

А. В. ТЕРЕМОВ, Р. А. ПЕТРОСОВА, А. И. НИКИШОВ

# Биология

ОБЩИЕ  
ЗАКОНОМЕРНОСТИ  
ЖИЗНИ

9

класс

ГУМАНИТАРНЫЙ  
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ  
ЦЕНТР

ВЛАДОС

**А.В. ТЕРЕМОВ, Р.А. ПЕТРОСОВА, А.И. НИКИШОВ**

# **Биология**

**Общие закономерности жизни**

**9**  
**класс**

Рекомендовано Министерством образования и науки  
Российской Федерации к использованию в образовательном  
процессе в общеобразовательных учреждениях

*Соответствует ФГОС*

Гуманитарный  
издательский  
центр



Москва • 2013



УДК 373.167.1:573\*09

ББК 28.0я72

Т35

**Теремов А.В.**

**Т35** Биология. Общие закономерности жизни : 9 кл. : учеб. для уч-ся общеобразоват. учреждений / А.В. Теремов, Р.А. Петросова, А.И. Никишов. — М. : Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2013. — 278 с. : ил.  
ISBN 978-5-691-01647-9.

Учебник написан в соответствии с обязательным минимумом содержания биологического образования и требованиями к уровню подготовки учащихся основной (базовой) школы. Учебник обобщает современные знания о жизни и уровнях ее организации, раскрывает вопросы о происхождении жизни на Земле, содержит знания по генетике, основам цитологии, селекции, теории эволюции.

Значительный объем информации базового курса позволяет использовать учебник для подготовки и сдачи экзаменов экстерном по любым программам, используемым в средних учебных заведениях.

УДК 373.167.1:573\*09  
ББК 28.0я72

- © Теремов А.В., Петросова Р.А., Никишов А.И., 2003
- © ООО «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС», 2003
- © Оформление. ООО «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС», 2003

ISBN 978-5-691-01647-9

# КАК ПОЛЬЗОВАТЬСЯ УЧЕБНИКОМ

В учебник включены общие сведения по основным биологическим системам: гену, клетке, организму, виду, сообществу, биогеоценозу и биосфере. В главах и параграфах рассматриваются химический состав и строение клеток, жизнедеятельность одноклеточных и многоклеточных организмов, популяций видов растений и животных, биоценозов и биосферы. Материал учебника раскрывает общие закономерности жизни на разных уровнях ее организации: молекулярно-генетическом, органоидно-клеточном, популяционно-видовом, биогеоценотическом и биосферном.

Для лучшей ориентировки в учебнике ознакомьтесь с его оглавлением. Это поможет вам быстро найти нужный материал. Кроме того, вверху на каждой странице дано название соответствующей главы. Перед параграфами приведены задания и вопросы, которые могут вызвать интерес к предлагаемому материалу, желание разобраться в его содержании. При работе над текстом обращайтесь к соответствующим рисункам, схемам и подписям к ним.

В конце каждого параграфа помещены вопросы и задания для закрепления и самопроверки приобретенных вами знаний. Основные понятия обозначены изображением кончика заточенного карандаша , вопросы — вопросительным знаком , а задания — значком с изображением микроскопа .

Таблицы перед заполнением перечертите в тетрадь.

Текст параграфов, выделенный двумя треугольниками ( $\blacktriangleright \blacktriangleleft$ ), предназначен для тех учащихся, которые проявляют повышенный интерес к изучению биологии. Кроме того, после некоторых параграфов даны дополнительные научные сведения. Они не обязательны для всех учащихся и обозначены изображением книги .

Берегите учебник: не вкладывайте в него тетради, не перегибайте его, аккуратно перелистывайте страницы.



# ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Введение</b> .....                                                                              | 7  |
| <b>Глава 1. Признаки и структурная организация жизни на Земле</b> .....                            | 9  |
| § 1. Основные признаки живого — его отличие от неживого .....                                      | 10 |
| § 2. Уровни организации жизни и происходящие на них процессы .....                                 | 14 |
| <b>Глава 2. Молекулярно-генетический уровень организации жизни</b> .....                           | 19 |
| § 3. Химический состав живого. Вода и минеральные вещества .....                                   | 20 |
| § 4. Липиды. Углеводы .....                                                                        | 24 |
| § 5. Белки .....                                                                                   | 27 |
| § 6. Нуклеиновые кислоты. АТФ .....                                                                | 30 |
| § 7. Наследственная информация и генетический код .....                                            | 34 |
| § 8. Матричные реакции как основа передачи и реализации<br>генетической информации в живом .....   | 37 |
| § 9. Наследственность и изменчивость на молекулярно-генетическом<br>уровне организации жизни ..... | 41 |
| <b>Глава 3. Органоидно-клеточный уровень организации жизни</b> .....                               | 45 |
| § 10. История и методы изучения клетки. Клеточная теория .....                                     | 46 |
| § 11. Типы клеток. Строение прокариотной клетки .....                                              | 50 |
| § 12. Строение эукариотной клетки .....                                                            | 54 |
| § 13. Обмен веществ и превращение энергии в клетке .....                                           | 60 |
| § 14. Автотрофное питание .....                                                                    | 64 |
| § 15. Гетеротрофное питание .....                                                                  | 68 |
| § 16. Биосинтез белка .....                                                                        | 72 |
| § 17. Жизненный цикл клетки. Хромосомы .....                                                       | 77 |
| § 18. Передача наследственной информации на клеточном уровне.<br>Деление клетки .....              | 81 |



|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Глава 4. Организменный уровень организации жизни</b>                           | <b>85</b>  |
| § 19. Многообразие организмов. Клеточные и неклеточные формы жизни                | 86         |
| § 20. Самовоспроизведение организмов                                              | 92         |
| § 21. Образование половых клеток у животных. Мейоз                                | 97         |
| § 22. Оплодотворение и зародышевое развитие у животных                            | 104        |
| § 23. Развитие животных после рождения                                            | 110        |
| § 24. Образование половых клеток и половое размножение у растений                 | 114        |
| § 25. Наследование признаков у организмов                                         | 120        |
| § 26. Фенотип организма как результат проявления генотипа                         | 125        |
| § 27. Изменчивость признаков у организмов                                         | 129        |
| <b>Глава 5. Популяционно-видовой уровень организации жизни</b>                    | <b>135</b> |
| § 28. История развития представлений о виде и эволюции                            | 136        |
| § 29. Дарвинизм и его основные положения                                          | 141        |
| § 30. Вид как основная систематическая категория живого                           | 149        |
| § 31. Популяция как форма существования вида в природе                            | 153        |
| § 32. Популяция как единица эволюции                                              | 158        |
| § 33. Основные движущие силы (элементарные факторы) эволюции видов в природе      | 161        |
| § 34. Естественный отбор — главный фактор эволюции видов в природе                | 166        |
| § 35. Приспособления организмов к условиям обитания как результат эволюции        | 170        |
| § 36. Образование новых видов организмов как результат эволюции                   | 175        |
| § 37. Селекция как изменение человеком культурных форм организмов                 | 180        |
| § 38. Основные методы селекции растений и животных                                | 186        |
| § 39. Биологическое значение эволюции и селекции организмов                       | 191        |
| <b>Глава 6. Биogeоценотический уровень организации жизни</b>                      | <b>195</b> |
| § 40. Биоценоз как природное сообщество организмов                                | 196        |
| § 41. Структура биоценоза как основа поддержания его целостности                  | 202        |
| § 42. Биogeоценоз и его основные компоненты                                       | 210        |
| § 43. Круговорот веществ и поток энергии в биogeоценозах. Продукция биogeоценозов | 214        |
| § 44. Основные свойства биogeоценозов. Смена биogeоценозов                        | 218        |
| § 45. Агробиоценоз как искусственное сообщество организмов                        | 223        |



|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Глава 7. Биосферный уровень организации жизни .....</b>                   | <b>229</b> |
| § 46. Структура биосферы и функции ее живого вещества .....                  | 230        |
| § 47. Биогеохимический круговорот как основа существования<br>биосферы ..... | 235        |
| § 48. Возникновение биосферы и начало ее эволюции .....                      | 241        |
| § 49. Краткая история эволюции биосферы .....                                | 247        |
| § 50. Появление человека как важнейший этап эволюции биосферы .....          | 254        |
| § 51. Человечество как глобальная сила биосферы. Ноосфера .....              | 259        |
| § 52. Современные экологические проблемы .....                               | 264        |
| § 53. Значение охраны биосферы для жизни на Земле .....                      | 270        |
| <b>Заключение .....</b>                                                      | <b>278</b> |



## ВВЕДЕНИЕ

### БИОЛОГИЯ

- ботаника
- зоология
- микробиология
- вирусология
- физиология
- цитология
- эволюционное учение
- генетика

*Биология* (от греч. *биос* — жизнь и *логос* — учение) — наука о жизни. Она изучает живые тела природы — различные организмы (растения, животные, грибы, бактерии и вирусы) и представляет собой комплекс отдельных научных дисциплин. Эти дисциплины различаются объектами, задачами и методами исследований. Так, объектом изучения *ботаники* служат растения, с ними вы познакомились в 6 классе. Объектом исследования *зоологии* являются животные, их вы изучали в 7 классе. Помимо этих основных биологических дисциплин есть и другие, например *микробиология* — наука о микроорганизмах, *вирусология* — наука о вирусах, *палеонтология* — наука об ископаемых вымерших организмах.

По изучению свойств живых тел природы в биологии выделяются *морфология* и *анатомия* (науки о внешнем и внутреннем строении организмов), *физиология* (наука о функциях организмов), *экология* (наука об условиях жизни и взаимоотношениях организмов), *генетика* (наука о закономерностях наследственности и изменчивости организмов), *эволюционное учение* (изучает закономерности исторического развития органического мира).

► Ряд биологических наук связан с использованием определенных методов исследования. Так, *биохимия* изучает химический состав и химические процессы, протекающие в организмах; *биофизика* исследует физические показатели и физические процессы в живых системах. ◀

В связи с изучением живого на различных уровнях его организации выделяются также несколько биологических наук. Например, *молекулярная биология* исследует структурную организацию и процессы, происходящие на уровне отдельных молекул химических веществ, из которых состоят живые тела природы; *цитология* изучает клеточное строение различных организмов; *популяционно-видовая биология* рассматривает популяции и отдельные виды организмов; *биогеоценология* изучает биогеоценозы — различные природные сообщества нашей планеты.

Жизнь на нашей планете представлена огромным разнообразием организмов, насчитывающих свыше 2 млн



видов. Они различаются формой, величиной, внутренним строением, способами передвижения, питания, дыхания, размножения, выполняемыми в природе ролями. Однако, несмотря на большое разнообразие видов растений, животных и других организмов, они обладают рядом общих признаков. Их жизнедеятельность подчинена определенным закономерностям. Общие закономерности, раскрывающие суть жизни, ее формы и историческое развитие, будут предметом рассмотрения завершающего раздела, которым вы заканчиваете изучение курса биологии в основной школе.

Этот учебник поможет вам узнать об общих закономерностях существования различных форм жизни на нашей планете. Вы познакомитесь с основными уровнями ее организации, от низшего — *молекулярно-генетического* до высшего — *биосферного*. На каждом уровне организации жизни вы рассмотрите характерные для него структурно-функциональные единицы: ген, клетку, организм, вид, биогеоценоз, биосферу. Вы научитесь характеризовать происходящие на этих уровнях организации жизни биологические процессы, например, передачу наследственной информации, обмен веществ и превращение энергии, размножение, изменчивость, наследственность, образование новых видов организмов и их историческое развитие, круговорот химических соединений в природе.

Изучение общих закономерностей жизни научит вас разбираться в путях планомерного и допустимого преобразований живой природы нашей планеты. Это необходимо для дальнейшего существования на ней человечества. Поэтому, совершенно очевидно, что наступивший век станет веком биологии, веком познания человечеством основных законов жизни.



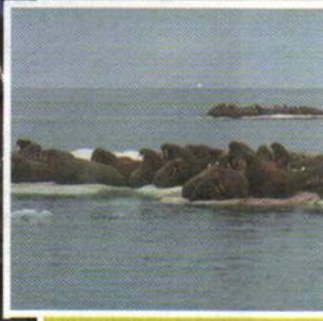
Биология, ботаника, зоология, микробиология, вирусология, палеонтология, морфология, анатомия, физиология, экология, генетика, эволюционное учение, биохимия, биофизика, молекулярная биология, цитология, популяционно-видовая биология, биогеоценология.



1. Какие научные дисциплины выделяют в биологии? Каковы объекты их изучения? 2. Что исследует молекулярная биология, цитология, популяционно-видовая биология, биоценология? 3. Почему знания по биологии необходимы каждому человеку?

ГЛАВА 1

# ПРИЗНАКИ И СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ





## § 1.

### ОСНОВНЫЕ ПРИЗНАКИ ЖИВОГО — ЕГО ОТЛИЧИЕ ОТ НЕЖИВОГО

Рассмотрите рисунок 1. Чем живые тела природы отличаются от неживых? По каким признакам растения, животные, грибы и бактерии могут быть отнесены к разным царствам живой природы? Чем они различаются друг от друга?

На вопрос, чем живое отличается от неживого, нет однозначного ответа. Для того, чтобы найти качественные различия живого и неживого, необходимо рассмотреть несколько признаков, характеризующих живые тела природы (рис. 1).

**Химический состав.** Живые тела природы состоят в основном из тех же химических элементов, что и тела неживой природы, но соотношения этих элементов неодинаковы. Основу живого составляют четыре элемента — углерод, кислород, азот и водород. Живые тела состоят из химических веществ так же как и тела неживой природы. В составе тел живой природы имеются огромные по величине молекулы органических веществ —



Рис. 1. Организмы основных царств живой природы: бактерии, грибы, растения, животные





## § 1. Основные признаки живого — его отличие от неживого

нуклеиновые кислоты и белки, отвечающие за наследственность и структурную организацию жизни.

**Обмен веществ и превращение энергии.** Все живые тела природы являются *открытыми системами*, т. е. такими системами, в которые из окружающей среды непрерывно поступают вещества, содержащие энергию и строительный материал, а также различная информация. В результате процессов жизнедеятельности из живых тел в окружающую их среду выделяются конечные продукты распада и энергия (рис. 2).

Обмен веществ и превращение энергии является одним из характерных признаков живого. В неживых телах природы обмен веществ и превращение энергии разрушают эти тела, а в организмах эти процессы направлены на создание новых сложных веществ и служат необходимым условием их жизни.

**Прерывистость.** Живые тела природы построены из обособленных, но взаимосвязанных и взаимодействующих между собой частей: систем органов, органов, тканей, клеток, органоидов и молекул. Организмы, в свою очередь, составляют *надорганизменные системы*: популяции, сообщества, биогеоценозы и биосферу. Прерывистость жизни отражается во взаимосвязанных друг с другом уровнях ее организации.

**Раздражимость.** Любая биологическая система, будь то клетка, организм или сообщество организмов, способна избирательно реагировать на различные воздействия, оказываемые на нее снаружи или изнутри. Это свойство организмов получило название — раздражимость. Ответные реакции живого на различные воздействия служат показателями его чувствительности и обеспечивают возможность его приспособления и выживания в постоянно изменяющихся условиях окружающей среды.

**Саморегуляция.** Это свойство проявляется в способности живого поддерживать постоянство своего химического состава и интенсивность протекания процессов жизнедеятельности. Саморегуляция свойственна не только отдельному организму, но и всем биологическим системам — от клетки до биосферы.

**Ритмичность.** Свойство ритмичности присуще живым и неживым телам природы. Ритмичность зависит от



Рис. 2. В живом идет обмен веществ и превращение энергии (выделение пузырьков кислорода у элодеи в процессе фотосинтеза)



Рис. 3. Ритмичность: сезонные изменения в живой природе

космических и планетарных причин: вращения Земли вокруг Солнца, смены времен года, фазы Луны и др. Реакция живой природы на эти изменения проявляется в биологических ритмах — периодических изменениях интенсивности и характера биологических процессов и явлений, обеспечивающих приспособление живого к изменениям окружающей среды (рис. 3).

**Самовоспроизведение.** Это свойство важнейшее из всех остальных. Отличительная особенность живого — многократное самовоспроизведение живых структур, причем информация о них содержится в особых органических молекулах — ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты).





§ 1. Основные признаки живого — его отличие от неживого

Самовоспроизведение живого лежит в основе его способности к размножению (рис. 4). Жизнь любой клетки или организма ограничена во времени, но благодаря размножению живое бессмертно.

**Наследственность и изменчивость.** Наследственность проявляется в способности организмов передавать свои признаки и свойства из одного поколения в другое. Она непосредственно связана с их размножением и обусловлена химическим строением молекул ДНК, составляющих наследственную программу организма. Изменчивость проявляется в способности организмов изменять свои признаки под влиянием различных причин. Наследственность и изменчивость обеспечивают возможность приспособления организмов к окружающим условиям, что позволяет им выживать и оставлять потомство.

**Рост и развитие.** Живые тела природы, как и неживые, способны к росту и развитию. В ходе обмена веществ и превращения энергии отдельные клетки и ткани, целые органы и организмы не только растут, но и развиваются, а значит — переходят в новое качественное состояние. Индивидуальное развитие организмов, в процессе которого реализуется их наследственная программа, тесно связано с историческим развитием всей живой природы — эволюцией.

Итак, живые тела природы представляют собой открытые саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся биологические системы, построенные из белков и нуклеиновых кислот.



Рис. 4. Живое способно к самовоспроизведению



*Живые тела природы, признаки живого, сходство химического состава, открытые системы, обмен веществ и превращение энергии, прерывистость, раздражимость, саморегуляция, ритмичность, самовоспроизведение, наследственность и изменчивость, рост и развитие.*



*1. Какие признаки или свойства живых и неживых тел природы доказывают их неразрывные связи? 2. Чем живое отличается от неживого? 3. Какие признаки или свойства живого лежат в основе исторического развития живой природы — эволюции?*

## § 2.

УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ  
И ПРОИСХОДЯЩИЕ НА НИХ ПРОЦЕССЫ

Рассмотрите рисунки 5—9. Из каких частей состоят такие биологические системы, как клетка, организм, сообщество организмов? Вспомните, какие химические соединения входят в состав организмов.

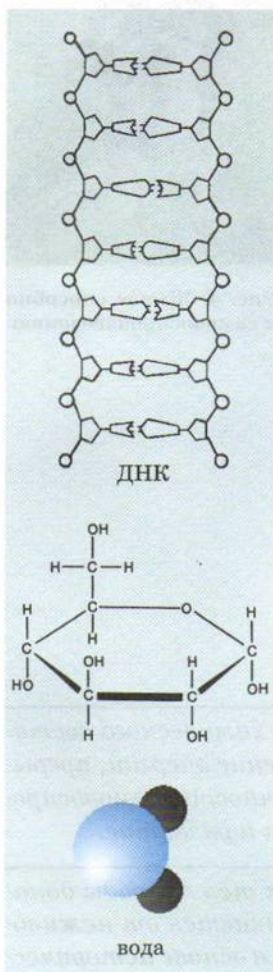


Рис. 5. Молекулярно-генетический уровень

Окружающая нас живая природа представляет собой биологические системы разных уровней организации и сложности. По наличию специфических структурно-функциональных единиц жизни и процессов, происходящих с ними, можно выделить шесть основных уровней живой природы: молекулярно-генетический, органоидно-клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический и биосферный (рис. 5—10).

**Молекулярно-генетический уровень.** Любая биологическая система всегда состоит из молекул нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов, липидов, а также других соединений. Структурно-функциональной единицей этого уровня организации жизни является *ген* — участок молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), несущий наследственную информацию о структуре одного белка.

На молекулярно-генетическом уровне протекают важнейшие процессы жизнедеятельности — кодирование, пе-

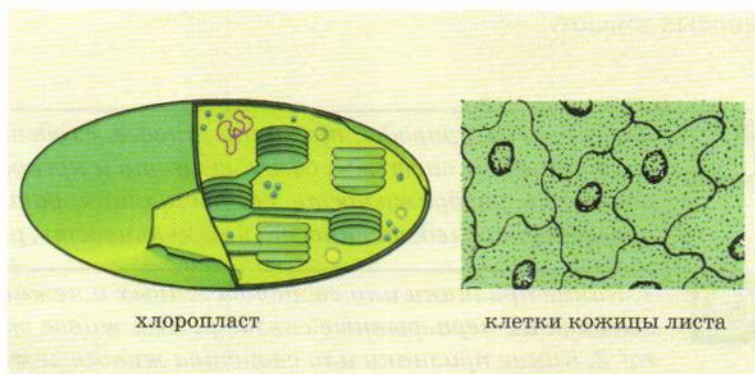


Рис. 6. Органоидно-клеточный уровень





На этом же уровне организации жизни происходит реализация генетической программы организма и его самовоспроизведение. Взаимодействие со средой приводит к появлению у организмов изменчивости. Размножение организмов, осуществляющееся разными путями, обеспечивает не только самовоспроизведение жизни на этом уровне, но и комбинирует признаки родительских особей, участвовавших в размножении, в соответствии с законами наследственности.

**Популяционно-видовой уровень.** Структурно-функциональной единицей этого уровня организации жизни служит *вид* организма, представленный в природе живу-

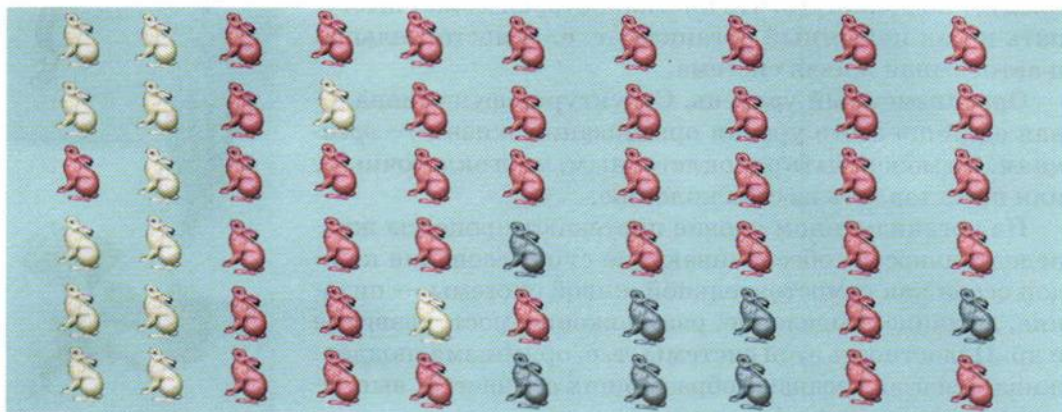


Рис. 8. Популяционно-видовой уровень

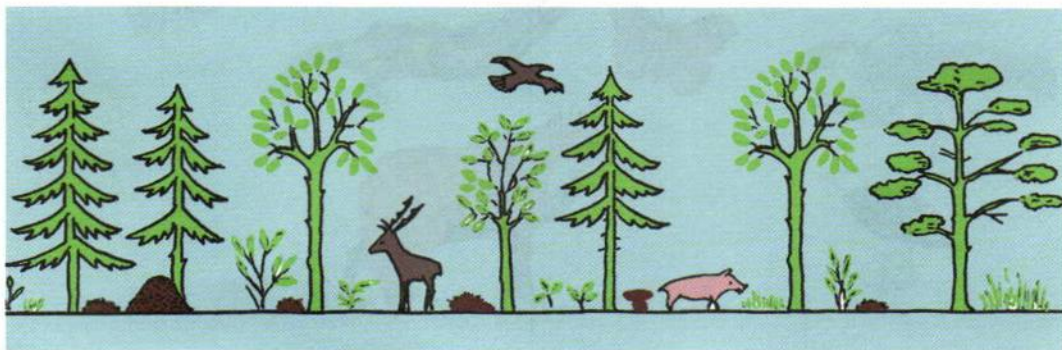


Рис. 9. Биogeоценотический уровень



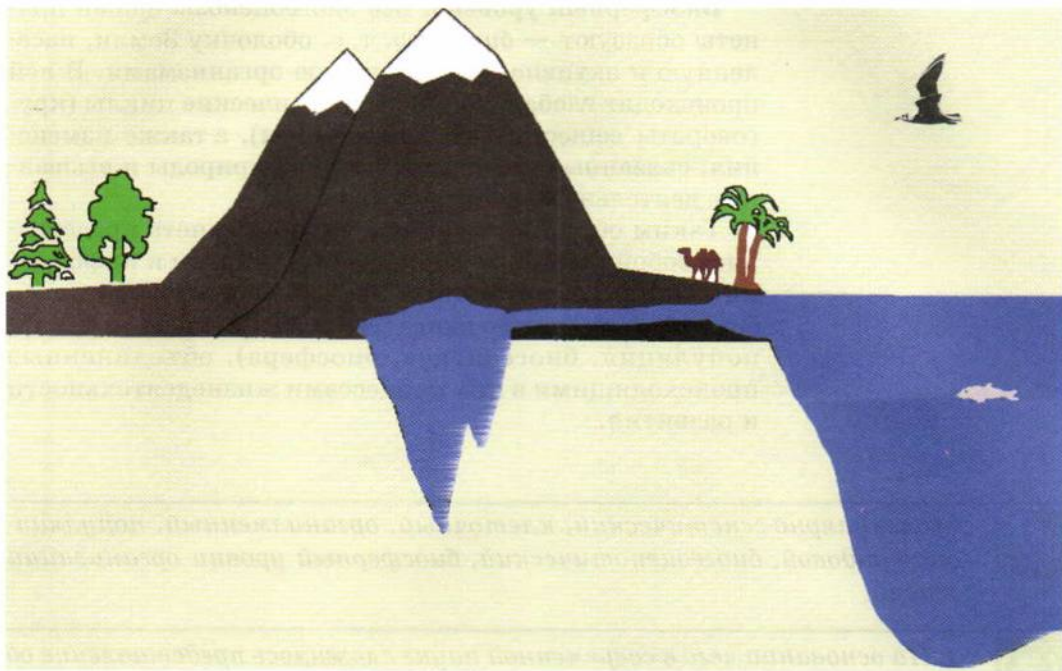


Рис. 10. Биосферный уровень

щими на определенной территории особями, связанными родственными связями — *популяциями*. В популяциях на основе наследственной изменчивости выживают наиболее приспособленные особи, обладающие полезными при определенных условиях признаками. От этих особей постепенно в ходе исторического развития органического мира образуются новые виды организмов, т. е. происходит видообразование.

**Биогеоценологический уровень.** Популяции разных видов растений, животных, грибов и микроорганизмов вместе с условиями неживой среды, например светом, влагой, воздухом, образуют *биогеоценоз*. В нем между живыми организмами и неживой природой устанавливаются различные взаимосвязи. В результате изменений, вызванных деятельностью живых организмов или влиянием неживой природы, постепенно одни биогеоценозы превращаются в другие, т. е. происходят их развитие и смена.

**Биосферный уровень.** Все биогеоценозы нашей планеты образуют — *биосферу*, т. е. оболочку Земли, населенную и активно преобразуемую организмами. В ней происходят глобальные биогеохимические циклы (круговороты веществ и потоки энергии), а также изменения, связанные с эволюцией живой природы и вызванные деятельностью человека.

Таким образом, жизнь на нашей планете представляет собой открытые для веществ, энергии и информации саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы различного ранга (ген, клетка, организм, вид, популяция, биогеоценоз, биосфера), объединенные происходящими в них процессами жизнедеятельности и развития.



*Молекулярно-генетический, клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный уровни организации жизни.*



*1. На основании чего в современной науке сложилось представление об уровнях организации жизни? 2. Что является структурно-функциональной единицей каждого уровня организации жизни? 3. Какие процессы жизнедеятельности происходят на каждом уровне организации жизни?*



*Перечертите в тетрадь и заполните следующую таблицу.*

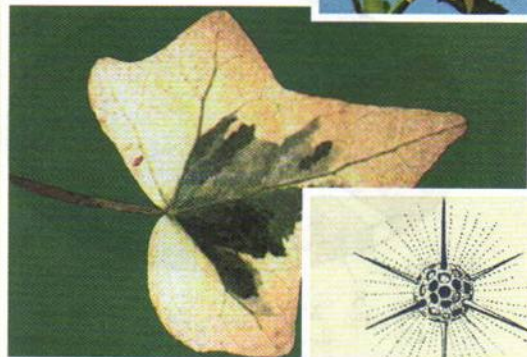
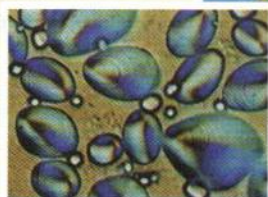
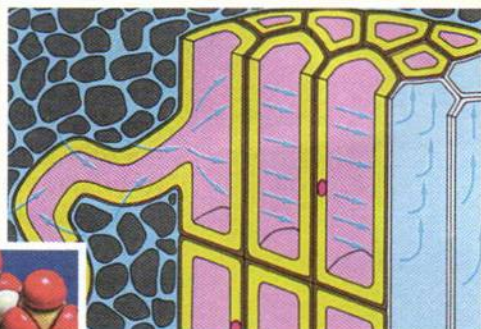
#### ОСНОВНЫЕ УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

| Уровень организации      | Структурно-функциональная единица | Процессы жизнедеятельности |
|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Молекулярно-генетический |                                   |                            |
| Клеточный                |                                   |                            |
| Организменный            |                                   |                            |
| Популяционно-видовой     |                                   |                            |
| Биогеоценотический       |                                   |                            |
| Биосферный               |                                   |                            |



ГЛАВА 2

# МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ



## § 3.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЖИВОГО.  
ВОДА И МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Рассмотрите рисунок 11. Какие химические элементы распространены в земной коре? Приведите примеры веществ, образованных различными химическими элементами. Какими свойствами обладают эти вещества? Каковы их функции в организмах?

Живые тела природы состоят из неорганических и органических веществ. К первым относят воду и минеральные вещества. Основную массу органических веществ составляют четыре класса химических соединений — липиды, углеводы, белки и нуклеиновые кислоты.

**Химический состав живого.** Все организмы имеют сходный химический состав. В них встречается около 60 элементов периодической системы Д.И. Менделеева. Однако, если сравнить количественное содержание этих элементов в живой и неживой природе, то оно существенно различается. В земной коре на долю кислорода и кремния приходится 75% от общей массы элементов. Основу живого составляют четыре элемента — кислород, углерод, водород и азот, на долю которых приходится около 95% (рис. 11).

В организмах наиболее распространены 20 химических элементов, которые называют *элементами—биоге-*

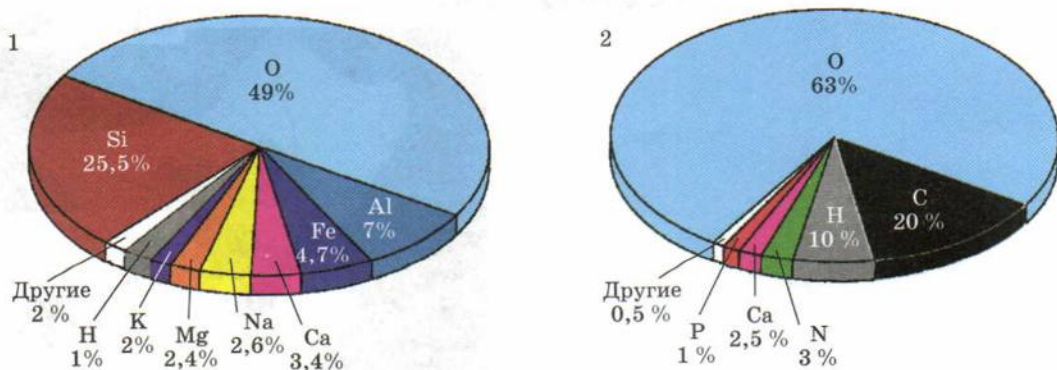


Рис. 11. Распространение элементов: 1 — в земной коре; 2 — в организмах



нами. К ним относят водород, кислород, углерод, азот, серу, фосфор, кальций, магний, натрий, калий, хлор, железо. Их содержание в разных организмах колеблется от 2 до 0,01%. ► Многие элементы встречаются в живой природе в микроколичествах. К ним относят йод, фтор, бром, цинк, медь, марганец и многие другие. ◀

**Вода.** Самым распространенным веществом в живых телах природы является вода. Ее содержание колеблется от 60 до 98% от общей массы, что зависит от типа клеток, тканей и организмов (рис. 12).

