени считался основным и единственным при определении видов (рис. 53).

**Физиологический критерий.** В его основе лежит сходство жизненных процессов у особей каждого вида, в особенности размножения. Представители различных видов не скрещиваются между собой, а если и скрещиваются, то не дают потомства. Нескрещиваемость



Рис. 53. Критерии вида: *A* — морфологический: 1 — большая синица; 2 — синица лазаревка; *B* — генетический: 1, 2 — виды крыс, обладающих различным набором хромосом; *V* — физиологический: 1 — овсянка обыкновенная; 2 — овсянка садовая; *Г* — биохимический: 1 — люпин многолистный; 2 — желтый люпин узколистный; *Д* — экологический: 1 — лютик ядовитый; 2 — лютик стелющийся; *Е* — географический: поле, влажные луга; 1 — европейская ель; 2 — сибирская ель.

видов объясняется различиями в строении половых органов, разными сроками размножения и другими причинами. Однако в природе бывают случаи, когда некоторые виды растений (тополь, ива), птиц (канарейка) и животных (зайцы) могут скрещиваться между собой и давать потомство. Это также свидетельствует о том, что одного физиологического критерия также недостаточно для разграничения видов.

*Биохимический критерий.* Организмы различных видов различаются по своему химическому составу, т. е. по содержанию белков, углеводов, липидов, нуклеиновых кислот и других органических веществ. Но главными считаются различия в качестве и количестве молекул ДНК и белков в клетке. При определении видовой принадлежности организмов решающее значение имеет установление различий в их нуклеиновых кислотах.

*Географический критерий.* Ареал, занимаемый видом, может быть широким или узким, повсеместным или ограниченным. Один ареал могут населять два или три вида, а другие — несколько или множество видов. Следовательно, географический критерий так же, как и другие, не может быть определяющим.

*Экологический критерий.* Под этим критерием понимают конкретные условия среды, в которых живут и к которым приспособились особи того или иного вида. Например, на полях и лугах произрастает ядовитый, во влажных местах — ползучий, по берегам рек, водоемов, по болотистым местам — жгучий лютик.

*Генетический критерий.* Под этим критерием понимаются характерные для каждого вида набор хромосом, строение и окраска. Один вид-двойник черной крысы имеет 38, другой — 42 хромосомы. Хотя генетический критерий характеризуется некоторым постоянством, это сходство относительно, так как внутри вида могут наблюдаться различия по числу и строению хромосом. Кроме того, у разных видов число хромосом может быть одинаковым. Например, капуста и редька имеют по 18 хромосом.

Таким образом, ни один из приведенных критериев не является всеобъемлющим, поэтому для определения видов следует пользоваться совокупностью всех критериев или их большинством.



## Политипические виды

Каждый вид растения и животного представлен более или менее отличающимися друг от друга особями. Так, длина тела божьих коровок, обитающих в окрестностях кишлака Хумсан, составляет от 5,5 до 8 мм, окраска варьирует от светло- до темно-коричневой, а величина и форма крапинок колеблется от почти незаметных до ярко выраженных. Точно так же установлено, что вредители картофеля — колорадские жуки, распространенные в окрестностях Ташкента, по своим размерам намного крупнее жуков, обитающих на территории Тараса (Казахстан). Такое относительное разнообразие можно наблюдать и у других видов растений и животных. Следовательно, каждый вид является политипическим.

**Дарвин о видообразовании.** На основании теории естественного отбора Дарвин объяснил происхождение не только приспособленности организмов, но и новых видов.

Изучение видообразования сталкивается с двумя трудностями: во-первых, видообразование в природе происходит в течение длительного времени, во-вторых, этот процесс у различных организмов протекает по-разному. При изменении условий жизни число индивидуальных различий особей одного вида в результате естественного отбора увеличивается и отмечается расхождение признаков внутри вида. В результате внутри одного вида образуется несколько групп с разными признаками и свойствами. Естественно, что борьба за существование в большинстве случаев приводит к постепенному вымиранию промежуточных форм и выживанию тех, которые приспособились к изменившейся среде. Таким путем от одного родоначального вида в историческом процессе образуется несколько новых видов. Согласно учению Дарвина, новые виды возникают за счет наследования из поколения в поколение и постепенного накопления незначительных изменений, приобретенных организмами в онтогенезе. В результате приспособления организмов внутри одного вида к различным условиям образуется несколько новых видов. На рис. 54 отражено возникновение из вида А — трех, из вида Б — двух новых видов. Как видно из рисунка, изменения в новых видах А, в свою очередь, привели к образованию 14 новых видов. Возникновение из одного вида в определенном историческом процессе нескольких новых видов Дарвин назвал расхождением признаков родоначального вида, т. е. *дивергенцией*. В отдельных случаях новые виды возникают в результате постепенного изменения

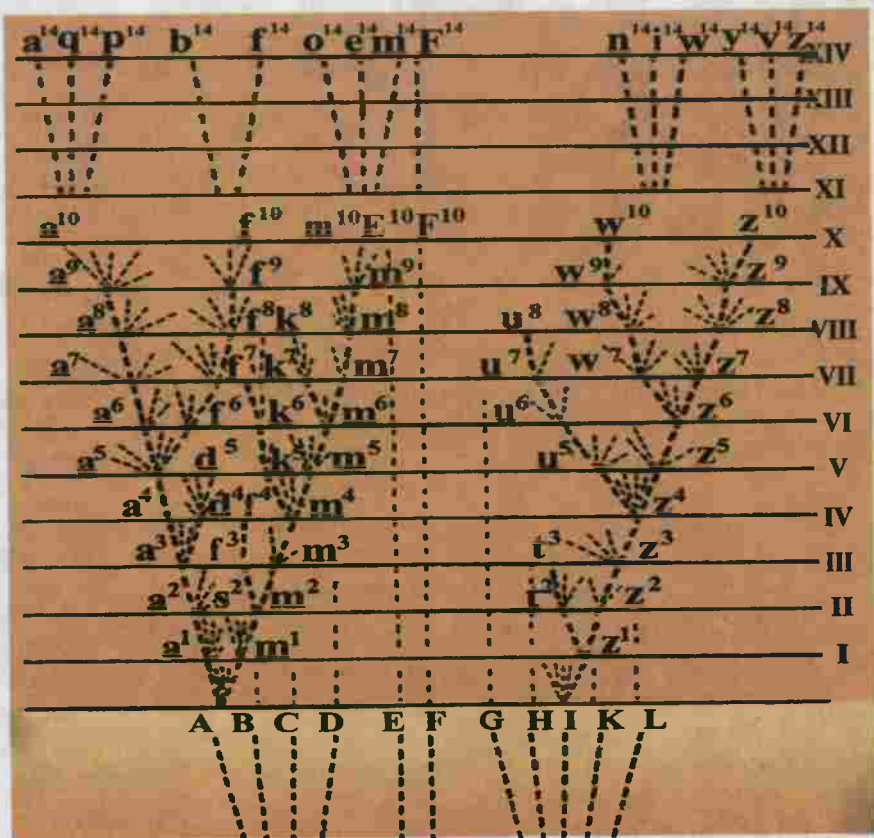


Рис. 54. Образование новых видов (дивергенция) по Дарвину: А — L — виды исходного рода;  $a^7$ ,  $m^7$ ,  $u^7$ ,  $z^7$ ,  $a^8$ ,  $m^8$ ,  $u^8$ ,  $z^8$  — разновидности видов;  $a^{10}$ ,  $f^{10}$ ,  $m^{10}$ ,  $z^{10}$  — новые виды; I—XIV — условное обозначение промежутка времени в тысячи поколений.

родоначального вида. Примером этого может служить образование видов  $E^{10}$ ,  $F^{10}$  при постепенном изменении видов E, F.

### Направления образования новых видов

После Дарвина в результате стыковки генетики, экологии, систематики и других естественных наук с классическим дарвинизмом были накоплены многочисленные данные о биологическом виде, его составе, возникновении новых видов. Согласно этим данным, любой биологический вид имеет политипическое строение, т. е. он состоит из особей, более или менее различающихся в

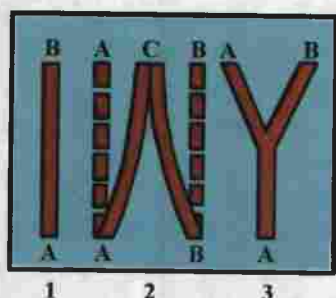


Рис. 55. Образование новых видов: 1 — филогенетическое; 2 — гибридное; 3 — дивергентное направления.

морфологическом, физиологическом, экологическом и генетическом отношениях. Были определены ареалы, занимаемые видами, различия в численностях популяций. Обычно численность популяций видов, населяющих обширные ареалы, велика, а в разбросанных ареалах — мала. Генофонд любого вида состоит из совокупности неразрывно связанных между собой генов и хромосом. Он обеспечивает приспособление организмов этого вида к условиям внешней среды.

Образование нового вида происходит вследствие создания нового генофонда за счет разрушения совокупности взаимосвязанных генов и хромосом родоначального вида.

По признанию ученых, в настоящее время образование новых видов происходит в нескольких направлениях (рис. 55).

**Аллопатрическое видообразование или географическая изоляция.** При этом популяции, входящие в один вид, изолируются в географическом отношении. В результате их связи с другими популяциями, относящимися к этому виду, постепенно исчезают. Географическую изоляцию создают большие расстояния между ареалами, занимаемыми популяциями, водные препятствия, препятствия на суше, образование гор. Допустим, что в таких случаях какая-либо популяция одного вида продолжительное время не имеет связи с другими популяциями, относящимися к этому виду. В связи с тем, что к этой популяции не присоединяются особи из соседних популяций, ее генофонд теперь становится независимым. Естественно, что и в ней, как и в других популяциях данного вида, могут возникать новые мутации. В результате естественного отбора среди них накапливаются аллели, соответствующие этим условиям. Продолжающаяся длительное время географическая изоляция популяции приводит в конечном итоге к биологической изоляции, т. е. к нескрещиваемости с особями других популяций этого вида. Примеры образования новых видов вследствие географической изоляции весьма многочисленны. Например, в озере Байкал существуют многочисленные виды моллюсков, ракообразных, рыб и червей, которые нигде больше не встречаются. Это объясняется,

главным образом, тем, что 20 млн лет назад озеро Байкал было отделено от других водных бассейнов в результате образования гор. Точно так же обитающий в Сырдарье и Амударье вид рыб — лжелопатонос — появился в результате географической изоляции. Лжелопатонос относится к древним осетровым, и близкие к нему виды рыб встречаются в реке Миссисипи (Северная Америка).

Наглядным примером видообразования в направлении географической изоляции является также род хлопчатника. Виды этого рода отделялись друг от друга начиная с мелового периода и распространились по Америке, Азии и Австралии.

**Симпатрическое видообразование.** Иногда изоляция наблюдается в пределах ареала родоначального вида. Изолированные популяции распространяются в одном ареале с родоначальным видом. Как правило, группа изолированных особей отличается от представителей родоначального вида по срокам скрещивания, месту обитания или полу. От изолированных таким образом популяций в результате мутационных изменений и естественного отбора образуются новые виды. Например, известно, что в озере Ланао, возникшем на Филиппинах 10 тыс. лет тому назад, только от одного-единственного родоначального вида рыб образовалось 18 видов рыб, а от одного родоначального вида из отряда бокоплавающих ракообразных — 250 новых видов. Симпатрическое образование новых видов является результатом экологической изоляции.

**Полиплоидное видообразование.** Одна из разновидностей мутационной изменчивости связана с изменением числа хромосом. В отдельных случаях при митотическом делении клетки под воздействием внешней среды хромосомы неравномерно распределяются между дочерними клетками. В результате в ядре одной клетки число хромосом увеличивается на одну или две, а в ядре второй — уменьшается. Увеличение или уменьшение числа хромосом в отдельных случаях лежит в основе образования новых видов.

Например, в роде скерды из семейства сложноцветных встречаются виды с 3, 4, 5, 6 и 7 хромосомами, в роде илака — виды, содержащие от 12 до 43 хромосом. Виды, образовавшиеся в результате увеличения или уменьшения числа хромосом, называются *анеуплоидными*.

На окраинных участках ареала вида при наличии неблагоприятных условий происходят изменения в веретене деления клетки. Это, в свою очередь, препятствует расхождению хромосом к обоим полюсам клетки. Поэтому количество хромосом в материнской

клетке удваивается. Например, существуют виды хлопчатника с 26 и 52 хромосомами. Наблюдаются случаи не только двукратного, но и многократного изменения числа хромосом родоначального вида. Установлены, например, виды рода хризантем с 18, 36 и 90 хромосомами, виды рода табака с 24, 48, 72, виды пшеницы с 14, 28, 42 хромосомами. Виды, связанные с кратным увеличением числа хромосом, называются *полиплоидными*. Полиплоидные виды более приспособлены к неблагоприятным условиям внешней среды по сравнению с видами, имеющими диплоидный набор хромосом.

**Образование новых видов путем гибридизации.** Виды некоторых растений образовались путем гибридизации. Например, слива возникла в результате удвоения числа хромосом после скрещивания вишни с алычой. У вишни гаплоидный набор хромосом равен 16, у алычи — 8, следовательно, у гибридов, образовавшихся при их скрещивании, гаплоидный набор хромосом равен 24. Однако в эксперименте с бесплодными гибридами эти гибриды дали потомство за счет удвоения числа хромосом. В результате образовался новый вид.

Так же возникли виды хлопчатника Нового Света. По мнению ученых, виды хлопчатника *xirzutum* и *barbadense* с набором хромосом 52 появились в результате скрещивания между собой видов *gaumondi* и *herbatseum* с другим видом, тоже имеющим 13 хромосом в гаплоидном наборе, и последующего удвоения числа хромосом гибридов.

Как видно из изложенного, симпатрическое образование новых видов осуществлялось различными способами.

### Задания

- I. Прочитайте текст § 18.
- II. Объясните рис. 56–57.
- III. Заполните таблицу.

Таблица 13

Элементарный материал эволюции	
Элементарная единица эволюции	
Элементарное явление эволюции	
Элементарные факторы эволюции	

- IV. Запомните выводы, приведенные в конце главы.
- V. Определите правильный ответ в тестовом задании.  
Факторы эволюции — ...

- 1) популяционные волны;
- 2) мутация;
- 3) дрейф генов;
- 4) комбинативная изменчивость;
- 5) популяция;
- 6) географическая изоляция;
- 7) биологическая изоляция;
- 8) миграция.

- A) 1, 3, 6, 7, 8;
- B) 2, 4, 5, 7;
- C) 3, 4, 6, 8;
- D) 1, 2, 4, 7;
- E) 2, 5, 7, 8.

**VI. Дайте определение популяции.**

**VII. Ответьте на вопросы.**

1. От чего зависит площадь ареала популяции?
2. Чем популяция отличается от стада, стаи, колонии?
3. Почему популяции в пределах одного вида не смешиваются?
4. Что установил американский ученый Меллер?
5. Объясните сущность синтетической теории эволюции.
6. Перечислите ее основные положения.

## § 18. СИНТЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ

К XX в. началось всестороннее изучение проблем, касающихся наследственности и изменчивости, взаимоотношений организмов в пределах одного и разных видов, структуры вида и др.

Сформировались новые отрасли биологической науки — генетика, экология, молекулярная биология. В результате стыковки классического дарвинизма с этими науками была создана синтетическая теория эволюции.

Основные положения этой теории заключаются в следующем.

1. Элементарный материал эволюции — мутационная и комбинативная изменчивость.
2. Элементарная единица эволюции — популяция.
3. Элементарные факторы эволюции — популяционные волны, генетико-автоматические процессы, изоляция.
4. Каждый вид состоит из популяций.
5. Вид состоит из совокупности подвидов и популяций, относительно различающихся в морфологическом, биохимическом, физиологическом, экологическом, генетическом отношениях и изолированных в половом отношении.
6. Изменения и дрейф генов происходят только в пределах вида.
7. Эволюция носит дивергентный характер, т. е. от одного родоначального вида могут образоваться несколько новых видов, в отдельных случаях от одного-единственного вида может возникнуть единственный новый вид.

8. Эволюция — постепенный долгосрочный процесс, при котором образование видов считается этапом, характеризующимся сменой одних популяций другими.

9. Принимая во внимание, что основным критерием вида является половая обособленность, этот критерий нельзя применять к организмам со слабо выраженными половыми признаками.

10. Микроэволюция — это эволюционный процесс в пределах вида, а макроэволюция — эволюционные процессы в таксонах, стоящих над видами.

## Микроэволюция

Говоря об эволюционных процессах в пределах вида, прежде всего необходимо различать такие понятия, как элементарные единица, материал, явление и факторы эволюции.

**Популяция** — элементарная единица эволюции. Особи одного и того же вида распространены в пределах ареала неравномерно. Одни участки ареала населены редко, а другие — густо. Так, в лесостепях Западной Сибири береза распространена отдельными рощами. Причинами неравномерности распределения особей одного вида в пределах ареала являются различия в природных условиях, сложившихся на разных его участках. *Под популяцией понимают совокупность особей одного вида, различающихся отдельными признаками и свойствами, которые, длительно существуя в определенной части ареала, свободно скрещиваются между собой и живут относительно обособленно от других групп организмов того же вида.* Популяцию называют элементарной единицей эволюции потому, что она представляет собой наименьшую совокупность особей в пределах вида, которая может самостоятельно вовлекаться в эволюционное развитие. Особи одного вида могут жить также семьями, стадами, стаями. Однако они недолговечны и могут быстро распасться. Поэтому их нельзя назвать элементарными единицами эволюции. В зависимости от площади ареала, населенного определенным видом, число популяций в нем может быть различным. В обширном ареале число популяций видов, как правило, больше, в небольшом ареале меньше. А площадь ареала популяции зависит от скорости передвижения животных, а у растений — от расстояния, в пределах которого они могут перекрестно опыляться. Так, виноградная улитка передвигается в радиусе нескольких десятков метров, а северная лиса — в радиусе нескольких сотен километров.

**Элементарный материал эволюции.** Элементарным материалом эволюции служит мутационная и комбинативная изменчивость. Различают следующие разновидности мутации: генная, хромосомная, геномная и цитоплазматическая. С понятием *ген* вы ознакомились при изучении основ цитологии и генетики в 9 классе. Увеличение или уменьшение числа нуклеотидов, содержащихся в генах, или их перемещение вызывают изменчивость. Мутации происходят неожиданно и изредка. Вероятность повторения генных мутаций равняется  $10^6$ — $10^8$ . Хромосомные мутации связаны с уменьшением или увеличением отдельных частей хромосом, их перемещением. Если принять во внимание то, что в каждой хромосоме содержится несколько сотен генов, то можно ожидать, что хромосомные мутации приведут к значительным изменениям. Геномные мутации по сравнению с генными и хромосомными происходят очень редко.

Большинство мутаций являются вредными и устраняются в процессе естественного отбора. Отдельные мутации в данных конкретных условиях могут быть полезными для организма. В таких случаях они передаются последующим поколениям, и в результате размножения организмов постепенно растет их число. Любой отдельно взятый организм, даже обладающий полезной мутацией, никогда не может эволюционировать самостоятельно.

**Элементарное явление эволюции.** Мутационная изменчивость и естественный отбор в течение длительного времени могут привести к изменению соотношения организмов с разными генотипами в популяции, другими словами, вызвать изменения в генофонде популяции. Изменения генофонда популяции есть первый шаг в сторону эволюционного процесса.

А как можно узнать, произошли или нет изменения в генофонде популяции? Обычно путем подсчета в нескольких поколениях различных организмов с признаками, обусловленными действиями того или иного гена из генофонда популяции, определяют число повторений их в каждом поколении и, сравнивая их соотношение, судят о наличии или отсутствии изменений генофонда. В 1928—1929 гг. американский генетик Г. Меллер разработал методы определения рецессивных летальных мутаций и доказал возможность изучения таких мутаций опытным путем. Длительно протекающие в определенном направлении изменения генофонда популяции называются *элементарными явлениями эволюции*.