Биологическое значение воды связано с ее свойствами: полярностью и способностью молекул образовывать водородные связи, большим поверхностным натяжением и высокими температурами плавления и кипения (рис. 13, 1).

Наличием водородных связей объясняется и тот факт, что при обычных условиях вода — жидкость. Благодаря водородным связям при замерзании около 0°C расстояние между молекулами воды слегка увеличивается. В результате плотность льда уменьшается, и он оказывается легче, чем жидкая вода. Превращаясь в лед в живых клетках и увеличиваясь в объеме, вода может разорвать их стенки и разрушить клетки.

С водородными связями связано и высокое поверхностное натяжение воды. Вода способна слипаться и с другими веществами, чем объясняются ее капиллярные свойства (рис. 13, 2).

Вода обладает высокой теплопроводностью. Благодаря этому свойству тепло быстро и равномерно распреде-



Рис. 12. Вода в живых телах: 1 — тело медузы на 98% состоит из воды; 2 — в сухих семенах фасоли воды 13—14%

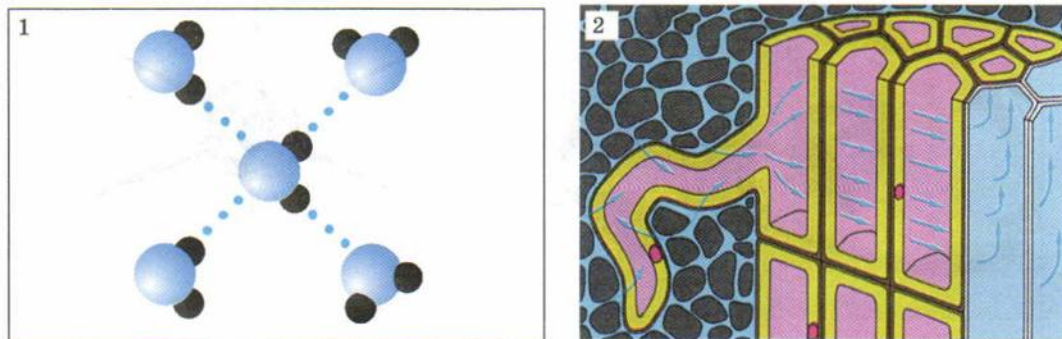


Рис. 13. Вода и ее капиллярные свойства: 1 — водородные связи между молекулами воды; 2 — вода между частицами почвы и ее транспорт в растение

ляется по всему объему воды, находящейся в живых клетках, предотвращая перегрев в отдельных местах. При испарении воды происходит существенное охлаждение поверхности, с которой она испаряется. Участие в терморегуляции организмов — еще одна биологическая функция воды.

Вода — универсальный растворитель. Растворимые в воде вещества называют *гидрофильными* (от греч. *гидор* — вода, *филио* — люблю). Неполарные вещества, например бензин, жиры, масла, в воде нерастворимы. Такие вещества называют *гидрофобными* (от греч. *гидор* — вода, *фобос* — страх, боязнь).

Вода служит катализатором (ускорителем) многих реакций и средой, где протекают все химические реакции живого. Водные растворы веществ образуют внутреннюю среду клетки. ► С водой связан и *тургор* (от лат. *тургере* — быть набухшим, наполненным) клетки, т. е. напряженное состояние клеточной мембраны, создаваемое давлением внутриклеточной жидкости, которая на 70—90% состоит из воды. ◀ Все свойства и биологические функции воды имеют важное значение для жизни на Земле.

**Минеральные вещества.** Эти вещества в клетках присутствуют в виде ионов или твердых нерастворимых солей. Они создают кислую либо щелочную реакцию среды в клетках, входят в состав некоторых структур

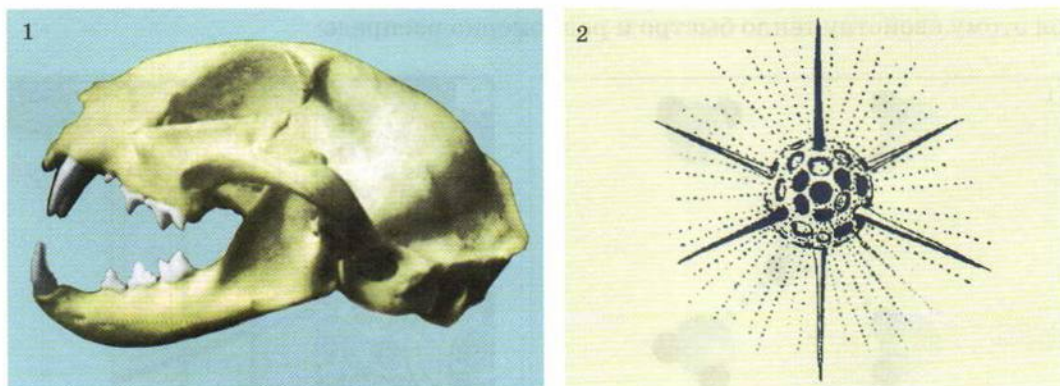


Рис. 14. Минеральные вещества в живых телах: 1 — карбонат и фосфат кальция входит в состав костей и зубов позвоночных животных; 2 — раковины морских простейших радиолярий построены из сульфата стронция





### § 3. Химический состав живого. Вода и минеральные вещества

и влияют на протекание в живом различных процессов.

Так, ионы кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) в растениях входят в состав оболочек клеток, у животных — в состав костей и зубов (рис. 14), влияют на свертывание крови. Ионы калия ( $\text{K}^+$ ) и натрия ( $\text{Na}^+$ ) содействуют проведению нервных импульсов, активизируют деятельность ферментов, влияют на рост растений. Ионы хлора ( $\text{Cl}^-$ ) входят в состав желудочного сока. Ионы магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ) содержатся в молекулах хлорофилла. Йод является компонентом гормона щитовидной железы — тироксина. Он влияет на обмен веществ в организме. Ионы железа ( $\text{Fe}^{2+}$ ) входят в состав гемоглобина и участвуют в переносе кислорода. ► Медь, марганец, бор участвуют в процессах кроветворения, фотосинтеза, повышают урожайность и влияют на ростовые процессы растений. Фтор входит в состав эмали зубов, при его недостатке развивается кариес, а при избытке — флюороз — размягчение костной ткани. Ионы молибдена, хрома, кобальта, цинка активизируют работу ферментов, влияют на обмен веществ. При нехватке этих элементов могут нарушаться процессы жизнедеятельности организмов. ◀



Элементы—биогены, вода, гидрофильные и гидрофобные вещества, минеральные соли.



1. Какие элементы относят к биогенам? 2. Чем определяются уникальные физико-химические свойства воды? Перечислите те из них, которые наиболее важны для организмов. 3. Все живое в основном состоит из углерода, а аналог углерода — кремний, содержание которого в земной коре в 300 раз больше, чем углерода, встречается лишь у очень немногих организмов. Объясните этот факт с точки зрения строения и свойств атомов этих элементов.



Неорганические вещества выполняют биологические функции. Какие? Для ответа на вопрос перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

#### НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА ЖИВОГО

| Названия веществ | Биологические функции |
|------------------|-----------------------|
|                  |                       |

## § 4.

## ЛИПИДЫ. УГЛЕВОДЫ

Рассмотрите рисунок 15. Какими свойствами обладают жир, масло и сахар? Какое значение имеют эти вещества для организмов?

В состав живого входят органические вещества. Они различаются по составу, свойствам и биологическим функциям, имеют молекулярную массу от 30 до нескольких тысяч единиц. Низкомолекулярные органические вещества состоят из одного структурного звена, тогда как высокомолекулярные соединения могут содержать от нескольких единиц до тысячи структурных звеньев. Такие вещества называются *полимерами* (от греч. *полимерес* — многочисленный), а их структурные звенья — *мономерами* (один).

**Липиды.** К органическим веществам липидам относятся *жиры, масла, фосфолипиды, воски* (рис. 15). В зависимости от типа клеток содержание липидов колеблется от 5% до 90%, например в клетках жировой ткани. Липиды нерастворимы в воде, т. е. гидрофобны. Фосфолипиды, в отличие от жира и масла, имеют в своем составе остаток фосфорной кислоты, которая хорошо растворима в воде. Поэтому фосфолипиды обладают двойственными свойствами — гидрофильно-гидрофобными.

Основная функция липидов в живом — *энергетическая*. При окислении 1 г жира выделяется 38,9 кДж энергии. Жиры и масла являются *запасными питательными веществами* в клетках растений (рис. 16) и животных, ис-

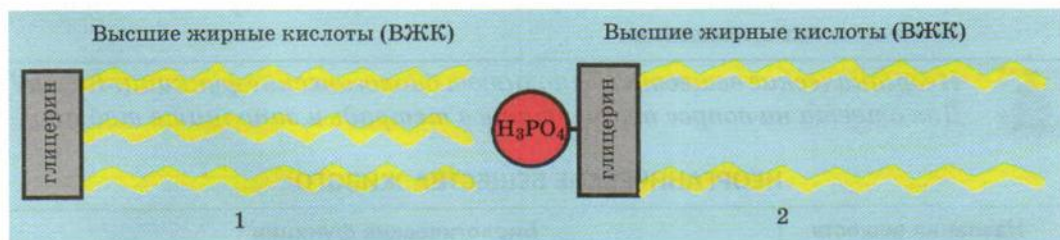


Рис. 15. Липиды: 1 — схема строения молекулы жира; 2 — схема строения молекулы фосфолипида





точником воды в организме, которая образуется при их расщеплении. Другая, не менее важная функция липидов — *строительная*. Фосфолипиды входят в состав мембран клеток. Из воска пчелы строят свои соты.

Липиды выполняют также *защитную* и *терморегуляторную* функцию. Подкожный жировой слой у многих млекопитающих предохраняет их от переохлаждения, повреждения внутренних органов при механическом воздействии (рис. 17). Восковой налет на листьях некоторых растений, например хвойных ели и сосны, препятствует избыточному испарению, воздействию низких температур и солнечных лучей. ► Еще одна важная функция липидов — *регуляторная*. Гормон надпочечников (кортизон) и половые гормоны (тестостерон и эстрадиол) — липиды. Некоторые липиды являются компонентами витаминов *D* и *E*. ◀

**Углеводы.** Сахаристые или сахароподобные вещества — *углеводы*, имеют общую формулу  $C_n(H_2O)_m$ . В клетках животных содержание углеводов составляет от 1 до 3% (в клетках печени животных до 5%). В клетках растений находится до 90% углеводов, где они служат основным строительным материалом и запасным питательным веществом (рис. 18, 19).

Все углеводы разделяют на моносахариды и полисахариды (рис. 20). К *моносахаридам* относят, например, *глюкозу* и *рибозу*. Это бесцветные кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде, сладкие на вкус. *Полисахариды* — высокомолекулярные полимеры, мономерами которых представляют собой повторяющиеся звенья, чаще всего молекул глюкозы. К полисахаридам относят *крахмал*, *гликоген*, *целлюлозу*. В отличие от моносахаридов, полисахариды не имеют сладкого вкуса, в воде растворяются плохо или совсем нерастворимы.

В организме углеводы выполняют в основном *строительную* и *энергетическую* функции. Из целлюлозы состоит оболочка растительных клеток. По общей массе в живой природе Земли она занимает первое место среди органических соединений. Полисахарид хитин входит в состав кожных покровов членистоногих и оболочки клеток грибов.

Крахмал и гликоген — *запасные питательные вещества* клеток. Крахмал синтезируется и запасается в клетках растений, а гликоген — в клетках животных,



Рис. 16. Семянки подсолнечника богаты маслом



Рис. 17. Кит имеет толстый подкожный слой жира



Рис. 18. Глюкозой богаты ягоды винограда

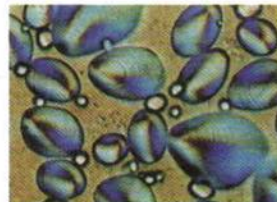


Рис. 19. Крахмал запасается в органах растений, например в клубнях картофеля



Рис. 20. Углеводы: 1 — схема строения молекулы глюкозы; 2 — схема строения молекулы целлюлозы; 3 — схема строения молекулы крахмала

в частности в печени. Эти углеводы, наряду с глюкозой, выполняют в организме также и энергетическую функцию. При окислении 1г углеводов выделяется 17,6 кДж энергии. Количество образовавшейся теплоты в этом случае меньше, чем при окислении жиров. Однако углеводы быстрее расщепляются и усваиваются организмом, чем жиры. Например, клетки нервной ткани используют глюкозу как основной источник энергии.



Мономеры, полимеры, липиды, жиры, масла, фосфолипиды, воски, углеводы, моносахариды, полисахариды, глюкоза, рибоза, крахмал, гликоген, целлюлоза.



1. Что такое полимер и мономер? Какие органические вещества живого относят к полимерам? 2. Почему жиры обладают гидрофобными свойствами? Сравните их растворимость с фосфолипидами. Чем объясняются различия? 3. В организме моржей, тюленей и других северных животных накапливается толстый слой подкожного жира. Какие функции он выполняет в организме этих животных? 4. Какие углеводы относятся к моносахаридам и полисахаридам? Какие функции они выполняют в организмах?



Перечертите в тетрадь и заполните таблицу. Внесите в нее сведения о липидах и углеводах.

### ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА ЖИВОГО

| Органические компоненты клетки | Названия веществ | Биологические функции |
|--------------------------------|------------------|-----------------------|
|                                |                  |                       |





## § 5. БЕЛКИ

Вспомните, что происходит с яичным белком при нагревании.

Одними из наиболее важных органических компонентов живого являются белки. Второе их название — *протеины* (от греч. *протос* — первый). Белки — полимеры с большой молекулярной массой от нескольких десятков до нескольких миллионов единиц. Их мономерами служат *аминокислоты*. ► Количество аминокислот в молекулах разных белков может колебаться от 3—5 до нескольких тысяч. Например, молекула белка рибонуклеазы состоит из 124 аминокислот и имеет молекулярную массу 12640, а молекула гемоглобина имеет в своем составе 574 аминокислоты и молекулярную массу 64500. ◀

**Состав и строение белков.** В белках постоянно встречаются 20 видов аминокислот. Они отличаются по своему строению, но имеют общие группы, посредством которых соединяются в длинные цепи (рис. 21). Последовательность и число аминокислот для каждого белка строго индивидуальны. Поэтому разнообразие белков потенциально безгранично.

Связь между аминокислотами называют *пептидной связью*, а образующуюся цепь — *полипептидной* (рис. 22, 23).

Белки имеют сложное строение и несколько структурных уровней, которые определяют их свойства и выполняемые функции. Особенности структуры, формы, свойств и функций белковой молекулы зависят, в пер-

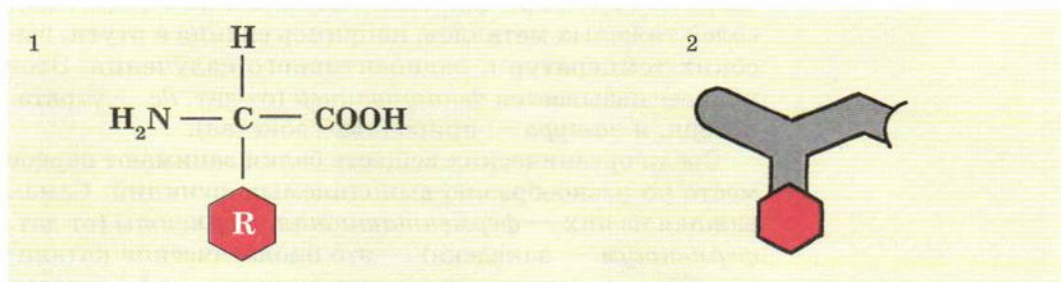


Рис. 21. Строение аминокислот: 1 — общая формула; 2 — схема

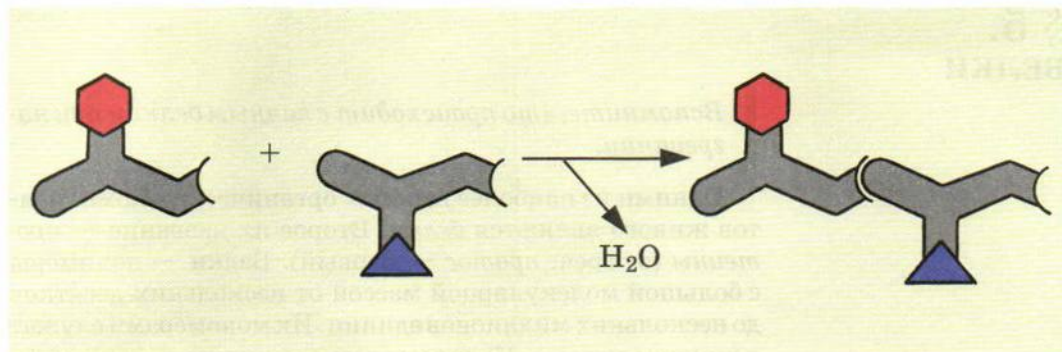


Рис. 22. Образование пептидной связи (схема)

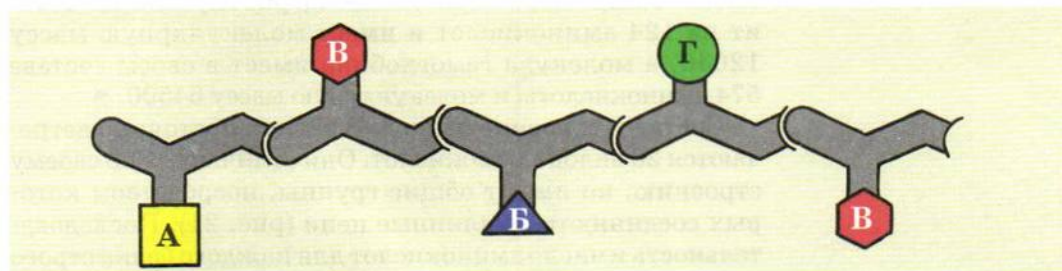


Рис. 23. Структура белковой молекулы (полипептидная цепь)

вую очередь, от последовательности аминокислот в полипептидной цепи. В каждом белке эту последовательность определяет наследственная программа организма. Поэтому белки каждого организма различаются друг от друга.

**Свойства и функции белков.** Белки, в отличие от других органических веществ, легко разрушаются. Они сворачиваются при действии сильных кислот, щелочей, солей тяжелых металлов, например свинца и ртути, высоких температур и радиоактивного излучения. Этот процесс называется *денатурацией* (от лат. *de* — утрата, потеря, и *натура* — природные свойства).

Среди органических веществ белки занимают первое место по разнообразию выполняемых функций. Самая важная из них — *ферментативная*. *Ферменты* (от лат. *ферментум* — закваска) — это биологические катализаторы, т. е. ускорители химических реакций в живом. Следующая важная функция белков — *строительная*.





Нет ни одной структуры живого, которые не содержали бы в своем составе белка. Они входят в состав мембран клеток, клеточного центра, ядра и рибосом. Белки выполняют и *энергетическую функцию*, хотя она у них не столь важная, как у углеводов и липидов. При окислении 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии. Примерно столько же энергии выделяется при окислении 1 г углеводов. Однако белки служат последним энергетическим резервом, т. е. используются лишь после полного расходования запасов углеводов и липидов. В некоторых случаях белки выполняют функцию *запасного питательного вещества*, например, желточные белки куриного яйца и казеин молока.

*Двигательная функция* связана с сократительными белками, которые входят в состав мышечных волокон, ресничек, жгутиков, а значит — обеспечивают движение организма и клеток. Транспортные белки связывают и переносят вещества в одной клетке и во всем организме. Например, гемоглобин эритроцитов транспортирует кислород и углекислый газ.

Белки выполняют и *защитную функцию*. Они образуют антитела, защищающие организм от болезнетворных бактерий и вирусов. *Регуляторные белки* — это гормоны, регулирующие обмен веществ в организме. Например, выделяемый поджелудочной железой гормон инсулин регулирует углеводный обмен в организме.



Белки, протеины, пептиды, аминокислоты, пептидная связь, полипептидная цепь, денатурация, ферменты.



1. Какие вещества являются мономерами белков? 2. При окислении белков и углеводов выделяется одинаковое количество энергии. Почему организм использует белки, как источник энергии только в последнюю очередь?



Имеются три вида аминокислот — А, В, С. Составьте несколько вариантов полипептидных цепей, построенных из пяти аминокислот. Будут ли такие белки обладать одинаковыми свойствами? Ответ поясните.

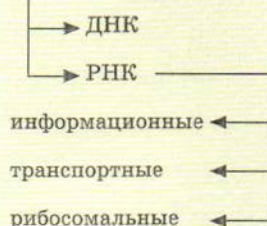
Внесите сведения о белках в таблицу «Органические вещества живого».

## § 6.

## НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ. АТФ

Вспомните, что такое мономер и полимер. Какие вещества являются мономерами белков? Чем белки как полимеры отличаются от крахмала?

### НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ



Нуклеиновые кислоты занимают особое место среди органических веществ клетки. Они впервые были выделены из ядер клеток, за что и получили свое название (от лат. *нуклеус* — ядро). Впоследствии нуклеиновые кислоты были обнаружены в цитоплазме и в некоторых других органоидах клетки. Но первоначальное название за ними сохранилось.

Нуклеиновые кислоты, как и белки, являются полимерами, но их мономеры *нуклеотиды* имеют более сложное строение. Число нуклеотидов в цепи может достигать 30000. Нуклеиновые кислоты — наиболее высокомолекулярные органические вещества клетки.

В клетках встречаются два типа нуклеиновых кислот: *дезоксирибонуклеиновая кислота* (ДНК) и *рибонуклеиновая кислота* (РНК). Они различаются нуклеотидным составом, строением полинуклеотидной цепи, молекулярной массой и выполняемыми функциями.

**Состав и строение ДНК.** В состав нуклеотидов молекулы ДНК входят фосфорная кислота, углевод дезоксирибоза (с чем связано название ДНК) и азотистые основания — *аденин* (А), *тимин* (Т), *гуанин* (Г), *цитозин* (Ц) (рис. 24, 25).

Эти основания попарно соответствуют друг другу по строению (А = Т, Г = Ц) и могут легко соединяться при помощи водородных связей. Такие парные основания называют *комплементарными* (от лат. *комплементум* — дополнение).

Английские ученые Джеймс Уотсон и Френсис Крик в 1953 г. установили, что молекула ДНК состоит из двух спирально закрученных цепей. Остов цепи образован остатками фосфорной кислоты и дезоксирибозы, а азотистые основания направлены внутрь спирали (рис. 26, 27). Две цепи соединяются друг с другом благодаря водородным связям между комплементарными основаниями.

В клетках молекулы ДНК находятся в ядре. Они образуют нити хроматина, а перед делением клетки



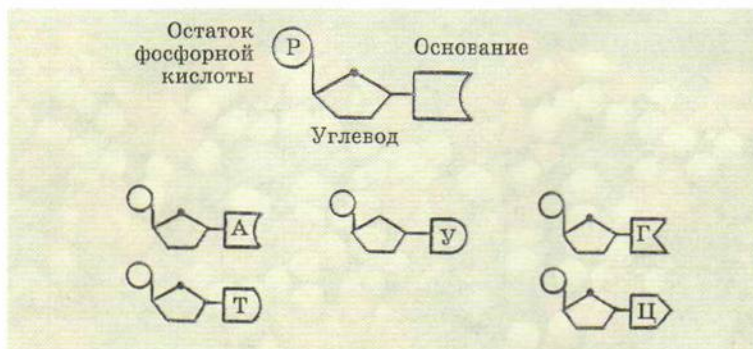


Рис. 24. Строение и виды нуклеотидов

спирализуются, соединяются с белками и превращаются в хромосомы. Кроме того, специфические ДНК имеются в митохондриях и хлоропластах.

ДНК в клетке отвечают за хранение и передачу наследственной информации. В ней закодирована информация о структуре всех белков организма. Число молекул ДНК служит генетическим признаком отдельного вида организма, а нуклеотидная последовательность специфична для каждого индивида.

**Строение и виды РНК.** В состав молекулы РНК входят фосфорная кислота, углевод — рибоза (отсюда название рибонуклеиновая кислота), азотистые основания: аденин (А), урацил (У), гуанин (Г), цитозин (Ц). Вместо тимина здесь встречается урацил, который комплементарен аденину ( $A = U$ ). Молекулы РНК, в отличие от ДНК, состоят из одной полинуклеотидной цепи (рис. 25), которая может иметь прямые и спиральные участки, образовывать с помощью водородных связей петли между комплементарными основаниями. Молекулярная масса РНК значительно ниже, чем ДНК.

В клетках молекулы РНК находятся в ядре, цитоплазме, хлоропластах, митохондриях и рибосомах. Различают три вида РНК, которые имеют разные молекулярную массу, форму молекул и выполняют разные функции.

**Информационные РНК (иРНК)** переносят информацию о структуре белка от ДНК к месту его синтеза на рибосомах. Каждая молекула иРНК содержит полную информацию, необходимую для синтеза одной молекулы белка. Из всех видов РНК самые крупные иРНК.

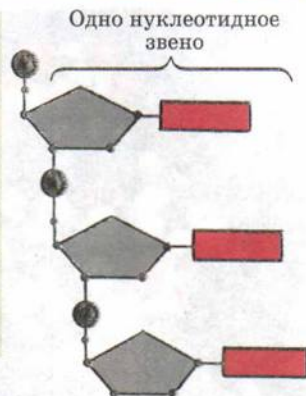


Рис. 25. Полинуклеотидная цепь

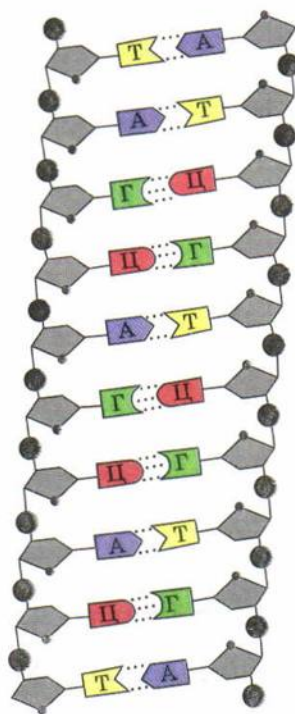


Рис. 26. Схема молекулы ДНК

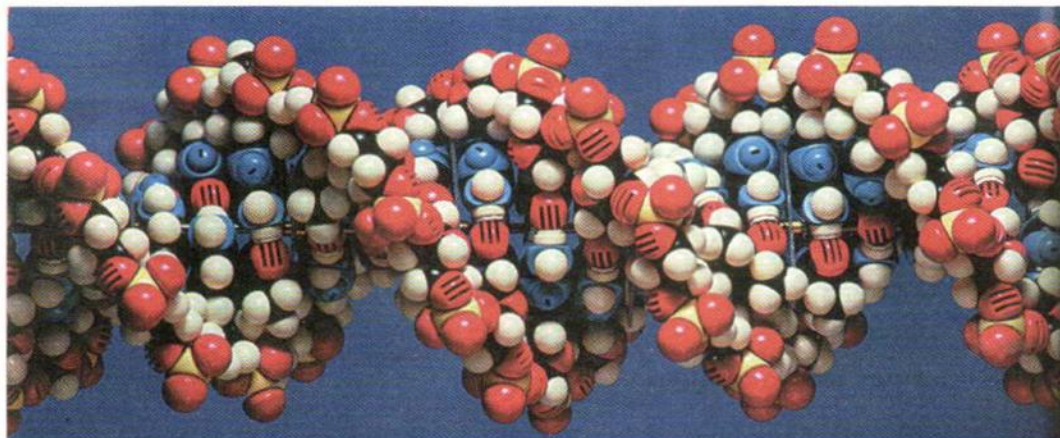


Рис. 27. Двойная спираль молекулы ДНК (объемная модель)

*Транспортные РНК (тРНК)* — самые короткие молекулы. Их структура напоминает по форме клеверный лист (рис. 62). Они транспортируют аминокислоты к месту синтеза белка на рибосомы.

*Рибосомальные РНК (рРНК)* составляют более 80% всей массы РНК в клетке и вместе с белками входят в состав рибосом.

**АТФ.** Кроме полинуклеотидных цепей в клетке находятся мононуклеотиды, имеющие тот же состав и строение, что и нуклеотиды, входящие в состав ДНК и РНК. Наиболее важным из них является АТФ — *аденозинтрифосфат*.

Молекула АТФ состоит из рибозы, аденина и трех остатков фосфорной кислоты, между которыми имеются две высокоэнергетические связи (рис. 28). ► Энергия каждой



Рис. 28. Строение молекулы аденозинтрифосфата (АТФ) и ее роль в превращении энергии





## § 6. Нуклеиновые кислоты. АТФ

из них составляет 30,6 кДж/моль. Поэтому ее и называют *макроэргической* в отличие от простой связи, энергия которой составляет около 13 кДж/моль. При отщеплении от молекулы АТФ одного или двух остатков фосфорной кислоты образуется соответственно молекула АДФ (аденозиндифосфат) или АМФ (аденозинмонофосфат). При этом выделяется энергии в два с половиной раза больше, чем при расщеплении других органических веществ. ◀

АТФ является ключевым веществом обменных процессов в клетке и универсальным источником энергии. Синтез молекул АТФ происходит в митохондриях, хлоропластах. Энергия запасается в результате реакций окисления органических веществ и аккумуляции солнечной энергии. Клетка использует эту запасенную энергию во всех процессах жизнедеятельности.



Нуклеиновые кислоты, дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), рибонуклеиновая кислота (РНК), нуклеотид, азотистые основания, аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц), тимин (Т), урацил (У), комплементарность, информационные РНК, транспортные РНК, рибосомальные РНК, аденозинтрифосфат (АТФ), ▶ макроэргическая связь ◀.



1. Что является мономером нуклеиновых кислот? Из каких компонентов он состоит? 2. Чем нуклеиновые кислоты, как полимеры, отличаются от белков? 3. Что такое комплементарность? Назовите комплементарные основания. Какие связи образуются между ними? 4. Какую роль в живых телах природы играют молекулы РНК? 5. Функцию АТФ в клетке иногда сравнивают с аккумулятором или батареей. Объясните смысл такого сравнения.



1. Закончите таблицу «Органические вещества живого». Внесите в нее сведения о ДНК, РНК и АТФ.  
2. Сравните между собой ДНК и РНК и заполните в тетрадах таблицу.

### НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

| Виды | Состав и строение | Местонахождение | Функции |
|------|-------------------|-----------------|---------|
|      |                   |                 |         |
|      |                   |                 |         |

## § 7.

### НАСЛЕДСТВЕННАЯ ИНФОРМАЦИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД

Вспомните, какое строение имеют белки. От чего зависят структура, форма и свойства белковой молекулы? Почему белки каждого организма отличаются друг от друга?

Такие признаки живого, как самовоспроизведение, наследственность и изменчивость проявляется уже на молекулярно-генетическом уровне. Они связаны с определенными органическими веществами и с наследственной (генетической) программой организма.

**ДНК и гены.** К началу 50-х гг. XX в. ученые предположили, что основная функция генов заключается в определении структуры белков, в первую очередь — белков-ферментов. Многочисленные исследования показали, что в основном превращения веществ в живых системах происходят под контролем ферментов. Поэтому учеными было выдвинуто предположение, которое можно сформулировать так: «один ген — один белок-фермент». Лишь открытие двойной спирали молекулы ДНК позволило выяснить общие принципы процесса передачи генетической информации в живом.

Носителями наследственной информации служат молекулы ДНК. В них хранится информация о строении, свойствах, функциях белков каждой клетки и организма в целом. Участок молекулы ДНК, содержащий информацию о структуре одной молекулы белка-фермента, называли *геном* (от греч. *генос* — род, происхождение). Он и является наследственным фактором любого живого тела природы.

**Генетический код.** В белках встречаются 20 аминокислот, последовательность которых и определяет структуру и свойства белков. Информация о структуре белка должна быть записана в виде нуклеотидной последовательности на ДНК. Правила перевода последовательности нуклеотидов в нуклеиновой кислоте в аминокислотную последовательность белка называют *генетическим кодом* (от фран. *код* — сборник условных сокращенных обозначений и названий).



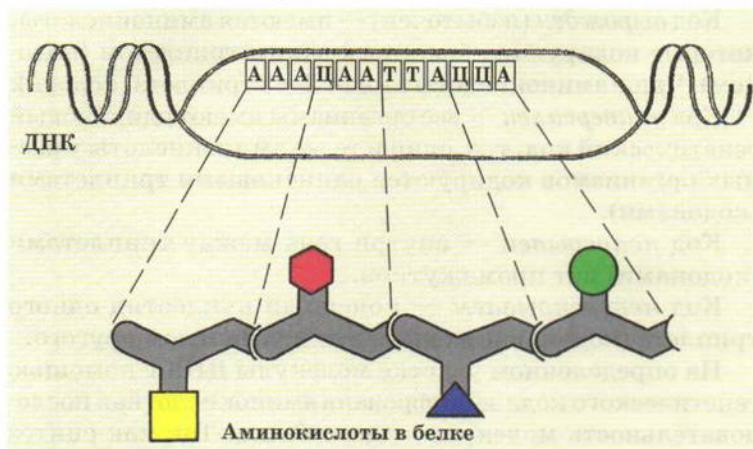


Рис. 29. Правило перевода последовательности нуклеотидов в ДНК в последовательность аминокислот в белке

Он был расшифрован в 60-х гг. XX в. в результате ряда экспериментов и математических расчетов.

Молекула ДНК состоит из набора четырех нуклеотидов (А, Т, Г, Ц). Если каждой аминокислоте соответствовал бы один нуклеотид, то закодировать можно было бы только 4 аминокислоты. Если предположить, что одна аминокислота кодируется сочетанием из двух нуклеотидов, то в этом случае можно закодировать только  $4^2 = 16$  аминокислот. Ученые предположили, что одна аминокислота должна кодироваться тремя нуклеотидами, т. е.  $4^3 = 64$ . Такого числа комбинаций более чем достаточно для кодирования 20 аминокислот (рис. 29). Кроме того, одной аминокислоте может соответствовать не одно, а несколько таких сочетаний.

Генетический код обладает рядом свойств (рис. 30).

Код *триплетен* — каждой аминокислоте соответствует сочетание из 3-х нуклеотидов. Всего таких сочетаний — *триплетов (кодонов)* — 64. Из них 61 триплет смысловой, т. е. соответствуют 20 аминокислотам, а 3 — бессмысленные *стоп-кодны*, которые не соответствуют аминокислотам. Ими заполняются промежутки между генами.

Код *однозначен* — каждый триплет (кодон) соответствует только одной аминокислоте.



Рис. 30. Некоторые свойства генетического кода

Код *вырожден* (избыточен) — имеются аминокислоты, которые кодируются более чем одним триплетом (кодоном). Чаще аминокислоты имеют 2—3 триплета (кодона).

Код *универсален* — все организмы имеют одинаковый генетический код, т. е. одни и те же аминокислоты у разных организмов кодируются одинаковыми триплетами (кодонами).

Код *непрерывен* — внутри гена между триплетами (кодонами) нет промежутков.

Код *неперекрываем* — конечный нуклеотид одного триплета (кодона) не может служить началом другого.

На определенном участке молекулы ДНК с помощью генетического кода зашифрована аминокислотная последовательность молекулы одного белка. Так как синтез белка происходит в цитоплазме, а молекулы ДНК находятся в ядре, то необходима структура, которая копировала бы последовательность нуклеотидов на ДНК и переносила бы ее к месту синтеза белка. Таким посредником служит информационная РНК.

Кроме переносчика информации необходимы вещества, которые обеспечивали бы доставку соответствующих аминокислот к месту синтеза и определяли их места в полипептидной цепи. Такими веществами являются транспортные РНК. Они не только обеспечивают доставку аминокислот к месту синтеза, но и их кодирование. Синтез белка протекает на рибосомах, для сборки которых необходим еще один вид нуклеиновых кислот — рибосомальные РНК. Следовательно, для реализации наследственной информации в живом на молекулярно-генетическом уровне необходимы молекулы ДНК и все виды РНК.



Ген, генетический код, триплет (кодон), стоп-кодоны.



1. Почему именно с белками первоначально связывались наследственные свойства организма? 2. Как закодирована структура белка в молекуле ДНК? 3. Что такое ген? 4. Что представляет собой генетический код? Охарактеризуйте каждое из его свойств. 5. Какую функцию выполняют стоп-кодоны?





## § 8.

### МАТРИЧНЫЕ РЕАКЦИИ КАК ОСНОВА ПЕРЕДАЧИ И РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЖИВОМ

*Вспомните, какое строение имеет молекула ДНК. Какие функции выполняет ДНК в клетке? В чем сущность принципа комплементарности?*

Генетическая информация реализуется в живом на молекулярно-генетическом уровне при синтезе ДНК и РНК, а на клеточном — при биосинтезе белка. Было установлено, что две цепи ДНК способны раскручиваться и служить *матрицей* (от лат. *матрикс* — основа, начало) для синтеза всех нуклеиновых кислот. На ней синтезируются все виды РНК, которые затем участвуют в биосинтезе белка. Кроме того, перед делением клетки каждая молекула ДНК удваивается, т. е. синтезирует себе подобную. В каждой из этих реакций информация, заключенная в последовательности нуклеотидов одной молекулы ДНК, используется для синтеза другой нуклеотидной последовательности молекул ДНК или РНК. Все эти процессы биосинтеза носят название реакций *матричного синтеза*.

**Самоудвоение ДНК.** Передача наследственной информации на молекулярном уровне происходит в процессе синтеза молекул ДНК. Матрицей для синтеза новой ДНК служит исходная молекула ДНК, которая самоудваивается. Процесс самоудвоения молекулы ДНК — *редупликация* (от лат. *редупликацио* — удвоение). Она обеспечивает точное копирование генетической информации.

В основе реакции удвоения ДНК лежит принцип комплементарности. Каждая цепь молекулы ДНК содержит последовательность нуклеотидов, в точности комплементарную последовательности нуклеотидов на другой цепи. Цепи одной молекулы ДНК, разъединяются и каждая из них служит матрицей для синтеза соответствующей недостающей цепи. Две новые молекулы ДНК содержат одну новую и одну исходную материнскую цепь ДНК. Таким образом, обе дочерние молекулы ДНК полностью похожи на исходную материнскую ДНК (рис. 31).

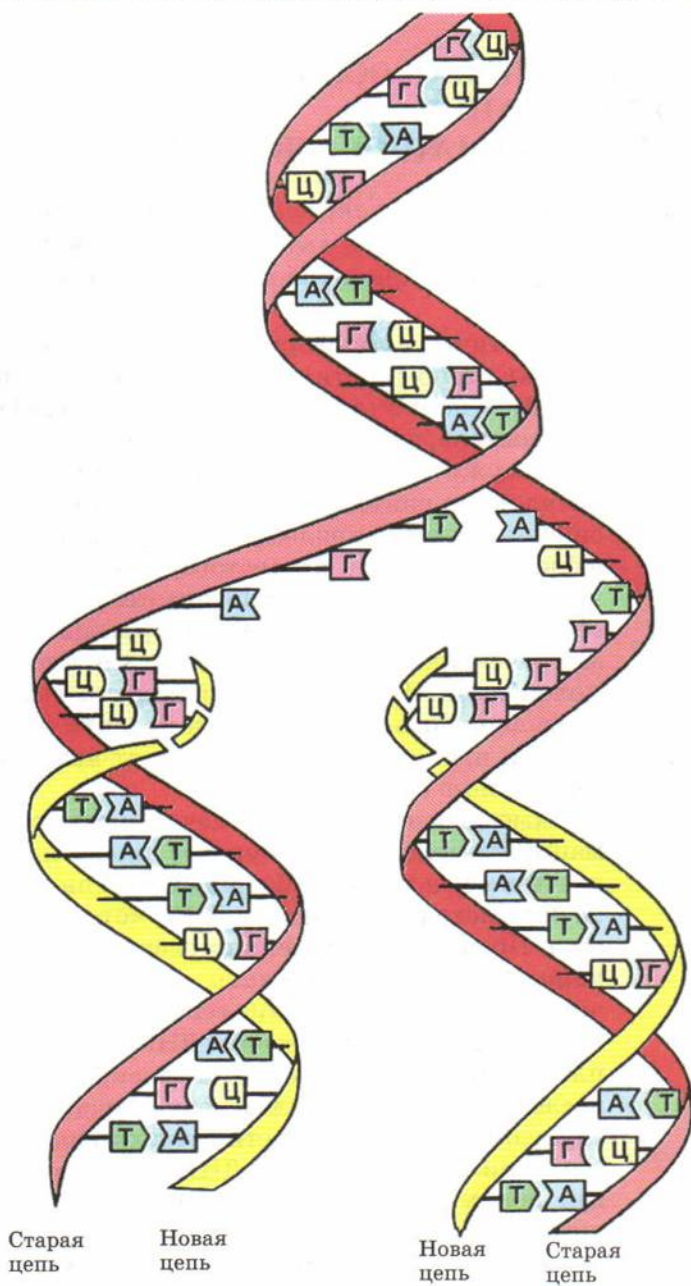


Рис. 31. Самоудвоение (редупликация) молекулы ДНК





Количество ДНК обозначается латинской буквой  $s$ . Перед редупликацией оно равно  $2s$ , а после — в два раза больше, т. е.  $4s$ .

Копирование ДНК происходит с высокой точностью. В среднем на каждый миллиард комплементарных пар нуклеотидов, образующихся в ходе редупликации, приходится одна ошибка. Эти ошибки устраняются особыми белками, распознающими и удаляющими неправильные нуклеотиды. Точность копирования обеспечивает правильность передачи наследственной информации. В результате этого процесса не только синтезируется новая молекула ДНК, но и передается генетическая информация о структуре белков, которая в ней заложена. Стойкость гена и возможность его воспроизведения обеспечивают непрерывность жизни и передачу наследственной информации из поколения в поколение.

**Биосинтез РНК.** Процесс биосинтеза РНК имеет ряд особенностей. Молекулы РНК значительно короче и являются копиями небольшого участка ДНК — гена. Следовательно, в синтезе РНК участвует только часть молекулы ДНК. Матрицей для синтеза служит только одна из цепей ДНК (рис. 32).

На определенном участке — гене двойная спираль молекулы ДНК раскручивается. На одной из цепей по принципу комплементарности выстраиваются нуклеотиды. Специальный белок-фермент соединяет нуклеотиды ме-

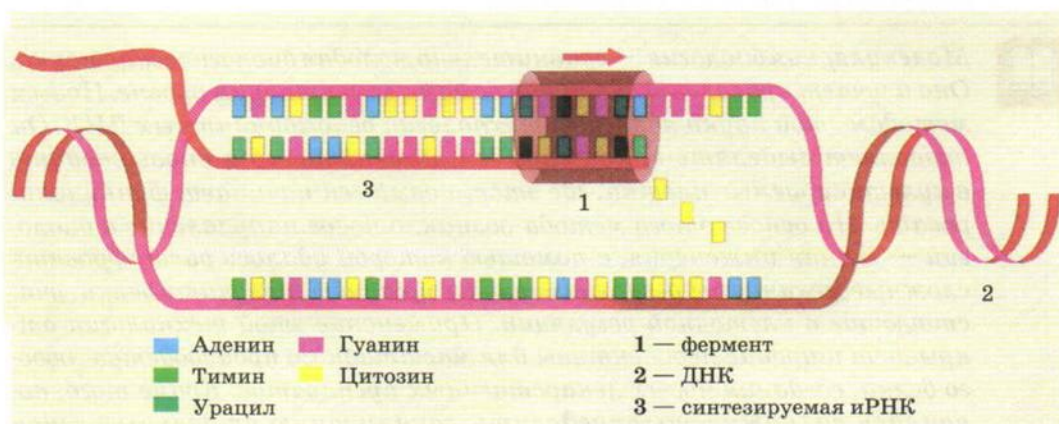


Рис. 32. Синтез информационной РНК

жду собой. В результате синтезируется РНК-копия. После окончания реакции молекула РНК освобождается от исходной ДНК-матрицы, которая затем восстанавливает свою двойную спираль. Синтез завершен.

В зависимости от участка ДНК аналогично синтезируются все виды РНК — рибосомальная, транспортная, информационная. Итак, реализация наследственной информации на молекулярно-генетическом уровне происходит в процессе синтеза молекул РНК. Далее на клеточном уровне эта информация реализуется при биосинтезе белка, который также относится к матричным реакциям.



*Матрица, матричные реакции, самоудвоение (редупликация) ДНК, биосинтез РНК.*



*1. Какие реакции называются матричными? 2. Какой принцип лежит в основе реакций матричного синтеза? 3. Объясните процесс самоудвоения ДНК? 4. Как происходит биосинтез информационной РНК? Чем он отличается от самоудвоения ДНК?*



*1. Определите нуклеотиды второй цепи ДНК, если первая цепь имеет следующую последовательность нуклеотидов: ЦТТААЦАЦЦГГГЦАТ-ТЦЦГАА. 2. Составьте фрагмент синтезированной молекулы иРНК, если одна из цепей ДНК имеет следующую нуклеотидную последовательность: ААТЦЦГТЦЦАЦГТА.*



*Молекулярная биология — сравнительно молодая биологическая наука. Она изучает проявление жизни на самом элементарном уровне. Новым методом этой науки является технология рекомбинантных ДНК. Он позволяет выделять какой-либо ген, изменять его и вновь вводить в культивируемые клетки, где этот новый ген начинает функционировать. На основе этого метода возникло новое направление в биологии — генная инженерия, с помощью которой удалось расшифровать сложные механизмы регуляции генов у эукариот, получить белки, участвующие в клеточной регуляции. Применение этой технологии открывает широкие перспективы для масштабного производства любого белка, создания новых лекарственных препаратов. Кроме того, появилась возможность определить локализацию отдельных генов в хромосоме и выявить гены, обладающие родственными функциями.*





## § 9.

### НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ НА МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОМ УРОВНЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

*Вспомните, что такое наследственность и изменчивость как признаки живого. С какими молекулами связана передача наследственной информации?*

Постоянство структуры ДНК и точность копирования молекулы в процессе самоудвоения обеспечивают неизменность белков. Это означает и неизменность признаков у того или иного организма в стабильных условиях среды. Однако молекулам нуклеиновых кислот, наряду с наследственностью и достаточной стабильностью, присуща и изменчивость.

**Изменения наследственного материала.** Иногда в процессе самоудвоения ДНК все же возникают «ошибки». Это приводит к образованию иного по качеству гена, и следовательно, иной структуры белка, которая в нем закодирована. В конечном итоге это вызывает развитие другого признака у организма.

Качественные перестройки отдельных генов или хромосом, связанные с изменениями в структуре молекулы ДНК, называют *мутациями*. Понятие *мутация* (от лат. *мутацио* — изменение) было введено в науку голландским ученым Г. Де Фризом в начале XX в. (рис. 33).

«Ошибки» в самоудвоении ДНК могут быть различными: например, добавление или выпадение одного или нескольких нуклеотидов, замена одних нуклеотидов на другие, повтор нуклеотидов.

Рассмотрим проявление изменчивости на простом примере. Известно, что генетический код триплетен. Для наглядности представим, что буквы из нашего алфавита — это нуклеотиды, а каждое слово из трех букв — это одна аминокислота. Соединяя трехбуквенные слова, мы получим предложение — белок. Например, возьмем исходное предложение (белок) — *дым был сер*. В этом предложении три слова, значит в нашем случае три аминокислоты. Запишем его без пропусков между словами — *дымбылсер*. Зная, что каждое слово состоит из трех букв,



Рис. 33. Первооткрыватель мутаций Гуго Де Фриз (1848—1935)



мы можем, тем не менее, прочитать его. Теперь представим, что один нуклеотид заменился на другой, заменим в первом слове букву *ы* на букву *о*. Теперь получается предложение — *домбылсер*. Зная трехбуквенный код, мы опять его можем прочитать: *дом был сер*. Предложение опять имеет смысл, но уже другой. Произошла замена одного слова на другое. Получается опять белок, но уже другого качества.

Теперь рассмотрим другой вариант — выпадение одного нуклеотида. Уберем букву *м* в исходном предложении. У нас получится сочетание *дыбылсер*. Зная трехбуквенный код, попробуем прочесть предложение: *дыб ылс ер*. Предложение бессмысленно. Потеря нуклеотида существенно меняет всю структуру гена. Происходит смещение триплетов при синтезе РНК, и теперь либо вообще теряется весь белок, либо он становится совершенно иным.

Проявление различных свойств у организмов одного вида — результат мутации, изменчивости генов. Например, разная окраска цветков у розы, флокса, тюльпана, форма и окраска плодов у яблонь, тыквы, груши (рис. 34, 1). Внешний облик, рост, различная окраска и длина шерсти у собак различных пород — тоже результаты внезапно возникших мутаций, которые закрепились в потомстве и передались по наследству.

В некоторых случаях мутации приводят к нарушению правильного развития того или иного признака у орга-

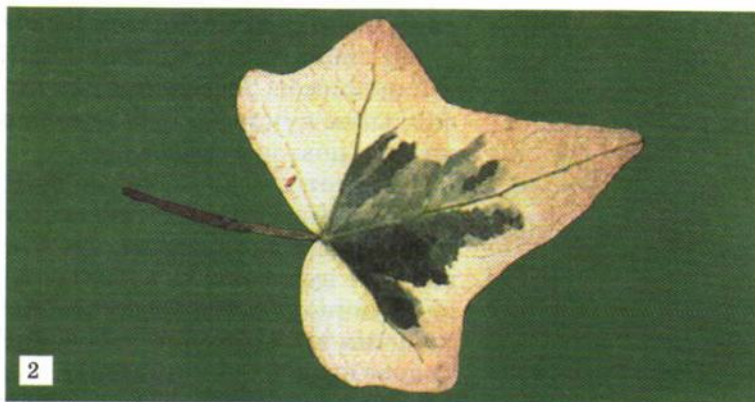


Рис. 34. Мутации у организмов: 1 — окраска и форма цветков у тюльпана; 2 — бесхлорофилльные листья у площа



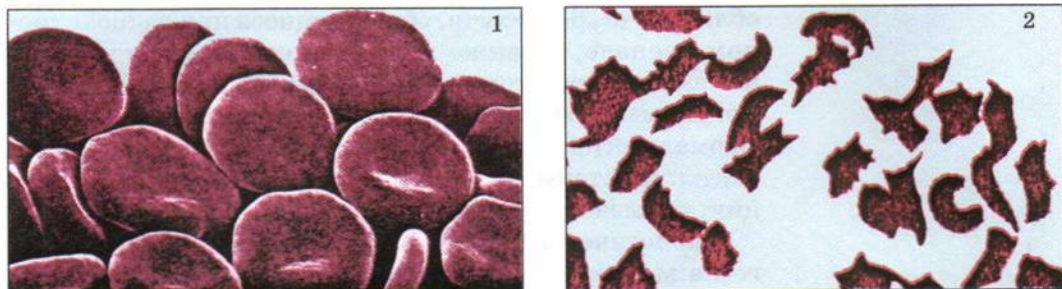


Рис. 35. Генная мутация — серповидно-клеточная анемия: 1 — нормальные эритроциты; 2 — мутантные эритроциты

низма. Например, у человека результаты генных мутаций — многие наследственные заболевания: серповидно-клеточная анемия, дальтонизм, гемофилия, альбинизм. В частности, при серповидно-клеточной анемии происходит замена одного нуклеотида в гене белка гемоглобина, в результате чего в белке заменяется всего одна аминокислота. Это, казалось бы, ничтожное изменение приводит к изменению внешнего облика эритроцитов, которые приобретают серповидную форму и уже не способны связывать кислород в достаточном количестве (рис. 35). Человек страдает от недостатка кислорода, что приводит постепенно к гибели организма.

Мутации характерны для молекул ДНК всех организмов. Изучение изменчивости у растений и животных показало, что как у близкородственных, так и у организмов отдаленных систематических групп, наблюдаются одинаковые мутации. Например, появление бесхлорофилльных растений (рис. 34, 2), т. е. наследственный альбинизм, отмечается в самых разнообразных семействах: злаковых, сложноцветных, бобовых, розоцветных и др.

**Причина мутаций и их значение.** Каждая отдельная мутация, связанная с изменением структуры ДНК, имеет какую-либо причину. Однако в большинстве случаев эти причины неизвестны. Исследования ученых показали, что некоторые условия среды могут повысить частоту мутаций. Впервые такие свойства были обнаружены у рентгеновских лучей. У облученных ими растений и животных в 150 раз чаще наблюдались различные мутации. Позже выяснилось, что таким же действием

обладают  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -лучи, образующиеся при радиоактивном распаде, а также ультрафиолетовые лучи. Возникающие при этом мутации разнообразны. Мутации могут вызывать такие химические вещества, как иприт, формальдегид, колхицин, некоторые пищевые консерванты. Факторы среды, вызывающие различные мутации, называют *мутагенами*.

**Биологическое значение проявления свойств живого на молекулярно-генетическом уровне.** Молекулы белков и нуклеиновых кислот — «кирпичиков» живого, обладают уникальными свойствами, существенно отличающимися от молекул с малой молекулярной массой. Каждая из таких молекул в своей структуре несет уникальную информацию, необходимую для функционирования живого любого уровня организации.

Нуклеиновые кислоты представляют собой молекулярно-генетическую программу клетки. Редупликация ДНК обеспечивает преемственность и воспроизведение жизни. Постоянство структуры ДНК и точность копирования молекулы означает неизменность наследственной информации в относительно стабильных условиях. Однако, кроме явления наследственности на молекулярном уровне проявляется и изменчивость. Это свойство лежит в основе разнообразия живого.



*Изменчивость, мутации, генные мутации, мутагены.*



*1. Дайте определение изменчивости. 2. С молекулами каких веществ связана изменчивость на молекулярно-генетическом уровне организации жизни? 3. Что такое мутации? 4. Почему мутации на молекулярно-генетическом уровне называются генными? Приведите примеры генных мутаций. 5. В каком случае ген в ДНК будет более всего изменен: при выпадении или замене одного нуклеотида? К каким последствиям это может привести? 6. Какие факторы вызывают мутации? Как их называют? 7. Каково значение мутаций для живого?*



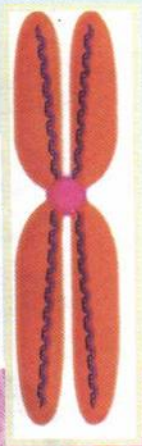
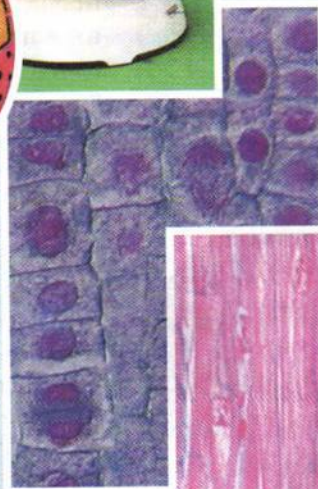
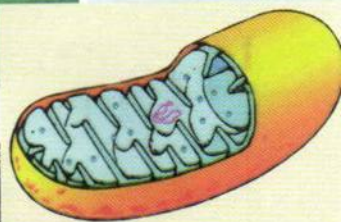
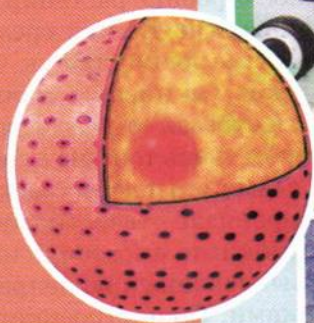
*В нуклеотидной последовательности одной цепи ДНК произошло выпадение одного нуклеотида (выделен жирным шрифтом). Предположите, к каким последствиям может привести такое явление.*

**ЦТТААЦАЦГГГЦАТТЦЦГАА**



ГЛАВА 3

# ОРГАНОИДНО-КЛЕТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ





## § 10.

### ИСТОРИЯ И МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ КЛЕТКИ. КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ

*Вспомните из разделов 6 и 7 классов, когда начались первые исследования растительных и животных клеток. Какие приборы используются для изучения клеточного строения организмов?*

Большинство организмов Земли имеют клеточное строение. *Клетка* — это структурно-функциональная единица живого, способная к самовоспроизведению, для которой характерны все признаки живого.

**История открытия клеточного строения организмов.** Открытие клетки произошло в середине XVII в. Тогда английский естествоиспытатель Роберт Гук (1635—1703) с помощью микроскопа впервые увидел и описал клеточное строение растений.

Рассматривая тонкий срез пробки при сильном увеличении микроскопа, Гук был поражен ее сложной структурой. Он писал: «Взяв кусочек чистой светлой пробки, я отрезал от него острым, как бритва, перочинным ножом очень тонкую пластинку. Когда затем я стал разглядывать его под микроскопом, ...я ясно увидел, что весь он пронизан отверстиями и порами... Эти поры, были неглубокими, а состояли из очень многих маленьких ячеек, вычлененных из непрерывной поры особыми перегородками. Такое строение свойственно не одной только пробке» (рис. 36).

Этимися словами в 1665 г. Роберт Гук впервые сообщил о существовании клетки. Он же первым применил и термин «клетка» (*cellula*) для обозначения увиденной им клеточной стенки. Этот термин прочно вошел в биологию, а его открытие положило начало исследованию клеточного строения организмов.

Дальнейшее изучение клеточного строения организмов связано с именем голландского исследователя А. Левенгука. Линзы, изготовленные ученым, давали увеличение в 300 раз, что позволило сделать ряд больших открытий: описать бактерий, простейших (инфузорий), эритроциты, сперматозоиды. После публикации своих

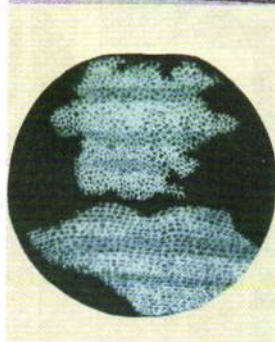
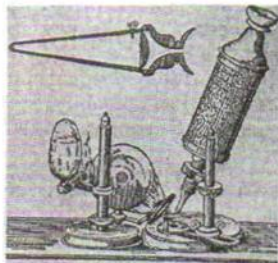


Рис. 36. Микроскоп Роберта Гука и срез пробки, увиденный им





## § 10. История и методы изучения клетки. Клеточная теория

исследований Левенгук получил широкую известность как крупнейший ученый своего времени (рис. 37).

**Создание первой клеточной теории.** Особенно интенсивно клетки стали изучать в XIX в., что было связано с усовершенствованием микроскопов. В 1939 г., обобщив многочисленные микроскопические исследования клеток, немецкие ученые зоолог Теодор Шванн и ботаник Маттиас Шлейден (рис. 38) сформулировали основные положения *клеточной теории*: 1) все организмы состоят из клеток; 2) клетки представляют собой мельчайшие структурные единицы жизни; 3) клетки в организме возникают путем новообразований из неклеточного вещества.

В некоторых выводах ученые ошиблись. В частности, положение о возникновении новых клеток оказалось неверным. Но основная идея клеточного строения организмов была правильной.

После создания клеточной теории исследования клеток стали ведущими в биологии. Благодаря работам многих ученых было детально изучено строение клеточного ядра, проведен анализ важнейших биологических процессов, происходящих с клетками. Особенно значимыми оказались исследования немецкого врача и ученого Рудольфа Вирхова (рис. 38), который исправил и дополнил клеточную теорию. В 1858 г. он обосновал принцип преемственности клеток: «каждая клетка происходит из клетки путем деления исходной клетки».



Рис. 37. Антони ван Левенгук (1632—1723)

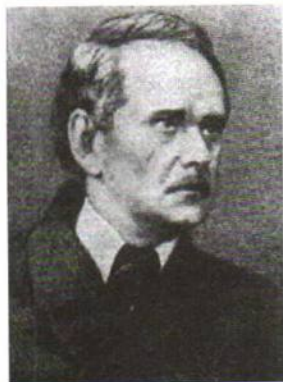
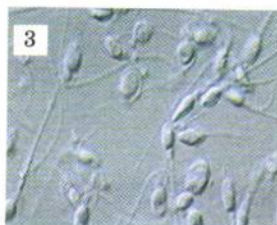
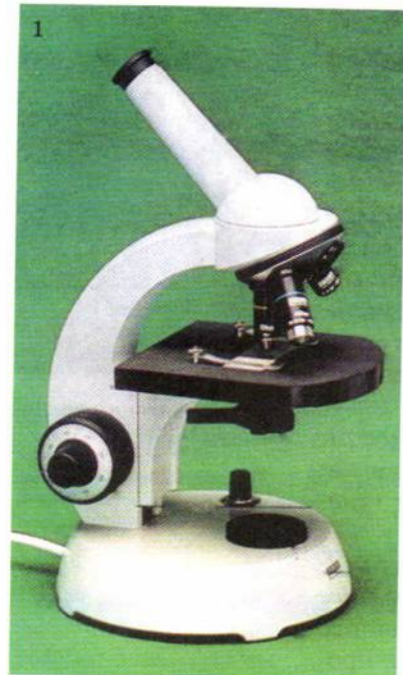


Рис. 38. Основоположники клеточной теории (слева направо): Маттиас Шлейден (1804—1881), Теодор Шванн (1810—1882) и Рудольф Вирхов (1821—1902)



Клеточная теория в основном была сформулирована. Однако методы исследования клетки были несовершенны, и наука о клетке еще не оформилась в самостоятельную научную дисциплину.

**Цитология** — наука о клетке. На рубеже XIX–XX вв. возник и сформировался новый раздел биологии — *цитология* (от греч. *китос* — сосуд, здесь — клетка и *логос* — учение) — наука, изучающая строение и функции клеток. Дальнейшее развитие этой науки было непосредственно связано с открытиями в физике, химии и совершенствованием микроскопической техники.

В настоящее время для изучения клеток ученые пользуются различными методами. Метод *микроскопии* дает возможность детально изучать внешний облик клеток, их микроструктуру (рис. 39). В *световой микроскоп* можно увидеть довольно крупные органоиды, например ядро, митохондрии, хлоропласты, аппарат Гольджи. *Электронный микроскоп* дает увеличение в 1000 раз

Рис. 39. Микроскопы:  
1 — световой; 2 — электронный. Изображения клеток, полученные с различных микроскопов: 3 — светового; 4 — электронного





## § 10. История и методы изучения клетки. Клеточная теория

больше, чем световой, что позволяет детально рассмотреть структуру отдельных органоидов.

► С помощью физико-химических и биохимических методов изучены органические и неорганические вещества живого, их функции и пути превращений в клетке. Применение методов культуры клеток и тканей позволило наблюдать за ростом и размножением клеток вне организма, выделять факторы роста, определять влияние различных веществ на клетки, получать клеточные гибриды путем слияния клеток. ◀

### Основные положения современной клеточной теории:

1) клетка является структурно-функциональной единицей живого, представляющая собой элементарную живую систему, для которой характерны все основные признаки живого;

2) клетки всех организмов имеют сходный химический состав и общий план строения;

3) новая клетка возникает в результате деления исходной клетки;

4) многоклеточные организмы развиваются из одной исходной клетки;

5) сходство клеточного строения организмов свидетельствует о единстве их происхождения.