**Элементарные факторы эволюции. Дрейф генов.** В малых популяциях особи, содержащие мутантные аллели, могут подвер-



гаться быстрым и внезапным изменениям. Например, Райт, проводивший наблюдения за потомством двух пар гетерозиготных по гену А самцов и самок дрозофилы, помещенных в пробирки с различным кормом, обнаружил, что через несколько поколений в одной популяции были только мутантные гомозиготные формы, а в составе другой популяции они вообще не встречались. А в третьей популяции наблюдались и доминантные, и рецессивные аллельные формы. Случайные изменения генов в составе генофонда популяции называются *дрейфом генов*.

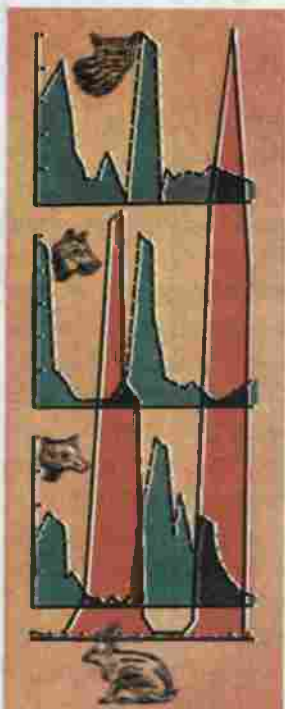
**Популяционные волны.** Из собственных наблюдений вам известно, что в годы с благоприятными погодными условиями число некоторых организмов резко увеличивается, а в годы, когда эти условия неблагоприятны, оно резко сокращается. Такое явление касается особей любой популяции. Так, в годы с обильными весенними осадками однолетние и многолетние растения — подснежник, костер кровельный, мятлик луковичный, одуванчик, паслен — усиленно растут и обильно плодоносят.

Это может способствовать также увеличению особей насекомоядных и травоядных животных. Возрастание численности насекомоядных и травоядных животных приводит, в свою очередь, к увеличению численности насекомоядных птиц и хищных животных. Заметное увеличение или резкое сокращение численности организмов популяции называется *популяционной волной* (рис. 56).

Частое повторение таких явлений в конечном итоге приводит к изменению генофонда популяции.

**Изоляция.** В свое время Дарвин утверждал, что изоляция является важным эволюционным фактором, так как она приводит к распределению признаков в пределах вида и препятствует скрещиванию особей между собой. Различают несколько видов изоляции организмов.

*Географическая изоляция* происходит из-за крупных рек, высоких гор и других препятствий (рис. 57).



1932 1940 1948 1954 годы

Рис. 56.

Популяционные волны.



Р и с . 57. Географическая изоляция. Подвиды фазана.

*Биологическая изоляция* обуславливает нескрещиваемость особей внутри вида.

*Экологическая изоляция* связана с различными сроками половой активности и полового созревания у особей в пределах вида.

*Этиологическая изоляция* связана с поведением животных. Например, некоторые птицы отличаются способом привлечения самки своеобразным пением.

Различные формы изоляции в течение длительного времени препятствуют свободному скрещиванию особей с разными аллелями. Это, в свою очередь, приводит к появлению различных изолированных групп особей, новых популяций. В отличие от естественного отбора, вышеуказанные элементарные факторы эволюции лишены определенной направленности.

## Выводы

1. Представления об окружающей природе, о многообразии и происхождении растений, животных и других живых существ возникли у людей за несколько тысяч лет до нашей эры. Среди них важное место занимали взгляды ученых-естествоиспытателей Древнего Востока, Древней Греции, Центральной Азии и Европы. Теория об эволюции органического мира впервые была создана французским ученым Ж. Б. Ламарком. Однако он не смог точно объяснить движущие силы эволюционного процесса.

2. Дарвин не только доказал изменение органического мира, но и первым в истории науки дал научно обоснованное объяснение происхождения приспособленности организмов. Он указал, что движущими силами эволюции являются изменчивость, наследственность, борьба за существование и естественный отбор.

3. Во времена Дарвина некоторые отрасли биологической науки еще не были развиты. В связи с этим впоследствии благодаря достижениям генетики, экологии и других наук эволюционная теория получила новое толкование. В результате была создана синтетическая теория эволюции, которая позволила всесторонне объяснить возможности возникновения в природе новых видов.

4. В настоящее время теория эволюции органического мира условно подразделяется на микроэволюцию и макроэволюцию.

5. Микроэволюция — это эволюционный процесс, протекающий в пределах вида. В этом процессе важную роль играют элементарный эволюционный материал — мутационная и комбинативная изменчивость, элементарная единица эволюции — популяция, элементарное явление эволюции — мутационный процесс, элементарные факторы эволюции — изоляция, миграция, популяционные волны, дрейф генов, естественный отбор.

6. В природе наблюдается аллопатрическое, симпатрическое, гибридогенное и филетическое видообразование.

7. Все виды растений, животных и других организмов приспособлены к условиям среды обитания. Такая приспособленность возникла в историческом процессе в результате наследственной изменчивости, борьбы за существование и естественного отбора. Однако любые приспособления организмов являются не абсолютными, а относительными.

## Словарь терминов

**Аллопатрия** (от *греч.* *allos* — другой + *patris* — родина) — возникновение новых популяций на окраинных участках ареала вида.

**Анатомия** (от *греч.* *anatomē* — рассечение) — наука о строении органов и целого организма.

**Антибиотик** (от *греч.* *anti* — против + *bios* — жизнь) — вещество, убивающее микроорганизмы, или препятствующее их развитию.

**Архипелаг** (от *греч.* *archi* — руководство + *pelagos* — море) — группа или совокупность островов, близко расположенных друг к другу.

**Археология** (от *греч.* *archaios* — древний + *logos* — учение) — наука, изучающая оставшиеся от древних людей материальные источники и жилища, предметы быта, орудия, письменность и др.

**Биология** (от *греч.* *bios* — жизнь + *logos* — учение) — наука о жизни.

**Генофонд** (от *греч.* *genos* — потомство + *франц.* *fond* — база) — совокупность генов организмов, входящих в состав популяции.

**Дивергенция** — расхождение признаков и свойств организмов, произошедших от одного рода, в процессе эволюции.

**Дизруптивный отбор** — форма естественного отбора, приводящая к образованию ряда полиморфных форм, отличающихся друг от друга в пределах одной популяции.

**Дрейф генов** — изменения в генетическом строении популяции под влиянием случайных причин — генетико-автоматический процесс.

**Индивид** (от *лат.* *individuum* — неделимый) — элементарная неделимая единица жизни. С эволюционной точки зрения это организмы, развившиеся из одной зиготы, споры.

**Классификация** (от *лат.* *klassis* — разряд + *fasere* — делать) — подразделение всех живых организмов по их признакам и свойствам на большие и малые систематические группы.

**Корреляция** (от *лат.* *correlatio* — взаимосвязь) — изменение одной части тела, обусловленное изменением другой части. Коррелятивные органы — это органы, взаимно связанные между собой. Изменение одного органа приводит к изменению и другого органа тела.

**Маскировка** — форма и окраска тела животных, напоминающая окружающие их листья, ветви, почки растений и защищающая их от врагов.

**Микроэволюция** (от *греч.* *mikros* — малый + *лат.* *evolutio* — развертывание) — эволюционный процесс в пределах вида.

**Мимикрия** (от *англ.* *mimicry* — подражательность) — имитирование цвета и формы хорошо защищенных, мало истребляемых животных некоторыми беззащитными и съедобными животными.

**Онтогенез** (от *греч.* *ontos* — сущее + *genesis* — происхождение) — индивидуальное развитие.

**Палеонтология** (от *греч.* *palaios* — древний, *ontos* — сущее + *logos* — учение, наука) — наука об ископаемых организмах.

**Полиптичность** (от *греч.* poly — много + typos — экземпляр) — существование различных типов организмов, относящихся к одному виду.

**Полиплоидия** (от *греч.* polyploos — многократный + eidos — вид) — кратное увеличение числа хромосом в ядре клетки.

**Радиус** (от *лат.* radius) — прямая линия, соединяющая любую точку окружности с ее центром.

**Родословная** — перечень поколений одного рода, устанавливающий происхождение и степень родства.

**Селекция** (от *лат.* selectio — отбор) — создание новых сортов, пород, штаммов путем отбора.

**Симпатрическое направление** — совместное проживание различающихся в генетическом отношении организмов одного вида в одной географической среде.

**Стабилизирующий отбор** (от *лат.* stabilis — постоянство, устойчивость) — передача из поколения в поколение признаков и свойств, присущих виду при неизменных условиях среды обитания.

**Систематика** (от *греч.* sistematikos — упорядоченный) — отрасль биологии, разделяющая организмы на различные систематические категории по их родственным связям.

## Глава IV

### ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ

В настоящей главе приводятся научно обоснованные цитологические, молекулярно-биологические, эмбриологические, сравнительно-анатомические, палеонтологические, биогеографические доказательства эволюции. Усвоение этих знаний тесно связано со знанием строения и функций клетки, нуклеиновых кислот, белков, биогенетического закона, гомологичных, аналогичных, рудиментарных органов, явлений атавизма, с понятиями об эрах, способах определения их возраста, с теорией происхождения континентов. Все это поможет вам понять макроэволюцию. В полемике с людьми, отрицающими эволюцию органического мира, вы можете использовать эти научные доказательства.

#### Макроэволюция и ее доказательства

В связи с тем, что процессы, протекающие в пределах вида, в большинстве случаев являются краткосрочными, их можно изучать напрямую. Так как макроэволюция, т. е. эволюционные процессы во всех систематических единицах, кроме вида: родах, семействах, отрядах, классах, типах — совершалась на протяжении миллионов лет, ее невозможно проследить непосредственным образом. Поэтому доказательства макроэволюции основываются на сравнительном изучении внешнего и внутреннего строения, развития и жизненных процессов современных представителей древних вымерших видов. Несмотря на это, макроэволюция является органическим продолжением микроэволюции, так как явления, происходящие в микроэволюции, например, мутационная и комбинативная изменчивость, генетическое и экологическое разнообразие популяций, элементарные факторы эволюции, имеют место и в макроэволюции.