Клетка, клеточная теория, цитология, микроскопия, микроскопы: световой, электронный.



1. Кем и когда впервые было открыто клеточное строение организмов? 2. Назовите авторов первой клеточной теории и сформулируйте ее основные положения. 3. Почему от момента открытия клеток до становления клеточной теории прошло около 200 лет? 4. Что изучает цитология? 5. Какими методами пользуются современные ученые-цитологи? 6. В чем преимущества электронного микроскопа по сравнению со световым?



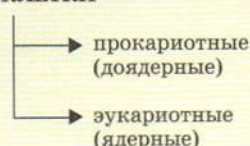
Световой микроскоп был существенно усовершенствован в период с 1887—1900 гг. Развитие химии и биохимии привело к разработке новых методов фиксации и окрашивания микропрепаратов. С этого момента цитология как наука приобрела экспериментальный характер. В 1930 г. был сконструирован электронный микроскоп, который позволил исследовать ультраструктуру клетки.

## § 11.

## ТИПЫ КЛЕТОК. СТРОЕНИЕ ПРОКАРИОТНОЙ КЛЕТКИ

Вспомните из разделов 6 и 7 классов, какое строение имеют растительная и животная клетки. Используя рисунок 44, выясните, чем бактериальная клетка по строению отличается от растительной и животной?

## КЛЕТКИ



Существует гипотеза, по которой все ныне живущие организмы произошли от возникшей несколько миллиардов лет назад первой клетки. Благодаря ей в процессе исторического развития жизни появился на Земле зеленый покров, изменилась атмосфера, возникло все многообразие жизни, появился человек. Эта гипотеза объясняет удивительное сходство в клеточном строении растений, животных, грибов и микроорганизмов.

**Типы клеток.** Первыми на пути исторического развития жизни появились организмы, имеющие самые маленькие клетки с очень простой внутренней структурой — прокариотные. Лишь позднее возникли более крупные и сложное устроенные клетки — эукариотные.

**Прокариотные** (от лат. *про* — перед, раньше, и греч. *карион* — ядро), или **доядерные клетки** — это клетки, не имеющие оформленного ядра. В них выделяется лишь ядерная зона, содержащая одну молекулу ДНК. Прокариотные клетки характерны для бактерий и сине-зеленых (цианобактерий).

**Эукариотные** (от греч. *эу* — хорошо, полностью и греч. *карион* — ядро) — это **ядерные клетки**, т. е. имеющие оформленное ядро. Из эукариотных клеток построены растения, грибы и животные.

**Структура плазматической мембраны.** Любая прокариотная и эукариотная клетка окружена снаружи **плазматической мембраной**. Она ограничивает живое содержимое клеток от окружающей среды. Плазматическая мембрана состоит из липидов и белков (рис. 40). Молекулы фосфолипидов образуют двойной слой. В него вкраплены молекулы белков, которые могут пронизывать мембрану полностью, располагаться на поверхности или частично погружаться в нее. Такую структуру плазматической мембраны называют **жидкостно-мозаичной**.



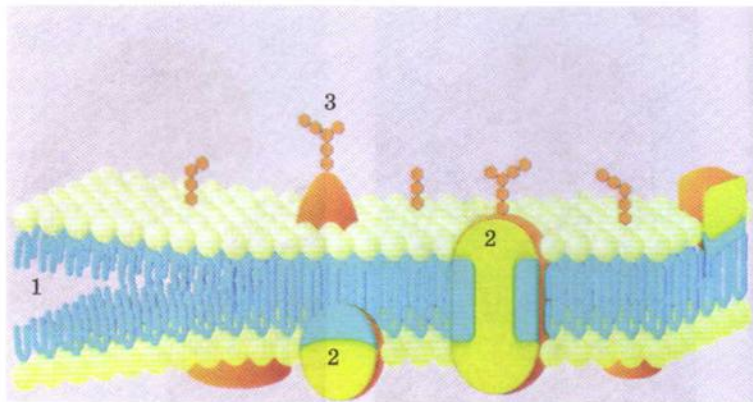


Рис. 40. Схема строения плазматической мембраны: 1 — фосфолипиды; 2 — белки; 3 — углеводы

С наружной стороны с белками и липидами соединены углеводы. Предполагают, что их функция связана с распознаванием соседних клеток и соединением их друг с другом.

Плазматическая мембрана способна изменять свою форму, так как липидные слои могут свободно скользить относительно друг друга. Благодаря этому пищевые частицы захватываются мембраной целиком. При этом происходит ее впячивание и отщуривание пузырька с захваченными частицами внутрь клетки (рис. 41).

Другим важным свойством плазматической мембраны является ее избирательная проницаемость. Через нее свободно проходят молекулы лишь некоторых веществ. Например вода, мелкие ионы, кислород, углекислый газ проникают через плазматическую мембрану путем *диффузии* (от лат. *диффузио* — распространение, проникновение). Вещества при этом поступают из области с их высокой концентрацией в область с низкой концентрацией. Например, если поместить клетку в концентрированный раствор соли, то вода из нее станет поступать во внешнюю среду, так как концентрация внутриклеточного раствора ниже, чем раствора снаружи (рис. 42). Клетка сморщится. Если же поместить клетку в дистиллированную воду, то вода начнет поступать во внутрь, клетка набухнет и лопнет.

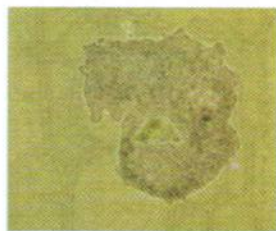
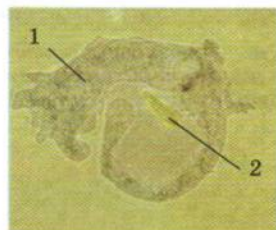


Рис. 41. Транспорт веществ через клеточную мембрану. Захватывание с помощью ложноножек пищевых частиц у амёбы: 1 — клетка амёбы; 2 — клетка инфузории

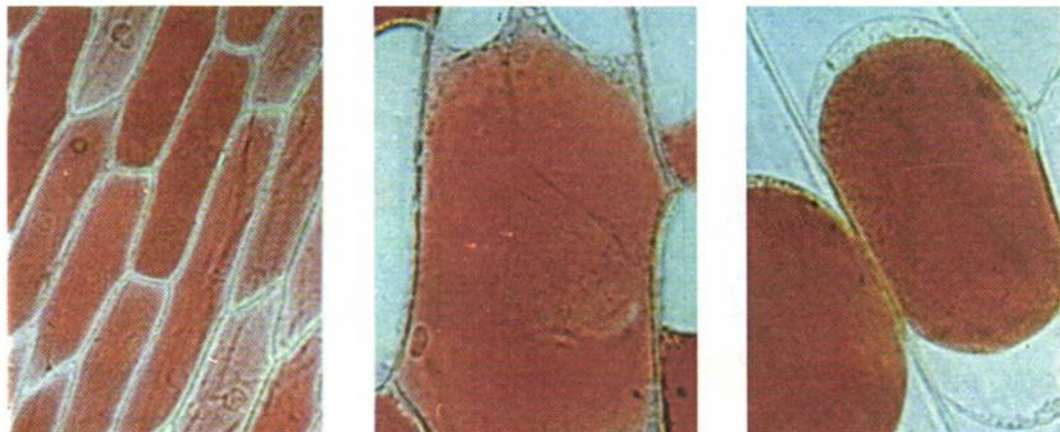


Рис. 42. Транспорт веществ через плазматическую мембрану — диффузия воды из клеток кожицы лука в концентрированном растворе поваренной соли (вода выходит из цитоплазмы, которая отстает от клеточной стенки, постепенно сморщивается и превращается в маленький шарик)

► Кроме диффузии существует еще *активный транспорт*, который осуществляется специальными белками-переносчиками. Для этого процесса необходима энергия, которая выделяется при распаде АТФ. ◀

Обладая избирательной проницаемостью, плазматическая мембрана препятствует утечке внутреннего содержимого клетки, защищает ее, регулирует поступление веществ и обмен с внешней средой.

Кроме плазматической мембраны клетки бактерий, растений и грибов снаружи имеют еще *клеточную оболочку* (рис. 43). Это неживая структура выполняет функции опоры и защиты. Она придает прочность клетке, ограничивает ее подвижность. В оболочке имеются поры, через которые идет поступление веществ извне. Растительная оболочка состоит из целлюлозы и является «скелетом» растений, а у грибов — из хитина.

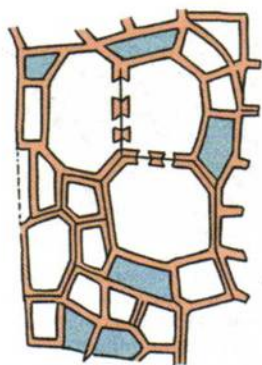


Рис. 43. Оболочки растительных клеток

**Строение прокариотной клетки.** Клетки бактерий прокариотные, т. е. доядерные. Снаружи они покрыты оболочкой (рис. 44). Она плотная, жесткая и напоминает оболочку растительной клетки, но состоит из другого вещества, похожего на целлюлозу. Снаружи прокариотная клетка может иметь дополнительные слизистые слои и капсулу, выполняющие защитную роль.

Под оболочкой располагается плазматическая мембрана. Она образует внутри клетки впячивания в виде скла-



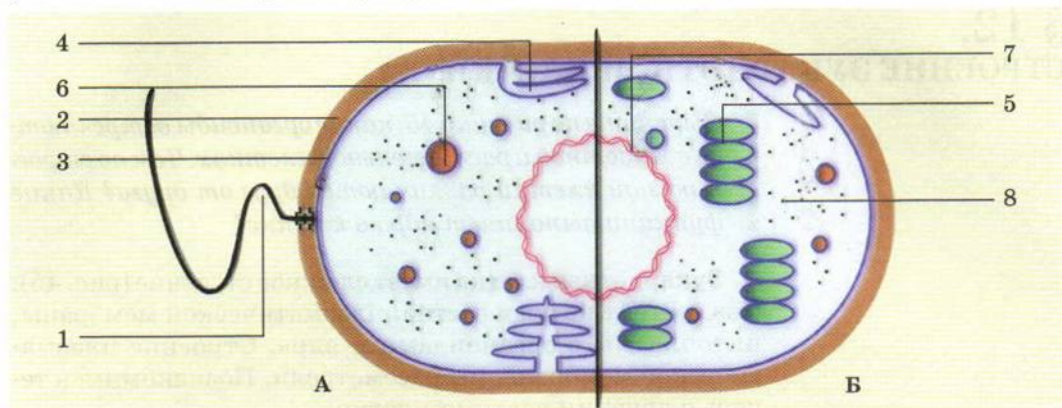


Рис. 44. Схема строения прокариотных клеток (А — нефотосинтезирующая, Б — фотосинтезирующая): 1 — жгутик; 2 — оболочка; 3 — плазматическая мембрана; 4 — мембранные впячивания; 5 — фотосинтезирующие мембраны; 6 — включения (запасные питательные вещества); 7 — молекула ДНК; 8 — рибосомы

док. С этими складками связаны процессы окисления и дыхания клетки. У цианобактерий на впячиваниях мембраны располагаются фотосинтетические пигменты. В них осуществляется процесс фотосинтеза.

Генетический аппарат прокариотной клетки представлен кольцевой молекулой ДНК, которая не отделена от внутреннего ее содержимого. Бактериальная ДНК во много раз меньше, чем ДНК у эукариотных клеток, а следовательно несет меньший объем информации. В клетке прокариот из всех органоидов имеются только рибосомы, которые обеспечивают процесс биосинтеза белка.



*Прокариотные (доядерные) и эукариотные (ядерные) клетки, плазматическая мембрана, жидкостно-мозаичная структура, диффузия, активный транспорт, клеточная оболочка.*



*1. Из каких двух типов клеток построены тела организмов? В чем основное различие этих клеток? 2. Как устроена плазматическая мембрана? Перечислите ее основные функции. 3. Для каких организмов характерна клеточная оболочка? Из каких органических веществ она состоит? 4. Чем по свойствам и функциям клеточная оболочка отличается от плазматической мембраны? 5. Назовите основные структуры прокариотных клеток. Какие функции они выполняют?*

## § 12.

### СТРОЕНИЕ ЭУКАРИОТНОЙ КЛЕТКИ

*Выясните по рисунку 45, какие органоиды встречаются в животной и растительной клетках. Чем по строению эти клетки различаются друг от друга? Какие функции выполняет ядро в клетке?*

Эукариотная клетка имеет сложное строение (рис. 45). Она состоит из трех частей: плазматической мембраны, цитоплазмы с органоидами и ядра. Строение плазматической мембраны мы рассмотрели. Познакомимся теперь с другими частями клетки.

**Цитоплазма.** Жидкое содержимое клетки с находящимися в ней *органоидами* (от греч. *органон* — орудие,

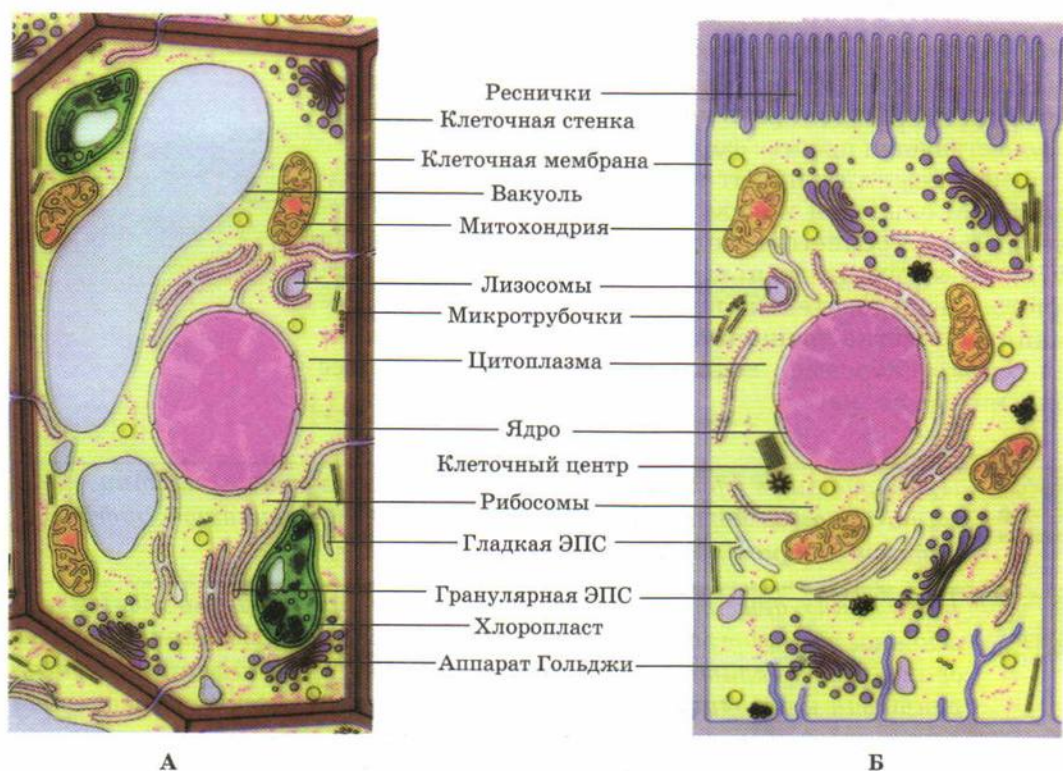


Рис. 45. Строение растительной (А) и животной (Б) клеток





инструмент и *эйдос* — постоянный) называют *цитоплазмой* (от греч. *китос* — сосуд, здесь — клетка и *плазма* — образование). Основное вещество цитоплазмы — вода. Ее содержание в некоторых клетках доходит до 90%. Цитоплазма живых клеток находится в постоянном движении (циркуляции), что обеспечивает взаимосвязь всех органоидов и доступ к ним различных веществ. В цитоплазме эукариотной клетки располагаются мембранные и немембранные органоиды.

**Мембранные органоиды.** Мембранные органоиды клетки могут иметь одну или две мембраны. К одномембранным органоидам относят эндоплазматическую сеть, аппарат Гольджи и лизосомы (рис. 46).

**Эндоплазматическая сеть (ЭПС)** представляет собой замкнутую систему многочисленных канальцев, цистерн, которые пронизывают всю цитоплазму. ЭПС разделяет клетку на отдельные отсеки, обеспечивает сообщение между частями клетки и транспорт веществ. Различают *гладкую* и *гранулярную* эндоплазматическую сеть. На гладкой ЭПС происходит синтез липидов и полисахаридов, например, синтез гликогена в животных клетках. На гранулярной ЭПС располагаются рибосомы, где происходит биосинтез белков. Синтезируемые вещества транспортируются по каналам ЭПС во всей клетке.

Непосредственно с ЭПС связана другая структура — **аппарат Гольджи**. Он образован стопками уплощенных дисков и пузырьков. Здесь происходит накопление синтезируемых веществ, их упаковка и вынос из клетки. Аппарат Гольджи хорошо развит в клетках различных желез.

Из пузырьков аппарата Гольджи формируются **лизосомы** (от греч. *лизео* — растворяю). Эти мембранные пузырьки заполнены пищеварительными ферментами, которые расщепляют поступающие в клетку органические вещества (белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты). Лизосомы встречаются во всех клетках растений, грибов и животных. ► Они обеспечивают дополнительным «сырьем» различные жизненные процессы в клетке. При голодании лизосомы переваривают и некоторые органоиды, не убивая клетку. Такое частичное переваривание дает клетке ненадолго некоторое количество питательных веществ. Иногда лизосомы переваривают



Рис. 46. Одномембранные органоиды клетки: 1 — гранулярная эндоплазматическая сеть; 2 — аппарат Гольджи; 3 — лизосомы

целые группы клеток, ткани — когда это необходимо в развитии животных, например, при утрате хвоста у головастика в процессе превращения в лягушку. ◀

К двумембранным органоидам клетки относят митохондрии и хлоропласты. Они имеют свои собственные молекулы ДНК, способны, независимо от ядра клетки, к биосинтезу белка и делению. Эти органоиды выполняют одну из наиболее значимых функций — они преобразуют энергию в форму, которая может быть использована для реакций жизнедеятельности клетки.

**Митохондрии** (от греч. *митос* — нить и *хондрион* — зернышко, крупинка) характерны для всех клеток эукариот. Они достаточно велики, поэтому их можно увидеть в световой микроскоп. Митохондрии имеют продолговатую форму (рис. 47). Наружная мембрана у них гладкая, а внутренняя — складчатая. Митохондрии называют энергетическими станциями клетки. В процессе дыхания в них происходит окончательное окисление органических веществ кислородом воздуха. Выделяющаяся в этом процессе энергия запасается в синтезируемых в митохондриях молекулах АТФ.

**Хлоропласты** (от греч. *хлорос* — зеленый и *пластос* — вылепленный) в отличие от митохондрий характерны только для растительных клеток, но встречаются и у некоторых простейших, например у эвглены зеленой (рис. 48). С этими органоидами связан процесс фотосинтеза. Хлоропласты несколько крупнее митохондрий и также хорошо видны в световой микроскоп. Форма хло-

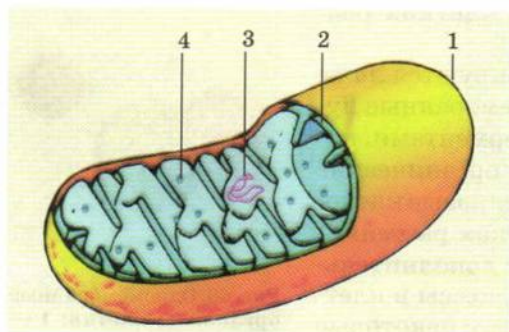


Рис. 47. Строение митохондрии: 1 — наружная мембрана; 2 — внутренняя мембрана; 3 — митохондриальная ДНК; 4 — рибосомы

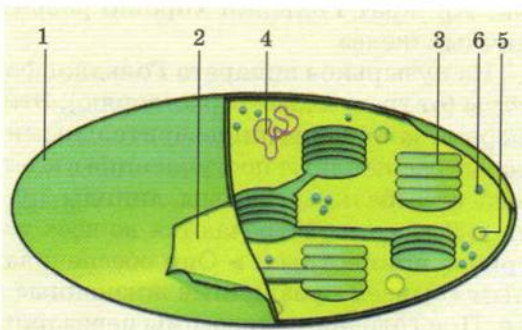


Рис. 48. Строение хлоропласта: 1 — наружная мембрана; 2 — внутренняя мембрана; 3 — фотосинтезирующие мембраны; 4 — хлоропластная ДНК; 5 — зерна крахмала; 6 — рибосомы



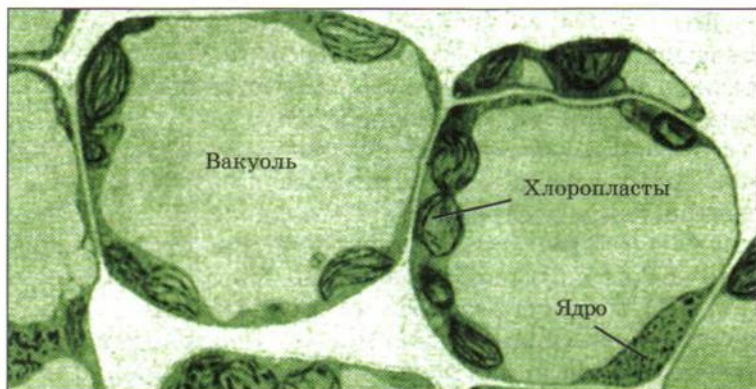


Рис. 49. Растительные клетки с вакуолями

ропластов двояковыпуклая. Внутри имеются многочисленные мембраны, на которых идет процесс фотосинтеза. Там же располагается пигмент хлорофилл, придающий хлоропластам зеленый цвет.

Кроме хлоропластов в растительных клетках есть лейкопласты и хромопласты. *Хромопласты* (от греч. *хрома* — цвет и *пластос* — вылепленный) содержат красный, оранжевый и желтый пигменты. *Лейкопласты* (от греч. *леукос* — белый и *пластос* — вылепленный) пигментов не содержат. Они находятся в неокрашенных частях растений. В лейкопластах запасаются питательные вещества.

Кроме хлоропластов, хромопластов и лейкопластов в растительных клетках имеются еще *вакуоли* (от лат. *вакуус* — пустой). Это одномембранные пузырьки, заполненные клеточным соком (рис. 49). В клеточном соке растворены сахар, пигменты, минеральные соли и органические кислоты. В молодых растительных клетках вакуоли мелкие и их много. По мере роста несколько вакуолей сливаются вместе, и образуется одна большая.

**Немембранные органоиды.** Кроме мембранных структур в клетке имеются различные немембранные органоиды.

*Рибосомы* — очень мелкие тельца грибовидной формы, в которых происходит биосинтез белка (рис. 50). Рибосома состоит из рибосомальной РНК и белков. Часть рибосом находится на гранулярной ЭПС. Другие рибосомы, так называемые свободные, находятся в цитоплазме.

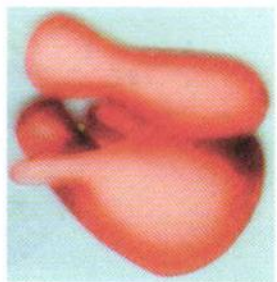


Рис. 50. Строение рибосомы

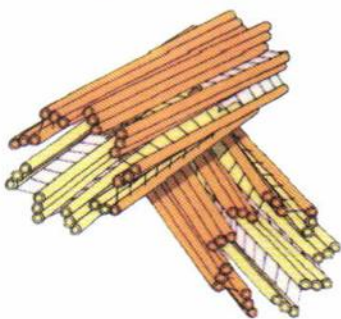


Рис. 51. Центриоли клеточного центра

Во всех эукариотных клетках имеются полые цилиндрические структуры — *микротрубочки*. Они состоят из белков. Из микротрубочек формируются некоторые органоиды, например, клеточный центр.

*Клеточный центр* обычно располагается вблизи ядра и состоит из двух перпендикулярно расположенных центриолей и центросферы. *Центриоли* (от лат. *центрум* — середина) — небольшие цилиндрические органоиды, стенки которых образованы микротрубочками (рис. 51). *Центросфера* состоит из одиночных микротрубочек, образующих ореол вокруг центриолей. Клеточный центр принимает участие в делении клетки, из его микротрубочек образуются нити веретена деления, обеспечивающего равномерное распределение хромосом в дочерних клетках. Клеточный центр встречается в клетках животных и низших растений.

Органоиды движения клетки — *реснички и жгутики*. Они характерны, в основном, для одноклеточных организмов, но имеются и у некоторых клеток многоклеточных организмов, например, в ресничном эпителии. Реснички и жгутики представляют собой выросты цитоплазмы, окруженные плазматической мембраной. Внутри выростов находятся микротрубочки, сокращения которых приводят клетку в движение.

► Кроме органоидов в цитоплазме клетки могут находиться и различные включения, которые не относятся к постоянным клеточным структурам, а образуются временно, например капли масла, крахмальные зерна. ◀

**Ядро.** Регуляторным центром клетки служит *ядро* (рис. 52). Оно отделено от цитоплазмы двойной мембран-

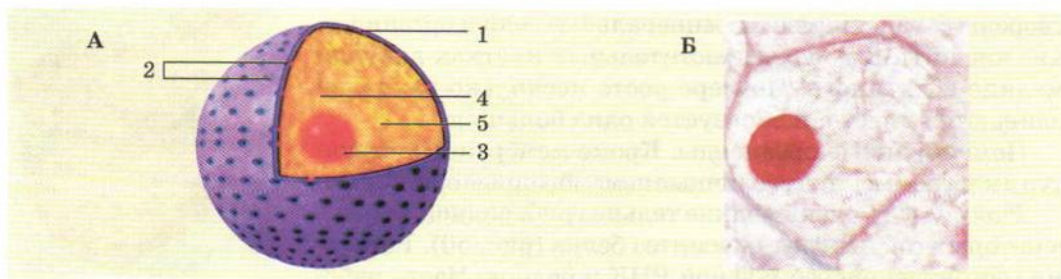


Рис. 52. А — схема строения ядра: 1 — ядерная оболочка; 2 — ядерные поры; 3 — ядрышко; 4 — хроматин; 5 — ядерный сок; Б — фотография клетки с ядром





## § 12. Строение эукариотной клетки

ной ядерной оболочкой. В ядерной оболочке имеются **ядерные поры**. Через них осуществляется связь между органоидами цитоплазмы и ядром.

Внутри ядро заполнено **ядерным соком**, в которой находятся молекулы ДНК. В ядре они не различимы, так как имеют вид тонких нитей. В ядре также можно увидеть одно или несколько темных округлых образований — **ядрышки**. В ядрышках происходит сборка рибосом.

Ядро регулирует все процессы жизнедеятельности клетки, обеспечивает передачу наследственной информации. Здесь происходит редупликация ДНК, синтез РНК, сборка рибосом. Ядро характерно для всех клеток эукариот, за исключением специализированных, например, зрелых эритроцитов.



*Органоид, цитоплазма, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосома, митохондрия, хлоропласт, хромопласт, лейкопласт, вакуоль, рибосома, микротрубочка, клеточный центр, центриоль, центросфера, ресничка, жгутик, ядро, ядерная оболочка, ядерные поры, ядерный сок, ядрышко.*



*1. Что представляет собой цитоплазма клетки? 2. Какие клеточные органоиды относят к мембранным и немембранным? 3. Как связаны между собой одномембранные органоиды клетки? В каких процессах они участвуют? 4. Какое строение имеют хлоропласты и митохондрии? Каковы их функции? 5. В каких клетках должно быть больше митохондрий: в растительных или животных? Ответ обоснуйте. 6. Какие клеточные структуры называют органоидами движения? 7. Какое строение имеет ядро клетки? 8. С помощью тонких приборов у амебы было удалено ядро. Некоторое время организм продолжал передвигаться и питаться, но перестал расти и размножаться. Объясните, почему.*



*Сравните эукариотную клетку с прокариотной. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.*

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛЕТОК

| Органоиды клетки | Функции органоидов | Прокариотная клетка | Эукариотные клетки |              |
|------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------|
|                  |                    |                     | животная           | растительная |
|                  |                    |                     |                    |              |

## §13.

## ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ В КЛЕТКЕ

*Вспомните из учебника «Человек и его здоровье» что такое обмен веществ и превращение энергии в организме. Из каких двух противоположных процессов он состоит? Под действием каких веществ происходит расщепление питательных веществ в организме?*

Основой жизнедеятельности клетки и организма являются обмен веществ и превращение энергии. *Обмен веществ и превращение энергии* — совокупность всех реакций распада и синтеза, протекающих в клетке или во всем организме, связанных с выделением или поглощением энергии. Обмен веществ и превращение энергии состоит из двух взаимосвязанных, но противоположных процессов — ассимиляции и диссимиляции (рис. 53).

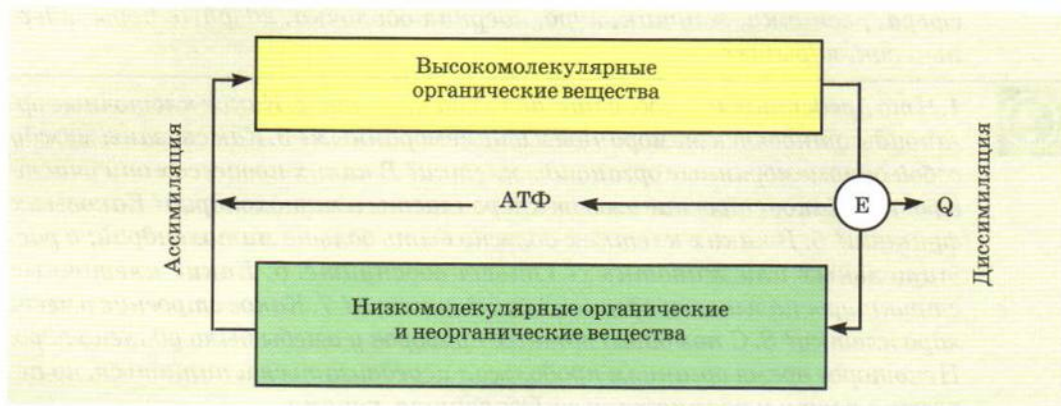


Рис. 53. Схема взаимосвязей обмена веществ и превращения энергии в клетке

Две стороны обмена веществ и превращения энергии. Диссимиляция (от лат. *диссимиляцио* — разрушение, выделение) — это совокупность реакций распада и окисления в живом высокомолекулярных органических веществ до низкомолекулярных органических и неорганических. В процессе диссимиляции происходит освобождение энергии, заключенной в химических связях органических молекул и запасание ее в виде АТФ.





Диссимиляционные процессы — это дыхание, брожение, гликолиз. Основные конечные продукты при этом — вода, углекислый газ, аммиак, мочевина и молочная кислота.

**Ассимиляция** (от лат. *ассимиляцио* — усвоение) — это совокупность реакций синтеза высокомолекулярных органических веществ из низкомолекулярных органических или неорганических. В процессе ассимиляции происходит поглощение энергии, которая образуется в результате распада АТФ. Так, органические вещества, например углеводы, синтезируются в растительных клетках из углекислого газа, воды и минеральных солей.

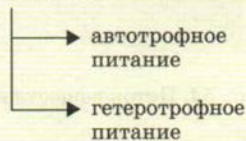
Итак, основное вещество, которое обеспечивает все обменные процессы в клетке — это АТФ. В процессе диссимиляции происходят синтез молекул АТФ и запасание в них энергии. В процессе ассимиляции молекулы АТФ распадаются и выделяющаяся при этом энергия расходуется на синтез органических веществ. Все реакции обмена веществ превращения энергии в клетке ферментативные — т. е. идут в присутствии ферментов.