#### Задания

I. Прочитайте текст § 19.

II. Заполните следующие таблицы. Сделайте выводы по данным табл. 16–17 и изложите их учителю.

## Строение и функции макромолекул

№ п/п	Макромолекулы	Строение	Функция
1			
2			
3			

Таблица 15

## Различия аминокислотного состава в цепях гемоглобина

№ п/п	Человек — вид животного	Число различий
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

## III. Ответьте на вопросы.

1. Дайте характеристику макроэволюции.
2. На чем основываются доказательства макроэволюции?
3. Что является объектом изучения молекулярной биологии?
4. Докажите происхождение органического мира от одного предка.
5. Как определяется изменение молекулы белка в историческом процессе?
6. Что изменяется быстрее: молекула или ген? Обоснуйте свое мнение.
7. Расскажите о разновидностях изменения белка.
8. Всегда ли изменение гена обуславливает изменение молекулы белка? Почему?
9. Можно ли определить сроки изменения видов по изменению молекулы белка?
10. Что вы понимаете под молекулярными часами эволюции?

## IV. Запомните выводы и значения терминов, приведенных в конце главы.

## § 19. МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ

**Молекулярная биология.** Любая клетка состоит из определенного количества органических соединений. В строении клетки и в обеспечении энергией протекающих в ней процессов основную роль играют белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды, липиды. Особое место в жизни клеток занимают *макромолекулы* белков и нуклеиновых кислот. Белки, прежде всего, являются строительным и пластическим материалом клетки, а нуклеиновые кислоты — носителями наследственной информации.

Для определения изменений, происходящих в макромолекулах близких по происхождению и далеким видов в определенный период исторического развития, используется ряд биохимических методов: гибридизация макромолекул ДНК, определение последовательности расположения аминокислот в молекуле белка (гемоглобина, миоглобина, цитохрома) и др.

На современном этапе развития молекулярной биологии можно анализировать изменения в последовательности нуклеотидов в ДНК или аминокислот в молекуле белка разных видов и по этому показателю судить о степени их сходства и различия. Поскольку каждая замена аминокислот в молекуле белка связана с изменением одного, двух или трех нуклеотидов в молекуле ДНК, с помощью ЭВМ можно вычислить максимальное или минимальное число нуклеотидных замен в составе гена, участвующего в синтезе данной молекулы белка.

На основе полученных данных можно судить о среднем числе замещений аминокислот в молекуле белка и изменениях в расположении нуклеотидов в составе гена. Вы знаете, что гемоглобин входит в состав красных кровяных телец — эритроцитов и активно участвует в транспорте кислорода. Гемоглобин в эритроцитах человека состоит из взаимно схожих двух  $\alpha$ - и двух  $\beta$ -цепей. В каждую цепь  $\alpha$  входит 141, в каждую цепь  $\beta$  — 145 аминокислот. Несмотря на взаимные различия  $\alpha$ - и  $\beta$ -цепей гемоглобина, последовательность расположения аминокислот в них одинакова. Это свидетельствует о том, что цепи  $\alpha$  и  $\beta$  гемоглобина возникли в результате дивергенции единой полипептидной цепи в историческом процессе. В результате мутационных изменений в различных группах животных замещение аминокислот происходило также в  $\alpha$ - и  $\beta$ -цепях гемоглобина.

Как видно из данных табл. 16, молекулы гемоглобина у человека и человекообразных обезьян почти схожи по последовательности



аминокислот, однако различия между человеком и другими отрядами млекопитающих животных по этому показателю весьма существенны и составляют от 14 до 33. Такие же данные получены при сопоставлении аминокислотного состава белка цитохрома С человека, дрозофилы и других организмов (табл. 17).

Таблица 16

Различия аминокислотного состава в  $\alpha$ - и  $\beta$ -цепях молекулы гемоглобина у человека и других животных (по V. Grant)

Вид	Число различий	
	$\alpha$ -цепь	$\beta$ -цепь
Человек — шимпанзе	0	0
Человек — горилла	1	1
Человек — лошасть	18	25
Человек — коза	20—21	28—33
Человек — мышь	16—19	25
Человек — кролик	25	14

Если скорость эволюции белка измеряется числом аминокислотных замен в год, то скорость эволюции генов измеряется путем определения нуклеотидных замещений. Однако нуклеотидные замены в составе генов не всегда обуславливают аминокислотную замену в составе белка. Об этом свидетельствует тот факт, что из 20 аминокислот, входящих в состав белка, 18 кодируются 2, 3, 4 и 6 кодами. Каждый нуклеотид в составе гена может подвергаться мутации. Ее называют *точечной мутацией*. Некоторые нуклеотиды по-разному реагируют на воздействие извне. В некоторых нуклеотидных парах мутация происходит всего один или два раза, у других число мутаций может достигать нескольких сотен. Последние называются «горячими» точками.

Очень важно и то, какой нуклеотид претерпевает изменения при мутации. Например, фенилаланин обладает кодоном UUU. Если третий нуклеотид этого кодона урацил заменяется аденином или гуанином, то положение кодона изменяется и кодоны UUA и UUG включают в полипептидную цепь не фенилаланин, а лейцин, что приводит к существенному изменению структуры и функции молекулы белка. Обычно у близких друг к другу в систематическом отношении видов число мутаций невелико и, наоборот, у видов, далеких друг от дру-

**Число различий в аминокислотном составе белка цитохрома С человека и других организмов (по V. Grant)**

Вид	Число различий
Человек — макака	1
Человек — лошадь	12
Человек — собака	11
Человек — голубь	12
Человек — змея	14
Человек — лягушка	18
Человек — акула	24
Человек — дрозофила	29
Человек — пшеница	43
Человек — нейроспора	48

га, — велико. Поэтому, например, ДНК человека оказалась гомологичной ДНК макаки на 66%, быка — на 28%, крысы — на 17%, лосося — на 8%, бактерии кишечной палочки — всего на 2%.

**Молекулярные часы эволюции.** Обычно, определяя дивергенцию белков у нескольких видов, можно судить о сроках расхождений между ними. Скорость эволюции белка измеряется числом годовых аминокислотных замен в его составе. По аминокислотным заменам в составе белка можно определить момент дивергенции рода, семейства, отряда, класса, типа. Например, в результате изучения родословной белка глобина *b* установлено, что его строение было схожим у общих предков карпа и человека, существовавших около 400 млн лет назад, ехидны и человека — 225 млн лет назад, собаки и человека — 70 млн лет назад.

### Задания

- I. Прочитайте текст § 20. Внимательно изучите содержание рис. 58–62.
- II. С помощью следующих понятий объясните сущность биогенетического закона и укажите его авторов.
- III. Дайте характеристику:
  - 1) аналогичных органов;
  - 2) гомологичных органов;
  - 3) рудиментарных органов;
  - 4) явлений атавизма.
- IV. Выполните задание, приведенное в конце текста.



#### V. Ответьте на вопросы.

1. Объясните значение терминов «дивергенция» и «конвергенция».
2. Объясните эволюционное значение развития с метаморфозом и без него.
3. Объясните значение явлений атавизма и рудиментарных органов.
4. Объясните значение термина «палеонтология».
5. Почему остатки многих организмов, живших в древних эрах и периодах, не сохранились до настоящего времени?
6. Объясните биогенетический закон.
7. Объясните значение эмбриологии для доказательства эволюции.
8. Объясните значение сравнительной анатомии для доказательства эволюции.
9. Каково значение палеонтологии для доказательства эволюции?

#### VI. Определите правильные ответы в тестовых заданиях.

1. Примером чего могут служить рождение зеброобразных жеребят и наличие третьей пары сосков в вымени коров?
  - A) аналогичных органов;
  - B) гомологичных органов;
  - C) конвергенции;
  - D) явлений атавизма;
  - E) рудиментарных органов.
2. Кто является автором теории филоэмбриогенеза?
  - A) Э. Геккель;
  - B) А. Северцов;
  - C) Ф. Мюллер;
  - D) Ч. Дарвин;
  - E) И. Сеченов.

## § 20. ЭМБРИОЛОГИЧЕСКИЕ, СРАВНИТЕЛЬНО-АНАТОМИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ

**Эмбриология.** Растения, животные, тело человека состоят из клеток. Такое сходство в строении тела всех живых существ является доказательством того, что все они произошли от одного предка. Наличие в клетках растений, животных и человека мембраны, цитоплазмы, ядра, цитоплазматических органоидов: эндоплазматической сети, рибосом, митохондрий, аппарата Гольджи, общность генетического кода у всех живых существ также свидетельствуют о единстве происхождения различных представителей органического мира. Индивидуальное развитие всех многоклеточных животных начинается с оплодотворенной яйцеклетки — зиготы. При этом наблюдается деление зиготы, формирование двух- и трехслойного зародыша, из зародышевых листков образование различных органов. При сравнении эмбрионального развития бросается в глаза сходство ранних этапов индивидуального развития у животных, относящихся к одному типу или классу. Так, у представителей позвоночных (рыб, земноводных, пресмыкающихся, птиц, млекопитающих) на ранних этапах эмбрионального развития голова, тело, хвост, жаберные щели очень похожи. По мере развития зародыша сходство между эмбрионами животных различных классов уменьшается. У них начинают появляться признаки и свойства, присущие определенному классу, отряду, семейству, роду и виду.

Так, зародыши гориллы и человека вначале очень похожи друг на друга, однако на последующих стадиях эмбрионального развития у зародыша человека наблюдается выпячивание лобных, а у зародыша гориллы — челюстных костей. Следовательно, у зародышей каждого животного на ранних стадиях эмбрионального развития появляются признаки, присущие крупной систематической группе, а на после-



Рис. 58. Эмбриональное развитие организмов, принадлежащих к различным классам позвоночных: А — рыба; Б — саламандра; В — черепаха; Г — птица; Д — заяц; Е — человек.

дующих этапах — более мелкой. Другими словами, в период эмбрионального развития происходит расхождение признаков от общего к частному (рис. 58).

### Биогенетический закон

Приведенные выше факты свидетельствуют о том, что каждая особь в своем индивидуальном развитии — в онтогенезе — вкратце повторяет историю развития своих предков. Краткое повторение филогенеза в онтогенезе называется *биогенетическим законом*. Этот закон был открыт во второй половине XIX в. немецкими учеными Э. Геккелем и Ф. Мюллером. Биогенетический закон находит отражение в развитии многих представителей животного мира. Так, головастик повторяет стадию развития рыб, которые являются предками земноводных. Биогенетический закон справедлив также и по отношению к растениям. Например, у всходов культурных сортов хлопчатника появляются сначала целостные пластинчатые листья, из которых затем развиваются двух-, трех-, четырех-, пятилопастные листья. У диких видов хлопчатника *G. raimondii* и *G. klotzchianum* листья на стебле представляют собой цельную пластину. Следовательно, культурные сорта хлопчатника в процессе своего индивидуального развития вкратце повторяют историческое развитие своих предков. Однако в процессе индивидуального развития повторяются не все, а только некоторые этапы исторического развития предков, остальные же выпадают. Это объясняется тем, что историческое развитие предков длится миллионы лет, а индивидуальное развитие — непродолжительное время. Кроме того, в онтогенезе повторяются не стадии взрослых форм предков, а их эмбриональные этапы развития.

Естественно, возникает вопрос: если филогенез оказывает влияние на онтогенез, то не может ли онтогенез оказать влияние на филогенез? Следует подчеркнуть, что в онтогенезе не только выпадают некоторые этапы развития предков, но и происходят изменения, не наблюдавшиеся в филогенезе. Это доказал русский ученый А. Н. Северцов своей теорией филоэмбриогенеза. Известно, что мутационная изменчивость происходит на разных этапах эмбрионального развития особи. Организмы с полезными мутациями выживают в борьбе за существование и естественном отборе, передавая полезные мутации из поколения в поколение, и в конце концов изменяют ход филогенеза. Например, у пресмыкающихся клетки эпителия кожи, а под ним и соединительной ткани, развиваясь, образуют чешуйки. А у

млекопитающих производные эпителиальной и соединительной ткани, изменяясь, образуют под кожей волосистой мешок.

**Сравнительная анатомия.** Важным доказательством макроэволюции являются наличие у организмов гомологичных, аналогичных, рудиментарных органов, а также явления атавизма.

**Гомологичные органы.** Органы, имеющие сходное строение и общее происхождение, независимо от выполняемых ими функций, называются гомологичными. Например, у представителей позвоночных, обитающих на суше, в воздухе и в воде, передние конечности выполняют функции хождения, копательную, летательную, плавательную. Однако у всех они состоят из плеча, предплечья, образованного локтевой и лучевой костями, костями запястья (рис. 59). Гомологичные органы встречаются также и у растений. Например, усики гороха, шипы барбариса и кактуса являются видоизмененными листьями.

*Аналогичными* называют такие органы, которые выполняют одинаковые функции, но имеют различное происхождение. Колючки кактуса образовались в результате видоизменения листьев, шипы боярышника — стебля, а шипы розы и малины — вследствие изменения ростков эпидермиса (рис. 60). Примерами аналогичных органов являются также глаза головоногих моллюсков и позвоночных животных. Глаза у головоногих моллюсков развиваются путем удлинения эктодермального слоя, а у позвоночных — из бокового ростка головного мозга.

В отдельных случаях эволюционный процесс совершается в

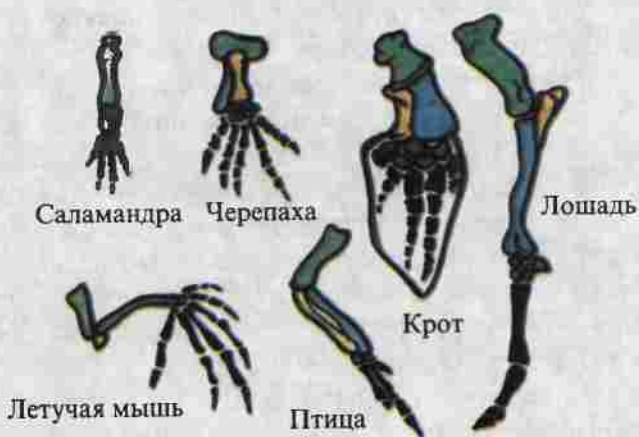


Рис. 59. Гомологичные органы (передние конечности позвоночных животных).

Р и с. 60. Аналогичные органы:  
 1 — иглы барбариса; 2 — иглы боярышника; 3 — шипы белой акации (боковые листья); 4 — шипы малины (ростки кожицы); 5 — крылья бабочки (развиваются из задней части грудного отдела тела); 6 — крылья орла; 7 — летательные перепонки летучей мыши (образованы путем видоизменения передней конечности).



результате приспособления организмов, относящихся к различным систематическим группам, к одинаковым условиям обитания в течение миллионов лет. Такой процесс называется *конвергенцией* — сходством признаков. В качестве примера конвергенции можно привести сходство строения тела, органов движения акулы (рыбы), ихтиозавра (пресмыкающиеся, жившие в мезозойской эре и затем вымершие), дельфина (млекопитающие). Сходство внешнего вида представителей подкласса сумчатых и плацентарных из класса млекопитающих — сумчатого крота и крота обыкновенного — также является результатом конвергенции (рис. 61).

**Рудиментарные органы и явления атавизма.** Органы, утратившие в течение эволюционного процесса свое первоначальное значение и находящиеся на стадии исчезновения, называются *рудиментарными*. У древних предков эти органы были нормально развиты и выполняли определенные функции. Затем, в ходе эволюционного процесса, они потеряли свое биологическое значение и сохранились в виде остаточных органов. Рудиментарные органы встречаются как у животных, так и у растений. Так, чешуйки у корневища ландышей, пырея, папоротника и комнатного растения аспидистры являются рудиментарными листьями. Вторые и третьи пальцы конечностей лошади, крестцовая кость и кости конечности кита, маленькая пара крыльев у мухи также являются рудиментарными органами. Рудиментарные органы у растений, животных и человека являются важным доказательством эволюции.

Явления атавизма также подтверждают историческое развитие органического мира. Под *атавизмом* понимают повторение у отдельных особей в онтогенезе признаков, характерных для их далеких предков. Примером этого являются случаи рождения



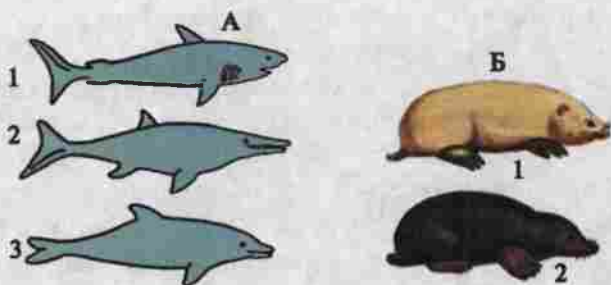


Рис. 61. Конвергенция животных, принадлежащих к различным систематическим группам позвоночных: А — водные животные: 1 — акула; 2 — ихтиозавр; 3 — дельфин; Б — обитатели суши: 1 — сумчатый крот; 2 — обыкновенный крот.

зеброобразных жеребят, наличие нечетких полос на спине пегой лошади. Это свидетельствует о том, что дикие предки домашней лошади имели полосатый шерстяной покров. Иногда у коров бывает три пары сосков на вымени. Это указывает на то, что коровы произошли от диких предков, имевших четыре пары сосков.

**Палеонтология** — наука об ископаемых растениях, животных, грибах и других организмах. Палеонтология предоставляет ценные данные для доказательства исторического развития органического мира. Данные, накопленные биологической наукой, свидетельствуют о том, что органический мир в современном виде появился не сразу, а в результате длительного исторического развития. Растения, животные и грибы жили задолго до появления человека на Земле. Некоторые из них, подвергаясь изменениям, превратились в современных представителей органического мира, но подавляющее большинство вымерли в ходе борьбы за существование, естественного отбора и сохранились в виде ископаемых остатков. Но сохранились не все. Большинство мягкотелых беспозвоночных растений и грибов после гибели подверглись разложению микроорганизмами и бесследно исчезли. Остальные сохранились в океанах, морях, в высокогорных отложениях. Твердые остатки организмов разлагались медленно, и минеральные вещества в их составе замещались кремнеземом. В таких случаях образовывались окаменелости. В земных отложениях до сегодняшнего дня сохранились следы, скелеты, кости, челюсти, зубы, рога, чешуйки рыб, раковины моллюсков, панцири давно вымерших животных, а также стебли древних растений в довольно целостном состоянии. При микроскопическом исследовании тонких и



прозрачных шлифов из осадочных пород можно обнаружить бактерии и остатки других мелких организмов.

Ученые-палеонтологи по ископаемым остаткам животных восстанавливают внешний вид и строение организмов. При этом используется метод реконструкции (от *лат.* *reconstructio* — восстановление), открытый известным французским биологом Жоржем Кювье согласно закону корреляции. Метод реконструкции основан на определении сравнительного соотношения черепа, костей конечностей и других костей и мышц тела. С помощью этого метода удалось восстановить внешний облик очень многих живших в древние времена животных, предков человека. Ч. Дарвин в свое время указывал на неполноту палеонтологической летописи. Тем не менее факты, накопленные палеонтологической наукой, дают представление о том, каким был растительный и животный мир в глубокой древности.

### Задание

1. Рассмотрите схемы А и Б на рис. 62. Объясните, в какой из схем правильно отражены родственные и эволюционные отношения древних и современных рыб и земноводных.
2. Докажите ошибочность другой схемы.

### Задания

- I. Прочитайте текст § 21. Изучите животный мир, изображенный на рис. 63—66.
- II. Ответьте на вопросы.
  1. Каково значение биогеографии для доказательства эволюции?
  2. Сравните Австралийскую и Неотропическую биогеографические области и определите в них группы сходных животных.
  3. Почему Палеоарктическая и Неоарктическая биогеографические области во многом сходны между собой?
  4. Какие группы животных и растений принимались во внимание при разделении суши на биогеографические области?
  5. Почему человекообразные обезьяны распространены только в двух биогеографических областях?
  6. Чем объясняется распространение опоссумов в Центральной и Южной Америке?
- III. Подумайте.
  1. Как вы относитесь к теории А. Вегенера о возникновении континентов?
  2. Какой была бы, по вашему мнению, судьба яйцекладущих и сумчатых?