**Типы обмена веществ.** Единственный источник энергии на Земле — это Солнце. Благодаря солнечной энергии происходит первичный синтез органических веществ из неорганических — фотосинтез. Энергия Солнца аккумулируется в синтезированных органических веществах, превращаясь в энергию химических связей. В процессе питания организмы расщепляют органические вещества, а выделяющаяся при этом энергия запасается в молекулах АТФ. В дальнейшем она используется в реакциях ассимиляции.

По способу получения энергии и синтеза органических веществ все организмы делят на автотрофные и гетеротрофные (рис. 54). **Автотрофные организмы**, или *автотрофы* (от греч. *аутос* — сам и *трофо* — пища, питание) синтезируют органические вещества из неорганических. К автотрофам относят все зеленые растения и цианобактерии. Автотрофно питаются и хемосинтезирующие бактерии, использующие энергию, которая выделяется при окислении неорганических веществ, например серы, железа, азота.

**Гетеротрофные организмы**, или *гетеротрофы* (от греч. *гетерос* — другой и *трофо* — пища, питание)

#### ТИПЫ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ



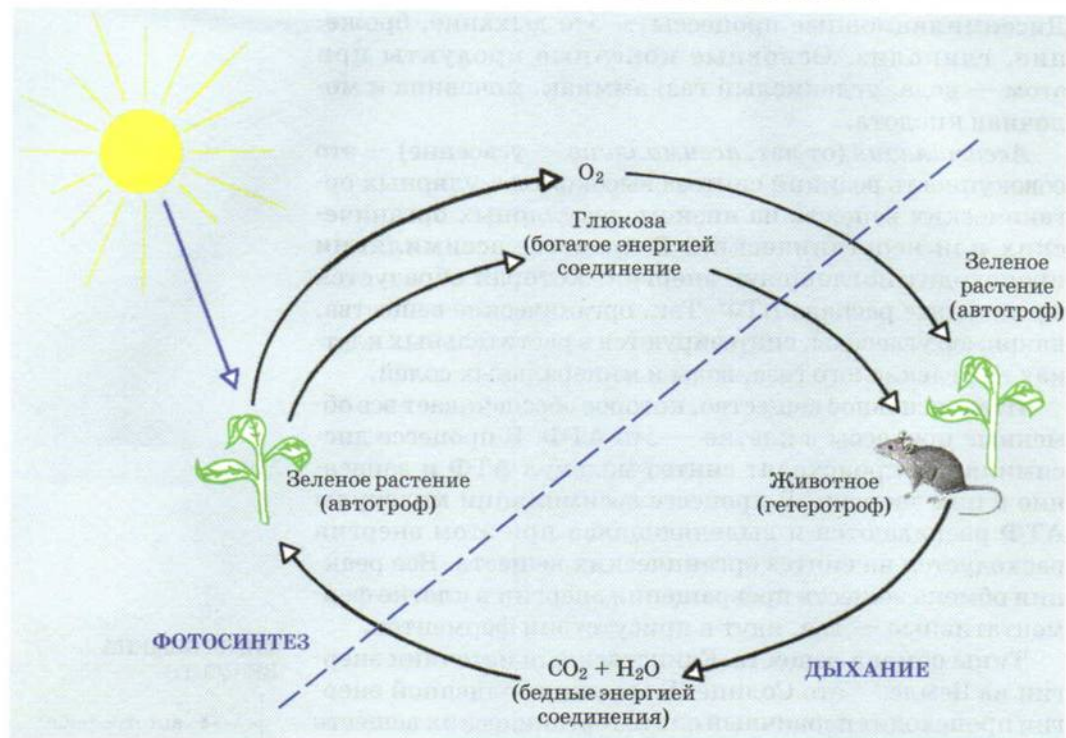


Рис. 54. Поток веществ и превращение энергии в биосфере Земли

используют только готовые органические вещества. Источником энергии для них служит энергия, запасенная в органических веществах, получаемых с пищей и выделяющаяся при их распаде и окислении. К гетеротрофам относят все животные, грибы и большинство бактерий. При гетеротрофном питании организм поглощает органические вещества в готовом виде и преобразует их в собственные питательные вещества.

Процессы диссимиляции у организмов также различаются. *Аэробным организмам*, или *аэробам* (от греч. *аэр* — воздух и *биос* — жизнь) для жизнедеятельности необходим кислород. Дыхание для них является главной формой диссимиляции. Богатые энергией органические вещества в присутствии кислорода полностью окисляются до энергетически бедных неорганических веществ — углекислого газа и воды.





### § 13. Обмен веществ и превращение энергии в клетке

**Анаэробным организмам**, или **анаэробам** (от греч. *а, ан* — отрицательная частица) кислород не нужен: процессы их жизнедеятельности могут протекать в бескислородной среде. Органические вещества в этом случае расщепляются не полностью. Поэтому продукты их жизнедеятельности могут использовать другие организмы. Например, все молочнокислые продукты являются результатом жизнедеятельности анаэробных молочнокислых бактерий.

Большинство организмов на нашей планете — аэробы: все растения, животные (за исключением некоторых паразитов), основные группы грибов и бактерий. Число анаэробов значительно меньше: это многие почвенные микроорганизмы (бактерии и грибы), внутренние паразиты, утратившие способность использовать кислород в связи с образом жизни.



*Обмен веществ и превращение энергии, диссимиляция, ассимиляция, автотрофные организмы (автотрофы), гетеротрофные организмы (гетеротрофы), аэробные организмы (аэробы), анаэробные организмы (анаэробы).*



*1. В чем сущность обмена веществ и превращения энергии? 2. Какие два процесса составляют обмен веществ и превращение энергии в живом? 3. Почему АТФ можно назвать универсальным источником энергии в реакциях обмена веществ и превращения энергии? 4. Что является основным источником энергии на Земле? 5. На какие группы подразделяют организмы по характеру используемой ими энергии и по источнику получения органических веществ? 6. Какие группы выделяют среди организмов по отношению к кислороду? 7. Почему фотосинтез можно назвать основным процессом, обеспечивающим жизнь на Земле?*



*Сравните между собой типы обмена веществ, протекающие у разных организмов. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.*

#### ТИПЫ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ

| Типы организмов по способу питания | Примеры организмов разных царств | Особенности процесса диссимиляции |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|                                    |                                  |                                   |

## § 14.

## АВТОТРОФНОЕ ПИТАНИЕ

Вспомните из учебника «Растения. Бактерии. Грибы и лишайники», в чем сущность фотосинтеза. В каких органоидах клетки он протекает? Какие вещества участвуют и какие синтезируются при фотосинтезе? Какие условия необходимы для фотосинтеза?

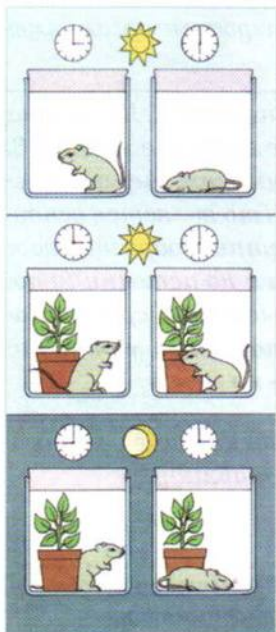


Рис. 55. Дж. Пристли (1733—1804) и его опыт

Жизнь на Земле зависит от автотрофных организмов. Почти все органические вещества, необходимые для живых клеток, производятся в процессе фотосинтеза.

**Фотосинтез** (от греч. *фотос* — свет и *синтезис* — соединение, сочетание) — превращение зелеными растениями и фотосинтезирующими микроорганизмами неорганических веществ (воды и углекислого газа) в органические за счет солнечной энергии, которая преобразуется в энергию химических связей в молекулах органических веществ.

**История открытия и изучения фотосинтеза.** В течение нескольких веков ученые-биологи пытались разгадать тайну зеленого листа. Долгое время считалось, что растения создают питательные вещества из воды и минеральных веществ.

Открытие роли зеленого листа принадлежит не биологу, а химику — английскому ученому Джозефу Пристли (рис. 55). В 1771 г., изучая значение воздуха для горения веществ и дыхания, он поставил следующий опыт. В герметичный стеклянный сосуд он поместил мышь и убедился через некоторое время в том, что она, израсходовав на дыхание весь кислород воздуха, погибла. Но если рядом с ней ставили живое растение, то мышь продолжала жить. Следовательно, воздух в сосуде оставался хорошим. Пристли сделал важный вывод: растения улучшают воздух, насыщая его кислородом, — делают его пригодным для дыхания. Так впервые была установлена роль зеленых растений. Пристли первым высказал предположение и о роли света в жизнедеятельности растений.

Большой вклад в изучение фотосинтеза внес русский ученый К.А. Тимирязев (рис. 56). Он исследовал влияние различных участков спектра солнечного света на процесс

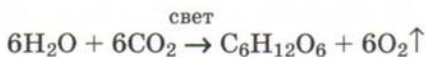




фотосинтеза и установил, что фотосинтез наиболее эффективен в красных лучах. Тимирязев доказал, что, усваивая углерод в присутствии солнечного света, растение преобразует его энергию в энергию органических веществ.

► В своей работе «Солнце, жизнь и хлорофилл» К.А. Тимирязев подробно описал и научно обосновал свои опыты. Его методы лабораторных исследований использовали другие ученые для последующих работ по изучению фотосинтеза. Актом авторитетного признания научных заслуг ученого явилось приглашение Климента Аркадьевича Тимирязева в 1903 г. в Лондонское королевское общество для чтения знаменитой лекции «Космическая роль растений». За свои работы по изучению фотосинтеза он был избран почетным доктором ряда западноевропейских университетов. ◀

**Фазы фотосинтеза.** В процессе фотосинтеза энергетически бедные вода и углекислый газ превращаются в энергоемкое органическое вещество — глюкозу. При этом солнечная энергия аккумулируется в химических связях этого вещества. Кроме того, в процессе фотосинтеза в атмосферу выделяется кислород, который используется организмами для дыхания. Общее уравнение фотосинтеза можно представить так:



В настоящее время установлено, что фотосинтез протекает в две фазы — световую и темновую (рис. 57).

В *световую фазу* благодаря солнечной энергии происходит возбуждение молекул хлорофилла и синтез АТФ. Одновременно с этой реакцией под действием света разлагается вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) с выделением свободного кислорода ( $\text{O}_2$ ). Этот процесс называли *фотолизом* (от греч. *фотос* — свет и *лизис* — растворение). Образовавшиеся ионы водорода связываются с особым веществом — переносчиком ионов водорода (НАДФ) и используются в следующей фазе.

Для протекания реакций *темновой фазы* наличие света необязательно. Источником энергии здесь служат синтезированные в световую фазу молекулы АТФ. В темновой фазе происходит усвоение углекислого газа из воз-



Рис. 56. Климент Аркадьевич Тимирязев (1843—1920)

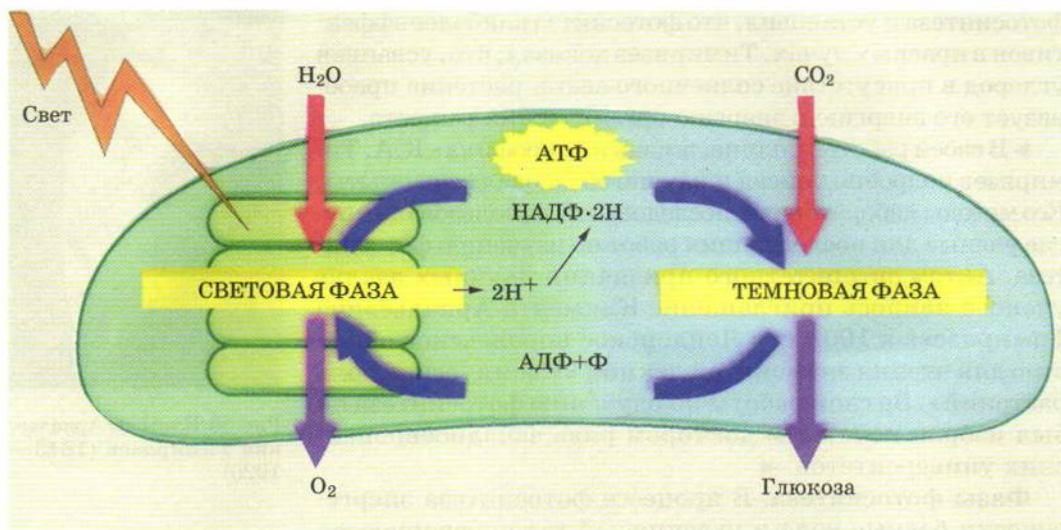


Рис. 57. Общая схема фотосинтеза

духа, его восстановление ионами водорода и образование глюкозы благодаря использованию энергии АТФ.

**Влияние условий среды на фотосинтез.** При фотосинтезе используется только 1% солнечной энергии, падающей на лист. Фотосинтез зависит от целого ряда условий среды. Во-первых, наиболее интенсивно этот процесс протекает под влиянием красных лучей солнечного спектра (рис. 58). Степень интенсивности фотосинтеза определяется по количеству выделившегося кислорода, который вытесняет воду из цилиндра. Скорость фотосинтеза зависит также и от степени освещенности растения. Увеличение продолжительности светового дня приводит к росту продуктивности фотосинтеза, т. е. количества образуемых растением органических веществ.

**Значение фотосинтеза.** Продукты фотосинтеза используются:

- организмами в качестве питательных веществ, источника энергии и кислорода для процессов жизнедеятельности;
- в производстве человеком продуктов питания;
- в качестве строительного материала для построек жилищ, в производстве мебели и др.





Человечество своим существованием обязано фотосинтезу. Все запасы горючего на Земле — это продукты, образованные в результате фотосинтеза. Используя уголь и древесину, мы получаем энергию, которая была запасена в органических веществах при фотосинтезе. Одновременно в атмосферу выделяется кислород. По подсчетам ученых, без фотосинтеза весь запас кислорода был бы израсходован за 3000 лет.

► **Хемосинтез.** Кроме фотосинтеза, известен еще один способ получения энергии и синтеза органических веществ из неорганических. Некоторые бактерии способны извлекать энергию путем окисления различных неорганических веществ. Для создания органических веществ им не нужен свет. Процесс синтеза органических веществ из неорганических, проходящий благодаря энергии окисления неорганических веществ, называют *хемосинтезом* (от лат. *хемия* — химия и греч. *синтезис* — соединение, сочетание).

Хемосинтезирующие бактерии были открыты русским ученым С.Н.Виноградским. В зависимости от того, при окислении какого вещества выделяется энергия, различают хемосинтезирующие железобактерии, серобактерии и азотобактерии.◀

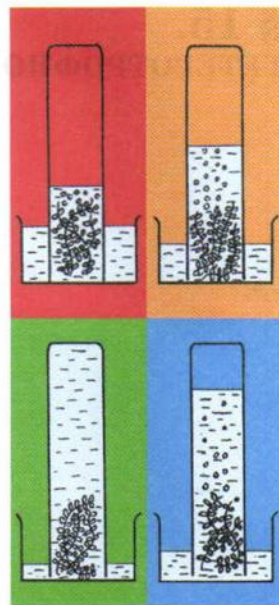


Рис. 58. Интенсивность фотосинтеза в разных спектрах света



Фотосинтез, световая фаза, темновая фаза, ► хемосинтез ◀.



1. Дайте определение фотосинтеза. Какое значение имеет этот процесс для жизни на Земле? 2. Какие вещества образуются в световую фазу фотосинтеза? 3. Назовите основные реакции темновой фазы. За счет какой энергии синтезируется глюкоза? ► 4. В чем основное отличие хемосинтеза от фотосинтеза? 5. Объясните, почему в процессе исторического развития органического мира фотосинтезирующие организмы заняли господствующее положение по сравнению с хемосинтезирующими. ◀



Сравните между собой фазы процесса фотосинтеза. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

### ОСОБЕННОСТИ ФОТОСИНТЕЗА

| Фазы фотосинтеза | Условия реакций | Протекающие процессы | Образующиеся вещества |
|------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|
|                  |                 |                      |                       |

## § 15.

## ГЕТЕРОТРОФНОЕ ПИТАНИЕ

*Вспомните из учебника «Человек и его здоровье», где и под воздействием каких ферментов расщепляются углеводы, жиры и белки при пищеварении. Что такое окисление, горение, дыхание?*

Каждому организму в процессе жизнедеятельности необходима энергия. Движение, рост, развитие, размножение — все эти процессы связаны с затратой энергии. Автотрофные организмы способны аккумулировать солнечную энергию и благодаря ей синтезировать в своем теле органические вещества. Как же получают энергию гетеротрофные организмы?

**Пищеварение и преобразование энергии.** Гетеротрофные организмы получают органические вещества с пищей. Первоначальное расщепление веществ происходит в их пищеварительном тракте, а окончательное — на клеточном уровне. Высокомолекулярные органические вещества пищи не могут быть сразу усвоены клетками и тканями. Прежде всего, они должны быть разрушены до низкомолекулярных веществ, более доступных для клеточного усвоения. В результате сложных многоэтапных процессов диссимиляции выделяется энергия, которая частично расходуется в виде тепла, а частично преобразуется и запасается в молекулах АТФ.

Рассмотрим основные этапы протекания этих процессов у животных и человека.

На *подготовительном этапе*, называемом еще пищеварением, происходит расщепление органических веществ под воздействием ферментов в пищеварительном тракте. Так, белки расщепляются в желудке и в тонком кишечнике под действием ферментов — пепсина, трипсина до аминокислот. Расщепление полисахаридов начинается в ротовой полости в присутствии фермента слюны амилазы, а далее продолжается в двенадцатиперстной кишке. Там же расщепляются и жиры под действием липазы. Образующиеся низкомолекулярные вещества всасываются в кровь и доставляются ко всем органам, тканям и клеткам организма.





Вся выделяющаяся на подготовительном этапе энергия рассеивается в виде тепла.

Подготовительный этап (где  $Q$  — тепловая энергия):

Белки +  $H_2O \rightarrow$  аминокислоты +  $Q$

Жиры +  $H_2O \rightarrow$  глицерин + (высшие жирные кислоты) +  $Q$

Углеводы +  $H_2O \rightarrow$  глюкоза +  $Q$

**Расщепление глюкозы.** Последующие этапы расщепления низкомолекулярных органических веществ протекают на клеточном уровне. Рассмотрим их на примере глюкозы (рис. 59). Именно это вещество служит основным источником энергии для большинства организмов.

Глюкоза в клетке может расщепляться двумя путями — *анаэробно* и *аэробно*. Процесс *бескислородного расщепления* протекает в цитоплазме клетки. В зависимости от типа клеток и организмов из глюкозы могут

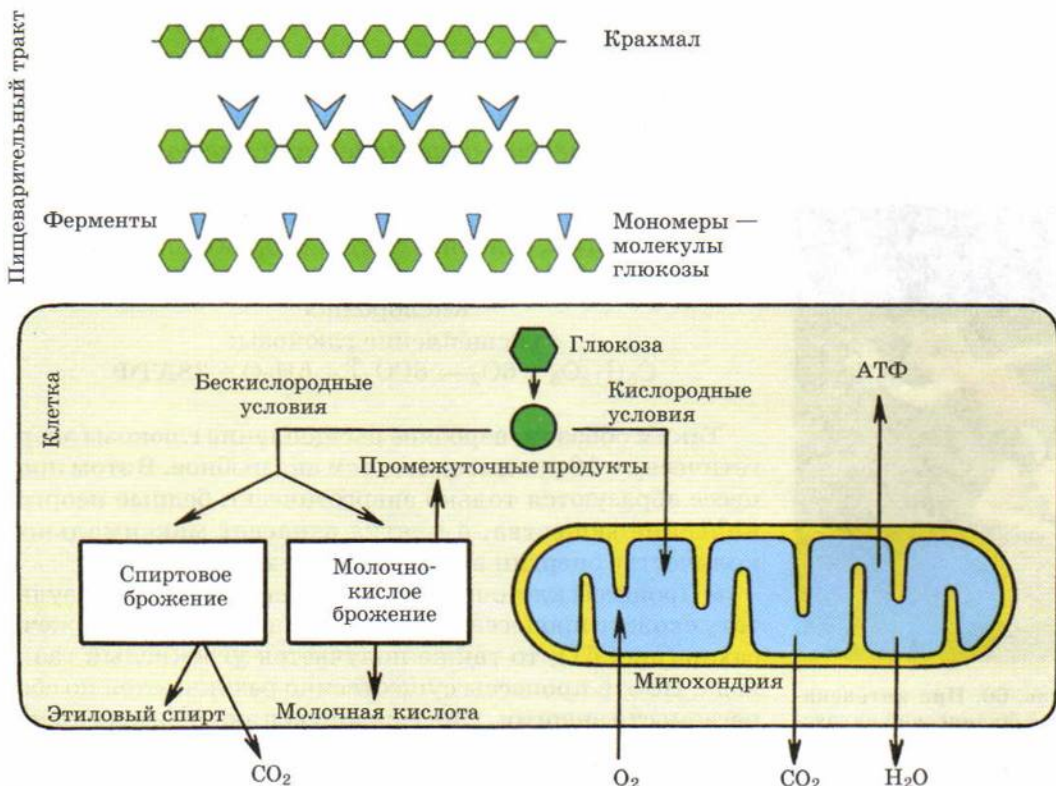
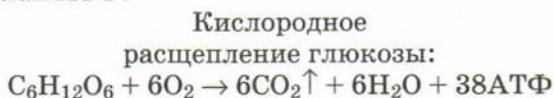


Рис. 59. Общая схема расщепления глюкозы

образовываться пировиноградная кислота, молочная кислота, этиловый спирт, уксусная кислота или другие низкомолекулярные органические вещества. Выделяющаяся при этом энергия запасается в двух молекулах АТФ, а частично рассеивается в виде тепла. Некоторые процессы бескислородного расщепления глюкозы называют *брожением*. Они характерны для анаэробных микроорганизмов, например, для молочнокислых бактерий и дрожжей.

Молочнокислородное брожение наблюдается и у аэробных организмов при недостатке кислорода в тканях. Например, нетренированный человек после интенсивной физической нагрузки чувствует боль в мышцах (рис. 60). Образовавшаяся там молочная кислота раздражает нервные окончания. Примерно через двое суток боль стихает, молочная кислота окисляется дальше.

У аэробных организмов все промежуточные вещества, образующиеся из глюкозы при бескислородном расщеплении, окисляются кислородом воздуха до углекислого газа и воды. Этот последний этап диссимиляции называют *биологическим окислением* или *клеточным дыханием*. Он протекает в митохондриях. В реакциях *кислородного расщепления* глюкозы выделяется значительно больше энергии, основная часть которой запасается в 38 молекулах АТФ.



Таким образом, аэробное расщепление глюкозы энергетически в 19 раз выгоднее, чем анаэробное. В этом процессе образуются только энергетически бедные неорганические вещества, а клетка запасает максимальное количество энергии в виде молекул АТФ.

► Процессы клеточного дыхания по конечному результату схожи с процессами горения. Например, если сжечь сахар (рис. 61), то также получается углекислый газ и вода. Но эти процессы существенно различаются по сберегаемости энергии. При горении вся энергия переходит в световую и тепловую, ничего при этом не запасается. При клеточном дыхании запасается энергия в молекулах АТФ, которая впоследствии расходуется во всех про-



Рис. 60. При интенсивной физической нагрузке и недостатке кислорода в мышцах образуется и накапливается молочная кислота





цессах жизнедеятельности: синтезе органических веществ, росте, развитие, движение и др. ◀

**Бескислородный и кислородный пути диссимиляции.** Исторически брожение более древний процесс, чем клеточное дыхание. Он характерен не только для анаэробных организмов, но является и первым этапом окисления глюкозы у аэробных организмов, в том числе у животных и человека. Кислородный путь диссимиляции оказался более выгодным в энергетическом отношении. Сравните количество АТФ, синтезируемое при бескислородном и кислородном расщеплениях глюкозы, и станет ясно, почему кислородный путь оказался для живого более предпочтительным. Благодаря выигрышу энергии первичные одноклеточные аэробные организмы дали в процессе исторического развития живой природы начало многоклеточным организмам и достигли больших размеров. Среди анаэробов остались только одноклеточные формы, за исключением паразитов, вторично перешедших жить в анаэробные условия.

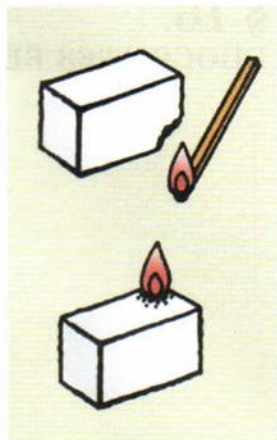


Рис 61. Горение сахара



*Подготовительный этап, бескислородное (анаэробное) расщепление, брожение, кислородное (аэробное) расщепление, биологическое окисление (клеточное дыхание).*



1. Что общего в реакциях превращения белков, жиров и углеводов в пищеварительном тракте человека? Как называют такие реакции? 2. Как используется организмом энергия, освобождающаяся на подготовительном этапе диссимиляции? 3. В результате каких процессов образуются в организме углекислый газ и вода? Где в клетке протекают эти реакции? 4. Где и как используется кислород, поступающий в организм при дыхании? 5. АТФ синтезируется в митохондриях и хлоропластах. Объясните, в чем сходство и различие процессов, приводящих к синтезу молекул АТФ.



*Оцените энергетическую эффективность анаэробного и аэробного расщеплений глюкозы в клетке. Сделайте вывод об эффективности этих двух путей диссимиляции у организмов.*



*Основное резервное энергетическое вещество растений — крахмал, занимает в их органах много места. Однако это не является помехой, так как растения активно не передвигаются. Большинство животных, напротив, вынуждены быстро перемещаться, что привело к запасанию у них жиров, которые при одинаковом с углеводами объеме резервируют в два с половиной раза больше энергии.*

## § 16.

## БИОСИНТЕЗ БЕЛКА

*Вспомните, из каких компонентов состоят белки и нуклеиновые кислоты. Что такое генетический код? В чем сущность реакций матричного синтеза? Как происходит синтез РНК?*

Белки — единственные органические вещества клетки (кроме нуклеиновых кислот), биосинтез которых осуществляется под прямым контролем ее генетического аппарата. Сама сборка белковых молекул осуществляется в цитоплазме клетки и представляет собой многоэтапный процесс, для которого нужны определенные условия и ряд компонентов.

**Условия и компоненты биосинтеза белка.** Биосинтез белка зависит от деятельности различных видов РНК. Информационная РНК (иРНК) служит посредником в передаче информации о первичной структуре белка и матрицей для его сборки. Транспортная РНК (тРНК) переносит аминокислоты к месту синтеза и обеспечивает последовательность их соединений. Рибосомальная РНК (рРНК) входит в состав рибосом, на которых происходит сборка полипептидной цепи. Процесс синтеза полипептидной цепи, осуществляемый на рибосоме, называют *трансляцией* (от лат. *трансляцио* — передача).

Для непосредственного биосинтеза белка необходимо, чтобы в клетке присутствовали следующие компоненты:

- 1) информационная РНК (иРНК) — переносчик информации от ДНК к месту сборки белковой молекулы;
- 2) рибосомы — органоиды, где происходит собственно биосинтез белка;
- 3) набор аминокислот в цитоплазме;
- 4) транспортные РНК (тРНК), кодирующие аминокислоты и переносящие их к месту биосинтеза на рибосомы;
- 5) ферменты, катализирующие процесс биосинтеза;
- 6) АТФ — вещество, обеспечивающее энергией все процессы.

**Строение и функции тРНК.** Процесс синтеза любых РНК — *транскрипция* (от лат. *транскрипцио* — переписывание) — относится к матричным реакциям (об этом





было сказано ранее). Теперь разберем строение транспортной РНК (тРНК) и процесс кодирования аминокислот.

Транспортные РНК представляют собой небольшие молекулы, состоящие из 70—90 нуклеотидов. Молекулы тРНК свернуты определенным образом и напоминают по форме клеверный лист (рис. 62). В молекуле выделяются несколько петель. Наиболее важной является центральная петля, в которой располагается *антикодон*. Антикодоном называют тройку нуклеотидов в структуре тРНК, комплементарно соответствующих кодону определенной аминокислоты. Своим антикодоном тРНК способна соединяться с кодоном иРНК.

На другом конце молекул тРНК всегда находится тройка одинаковых нуклеотидов, к которым присоединяется аминокислота. Реакция осуществляется в присутствии специального фермента с использованием энергии АТФ (рис. 63).

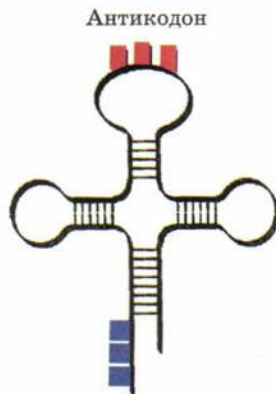


Рис. 62. Строение молекулы т-РНК

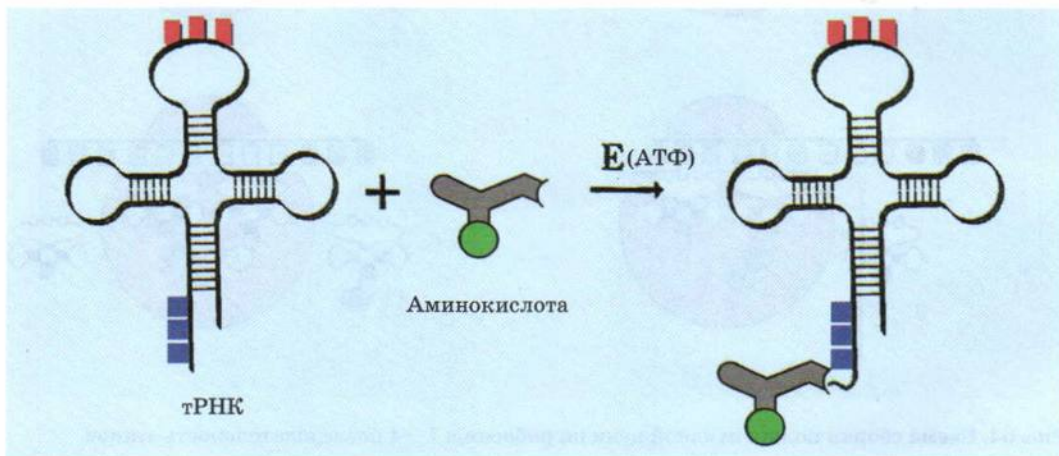


Рис. 63. Реакция присоединения аминокислоты к тРНК

**Сборка полипептидной цепи на рибосоме.** Сборка цепи начинается с соединения молекулы иРНК с рибосомой. По принципу комплементарности тРНК с первой аминокислотой соединяется антикодоном с соответствующим кодоном иРНК и входит в рибосому. Информационная РНК сдвигается на один триплет и вносит но-

вую тРНК со второй аминокислотой. Первая тРНК передвигается в рибосоме. Аминокислоты сближаются друг с другом, между ними возникает пептидная связь. Затем иРНК вновь передвигается ровно на один триплет. Первая тРНК освобождается и покидает рибосому. Вторая тРНК с двумя аминокислотами передвигается на ее место, а в рибосому входит следующая тРНК с третьей аминокислотой (рис. 64). Весь процесс вновь и вновь повторяется. Информационная РНК, последовательно про-

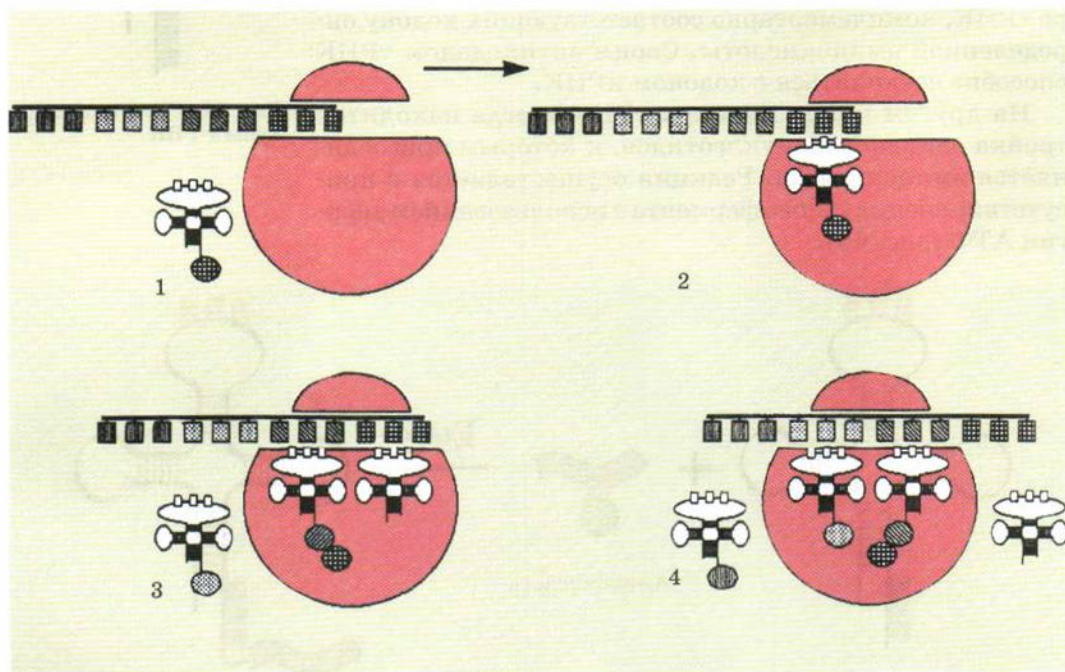


Рис. 64. Схема сборки полипептидной цепи на рибосоме: 1—4 последовательность этапов

двигаясь через рибосому, каждый раз вносит новую тРНК с аминокислотой и выносит освободившуюся. На рибосоме постепенно растет полипептидная цепь. Весь процесс обеспечивается деятельностью ферментов и энергией АТФ.