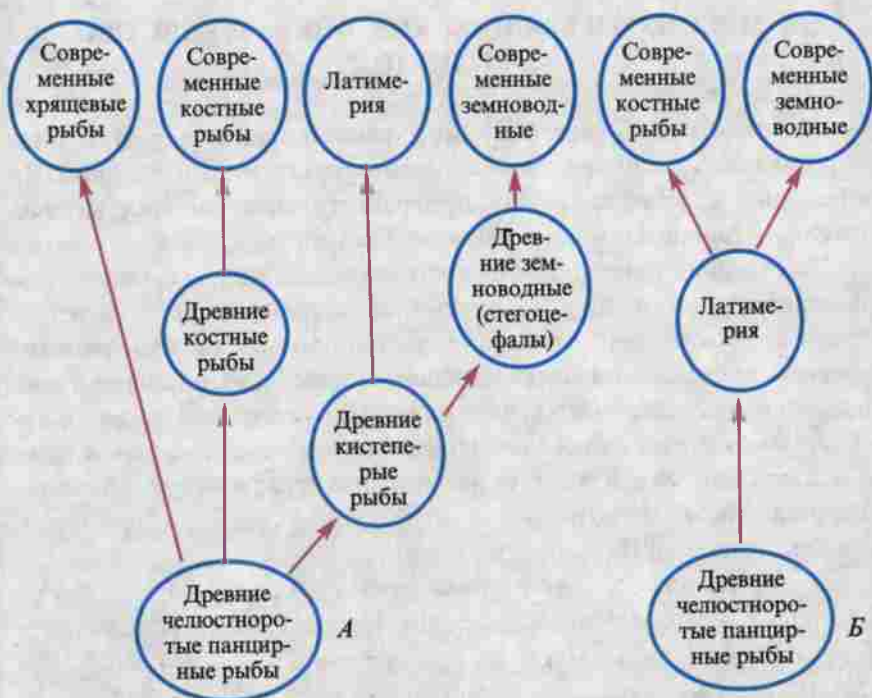


Рис. 62. Схема определения промежуточных форм древних и современных животных. На более темном фоне — вымершие виды.

тых животных, если бы в третичном периоде кайнозойской эры Австралия и окружающие ее острова не отделились от Гондваны?

#### IV. Определите правильные ответы в тестовых заданиях.

1. Биогеографические области, в которых распространены человекообразные обезьяны, — ...
  - А) Палеоарктическая, Индомалайская;
  - В) Неоарктическая, Эфиопская;
  - С) Неотропическая, Австралийская;
  - Д) Индомалайская, Неоарктическая;
  - Е) Эфиопская, Индомалайская.
2. Биогеографические области, в которых распространены яйцекладущие млекопитающие животные, — ...
  - А) Неоарктическая; В) Австралийская; С) Неотропическая;
  - Д) Эфиопская; Е) Индомалайская.

## § 21. БИОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ

Животный и растительный мир, распространенный на земном шаре, является неоднородным по сложности строения и функций. На некоторых континентах распространены относительно простые, а на других — крайне сложные животные и растения.

По распространению животных и растений на суше ученые разделили нашу планету на шесть биогеографических областей. В основе такого деления лежит главным образом распространение млекопитающих, птиц, голосеменных, покрытосеменных растений, частично пресмыкающихся, земноводных, а также споровых растений, произрастающих на суше. Ниже вы ознакомитесь с животными и растениями выделенных учеными биогеографических областей: Австралийской, Неотропической, Индомалайской, Эфиопской, Неоарктической и Палеоарктической.

В **Австралийскую биогеографическую область** входят, кроме Австралии, острова Новой Зеландии, Новой Гвинеи, Полинезии и Тасмании. В этой области распространены не встречающиеся в других биогеографических областях низшие представители класса млекопитающих — яйцекладущие утконос, ехидна, из сумчатых животных — кенгуру, сумчатый крот, сумчатая белка, сумчатый волк, сумчатый медведь (рис. 63).

Плацентарные млекопитающие очень малочисленны. Они представлены мышеобразными грызунами, летучими мышами, собакой динго, из которых два последних вида предположительно попали сюда с других континентов. Весьма разнообразный мир птиц Австралии представлен райскими птицами, обыкновенными шалашниками, птицей Лиры, бескрылой киви-киви, из страусов — эму. Из пресмыкающихся встречается новозеландская гаттерия, очень похожая по строению на пресмыкающихся палеозойской эры. В лесах можно встретить эвкалипты, южную черную березу, древовидные папоротники.

**Неотропическая биогеографическая область** охватывает Южную и Центральную Америку, тропическую часть Мексики, Карибский архипелаг. В этой области из млекопитающих встречаются крючкохвостая обезьяна, крючкохвостый медведь, пампасская кошка, сунс, морская свинья, южноамериканская лисица, из низших представителей — опоссум, броненосцы, муравьед, ленивец, из птиц — колибри, сова, гриф, страус нанду, из пресмыкающихся —

## Словарь терминов

**Аналогичные органы** (от *греч.* *analogia* — соответствие) — органы, которые выполняют одинаковую функцию, но имеют различное происхождение.

**Атавизм** (от *лат.* *atavis* — предки) — наличие у организмов органов или признаков, характерных для их далеких предков.

**Геном** (от *греч.* *genos* — происхождение) — совокупность генов в гаплоидном наборе хромосом.

**Гомологичные органы** (от *греч.* *homologos* — подобный) — органы или их части, одинаковые по происхождению и строению.

**Биогеография** (от *греч.* *bios* — жизнь) — наука, изучающая распространение животных и растений по земному шару.

**Конвергенция** (от *лат.* *convergere* — приближаться) — схожесть организмов, имеющих различное происхождение, в результате естественного отбора и одинаковых условий.

**Макроэволюция** (от *греч.* *makros* — большой) — эволюционный процесс, протекающий в систематических группах за пределами вида.

**Рудиментарные органы** (от *лат.* *rudimentum* — зачаток) — остаточные органы, развитые у родоначальных организмов и утратившие свои функции в ходе исторического процесса.

**Филогенез** (от *греч.* *phile* — племя, род, вид) — историческое развитие организмов или эволюция органического мира.

**Эмбриология** (от *греч.* *embryon* — зародыш) — наука, которая изучает эмбриональное развитие организмов.

Ароморфозы проявляются на основе длительной наследственной изменчивости и продолжительного естественного отбора. В любой крупной таксономической единице растений и животных можно увидеть изменения типа ароморфоза (рис. 72).

*Идиоадаптация* — эволюционные изменения, способствующие приспособлению организмов к определенным условиям жизни. В отличие от ароморфозов, идиоадаптация не является общим приспособлением, а связана с небольшими частными изменениями, которые не приводят к общему подъему степени организации и жизнедеятельности организмов по сравнению с таковой у их предков. Примерами идиоадаптации могут служить покровительственная окраска, явления мимикрии, наблюдаемые у животных, разнообразные приспособления, способствующие перекрестному опылению растений с помощью ветра, насекомых и птиц, приспособления плодов и семян к распространению. Приспособленность некоторых животных из отряда насекомоядных к проживанию на суше, в воде или под землей также служит примером идиоадаптации (рис. 73). Точно так же форма и окраска тела, своеобразное строение плавников у представителей различных видов костных рыб являются результатом приспособления идиоадаптационного порядка. Такие приспособления в некоторой степени облегчают обитание организмов любого вида при определенных условиях и способствуют биологическому прогрессу.

*Общая дегенерация* означает переход организации от сложного строения к простому. Это направление эволюции органического мира тесно связано с переходом организмов к сидячему или паразитическому образу жизни. Например, у личинок асцидий имеются нервная система (хорда) и глаза, которые присущи хордовым животным. Затем в процессе перехода личинок во взрослое состояние и к сидячему образу жизни происходит регрессивный метаморфоз организма — исчезает хорда, нервная система превращается в узелок.

У таких паразитов человека, как свиной солитер и лентец широкий, нет кишечника, нервная система имеет простое строение и они почти лишены способности самостоятельно двигаться. Но зато имеют присоски, позволяющие им прикрепляться к стенкам кишечника хозяина, и хорошо развитые органы размножения. Некоторые растения, в том числе повилика, которые ведут паразитический образ жизни, лишены одного из основных органов — листа. У повилики вместо корней на стебле образовались присоски, с помощью которых она высасывает питательные вещества из

подставали голосеменные и папоротникообразные растения. Некоторые из них, например секвойя, сохранились до настоящего времени. Первые цветковые растения, которые появились в этом периоде, имели примитивное строение и не были широко распространены. В результате расцвета споровых и голосеменных растений чрезмерно увеличивались размеры тела травоядных пресмыкающихся, некоторые из них достигали в длину 20—25 м. Пресмыкающиеся распространились не только на суше, но и в водной и воздушной среде. Широкое распространение получили летающие ящеры. В этом периоде появились археоптериксы.

### Задание

- I. Внимательно рассмотрите археоптерикса, изображенного на рис. 75, и определите, каким классам позвоночных животных присущи его признаки.
- II. На основе выявленных признаков и свойств сделайте заключение о его происхождении.

В *меловом периоде* климат резко изменился. Значительно уменьшилась облачность, и атмосфера стала сухой и прозрачной. В результате этого солнечные лучи попадали непосредственно на листья растений. Эти климатические изменения оказали отрицательное влияние на папоротникообразные и голосеменные растения, и их численность начала уменьшаться. Но зато покрытосеменные, наоборот, размножались. К середине мелового периода развились многие семейства однодольных и двудольных покрытосеменных растений. По своему многообразию и внешнему виду они во многом приблизились к современной флоре. На суше все еще сохранял свое господство класс пресмыкающихся. Хищные и травоядные пресмыкающиеся увеличивались в размерах. Их тела были покрыты панцирем. Птицы имели зубы, но в остальном они были близки к современным птицам. Во второй половине мелового периода появились представители подкласса сумчатых и плацентарных.

### Задание

Приведите примеры ароморфоза и идиоадаптации в развитии растительного и животного мира в мезозойской эре.

**Кайнозойская эра** длилась 70 млн лет. Кайнозой — эра усиленного развития цветковых растений, насекомых, птиц и млекопитающих животных.



Почвообразующие факторы	Пояснения
1.	
2.	
3.	
4.	

V. Внимательно изучите механизмы приспособления растений и животных к дефициту воды.

VI. Поразмышляйте с товарищами о значении знания фотопериодизма и биоритмов в практической деятельности человека.

## § 29. АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Абиотические (неживые) факторы экологических систем включают:

- 1) климатические факторы;
- 2) почвенные факторы;
- 3) топографические факторы.