Сборка полипептидной цепи прекращается как только в рибосому попадает один из трех стоп-кодонов. С ними не связана ни одна тРНК. Освобождается последняя





тРНК и собранная полипептидная цепь, а рибосома снимается с иРНК. Полипептидная цепь затем претерпевает структурные изменения и превращается в белок. Биосинтез белка закончен.

► Процесс сборки одной молекулы белка длится в среднем от 20 до 500 с и зависит от длины полипептидной цепи. Например, белок из 300 аминокислот синтезируется приблизительно за 15—20 с. Белки структурно и функционально очень разнообразны. Они определяют развитие то-

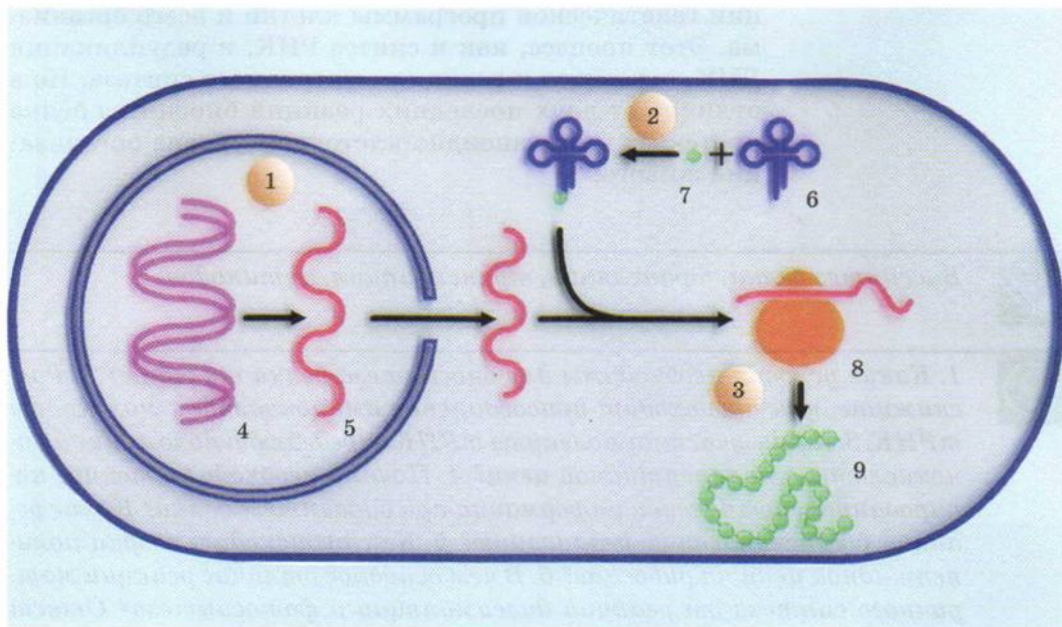


Рис. 65. Реализация наследственной программы в клетке: 1 — транскрипция; 2 — реакция присоединения аминокислоты; 3 — трансляция; 4 — ДНК; 5 — информационная РНК; 6 — транспортная РНК; 7 — аминокислота; 8 — рибосома; 9 — синтезированный белок

го или иного признака организма, что является основой специфичности и неоднородности живого. ◀

**Реализация наследственной информации в клетке.** Реализация наследственной информации в живом осуществляется в реакциях матричного синтеза, протекающих в клетке (рис. 65).

Редупликация ведет к построению новых молекул ДНК, что необходимо для точного копирования генов

и их передачи дочерним клеткам от материнской при делении. Биосинтез белка также связан с генетическим кодом и генами. Посредством реакций транскрипции и трансляции, для которых необходимы РНК, аминокислоты, рибосомы, ферменты и АТФ, в клетке синтезируются специфические белки. Они определяют ее характерные признаки, т. к. в первую очередь при биосинтезе происходит сборка белков-ферментов, отвечающих за протекание жизненных реакций в клетке.

Биосинтез белка является частью процесса реализации генетической программы клетки и всего организма. Этот процесс, как и синтез РНК, и редупликация ДНК, относится к реакциям матричного синтеза. Но в отличие от двух последних реакций биосинтез белка протекает на органоидно-клеточном уровне организации живого.



Биосинтез белка, трансляция, транскрипция, антикодон.



1. Какие условия необходимы для биосинтеза белка в клетке? 2. Расскажите, как происходит присоединение аминокислот к молекулам тРНК. 3. Какие участки молекулы тРНК определяют положение аминокислоты в полипептидной цепи? 4. Почему необходимо точное копирование генетической информации при биосинтезе белка? Какие реакции обеспечивают ее реализацию? 5. Как происходит сборка полипептидной цепи на рибосоме? 6. В чем основное отличие реакций матричного синтеза от реакций диссимиляции и фотосинтеза? Ответ обоснуйте.



До середины 50-х гг. считалось, что центром синтеза белка являются микросомы. Позднее было установлено, что в биосинтезе участвуют не все микросомы, а только рибонуклеопротеидные комплексы, которые Р. Робертсон назвал рибосомами. Отечественный биохимик А.С. Спирин в 1963 г. выделил две рибосомальные субъединицы и установил их строение. Обнаружение в клетках полисомы — структуры, состоящей из 5–70 рибосом, позволило Дж. Уотсону высказать предположение, что синтез белка протекает одновременно на множестве рибосом, которые связаны с иРНК. В ходе дальнейших экспериментов был установлен весь механизм трансляции.





## § 17.

### ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ КЛЕТКИ. ХРОМОСОМЫ

Вспомните из учебника «Растения. Бактерии. Грибы и лишайники», какие процессы характеризуют жизнедеятельность клетки. Какое строение имеет клеточное ядро? Что такое хромосомы? Какое строение имеет молекула ДНК? Что такое редупликация ДНК?

Период жизнедеятельности клетки от момента ее возникновения до смерти называют *жизненным циклом* клетки, или *клеточным циклом*. В этот период происходят рост, развитие и размножение клетки. Длительность клеточного цикла в разных клетках даже у одного и того же организма различна. Например, продолжительность этого цикла в клетках эпителиальной ткани

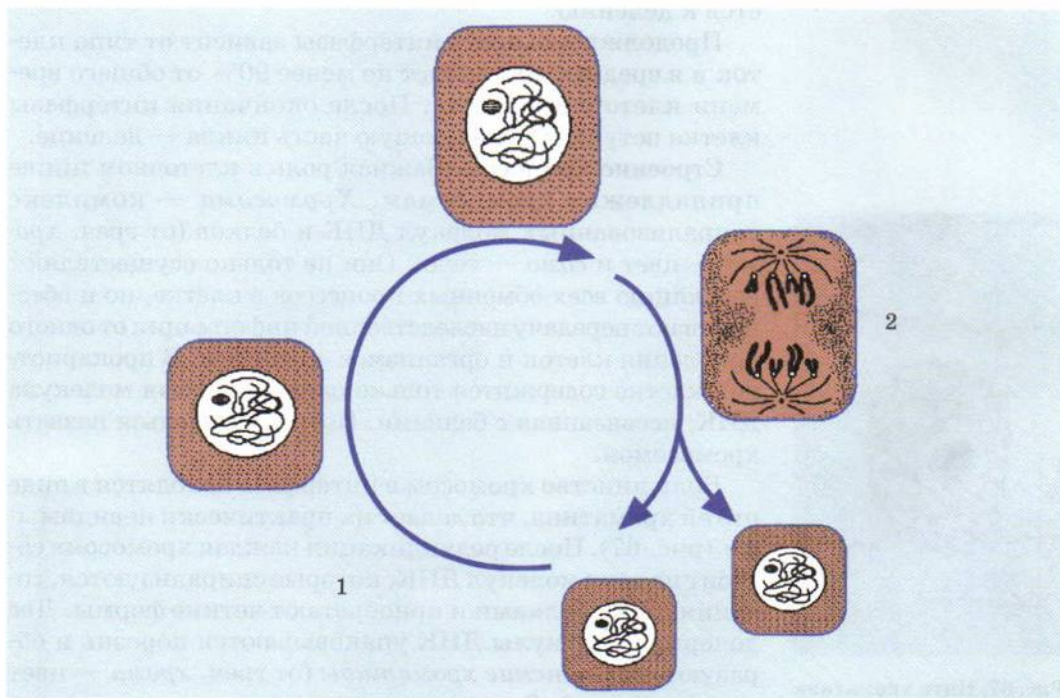


Рис. 66. Жизненный цикл клетки (клеточный цикл): 1 — интерфаза; 2 — митоз

человека составляет около 10—15 ч, а клеток печени целый год. Клеточный цикл состоит из двух разных по продолжительности интервалов: интерфазы и деления клетки (рис. 66).

**Интерфаза.** Часть жизненного цикла клетки между двумя последовательными ее делениями называют *интерфазой* (от лат. *интер* — между и греч. *фазис* — появление). Она характеризуется активными процессами обмена веществ, биосинтезом белков, нуклеиновых кислот, углеводов и липидов. В интерфазе происходят процессы, связанные с жизнедеятельностью клетки — диссимиляция и ассимиляция. Возрастает запас энергии в клетке за счет синтеза АТФ. В ядре активно синтезируются все виды РНК, в ядрышке образуются и собираются рибосомы. Происходит интенсивный рост клетки, увеличивается количество всех ее органоидов.

Главным событием интерфазы является редупликация ДНК — ее самоудвоение. Так клетка подготавливается к делению.

Продолжительность интерфазы зависит от типа клеток и в среднем составляет не менее 90% от общего времени клеточного цикла. После окончания интерфазы клетка вступает в следующую часть цикла — деление.

**Строение хромосом.** Важная роль в клеточном цикле принадлежит хромосомам. *Хромосома* — комплекс спирализованных молекул ДНК и белков (от греч. *хромос* — цвет и *сосо* — тело). Они не только осуществляют регуляцию всех обменных процессов в клетке, но и обеспечивают передачу наследственной информации от одного поколения клеток и организмов — другим. В прокариотной клетке содержится только одна кольцевая молекула ДНК, несвязанная с белками. Поэтому ее нельзя назвать хромосомой.

Большинство хромосом в интерфазе находятся в виде нитей хроматина, что делает их практически невидимыми (рис. 67). После редупликации каждая хромосома состоит из двух молекул ДНК, которые спирализуются, соединяются с белками и приобретают четкие формы. Две дочерние молекулы ДНК упаковываются порознь и образуют *сестринские хроматиды* (от греч. *хрома* — цвет и *эйдос* — вид). Сестринские хроматиды удерживаются вместе и образуют одну хромосому (рис. 68). Участок



Рис. 67. Нити хроматина в интерфазе жизненного цикла клетки





сцепления двух сестринских хроматид называется *центромерой* (от лат. *центрум* — середина и *мерос* — часть).

Изучить форму и размеры хромосом, установить их количество в клетке можно только во время деления, когда они максимально спирализованы, плотно упакованы, хорошо окрашиваются и видны с помощью светового микроскопа.

**Хромосомный набор клеток.** Клетки каждого организма содержат определенный набор хромосом, который называют *кариотипом* (от греч. *карион* — ядро и *типос* — образец, форма). Для каждого вида организмов характерен свой кариотип. Хромосомы кариотипов различаются по форме, величине и набору генетической информации. Хромосомный набор строго индивидуален для каждого вида организма. Так, кариотип человека составляет 23 пары хромосом (рис. 69), плодовой мушки дрозофилы — 4 пары хромосом, одного из видов пшеницы — 14 пар.

Исследования кариотипов различных организмов показали, что в их клетках может содержаться двойной и одинарный набор хромосом.

*Двойной набор хромосом* состоит всегда из парных хромосом, одинаковых по величине, форме и характеру

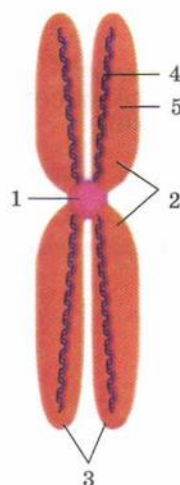
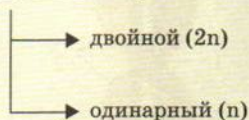


Рис. 68. Строение хромосомы после редупликации ДНК: 1 — центромера; 2 — плечи хромосомы; 3 — сестринские хроматиды; 4 — молекула ДНК; 5 — белок



Рис. 69. Хромосомный набор клеток человека: А — общая фотография; Б — 23 пары хромосом

НАБОР ХРОМОСОМ  
(КАРИОТИП)

наследственной информации. Парные хромосомы называются *гомологичными* (от греч. *гомос* — одинаковый). Так, все неполовые клетки человека содержат 23 пары хромосом, т. е. 46 хромосом представлены в виде 23 пар. У дрозофилы 8 хромосом образуют 4 пары. Парные гомологичные хромосомы внешне очень похожи. Их центромеры находятся в одних и тех же местах, а гены расположены в одинаковой последовательности.

В некоторых клетках может быть *одинарный набор хромосом*. Например, в клетках низших растений — одноклеточных зеленых водорослей набор хромосом одинарный, тогда как у высших растений и животных он — двойной. Половые клетки животных также имеют одинарный набор хромосом. Парные хромосомы в таком случае отсутствуют, гомологичных хромосом нет, а есть *негомологичные*. Так, половые клетки человека содержат 23 хромосомы. Причем хромосомный набор мужских и женских половых клеток отличается 23-ей хромосомой. Она напоминает по форме латинские буквы X или Y. В сперматозоидах может быть X- или Y- хромосома. Яйцеклетки же всегда несут X-хромосому.

Хромосомный набор принято обозначать латинской буквой *n*. Двойной набор соответственно обозначается *2n*, а одинарный — *n*.



*Жизненный цикл клетки (клеточный цикл), интерфаза, сестринские хроматиды, центромера, кариотип, двойной набор хромосом, гомологичные хромосомы, одинарный набор хромосом, негомологичные хромосомы.*



1. Дайте определение жизненного цикла клетки (клеточного цикла). 2. Что такое интерфаза? Какое событие является главным в интерфазе? Ответ обоснуйте. 3. Из скольких молекул ДНК состоит хромосома в начале интерфазы и перед делением клетки? 4. Как определяют число и форму хромосом у разных видов организмов? 5. Чем двойной набор хромосом отличается от одинарного? 6. В кариотипе кролика насчитывают 44 хромосомы. Сколько хромосом находится у кролика в неполовых и сколько в половых клетках?



*Схематично зарисуйте в тетрадь отдельную хромосому. Обозначьте на рисунке все ее части.*





## § 18.

### ПЕРЕДАЧА НАСЛЕДСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ НА КЛЕТОЧНОМ УРОВНЕ. ДЕЛЕНИЕ КЛЕТКИ

Рассмотрите рисунки 70, 71 и вспомните в чем сущность деления клетки. Как происходит этот процесс? Что такое самовоспроизведение как признак живого? Что оно обеспечивает?

Один из признаков живого — самовоспроизведение, проявляется на органоидно-клеточном уровне в виде деления клетки. Способность к делению — важнейшее свойство клетки. В результате этого процесса из одной клетки возникают, как правило, две новые, что обеспечивает непрерывность жизни и передачу наследственной информации от исходной материнской клетки — дочерним клеткам.

**Митоз.** Наиболее распространенный способ деления клетки — *митоз* (от греч. *митоз* — нить), или *непрямое деление клетки*, при котором из материнской клетки образуются две дочерние клетки с таким же набором хромосом, как и у исходной клетки. Этот процесс обеспечивает увеличение числа клеток, рост организма, регенерацию и возобновление клеток в процессе их старения. У некоторых организмов митоз лежит в основе их размножения бесполом путем.

Митоз можно увидеть на фиксированных препаратах в световой микроскоп (рис. 70). Современные методы микроскопии и микрофотосъемки дают возможность наблюдать этот процесс также и в живой клетке.

**Стадии митоза.** Митоз состоит из четырех последовательных стадий, обеспечивающих равномерное распределение генетической информации и органоидов между двумя дочерними клетками. Важная роль в этом процессе принадлежит центриолям клеточного центра, которые обеспечивают равномерное распределение хромосом между дочерними клетками (рис. 71).

**Профаза.** Переход из интерфазы в профазу митоза происходит постепенно. Молекулы ДНК связываются с белками, максимально спирализуются, утолщаются и превращаются в хорошо заметные хромосомы. Каждая



Рис. 70. Митоз в клетках кончика корешка лука

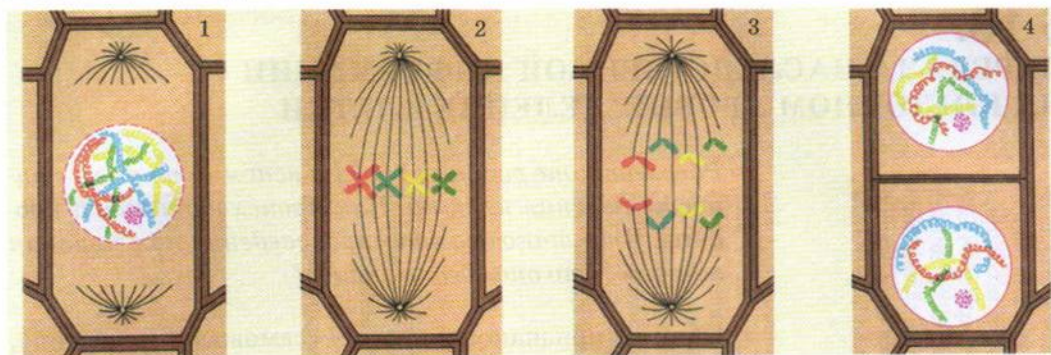


Рис. 71. Стадии митоза: 1 — профаза; 2 — метафаза; 3 — анафаза; 4 — телофаза

хромосома образована двумя сестринскими хроматидами. Они соединены друг с другом центромерой. Количество ДНК в два раза больше числа хромосом ( $2n$ ).

Ядерная оболочка начинает рассасываться, а ядрышко исчезает. Центриоли клеточного центра расходятся к полюсам, образуя из микротрубочек веретено деления. Микротрубочки располагаются вокруг центриолей в виде звезды. В конце профазы ядерная мембрана полностью исчезает.

**Метафаза.** Во вторую стадию митоза нити веретена деления уже полностью сформированы. Они соединяются с центромерами хромосом, которые располагаются в экваториальной плоскости клетки. В этом положении они удерживаются микротрубочками. Хромосомы хорошо заметны, лежат отдельно, что позволяет определить их число, форму и величину.

**Анафаза.** Это самая короткая стадия. Хромосомы внезапно разделяются в месте центромеры на сестринские хроматиды, которые становятся теперь отдельными сестринскими хромосомами. С помощью нитей веретена деления начинается движение сестринских хромосом к полюсам клетки. У каждого полюса оказывается такое же число хромосом, какое было в исходной материнской клетке.

**Телофаза.** В последнюю стадию деления происходит формирование двух новых клеток. Хромосомы деспирализуются, восстанавливается ядерная оболочка, появляется ядрышко. Нити веретена деления у полюсов клетки исчезают. ► В клетках высших растений центриоли





отсутствуют, а нити веретена деления формируются непосредственно из микротрубочек. Кроме плазматической мембраны в них из целлюлозных волокон образуется оболочка клетки. ◀

Далее происходит равномерное распределение органоидов у полюсов клетки. Стадия завершается делением цитоплазмы и образованием плазматической мембраны в центральной части клетки. Возникают две новые дочерние клетки, полностью идентичные материнской.

Весь процесс деления длится от нескольких минут до трех часов (в зависимости от типа клеток и организма). Продолжительность митоза в несколько раз меньше интерфазы.

Биологическое значение митоза заключается в обеспечении постоянства числа хромосом, идентичности наследственной информации и генетической стабильности у вновь возникающих клеток.

► **Амитоз.** Иногда встречается и другой вид деления клетки — амитоз. *Амитоз* (от греч. *а* — отрицательная частица и *митоз* — нить) — прямое деление ядра клетки, т. е. без образования хромосом и веретена деления. При этом наследственная информация между дочерними клетками распределяется неравномерно. Амитоз встречается у некоторых простейших, в клетках специализированных тканей, например в хрящевой, в раковых клетках. ◀

**Биологическое значение деления клетки.** При клеточном делении наследственная информация передается от материнских клеток дочерним. Клетки размножаются путем удвоения своего содержимого с последующим делением надвое. Митоз — основной способ деления клетки, обеспечивающий непрерывность жизни на нашей планете. Редупликация ДНК, которая предшествует клеточному делению, обеспечивает высокую надежность копирования наследственного материала клетки и точную передачу генетической информации из одного поколения клеток другому. В их основе лежат два процесса. Один из них — кратное увеличение количества ДНК в хромосомах клетки в интерфазе ее жизненного цикла. Второй — строго равномерное распределение генетического материала между дочерними клетками при митозе. Та-

#### СТАДИИ МИТОЗА



ким образом, митоз как основной способ деления клеток поддерживает их генетическую стабильность.

**Саморегуляция активности клетки.** Клетка работает как единая биологическая система с высокой степенью точности и согласованности. Саморегуляция ее активности осуществляется благодаря различным белкам, информация о структуре которых закодирована в генетическом аппарате клетки. Именно белки служат основой всех процессов жизнедеятельности клетки. Так, белки-ферменты обеспечивают протекание в клетке реакций метаболизма. Строительные белки определяют специфические особенности клетки, ее форму. Под контролем регуляторных белков находится реализация наследственной информации в клетке.



*Митоз, профазы, метафазы, анафазы, телофазы, амитоз.*



*1. Дайте определение митоза. 2. Какие структуры обеспечивают равномерное распределение хромосом между дочерними клетками? 3. Поясните, что произойдет, если во время митоза разрушить веретено деления клетки и остановить процесс. 4. Опишите процессы, происходящие на стадиях митоза. 5. Каково биологическое значение митоза?*



*Определите число хромосом и количество ДНК в каждую фазу митоза. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.*

#### ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ КЛЕТКИ (КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ)

| Фазы клеточного цикла | Интерфаза | Профаза | Метафаза | Анафаза | Телофаза |
|-----------------------|-----------|---------|----------|---------|----------|
| Число хромосом        |           |         |          |         |          |
| Количество ДНК        |           |         |          |         |          |

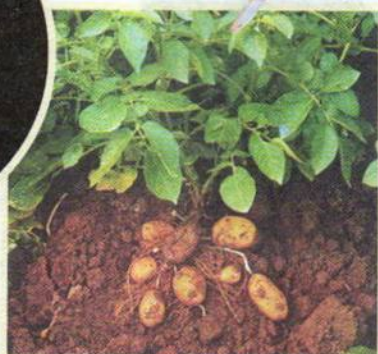


*На скорость митоза и продолжительность его отдельных фаз влияет температура среды. С ее ростом процесс ускоряется. Наиболее существенно это сказывается на профазе и телофазе. Так, повышение температуры на несколько градусов приводит к тому, что в клетках эндосперма ириса профазы с 65 мин и телофазы с 75 мин ускоряются до 40 мин.*



ГЛАВА 4

# ОРГАНИЗМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ



## § 19.

## МНОГООБРАЗИЕ ОРГАНИЗМОВ. КЛЕТОЧНЫЕ И НЕКЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ ЖИЗНИ

Вспомните, на какие царства разделяют все организмы. Рассмотрите рисунки 72, 73. Каковы особенности строения одноклеточных организмов? Рассмотрите рисунки 74, 75. Чем колониальные организмы отличаются от одноклеточных? Сравните многоклеточные и одноклеточные организмы. В чем их существенные отличия?

**Организм** (от лат. *органисмо* — устраиваю, придаю стройный вид) — это биологическая система, состоящая из взаимосвязанных частей, функционирующих как одно целое. Для любого организма характерны все признаки живого: обмен веществ и превращение энергии, раздражимость, наследственность и изменчивость, рост, развитие и размножение. Организмы, обитающие на Земле, очень многообразны по строению: одноклеточные, колониальные и многоклеточные. При этом только среди одноклеточных встречаются прокариоты, а все колониальные и многоклеточные — эукариоты.

**Одноклеточные организмы.** Самые простые формы организмов — *одноклеточные*. Они встречаются среди всех основных царств живой природы: бактерий, растений, животных и грибов (рис. 72, 73). Одноклеточные организмы распространены в воде, почве, воздухе, а также в телах многоклеточных организмов. Одноклеточные организмы успешно приспособились к разнообразным условиям жизни и составляют почти половину от массы всех организмов Земли. Часть из них являются *автотрофами*, другие — *гетеротрофами*.

Отличительная особенность одноклеточных — достаточно простое строение тела. Это клетка, обладающая всеми основными признаками самостоятельного организма. *Органеллы* (от лат. *органелла* — уменьшительное от органа, т. е. маленький орган) клетки, подобно органам многоклеточных организмов, выполняют различные функции. Размножаются одноклеточные достаточно быстро и при благоприятных условиях в течение

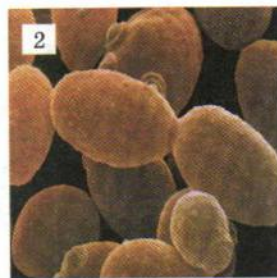


Рис. 72. Бактерии и одноклеточные грибы:  
1 — кишечные палочки;  
2 — дрожжи





часа могут давать два, а иногда и три поколения. При неблагоприятных условиях они могут образовывать споры, покрытые плотными оболочками. Процессы жизнедеятельности в спорах практически отсутствуют. При благоприятных условиях спора вновь превращается в активно функционирующую клетку.

Прокариотные одноклеточные организмы входят только в царство Бактерии. Одноклеточные эукариоты встречаются в остальных царствах живой природы. В царстве Растения — это одноклеточные водоросли, в царстве Животные — это простейшие, в царстве Грибы — это одноклеточные грибы-дрожжи.

**Колониальные организмы.** Многие ученые считают колониальные организмы переходными от одноклеточных форм жизни к многоклеточным. В примитивном виде такое явление наблюдается у прокариот — бактерий, которые, делясь, образуют колонии. Причем для каждого вида бактерий характерна своя определенная форма колонии. Они синтезируют определенные ферменты, позволяющие им более эффективно использовать питательные вещества. При неблагоприятных условиях клетки такой колонии образуют споры, позволяющие выживать организму.

Колонии могут образовывать и зеленые водоросли. Наиболее интересна в этом отношении колония вольвокса, которая больше напоминает многоклеточный организм (рис. 74). Согласованное биение жгутиков

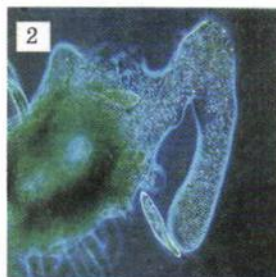
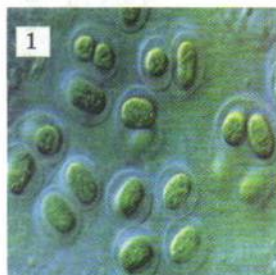


Рис. 73. Одноклеточные водоросли и простейшие: 1 — хлорелла; 2 — амеба обыкновенная, захватывающая инфузорию-туфельку

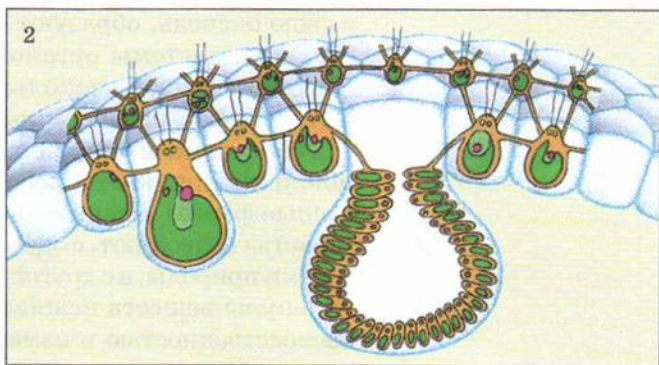
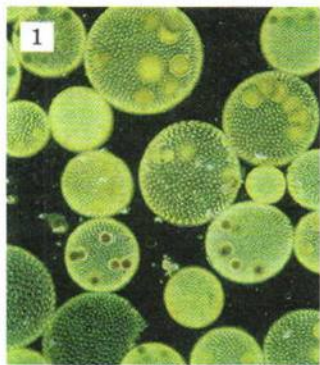


Рис. 74. Колониальная водоросль вольвокс: 1 — внешний вид колонии; 2 — строение отдельных клеток, связанные друг с другом нитями цитоплазмы

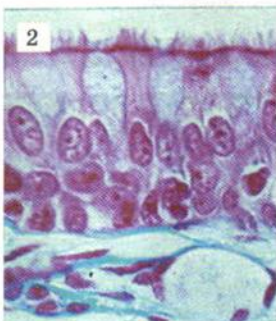
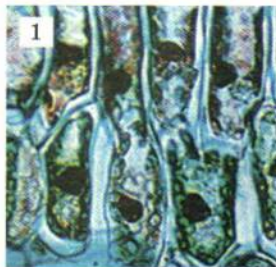


Рис. 75. Ткани многоклеточных организмов:  
1 — растительная ткань (основная фотосинтезирующая); 2 — животная ткань (реснитчатый эпителий)

обеспечивает направленное движение. Репродуктивные клетки, отвечающие за размножение, располагаются с одной стороны колонии. Благодаря им внутри материнской колонии образуются дочерние колонии, которые потом отделяются и переходят к самостоятельному существованию.

**Многоклеточные организмы.** Хотя одноклеточные очень многочисленны и широко распространены на Земле, по сравнению с ними *многоклеточные организмы* имеют ряд преимуществ. В первую очередь, они могут использовать ресурсы среды, недоступные единичной клетке. Например, наличие множества клеток, образующих различные ткани и органы, позволяет дереву или кустарнику достичь большой величины, с помощью корней обеспечить себе водное и минеральное питание, а в зеленых листьях создавать органические вещества. Многоклеточные животные благодаря тканям и органам способны лучше добывать пищу, осваивать новые места обитания.