К **климатическим факторам** относятся температура, свет, влажность. Ниже рассмотрим влияние этих факторов на живые организмы.

*Температура* является одним из важнейших абиотических факторов, оказывающих большое влияние на жизнь, размножение и распространение организмов на Земле. Жизненные процессы протекают в узком температурном диапазоне. В условиях низкой температуры большинство животных и растений погибают или переходят в состояние анабиоза, при котором все химические процессы резко замедляются или прекращаются. Однако некоторые виды водорослей, лишайников и пингвины могут жить и при температуре  $-70^{\circ}\text{C}$ . Верхний температурный предел жизни на Земле равен  $50-60^{\circ}\text{C}$ . При такой температуре нарушается деятельность ферментов и свертывается белок. Однако в геотермальных источниках наблюдаются отдельные микроорганизмы, которые могут жить при температуре  $70-80^{\circ}\text{C}$ . Растения и большинство животных не могут поддерживать температуру тела на постоянном уровне. Морозостойкость растений связана с повышением количества сахара и концентрации клеточного сока или с уменьшением воды в их клетках.



#### IV. Объясните однокурсникам следующие свойства популяций.

1. Плотность.
2. Численность.
3. Возрастной состав.

### § 31. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВИДА И ПОПУЛЯЦИИ

Существует много критериев вида. К числу основных из них, кроме морфофизиологических и генетических, относятся экологические.

Под экологическим критерием понимают совокупность всех экологических факторов, воздействующих на вид в среде его обитания. У каждого вида в процессе эволюции формируются механизмы приспособления к условиям среды обитания. Например, медведи с густым шерстяным покровом приспособлены к жизни в суровых климатических условиях севера, верблюды, сайгаки и джейраны — к жизни в маловодных и песчаных пустынях. Такие приспособления обычно присущи всем особям данного вида. Каждый вид имеет свой ареал обитания. Независимо от того, большие или малые территории занимает ареал, особенности среды для этого ареала общие.

Независимо от того, большой или маленький ареал занимает вид, из большого или малого числа популяций он состоит, он представляет собой единое целое. Целостность вида связана с наличием у его особей явления *панмиксии* (свободного скрещивания). Кроме того, в процессе исторического развития среди особей одного вида возникали также определенные приспособления. Примером этих приспособлений могут служить забота о потомстве, общение между собой посредством определенных сигналов, совместная защита от врагов.

Одним из механизмов, обеспечивающих целостность вида, является *изоляция* его от других видов. В процессе приспособления разных видов к жизни в неодинаковых экологических условиях различия между ними будут все больше увеличиваться. Например, деревенские и городские стрижи представляют собой два очень близких друг к другу вида, которые относятся к одному роду. Они не могут скрещиваться между собой, так как имеют морфологические, генетические, физиологические, этиологические и экологические различия. Значение экологического приспособления вида может быть различным для отдельных его особей и для вида в целом. Так, некоторые виды птиц при экологически неблагоприятных условиях,

равновесии со средой, называется *климактерическим* (от греч. *klimax* — лестница).

С изменением среды один биогеоценоз может смениться другим. Например, после пожара на месте лесного биогеоценоза возникает луговой.

Смена биогеоценозов часто может быть связана с деятельностью человека. В результате осушения болот болотный биогеоценоз заменяется луговым или агроценозом.

## Задания

**I. Прочитайте текст § 34, изучите рис. 88—90.**

**II. Ответьте на вопросы.**

1. Объясните особенности экосистем Центральной Азии.
2. Расскажите о путях повышения продуктивности агроэкосистем.
3. Объясните сходства и различия искусственных и естественных экосистем.
4. Какие вы знаете пути повышения продуктивности естественных экосистем?

**III. Определите правильные ответы в тестовых заданиях.**

1. Определите искусственную экосистему.  
А) озера; В) болота;  
С) биофильтры — установки для биологической очистки воды;  
D) заросли; E) водоемы.
2. Определите естественную экосистему.  
А) биофильтры; В) космический корабль, управляемый человеком;  
С) горшок с цветком; D) аквариум; E) болото.
3. Определите основной ограничивающий фактор в пустынных экосистемах на территории Центральной Азии.  
А) температура; В) влажность;  
С) высокое атмосферное давление;  
D) ветер; E) свет.
4. Определите ограничивающий фактор орошаемых пустынных экосистем.  
А) температура; В) свет; С) влажность;  
D) засоленность почвы; E) все ответы правильные.
5. В чем состоит отличие агробиоценозов от естественных экосистем?  
А) многочисленность видов;  
В) устойчивость видов;  
С) энергия, расходуемая человеком;  
D) А и С; E) В и С.

**IV. Заполните таблицу, используя также материал предыдущей темы.**

## Выводы

1. Глубокое изучение закономерностей взаимодействия живых организмов между собой и со средой обитания имеет большое значение в деятельности человека, разработке путей регулирования природных процессов.
2. Абиотические факторы оказывают на организм комплексное влияние, характеризующееся сезонной изменчивостью и ритмическими изменениями жизненных процессов в живых организмах.
3. Человек в своей практической деятельности широко использует явления фотопериодизма и биоритмов.
4. Популяция и вид — это сообщества, возникающие в эволюционном процессе под воздействием определенных экологических взаимоотношений. Знание закономерностей развития природных популяций имеет большое значение в изучении разумной регуляции численности популяций.
5. В настоящий период усиливается процесс исчезновения отдельных видов животных и растений под воздействием человека, что требует выработки необходимых мер по предупреждению его негативных последствий.
6. Охрана чистоты окружающей среды необходима не только для фауны и флоры, но и для самого человека. Здоровье человека непосредственно зависит от состояния окружающей среды.
7. Биogeоценоз — часть земной поверхности, где располагается комплекс, состоящий из взаимосвязанных биотических и абиотических элементов. Биотическая часть называется биоценозом, абиотическая — экотопом.
8. В биogeоценозе в результате возникновения пищевых связей между видами энергия переходит от одного трофического уровня к другому. При этом биомасса и количество энергии постепенно уменьшаются.

## Словарь терминов

**Абиотические факторы** — совокупность условий неорганической природы.

**Агрэкосистемы** — созданные в результате человеческой деятельности пастбища, покосные луга, поля с посевами культурных растений, искусственные леса, аллеи, сады и др.

**Адаптивный тип** — норма реакции, характеризующаяся развитием телосложения, физиологических показателей, биохимических и иммуно-

которые встречаются в очень малых количествах. Концентрация химических элементов в живых организмах гораздо выше, чем во внешней среде. В растениях содержание углерода в 200 раз больше, чем в земной коре, а азота — в 30 раз.

Различные организмы обладают способностью накапливать в себе большие количества тех или иных элементов. Так, железные бактерии накапливают больше железа, простейшие корненожки — кальция, губкообразные, некоторые водоросли — большие количества йода.

В результате биогенной миграции под влиянием живых организмов изменяется валентность некоторых химических элементов и образуются новые химические соединения. Около 40 из известных нам химических элементов активно участвуют в биогенной миграции.

Существует три вида биогенной миграции. Первый осуществляется микроорганизмами, второй — многоклеточными организмами. Первый вид миграции протекает интенсивнее, чем второй. В настоящее время в биогенной миграции возрастает значение человека (третий вид).

Помимо биогенного способа миграции существует и физико-химический способ, однако преобладающей является все же биогенная миграция. Ниже подробнее ознакомимся с миграцией некоторых биогенных элементов.

**Круговорот углерода.** Углекислый газ, поглощаясь растениями, в процессе фотосинтеза превращается в углеводы, липиды, белки и другие органические вещества. Эти вещества потребляются животными, которые в процессе дыхания снова выделяют в атмосферу углекислый газ. Останки растений и животных и их отходы расщепляются микроорганизмами и минерализуются. Конечным продуктом минерализации является углекислый газ, который выделяется из почвы и водных бассейнов в атмосферу (рис. 93).

Некоторая часть углерода удерживается в почве в составе органических веществ. В морской воде углерод накапливается в виде угольной кислоты и ее солей, мела, известняка, кораллов. В виде осадочных пород углерод долгое время не участвует в биогенной миграции. Со временем в результате процессов горообразования эти осадочные породы поднимаются вверх и под воздействием химических изменений вовлекаются в круговорот.

Углерод также выделяется в атмосферу в составе отходов автомашин, производственных предприятий. Широко используемые в хозяйственной деятельности человека энергетические ресурсы —

братьев» в Ашгабате могут быть отнесены к числу таких памятников.

Мероприятия по охране биосферы отражены в Конституции Республики Узбекистан, в постановлениях Олий Мажлиса и правительства. Каждый учащийся должен ясно представлять себе, что защита и умножение природных богатств, охрана биосферы являются общей задачей. Биосферу легко разрушить, но восстановить ее очень трудно.

Каждый человек должен четко осознавать, что сохранение природных богатств на благо будущих поколений — священный долг каждого из нас. 5 июня считается Международным днем защиты окружающей среды.

## Выводы

1. Биосфера — оболочка Земли, населенная живыми организмами и постоянно изменяющаяся под их влиянием.
2. Основными функциями биосферы являются: 1) газообменная; 2) окислительно-восстановительная; 3) концентрационная; 4) биохимическая.
3. Общая масса живых организмов в биосфере называется биомассой, 93% которой приходится на сушу, а 7% — на водную среду.
4. Живые организмы своей деятельностью оказывают большое влияние на биосферные процессы и обуславливают изменения биосферы.
5. Химические элементы, составляющие биосферу, находятся в состоянии циклического круговорота. Несмотря на то, что количество элементов биогенной миграции ограничено, она обеспечивает существование жизни и ее развитие в течение долгих лет.
6. В биогенной миграции участвуют организмы, образующие (продуценты), потребляющие (консументы) и расщепляющие (редуценты) органические вещества.
7. Биосфера непрерывно развивается. Ее развитие обуславливают такие факторы, как геологические и климатические изменения на нашей планете, воздействие живых организмов и человеческая деятельность.
8. Первый этап эволюции биосферы называется биогенезом, а второй — ноогенезом. В настоящее время в связи с тем, что основное влияние на биосферу оказывает человек, она носит название ноосферы.
9. Недопонимание человеком закономерностей развития био-

сферы и ее неправильное использование обуславливают экологический кризис или критическое состояние биосферы.