В многоклеточном организме клетки очень разнообразны, но всегда можно выделить группы клеток, сходные по строению и функциям. Группы клеток и межклеточного вещества многоклеточного организма, имеющие одинаковое строение, происхождение и выполняющие сходные функции, называют *тканями* (рис. 75). Специализация клеток на выполнение определенных функций повышает эффективность работы всего организма.

Различные ткани объединяются в органы, которые, в свою очередь, образуют системы органов. Внутренние органы и системы органов характерны для животных. Растения имеют несколько иное строение органов, но и они состоят из различных тканей.

**Неклеточные формы жизни. Вирусы.** Кроме организмов, имеющих клеточное строение, существуют и неклеточные формы жизни — *вирусы* (от лат. *вирус* — яд). Их свойства позволяют, с одной стороны, считать их живыми телами природы, а с другой стороны, рассматривать их как молекулы веществ неживой природы. Вирусы обладают наследственностью и изменчивостью. В то же время они не способны к самостоятельному обмену веществ, превращению энергии и размножению. Поэтому вирусы — переходная группа между живой и неживой природой.





Вирусы были открыты в 1892 г. русским ученым Д.И. Ивановским при изучении мозаичной болезни растения табака (рис. 76). Вскоре были открыты сходные возбудители многих заболеваний растений и животных. Их определили как паразитических болезнетворных агентов, которые размножаются только в клетках хозяина.

Вирусы настолько малы, что до появления электронного микроскопа их природа оставалась неясной. Активное изучение вирусов началось лишь во второй половине XX в. В это же время оформилась и отдельная наука о вирусах — *вирусология*. В настоящее время изучение вирусов идет очень интенсивно, открыто много новых их видов.

Частицы вирусов имеют симметричную структуру и разнообразную форму (рис. 77). Среди них встречаются многогранники (вирус полиомиелита и вирус герпеса), палочковидные (вирус табачной мозаики) и неправильно овальной формы (вирус гриппа).

Вирусы имеют очень примитивное строение. Отдельные частицы вирусов — *вирионы*, состоящие из нуклеиновой кислоты и белков. Нуклеиновая кислота служит наследственным аппаратом вирусов и может быть представлена как молекулой ДНК, так и РНК. Она составляет сердцевину вируса и защищена капсулой. Капсула построена из множества молекул белка, компоновка которых определяет внешнее строение вириона. У некоторых представителей вирусов, помимо капсулы, может быть еще дополнительная оболочка из белков и липидов.



Рис. 76. Дмитрий Иосифович Ивановский (1864—1920)



Рис. 77. Вирус табачной мозаики: 1 — растение табака, пораженное вирусом; 2 — электронная фотография вируса; 3 — схема строения

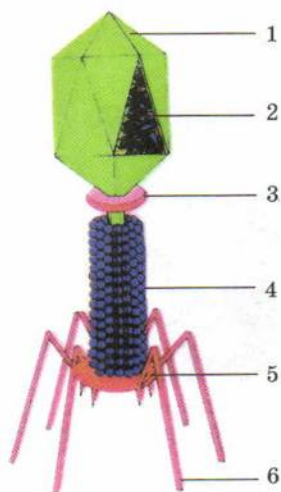


Рис. 78. Строение вируса-бактериофага: 1 — белковая капсула; 2 — ДНК вируса; 3 — воротничок; 4 — хвостовой чехол; 5 — базальная пластинка с шипами; 6 — хвостовые нити

Вирусы — внутриклеточные паразиты, т. е. могут существовать только внутри прокариотных и эукариотных клеток. Вне клетки-хозяина они не проявляют признаков живого, способны кристаллизоваться подобно веществам неживой природы. Жизнедеятельность вирусов приводит к гибели клеток. При внедрении в живую клетку вирус начинает размножаться, подавляя и разрушая все клеточные структуры. Разные вирусы поражают только определенные клетки. Так, вирус оспы поражает у человека клетки эпителиальной и соединительной ткани, вирус полиомиелита — нейроны головного и спинного мозга, вирус желтой лихорадки — печень.

Вирусы вызывают различные заболевания растений, животных, человека и бактерий.

► В бактериальных клетках паразитируют *бактериофаги* (от греч. *бактерион* — палочка и *фагос* — пожиратель) (рис. 78). Бактериофаги могут использоваться как лекарства против бактерий — возбудителей инфекционных заболеваний, например холеры и брюшного тифа. ◀

*Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ)* вызывает заболевание СПИД — синдром приобретенного иммунодефицита (рис. 79). Вирионы ВИЧ имеют округлую

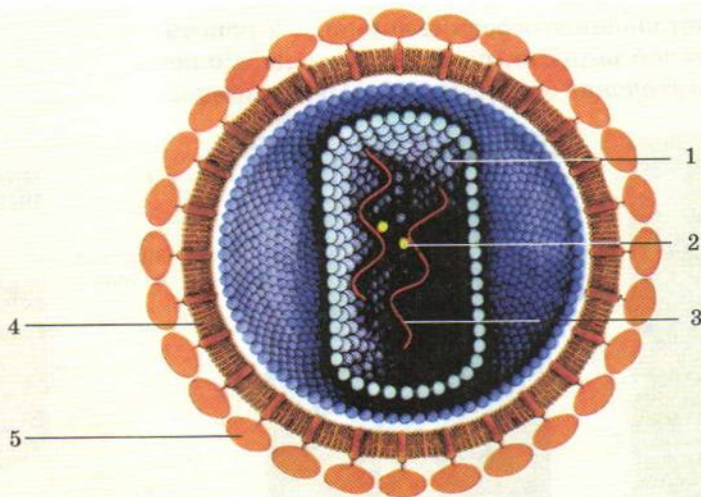


Рис. 79. Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ): 1 — белковая капсула; 2 — молекулы фермента; 3 — РНК; 4 — липидная мембрана; 5 — белки мембраны





§ 19. Многообразие организмов. Клеточные и неклеточные формы жизни

форму. Снаружи они покрыты белково-липидной мембраной. Под мембраной располагается промежуточная белковая капсула. Внутри нее находится генетический аппарат ВИЧ — две молекулы РНК.

При попадании вируса ВИЧ в кровь человека, он поражает лейкоциты, которые отвечают за иммунитет организма. Пораженные лейкоциты либо погибают, либо перестают узнавать чужеродных болезнетворных бактерий и аномальные клетки человека, которые образовались в результате нарушения нормального клеточного деления. В результате зараженный вирусом ВИЧ человек погибает от инфекционного заболевания, так как лейкоциты бездействуют и не вырабатывают белки-антитела. Смерть человека может наступить и от ракового заболевания, к которому приводит разрастание аномальных клеток. Ученые ведут интенсивный поиск препаратов, способных защитить или вылечить это тяжелейшее инфекционное заболевание человечества.



Организм, одноклеточные организмы, органеллы, колониальные организмы, многоклеточные организмы, ткани, вирус, вирион, бактериофаг, вирус иммунодефицита человека (ВИЧ), синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД).



1. Дайте определение организма. Какими чертами он должен обладать как самостоятельная биологическая система? 2. Перечислите общие признаки одноклеточных организмов. 3. В чем заключается усложнение организации при переходе от одноклеточных прокариот к эукариотам? 4. Назовите одноклеточных представителей каждого царства организмов. 5. Чем можно объяснить высокие приспособительные возможности одноклеточных организмов? 6. Чем колониальные организмы отличаются от одноклеточных и многоклеточных? 7. В чем основное различие клеток многоклеточных и одноклеточных организмов? 8. Почему вирусы считают переходной группой между живой и неживой природой? 9. Чем вирусы по строению отличаются от бактерий? 10. Какие болезни вызывают вирусы у растений, животных и человека? ► 11. Какое строение имеет вирус-бактериофаг? Как человек использует бактериофагов? ◀ 12. Какое строение имеет вирус иммунодефицита человека (ВИЧ)? Какое заболевание вызывает ВИЧ? В чем оно проявляется?

## § 20.

## САМОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ

*Рассмотрите рисунки 80 и 81. Какие способы размножения организмов показаны на рисунках? Вспомните, как происходит самовоспроизведение живого на молекулярно-генетическом и органоидно-клеточном уровнях организации жизни. Какие процессы связаны с реализацией наследственной программы живого?*

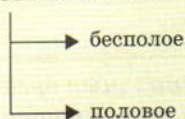
В природе преобладают поколения осуществляются за счет размножения организмов. *Размножение* — это способность организма воспроизводить себе подобное. Существуют две основные формы самовоспроизведения организмов — бесполое и половое.

*Бесполое размножение* — это образование нового организма из одной или группы клеток исходного материнского организма. В этом случае в размножении участвует только одна родительская особь, которая передает свою наследственную информацию дочерним особям.

*Половое размножение* — это образование нового организма при участии, как правило, двух родительских особей, производящих для этого половые клетки. Новый организм, возникающий в результате слияния половых клеток, несет наследственную информацию от двух родителей. Потомки в этом случае отличаются друг от друга и от своих родителей.

**Бесполое размножение.** Эта форма размножения встречается во всех царствах, но наиболее распространена у растений, грибов и бактерий. Среди животных так размножаются низшие беспозвоночные. В основе бесполого размножения лежит митоз. Он обеспечивает сходство образующихся клеток и потомства. Причиной разнообразия особей в этом случае служат случайные наследственные изменения, которые возникают в процессе индивидуального развития. Встречается несколько способов бесполого размножения (рис. 80).

*Простое деление* характерно для одноклеточных организмов. Из одной клетки путем митоза, или амитоза, образуются две дочерние клетки, каждая из которых становится новым организмом. Примером может служить

РАЗМНОЖЕНИЕ  
ОРГАНИЗМОВ



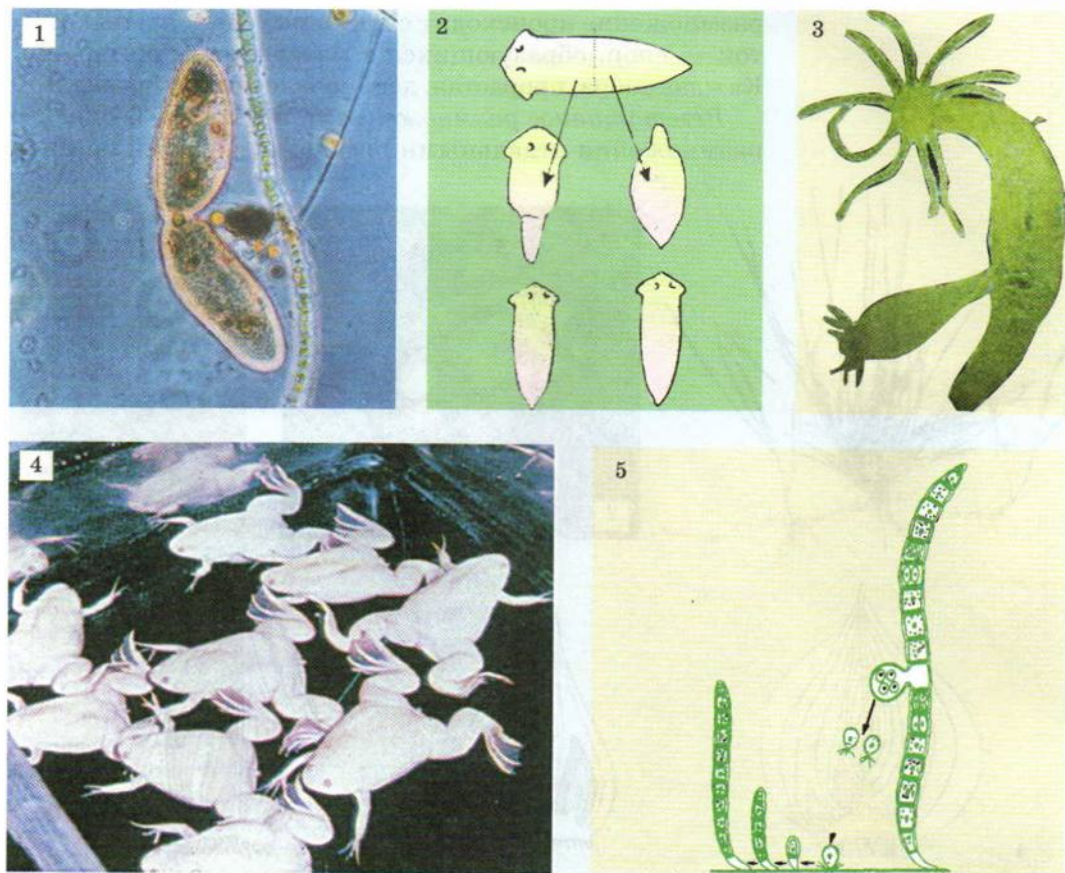


Рис. 80. Способы бесполого размножения организмов: 1 — простое деление (инфузория-туфелька); 2 — фрагментация (планария); 3 — почкование (гидра); 4 — клонирование (лягушка); 5 — споруляция (улотрикс)

размножение простейших, одноклеточных водорослей и бактерий.

**Почкование** — это способ бесполого размножения, при котором на теле родительской особи образуется небольшой вырост — почка. Из почки развивается дочерний организм, который затем отделяется от материнского. Почкованием размножаются кишечнополостные, одноклеточные грибы — дрожжи.

**Размножение спорами (споруляция).** У споровых растений (водорослей, мхов, папоротников) и грибов

размножение происходит с помощью специальных клеток — спор, образующихся в материнском организме. Каждая спора, прорастая, дает начало новому организму.

*Вегетативное размножение* — это способ бесполого размножения отдельными органами, частями органов

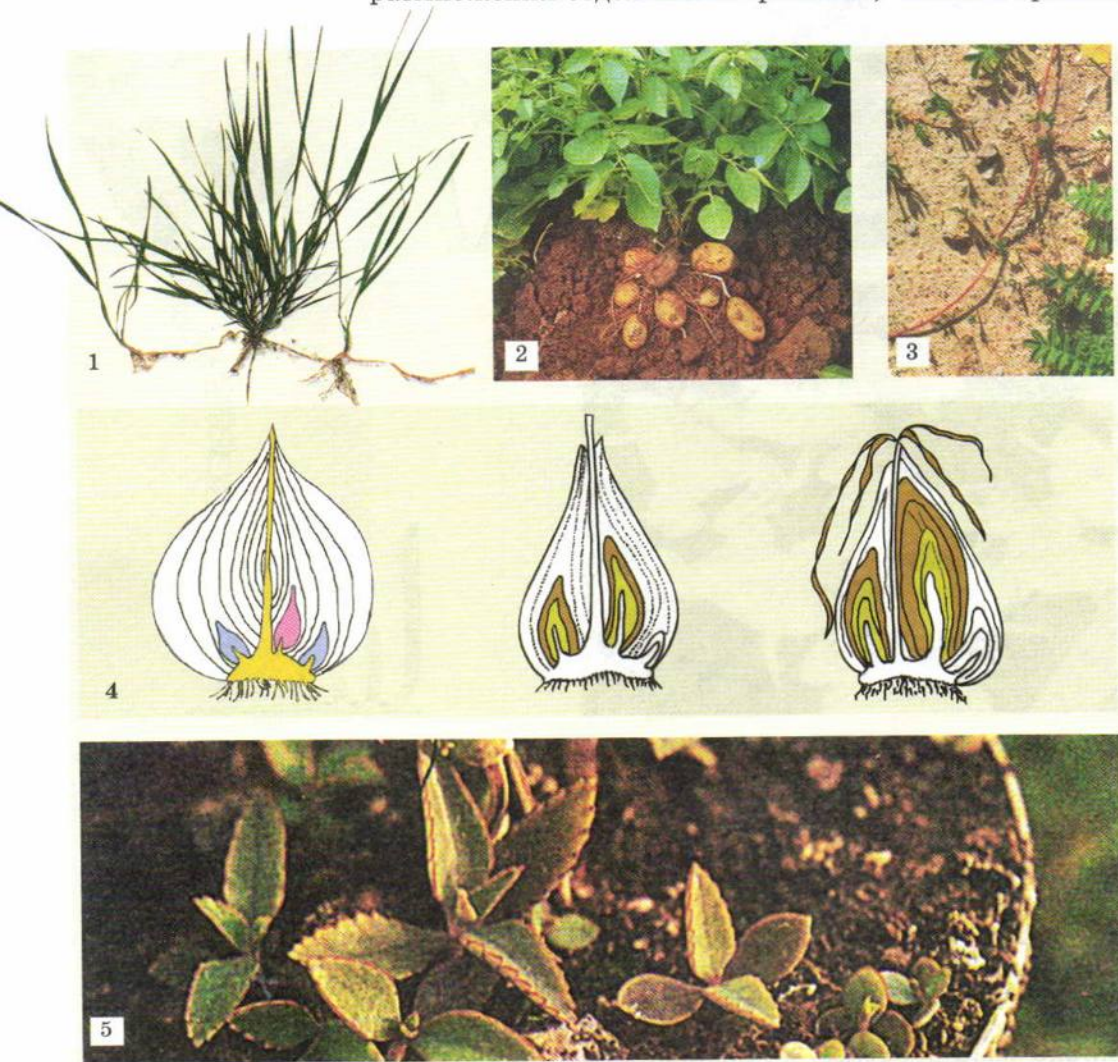


Рис. 81. Вегетативное размножение растений: 1 — корневищем (пырей); 2 — клубнями (картофель); 3 — ползучими побегами (лапчатка); 4 — луковицами (лилия); 5 — выводковыми почками (бриофиллум)





или тела. Оно встречается чаще всего у растений, которые могут размножаться корнями, видоизмененными побегами или отдельными частями побегов (рис. 81). Способы вегетативного размножения растений весьма разнообразны.

► **Фрагментация** — разделение особи на две и более части, каждая из которых может дать начало новому организму. Этот способ бесполого размножения основан на способности организмов к *регенерации* (от лат. *регенерацио* — восстановление, возрождение) — восстановлению недостающих частей тела. Фрагментация происходит у беспозвоночных животных — кишечнополостных, плоских червей, морских звезд. Тело животного, разделенное на отдельные части, достраивает недостающие. Например, при неблагоприятных условиях плоский червь планария распадается на отдельные части, каждая из которых при наступлении благоприятных условий может развить целый организм. Встречается фрагментация и у растений, например у водорослей, которые могут размножаться частями слоевища. ◀

**Клонирование** — искусственный способ бесполого размножения, который используется сравнительно недавно. Так как ядро неполовой клетки содержит весь набор хромосом организма, а значит и генов, то при определенных условиях его можно заставить делиться. Это приведет к образованию нового организма — точной копии того, от которого была взята клетка. Этот метод в настоящее время широко используется в разведении комнатных растений. Имеется опыт клонирования животных. Впервые он был поставлен и дал положительные результаты на лягушке.

**Половое размножение.** В половом размножении участвуют специализированные клетки — половые, или *гаметы* (от греч. *гаметес* — супруг). Они образуются, как правило, у двух родительских особей — отцовской и материнской. Новый организм, возникающий в результате слияния гамет, несет наследственную информацию от двух родителей. Гаметы формируются в результате особого типа деления, при котором число хромосом в них становится в два раза меньше, чем в исходной материнской клетке. В результате слияния двух гамет число хро-

#### БЕСПОЛОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

- простое деление
- почкование
- споруляция
- вегетативное
- фрагментация
- клонирование

мосом увеличивается в два раза, т. е. восстанавливается двойной хромосомный набор. При этом половина всех хромосом клетки, образовавшейся в результате такого слияния, является отцовской, а другая половина — материнской.



Размножение, бесполое размножение, простое деление, почкование, споруляция, вегетативное размножение, ► фрагментация ◄, клонирование, половое размножение, гаметы.



1. Дайте определение размножения. Какие две основные формы размножения встречаются у организмов? 2. Объясните, в чем различие бесполого и полового размножения. 3. Какой тип деления клеток лежит в основе бесполого размножения? 4. Перечислите основные способы бесполого размножения организмов. 5. Какие преимущества организму дает половое размножение?



Охарактеризуйте особенности каждого способа бесполого размножения. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

#### БЕСПОЛОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ

| Способы размножения | Краткая характеристика | Примеры организмов |
|---------------------|------------------------|--------------------|
|                     |                        |                    |



В XVI—XVII вв. в науке существовало несколько теорий развития организмов. Одной из наиболее распространенных была «теория вложения», или теория «матрешек», которая сводилась к тому, что все живое развивается из яйца, в котором спрятан зародыш, но он очень мал и не виден. Готовые стадии развития организма как бы вложены друг в друга. После оплодотворения начинается процесс разворачивания отдельных частей зародыша и их рост.

Другие ученые придерживались иных взглядов. Они считали, что в половых клетках имеются материальные структуры, предопределяющие развитие зародыша и признаки организма. Из бесструктурной субстанции оплодотворенного яйца происходит постепенное и последовательное новообразование органов и частей зародыша.





## § 21.

### ОБРАЗОВАНИЕ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК У ЖИВОТНЫХ. МЕЙОЗ

Рассмотрите рисунки 84, 85, 86. Чем мужские половые клетки отличаются от женских? Вспомните, как происходит деление клеток. Что такое митоз? Какие процессы происходят в каждую из стадий митоза?

В основе полового размножения лежит процесс слияния половых клеток — гамет. В отличие от неполовых клеток, половые всегда имеют одинарный набор хромосом, что предотвращает увеличение числа хромосом у нового организма. Образование клеток с одинарным набором хромосом происходит в процессе особого типа деления — мейоза.

**Мейоз.** Мейоз (от греч. *мейозис* — уменьшение, убывание) — такое деление клетки, при котором хромосомный набор во вновь образующихся дочерних клетках уменьшается вдвое.

Как митозу, так и мейозу предшествует интерфаза, в которую происходит редупликация ДНК. Перед началом деления каждая хромосома состоит из двух молекул ДНК, которые образуют две сестринские хроматиды, сцепленные центромерами. Таким образом, перед началом деления хромосомный набор клетки составляет  $2n$ , а количество ДНК — увеличено вдвое.

Процесс мейоза состоит из двух последовательных делений — мейоз I и мейоз II, которые подразделяются на те же стадии, что и митоз. В результате образуются не две, а четыре клетки (рис. 82).

**Профаза I.** Эта стадия значительно длиннее, чем в митозе. Хромосомы спирализуются и утолщаются. Гомологичные хромосомы попарно соединяются друг с другом, т. е. происходит их *конъюгация* (от лат. *конъюгацио* — соединение). В результате этого в клетке образуется комплекс из двойных хромосом (рис. 83). Затем между участками гомологичных хромосом осуществляется обмен генами — *кроссинговер* (от англ. *кроссинговер* — пересечение, скрещивание). Это приводит к новым сочетаниям генов в хро-

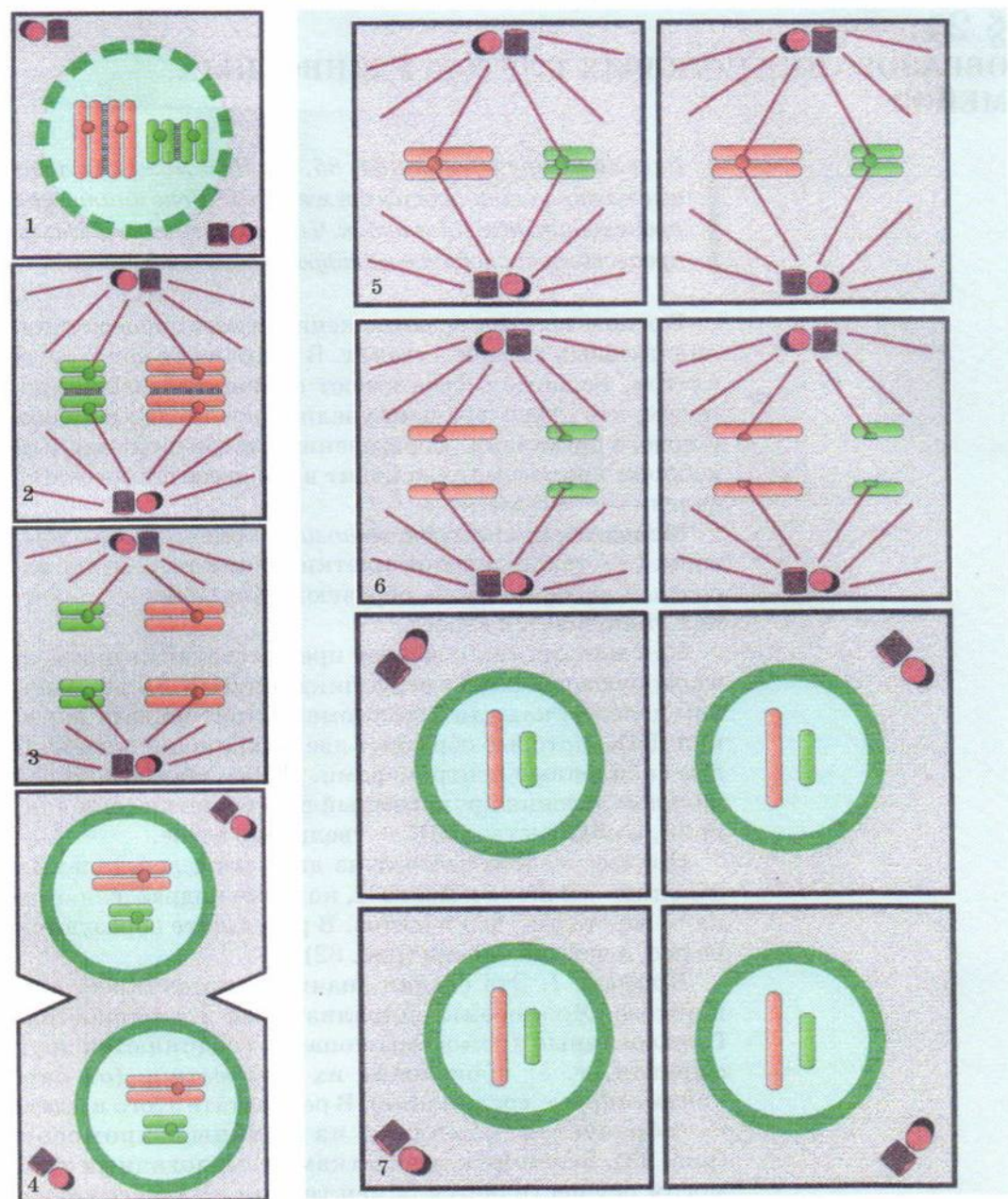


Рис. 82. Стадии мейоза: 1 — профаза I; 2 — метафаза I; 3 — анафаза I; 4 — телофаза I; 5 — метафаза II; 6 — анафаза II; 7 — телофаза II



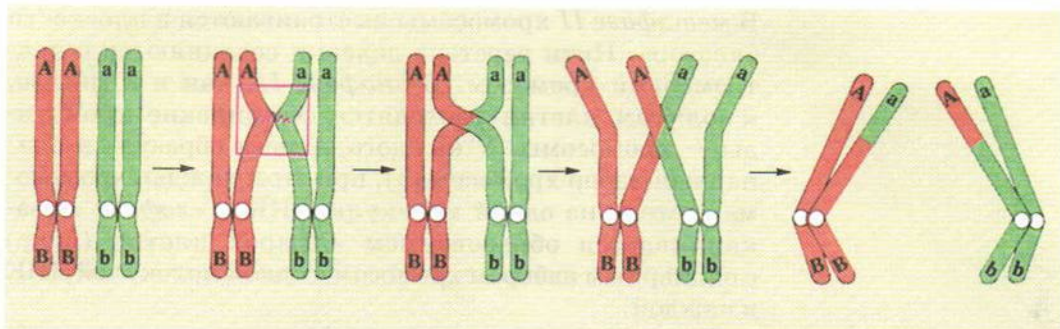


Рис. 83. Конъюгация и кроссинговер между гомологичными хромосомами (буквами обозначены находящиеся в хромосомах гены)

мосомах (рис. 83). После этого ядерная оболочка в клетке исчезает, центриоли расходятся к полюсам, и образуется веретено деления.

**Метафаза I.** Гомологичные хромосомы попарно располагаются в экваториальной зоне клетки над и под плоскостью экватора. Центромеры хромосом соединяются с нитями веретена деления.

**Анафаза I.** К полюсам клетки расходятся гомологичные хромосомы. Это основное отличие мейоза от митоза, где идет расхождение сестринских хроматид. Таким образом, у каждого из полюсов оказывается только одна хромосома из гомологичной пары. Число хромосом у полюсов уменьшается вдвое — происходит его редукция.

**Телофаза I.** Делится все остальное содержимое клетки, образуется перетяжка и возникают две клетки с одинарным набором хромосом ( $n$ ). Каждая хромосома при этом состоит из двух сестринских хроматид — двух молекул ДНК. Образование двух клеток наступает не всегда. Иногда телофаза сопровождается только образованием двух ядер.

Перед вторым делением мейоза интерфаза отсутствует. Обе образовавшиеся клетки после периода покоя или сразу приступают ко второму делению мейоза. Мейоз II полностью идентичен митозу и происходит в двух клетках (ядрах) синхронно.

**Профаза II** значительно короче профазы I. Ядерная оболочка вновь исчезает, образуется веретено деления.

В *метафазе II* хромосомы выстраиваются в плоскости экватора. Нити веретена деления соединяются с центромерами хромосом. В *анафазе II*, как и в митозе, к полюсам клетки расходятся сестринские хроматиды — хромосомы. У каждого полюса образуется одинарный набор хромосом ( $n$ ), при этом каждая хромосома состоит из одной молекулы ДНК. *Телофаза II* заканчивается образованием четырех клеток (ядер) с одинарным набором хромосом и одной молекулой ДНК в каждой.

Биологическое значение мейоза заключается в образовании клеток с одинарным набором хромосом. Развивающиеся затем из них гаметы при половом размножении сливаются и двойной набор хромосом в результате этого восстанавливается. Кроме того, кроссинговер приводит к новым сочетаниям генов в хромосомах клеток, что служит основой для комбинативной изменчивости организмов.

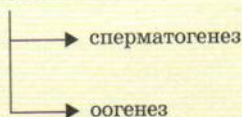
**Образование половых клеток у животных.** Процесс образования половых клеток называют *гаметогенезом* (от гамета и греч. *генезис* — рождение). У животных гаметы образуются в половых органах: в семенниках у самцов и яичниках у самок.

Гаметогенез протекает последовательно, в три стадии в соответствующих зонах и заканчивается формированием сперматозоидов и яйцеклеток (рис. 84). На *стадии размножения* первичные половые клетки интенсивно делятся митозом, что значительно увеличивает их число. На следующей *стадии роста* клетки растут, запасают питательные вещества. Этот период соответствует интерфазе перед мейозом. Далее клетка переходит в *стадию созревания*, где происходит мейоз, образуются клетки с одинарным набором хромосом, окончательно формируются и созревают гаметы.

**Сперматогенез** характеризуется образованием мужских половых клеток — сперматозоидов (рис. 84, А). Из одной первичной половой клетки образуются четыре одинаковые по величине гаметы — сперматозоиды.