10. Каждому учащемуся необходимо сформировать экологическое мировоззрение и внести свой вклад в дело охраны природы.

## Словарь терминов

**Азотфиксация** — процесс превращения различными микроорганизмами элементарного азота атмосферы в азотистые соединения.

**Аммонификация** — процесс расщепления белков и образования аммиака под воздействием микроорганизмов, который наблюдается после смерти организмов.

**Аэропланктон** — бактерии, микроорганизмы и споры, распространенные в верхней границе биосферы.

**Бентос** — организмы, обитающие в донных водах.

**Биогенез** — этап эволюции биосферы, протекающий на основе биологических закономерностей, без участия человека.

**Биогенные вещества** — вещества, образовавшиеся в результате деятельности живых веществ в составе биосферы.

**Биогенная миграция** — периодическое повторение процессов накопления веществ в живых организмах и последующего их распада.

**Биогеохимический цикл** — продолжительность одного полного круговорота химических элементов в природе.

**Биосфера** — оболочка Земли, где распространены живые организмы.

**Генофонд вида** — комплекс генов и генотипов всех организмов, относящихся к определенному виду.

**Живое вещество** — совокупность живых веществ в биосфере.

**Заповедник** — экосистема, в которой полностью запрещена хозяйственная деятельность человека.

**Микропланктон** — организмы, распространенные в верхних слоях океанических и морских вод (одноклеточные водоросли, микроорганизмы).

**Национальные парки** — природные территории, имеющие экологическое и историческое значение, которые запрещается использовать в промышленных и сельскохозяйственных целях и можно использовать как место для отдыха людей.

**Ноогенез** — этап эволюции биосферы, связанный с происхождением и развитием человеческого общества.

**Ноогеника** — наука, которая занимается разработкой мероприятий по предупреждению экологического кризиса в биосфере в условиях научно-технического прогресса.

**Ноосфера** — биосфера, развивающаяся и изменяющаяся под воздействием сознательного труда и научной деятельности человека.

**Природные памятники** — редкие природные объекты, имеющие научное, историческое, культурное и эстетическое значение.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<b>Глава I. Общебиологические законы и теории</b> .....	7
§ 1. Цитологические и биохимические основы наследственности и изменчивости.....	8
§ 2. Законы теории наследственности.....	18
§ 3. Развитие признаков при взаимодействии неаллельных генов.....	25
§ 4. Изменчивость. Решение задач.....	32
<b>Глава II. Генетическая инженерия и биотехнология</b> .....	37
§ 5. Понятие о генетической инженерии.....	38
§ 6. Блуждающие генетические элементы .....	46
§ 7. Получение рекомбинантной ДНК. Клонирование генов.....	50
§ 8. Изменение наследственности животных методом клеточной инженерии. Получение гибридом.....	55
§ 9. Достижения генетической инженерии и биотехнологии в Узбекистане. Перспективы биотехнологии.....	60
<b>Глава III. Эволюционное учение</b> .....	67
§ 10. Возникновение эволюционных представлений.....	68
§ 11. Естественнонаучные и общественно-экономические основы эволюционного учения.....	75
§ 12. Сущность учения Дарвина.....	82
§ 13. Экскурсия в животноводческие и птицеводческие хозяйства .....	89
§ 14. Борьба за существование и естественный отбор.....	90
§ 15. Экскурсия по ознакомлению с борьбой за существование в природе.....	99
§ 16. Приспособленность организмов и ее относительность .....	102
§ 17. Вид — основной этап эволюции.....	111
§ 18. Синтетическая теория эволюции.....	119
<b>Глава IV. Доказательства эволюции</b> .....	127
§ 19. Молекулярно-биологические доказательства эволюции.....	129
§ 20. Эмбриологические, сравнительно-анатомические и палеонтологические доказательства эволюции.....	133
§ 21. Биогеографические доказательства эволюции.....	140
<b>Глава V. Происхождение и историческое развитие жизни на Земле</b> .....	149
§ 22. Понятие «жизнь». Основные теории о происхождении жизни .....	150
§ 23. Главные направления эволюционного процесса.....	158
§ 24. Жизнь в архейской, протерозойской и палеозойской эрах .....	165
§ 25. Жизнь в мезозойской и кайнозойской эрах.....	169

<b>Глава VI. Происхождение человека</b> .....	176
§ 26. Эволюция человека.....	177
§ 27. Движущие факторы эволюции.....	186
<b>Глава VII. Основы экологии</b> .....	191
§ 28. Экологическая наука и ее задачи. Методы изучения.....	192
§ 29. Абиотические факторы.....	198
§ 30. Биотические факторы среды.....	207
§ 31. Экологическое описание вида и популяции.....	211
§ 32. Охрана видов.....	215
§ 33. Биогеоценозы и их особенности. Пищевые цепи и экологические пирамиды.....	219
§ 34. Естественные и искусственные экосистемы.....	226
§ 35. Экология человека.....	232
<b>Глава VIII. Биосфера и ее эволюция</b> .....	239
§ 36. Биосфера, ее границы, состав, функции, биомасса.....	240
§ 37. Круговорот веществ и превращение энергии в биосфере. Биогенная миграция.....	246
§ 38. Эволюция биосферы. Биогенез, ноогенез, ноосфера.....	252
§ 39. Влияние человека на биосферу. Проблемы охраны биосферы.....	256



**Abdusattor Abdukarimov, Akbar G'ofurov,  
Kurash Nishonboyev, Jahongir Hamidov,  
Bekjon Toshmuhamedov, Ortiq Eshonqulov**

## **BIOLOGIYA**

**Akademik litsey, kasb-hunar kollejlari uchun darslik**

*Tuzatilgan oltinchi nashri*

(rus tilida)

Toshkent  
«Sharq» nashriyot-matbaa  
aksiyadorlik kompaniyasi  
Bosh tahririyati  
2014

Редакторы *Д. Ибрагимова*  
Перевод с узбекского *Д. Валиева*  
Художественный редактор *Т. Каноатов*  
Технический редактор *Б. Каримов*  
Компьютерная верстка *Л. Цой*

**Лицензионный номер издания АИ № 201, 28.08.2011**

Подписано в печать с готовых диапозитивов 08.10.2014. Формат 60x90<sup>1/16</sup>.

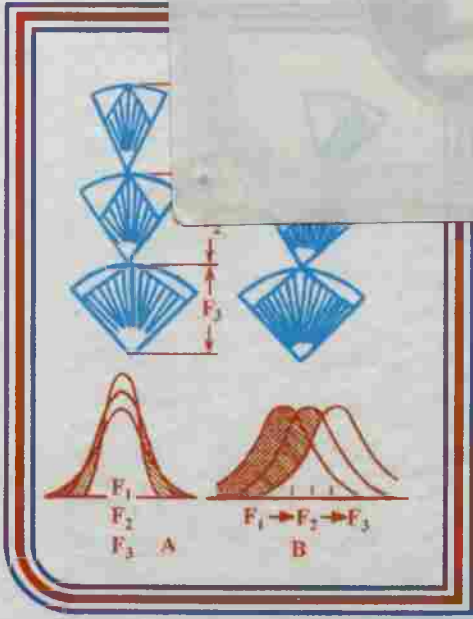
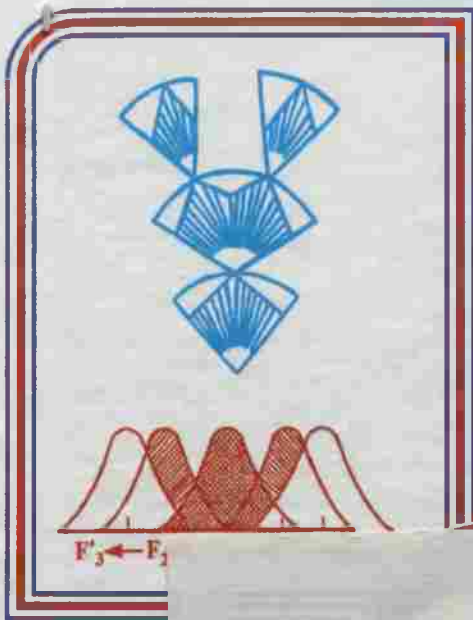
Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура Times. Кегль 10; 9.

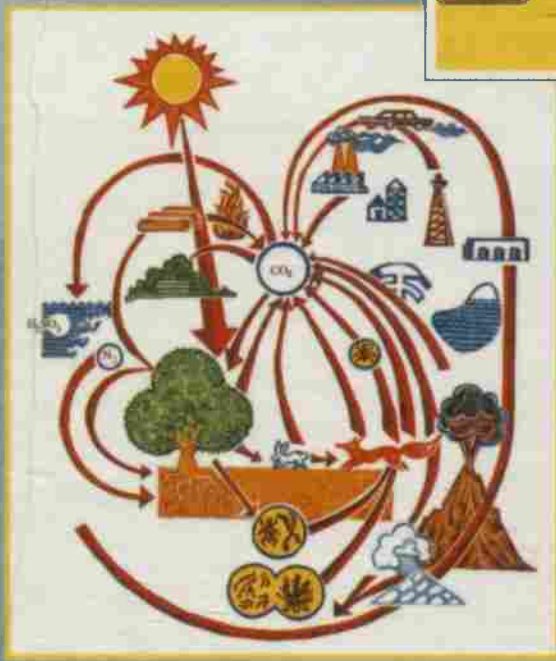
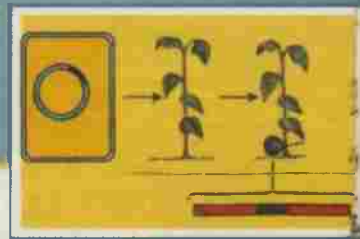
Усл. печ. л. 16,5. Уч.-изд. л. 16,28. Тираж 5000. Заказ № 3632.

**Типография издательско-полиграфической  
акционерной компании «Sharq».  
100000, г. Ташкент, ул. Буюк Турон, 41.**



15000c





ISBN 978-9943-26-232-4



9 789943 262324