**Оогенез** (от греч. *оон* — яйцо и *генезис*) характеризуется образованием женских половых клеток — яйцеклеток (рис. 84, Б). Процесс образования яйцеклетки значительно продолжительнее, чем сперматозои-

#### ГАМЕТОГЕНЕЗ





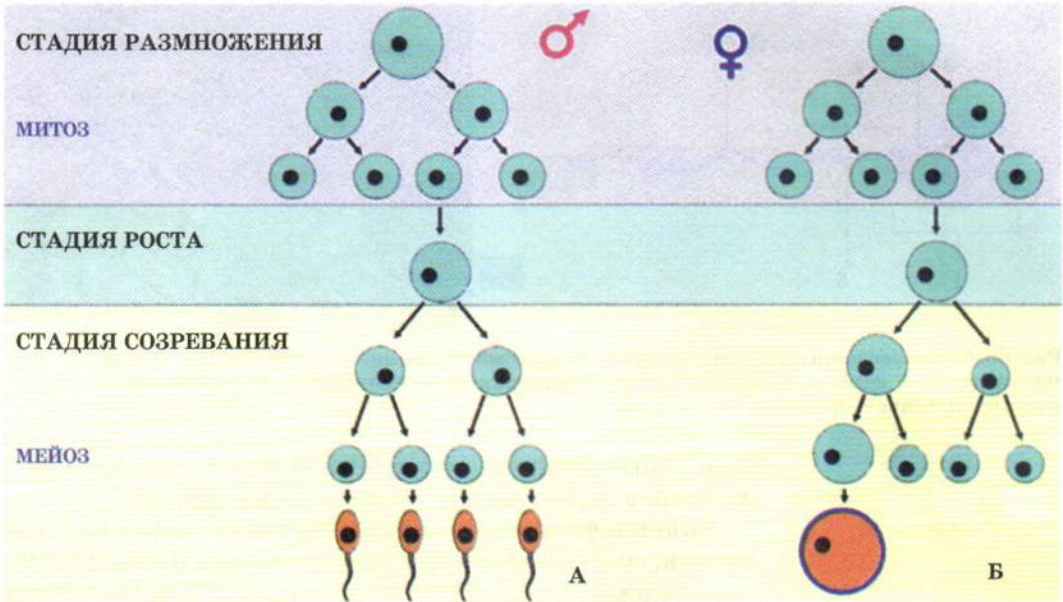


Рис. 84. Гаметогенез у животных: А — сперматогенез; Б — оогенез

да. В ней идет интенсивный синтез и накопление питательных веществ в виде зерен желтка, необходимых для развития будущего зародыша. Особенность оогенеза — неравномерность деления клеток в мейозе и формирование только одной полноценной яйцеклетки, в которой находятся все питательные вещества. Три остальные клетки мелкие и погибают.

**Строение половых клеток.** У большинства видов организмов мужские и женские гаметы отличаются друг от друга.

**Сперматозоиды** (от греч. *сперма* — семя) — это небольшие подвижные клетки, состоящие из головки, шейки и хвостика (рис. 85). В каждом сперматозоиде находится минимальное число органоидов: ядро, митохондрии и пузырек с ферментами. Когда сперматозоид соприкасается с яйцеклеткой, содержимое пузырька освобождается, растворяет ее оболочку и способствует проникновению сперматозоида внутрь яйцеклетки. Хвостик служит для движения сперматозоида и по строению сходен со жгутиком одноклеточных живот-

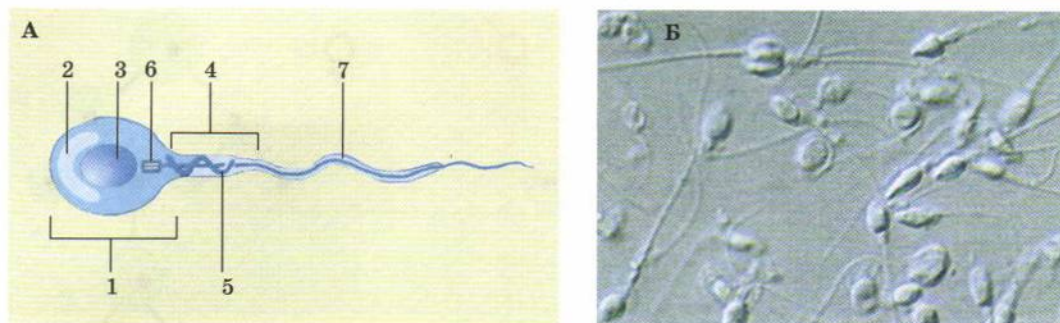


Рис. 85. Сперматозоиды млекопитающего: А — схема строения: 1 — головка; 2 — пузырек с ферментами; 3 — ядро; 4 — шейка; 5 — митохондрии; 6 — центриоли; 7 — хвостик. Б — фото в световой микроскоп

ных. Митохондрии, сосредоточенные в шейке, обеспечивают движущийся сперматозоид энергией.

*Яйцеклетка* — округлая, крупная неподвижная клетка, содержащая ядро, все органоиды и много питательного вещества в виде желтка (рис.86). Яйцеклетка у любого вида животных всегда значительно крупнее его сперматозоидов. Благодаря ее питательным веществам обеспечивается развитие зародыша на начальной стадии (у рыб, земноводных и млекопитающих) или на всем протяжении зародышевого развития (у пресмыкающихся и птиц).

Размеры яйцеклеток у разных видов животных существенно варьируют (см. табл.). У млекопитающих они в среднем составляют 0,2 мм. У амфибий и рыб 2—10 мм, а у рептилий и птиц достигают нескольких сантиметров.

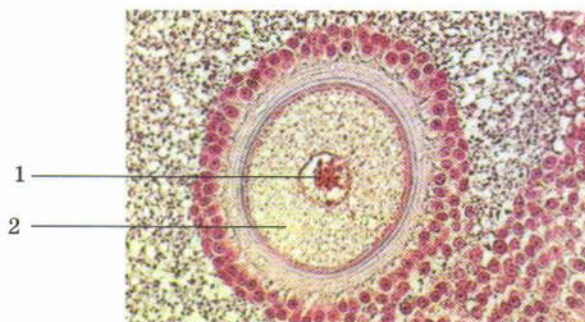


Рис. 86. Строение яйцеклетки млекопитающего: 1 — ядро; 2 — желточные зерна





РАЗМЕРЫ ЯЙЦЕКЛЕТОК У РАЗНЫХ ВИДОВ ЖИВОТНЫХ

| Организмы      | Размер яйцеклетки (в мм) |
|----------------|--------------------------|
| Аскарида       | 0,04                     |
| Лососевые рыбы | 6—9                      |
| Лягушка        | 1,5                      |
| Крокодил       | 50                       |
| Страус         | 80                       |
| Кошка          | 0,13                     |
| Человек        | 0,10                     |

В отличие от яйцеклеток, сперматозоиды значительно меньше и их размеры приблизительно одинаковы у разных организмов. Например, у млекопитающих они составляют 0,001—0,008 мм (длина головки).



Мейоз, конъюгация, кроссинговер, гаметогенез, стадии размножения, роста, созревания, сперматогенез, оогенез, сперматозоид, яйцеклетка.



1. Какой тип деления клетки лежит в основе полового размножения животных? Какие клетки образуются в результате такого деления?
2. В чем основное отличие мейоза от митоза?
3. Объясните, почему деление мейоза всегда предшествует половому размножению животных.
4. В чем заключается биологическое значение мейоза?
5. Каковы различия в процессах сперматогенеза и оогенеза?



1. Рассмотрите с помощью микроскопа готовые микропрепараты сперматозоидов и яйцеклеток млекопитающих. Сравните между собой строение сперматозоида и яйцеклетки. В чем причина различий?
2. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

ПОЛОВЫЕ КЛЕТКИ ЖИВОТНЫХ

| Половые клетки | Место образования | Особенности деления | Особенности строения |
|----------------|-------------------|---------------------|----------------------|
| Яйцеклетка     |                   |                     |                      |
| Сперматозоид   |                   |                     |                      |

## § 22.

### ОПЛОДОТВОРЕНИЕ И ЗАРОДЫШЕВОЕ РАЗВИТИЕ У ЖИВОТНЫХ

Вспомните из учебника «Животные», как происходит размножение у животных. Как оплодотворяются яйцеклетки и где развиваются зародыши насекомых, рыб, земноводных, птиц и млекопитающих?

Процесс образования мужских и женских половых клеток предшествует половому размножению, т. е. размножению с участием сперматозоидов и яйцеклеток. Половое размножение может происходить с оплодотворением и без оплодотворения.

**Оплодотворение.** Процесс слияния ядер мужских и женских половых клеток называют *оплодотворением*. В результате оплодотворения образуется *зигота* (от греч. *зигота* — соединенный вместе) — оплодотворенная яйцеклетка. Ее ядро всегда имеет двойной набор хромосом. Из зиготы развивается зародыш, который дает начало новому организму.

Процесс оплодотворения начинается с проникновения сперматозоида в яйцеклетку. Под действием ферментов пузырька сперматозоида оболочка яйцеклетки в месте контакта растворяется. Ядро сперматозоида попадает внутрь яйцеклетки (рис. 87). При этом оболочка яйцеклетки становится непроницаемой для остальных сперматозоидов. После этого ядра гамет сливаются и формируется ядро зиготы.

Существуют два способа оплодотворения — наружный и внутренний. При наружном оплодотворении самка выметывает яйцеклетки (икру), а самец — сперму во внешнюю среду, где и происходит оплодотворение. Такой способ характерен для водных животных, например рыб и земноводных. При внутреннем оплодотворении слияние гамет происходит в половых путях самки. Так размножаются наземные и некоторые водные обитатели, например насекомые, пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие.

Оплодотворенное яйцо может развиваться как в теле самки, например у млекопитающих, так и во внешней



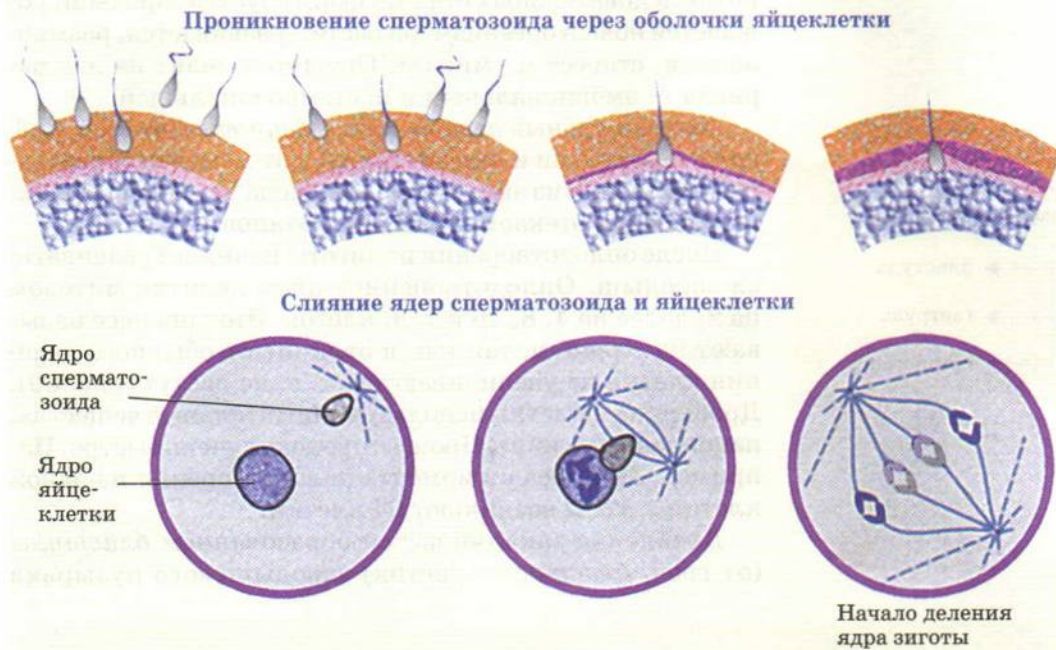


Рис. 87. Оплодотворение у животных

среде. В последнем случае яйца покрыты специальной оболочкой или скорлупой, и самка откладывает их в безопасное место, например в гнездо (у птиц).

► **Партеногенез.** Разновидность полового размножения, когда развитие взрослой особи происходит из неоплодотворенного яйца, называется *партеногенезом* (от греч. *партенос* — девственность). Партеногенез встречается у ракообразных (дафний), насекомых (пчел, тлей), у некоторых птиц (индеек) (рис. 88). Развитие без оплодотворения чаще всего чередуется с обычным половым размножением. Из неоплодотворенных яйцеклеток начинают развиваться клетки, у которых в первом делении митоза хромосомы не расходятся и восстанавливается двойной набор хромосом. ◀

**Онтогенез организма и эмбриональное развитие.** Индивидуальное развитие организма — *онтогенез* (от греч. *онтос* — сущее и *генезис* — рождение) охватывает весь период его жизни. За это время организм проходит несколь-

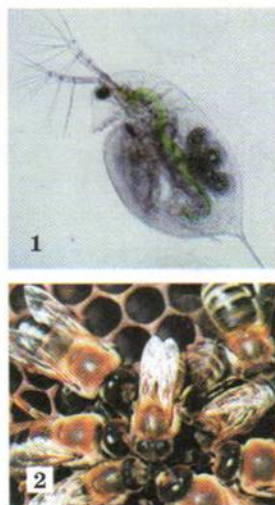


Рис. 88. Животные, способные к партеногенезу: 1 — дафния; 2 — пчелы

ко последовательных стадий: формируется зародыш, рождается новый организм, он растет, развивается, размножается, стареет и умирает. Онтогенез делят на два периода — эмбриональный и постэмбриональный.

*Эмбриональный период*, или *эмбриогенез* (от греч. *эмбрион* — зародыш и *генезис*) длится от момента образования зародыша из зиготы до его выхода из яйца или рождения. Он протекает в несколько этапов.

После оплодотворения из зиготы начинает развиваться зародыш. Оплодотворенное яйцо делится митозом на 2, далее на 4, 8, 16 и т. д. клеток. Этот процесс называют *дроблением*, так как в отличие от обычного деления клетки не увеличиваются, т. е. не растут (рис. 89). Дробящиеся клетки используют питательные вещества, накопленные в яйце. Процесс проходит очень быстро. Например, за 4 часа от момента оплодотворения из одной клетки зиготы возникают 64 клетки.

Дробление заканчивается образованием *бластулы* (от греч. *бластос* — росток) зародышевого пузырька

#### СТАДИИ ЭМБРИОГЕНЕЗА

- бластула
- гастрюла
- органогенез

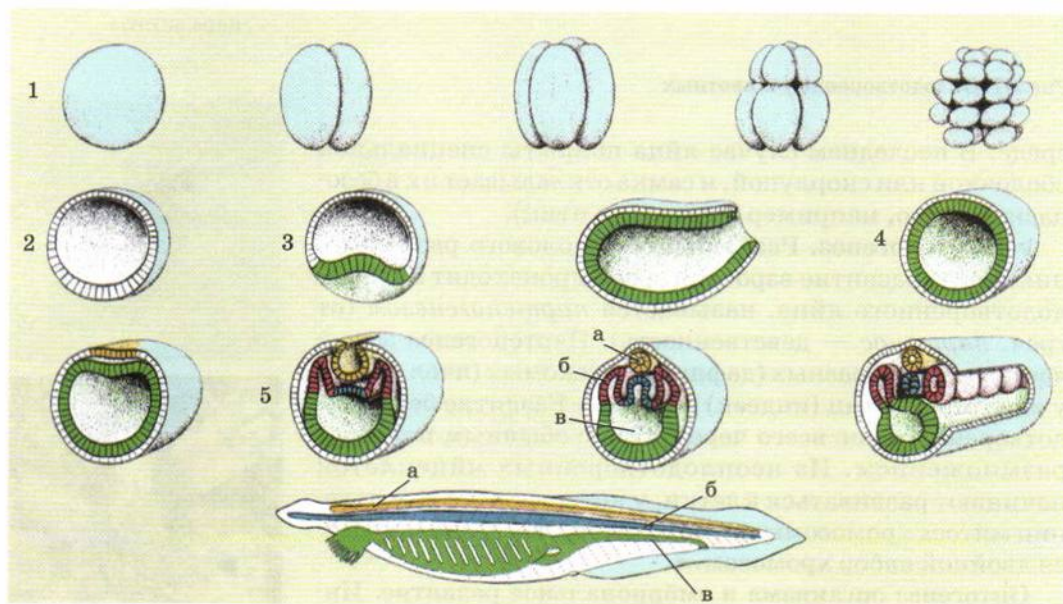


Рис. 89. Стадии развития зародыша хордового животного: 1 — дробление; 2 — бластула; 3 — впячивания и формирование двух слоев клеток; 4 — гастрюла; 5 — органогенез (а — нервная трубка; б — хорда; в — пищеварительная трубка)





с полостью внутри. Стенки пузырька состоят из одного слоя клеток (рис. 89).

После образования бластулы наступает вторая стадия развития зародыша — *гастроула* (от греч. *гастер* — желудок). Она представляет собой двухслойный мешок. Его образование начинается с впячивания нижней стенки бластулы внутрь полости. В результате формируются два *зародышевых листка*: наружный — *эктодерма* (от греч. *эктос* — снаружи и *дерма* — кожа) и внутренний — *энтодерма* (от греч. *энтос* — внутри).

На стадии гастроулы заканчивается развитие у губок и кишечнополостных. У более высокоорганизованных многоклеточных животных далее происходит формирование третьего зародышевого листка. Между эктодермой и энтодермой закладывается — *мезодерма* (от греч. *мезос* — средний, промежуточный и *дерма*). Она образуется за счет перемещения части клеток из наружного и внутреннего слоев. В результате образуется трехслойный зародыш. Одновременно на этой стадии формируются осевые органы, например у хордовых, нервная трубка, хорда и пищеварительная трубка.

Последующее развитие зародыша у хордовых животных связано с взаимодействием трех зародышевых листков, из которых развиваются все ткани и органы будущего организма. Стадия формирования органов у зародыша называется *органогенезом*.

► Из эктодермы развиваются эпителиальная и нервная ткани, эпидермис кожи и его производные (ногти, волосы), а также нервная система и органы чувств. Из энтодермы образуются слизистый эпителий и органы пищеварения. Из мезодермы формируются мышечная и все виды соединительной ткани. Из хорды впоследствии у большинства хордовых образуется хрящевой или костный скелет, а из боковых участков мезодермы — мышцы, кровеносные сосуды, сердце, почки и органы половой системы. ◀

**Влияние различных факторов на развитие зародыша.** Все клетки зародыша развиваются из одной исходной клетки — *зиготы* (рис. 90), имеют одинаковый набор хромосом и генетическую информацию. Однако в клетках разных зародышевых листков реализуется наследственная информация неодинаковых генов, что приводит



Рис. 90. Дробление икринок лягушки

к биосинтезу различающихся белков и, следовательно, к формированию из них разных тканей и органов.

Специфичность работы клеток возникает не сразу, а на определенном этапе эмбриогенеза. Установлено, что на стадии 2—16 клеток (в зависимости от вида животного) каждая клетка может развиваться в нормальный организм. Если эти клетки разъединяются, то из каждой образуется самостоятельный организм — возникают однояйцевые близнецы. Они похожи друг на друга и всегда одинакового пола (рис. 91).

Исследования показали, что в развитии зародыша животных имеются критические периоды, когда может произойти нарушение нормального развития. Например, такими периодами являются середина дробления, начало гаструляции и стадия формирования осевых органов. В это время зародыш особенно чувствителен к недостатку кислорода, температурным перепадам, механическому воздействию. Чем лучше защищено яйцо, тем менее оно подвержено внешним влияниям. Отрицательно воздействуют на развитие зародыша некоторые вирусные заболевания, например корь у человека. Такое же влияние

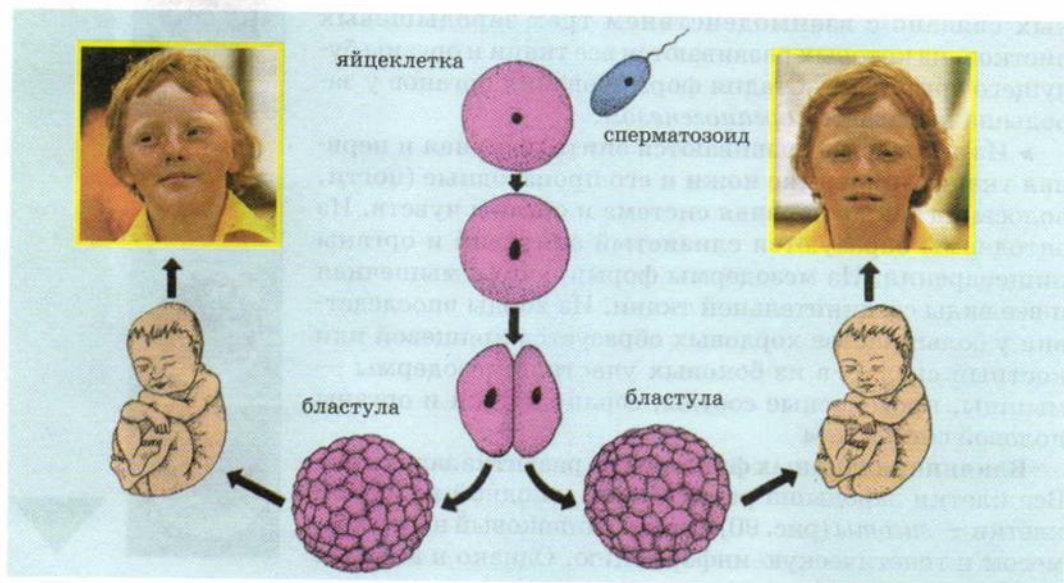


Рис. 91. Образование однояйцевых близнецов





Рис. 92. Нарушение зародышевого развития может привести к развитию уродств: 1 — двуглавая змея; 2 — сиамиские близнецы Чанг и Энг

оказывают ряд медикаментов, например, антибиотики, гормональные препараты, наркотические вещества и алкоголь. Мощными факторами, вызывающими нарушения зародышевого развития животных и человека, служат рентгеновские лучи и радиоактивное излучение. Их воздействие может привести к гибели зародыша или рождению организмов с уродствами (рис. 92).



Оплодотворение, зигота, партеногенез, онтогенез, индивидуальное развитие, эмбриональный период (эмбриогенез), дробление, бластула, гастрюла, зародышевые листки: эктодерма, энтодерма, мезодерма; органогенез.



1. Как происходит процесс оплодотворения у животных? 2. В чем преимущества внутреннего оплодотворения по сравнению с наружным? ► 3. Объясните, почему некоторые животные размножаются партеногенезом. Приведите примеры. ◀ 4. В чем отличие дробления от обычного деления клетки? 5. На какой стадии развития зародыша происходит специализация клеток по строению и функциям? 6. Какие факторы внешней среды могут оказывать отрицательное воздействие на развитие зародыша у животных?

## § 23.

РАЗВИТИЕ ЖИВОТНЫХ  
ПОСЛЕ РОЖДЕНИЯ

Рассмотрите рисунки 93 и 94. Какие два типа развития характерны для изображенных на рисунках животных. Какие стадии в своем развитии проходят саранча, бабочка, рыба, лягушка и человек?

Индивидуальное развитие организма продолжается и после его рождения, когда зародыш уже сформировался и может существовать самостоятельно вне яйца или тела матери. Период развития организма после рождения называют *послезародышевым*, или *постэмбриональным* (от лат. *post* — после и эмбрион). У различных организмов этот период протекает по-разному. Поэтому различают прямое и непрямое развитие.

**Прямое и непрямое развитие.** *Прямое развитие* проходит без превращений. Родившийся организм имеет сходство со взрослой особью и отличается только величиной, пропорциями тела и недоразвитием некоторых органов. Такое развитие, в основном, наблюдают у рыб, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих (рис. 93). Так, из икринки рыбы выходит личинка с желточным мешком. Она развивается в малька, похожего на взрослую особь, но отличающегося от нее недоразвитием ряда органов.

При развитии с превращением (рис. 94) из яйца появляется личинка совершенно непохожая на взрослый организм. Такое развитие называется *непрямым*, или развитием с *метаморфозом* (от греч. *метаморфозис* — превращение), т. е. с несколькими личиночными стадиями постепенного превращения во взрослую особь. Личинки активно питаются, растут, но, за редким исключением, не способны к размножению.

Развитие с метаморфозом характерно для насекомых и земноводных. Причем, у насекомых метаморфоз может быть полным и неполным. При развитии с *полным метаморфозом* насекомые проходят ряд последовательных стадий, как правило, резко отличающихся друг от друга образом жизни и характером питания. Например,



Рис. 93. Послезародышевое прямое развитие





у бабочки из яйца выходит гусеница, которая имеет червеобразную форму тела. Затем гусеница после нескольких линек превращается в куколку — неподвижную стадию, которая не питается, а только развивается во взрослое насекомое. Через некоторое время из куколки выходит бабочка. Пища и способ питания у личинки и взрослого насекомого различаются. Гусеница ест листья растений и имеет грызущий ротовой аппарат, а бабочка питается нектаром цветков и имеет сосущий ротовой аппарат. Иногда у насекомых некоторых видов взрослая особь вообще не питается, а сразу приступает к размножению (тутовый шелкопряд).

При развитии с *неполным метаморфозом* стадия куколки отсутствует и личинки мало отличаются от взрослых насекомых. Так, у саранчи вышедшая из яйца личинка имеет по сравнению с взрослой стадией меньшую величину и у нее недоразвиты крылья.

Среди позвоночных животных развитие с превращением наблюдают, в основном, у земноводных. Например, у лягушки личиночная стадия — головастики. По выходу из икринки он напоминает малька рыбы. У него отсутствуют конечности, имеются жабры вместо легких, хвост, при помощи которого он активно плавает в воде. Спустя некоторое время у головастика формируются конечности, развиваются легкие, зарастают жаберные щели и исчезает хвост. Через два месяца после выхода из икринки головастик превращается во взрослую лягушку.

► Превращение личинки во взрослую особь связано с выработкой железами внутренней секреции специальных гормонов. Например, для превращения головастика в лягушку необходим гормон щитовидной железы — тироксин. В некоторых случаях при недостатке гормонов личиночный период может затягиваться на всю жизнь и на этой стадии организм может приступить к размножению. Так, личинка земноводного амбистомы — аксолотль при недостатке гормона щитовидной железы не превращается во взрослую особь и может размножаться (рис. 95). При добавлении в воду тирокина развитие идет до конца и аксолотль превращается в амбистому. ◀

**Рост.** Характерное свойство индивидуального развития — рост организма, т. е. увеличение его размеров



Рис. 94. Послезародышевое непрямое развитие (полный метаморфоз у бабочки): 1 — яйцо; 2 — личинка (гусеница); 3 — куколка; 4 — взрослое насекомое



Рис. 95. Амбистома (слева) и ее личинка аксолотль (справа)

и массы. По характеру роста всех животных можно разделить на две группы — с неопределенным и определенным ростом. При *неопределенном росте* размеры тела организма увеличиваются в течение всей его жизни. Это наблюдается, например, у моллюсков, земноводных, рыб и рептилий. Организмы с *определенным ростом* прекращают расти на определенном этапе развития. Таковы насекомые, птицы и млекопитающие.

► Темпы роста у животных изменяются в течение всего периода и находятся под контролем гормонов. Например, у млекопитающих (в том числе и у человека) рост регулируется гормоном гипофиза соматотропином. Он активно вырабатывается в детском возрасте, а после полового созревания количество гормона постепенно уменьшается и рост прекращается. ◀

После интенсивного периода роста организм вступает в стадию зрелости, для которой характерно также изменение физиологических процессов в организме. Этот период связан с деторождением.

**Старение и смерть.** Продолжительность жизни зависит от индивидуальных особенностей вида организма, но не зависит от уровня его организации. Например, мыши живут всего 4 года, ворон — до 70 лет, а моллюск пресноводная жемчужница — до 100 лет.

Процесс индивидуального развития организма заканчивается старением и смертью. *Старение* — это общебиологическая закономерность, свойственная всем организмам. В процессе старения изменяются все системы органов, нарушаются их структура и функции.





► Существует несколько теорий старения. Одна из первых была предложена русским ученым Ильей Ильичем Мечниковым. Согласно этой теории, старение организма связано с усилением в нем процессов интоксикации, самоотравления в результате накопления продуктов обмена веществ и деятельности гнилостных бактерий.

Многие современные теории предполагают, что старение организма — следствие изменений в генетическом аппарате клеток, которые приводят к снижению активности процессов биосинтеза белков. Существенной причиной изменения генетической активности является ослабление работы белков-ферментов. С возрастом повышается частота хромосомных нарушений. Восстановление поврежденных участков ДНК идет медленнее, накапливаются мутации, которые проявляются в структурах РНК и белков.

Высказываются научные гипотезы, которые связывают старение организма с гормональными нарушениями, в частности с изменением функции щитовидной железы. ◀

У человека процессы старения обусловлены действием многих биологических факторов. Немаловажную роль в старении играет и социальная среда, окружающая человека. Наука, занимающаяся проблемами старения человека, называется *геронтологией* (от греч. *герон* — старец). Старение — это неизбежный этап развития любого организма. Далее наступает *смерть*, которая является необходимым условием для продолжения жизни других организмов.

#### ОНТОГЕНЕЗ



*Послезародышевый (постэмбриональный) период, прямое развитие, непрямое развитие, метаморфоз: полный и неполный, рост: неопределенный и определенный, старение, геронтология, смерть.*



1. Какие типы послезародышевого развития вам известны? 2. В чем разница между прямым и непрямым развитием? Приведите примеры животных с разным типом развития. 3. В чем заключается преимущество развития с превращением? 4. Чем развитие с полным метаморфозом отличается от развития с неполным метаморфозом? Приведите примеры животных с разным типом метаморфоза. 5. В чем заключается старение организма? ► Какие теории старения вам известны? Какая наиболее вероятна, по вашему мнению? Ответ обоснуйте. ◀ 6. В чем биологический смысл смерти организма?

## § 24.

ОБРАЗОВАНИЕ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК  
И ПОЛОВОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ У РАСТЕНИЙ

Рассмотрите на рисунках 97—99 жизненные циклы растений. Вспомните из учебника 6 класса, как происходит размножение этих растений. В чем сущность двойного оплодотворения у покрытосеменных (цветковых) растений?

У растений образование половых клеток и индивидуальное развитие протекают иначе, чем у животных. В царстве растений наблюдается чередование в жизненном цикле полового и бесполого поколений. Кроме того, у растений мейоз происходит не при образовании половых клеток, а при созревании спор.

**Чередование поколений у растений.** *Спорофит* (от греч. *спора* — семя и *фитон* — растение) — бесполое поколение растений с двойным набором хромосом. На спорофите в процессе мейозе образуются споры. Из спор

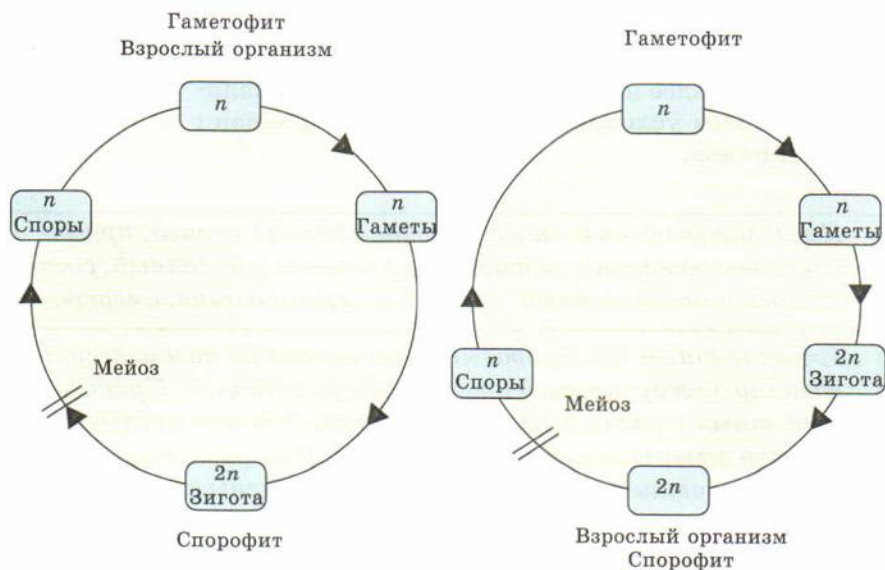


Рис. 96. Чередование бесполого (спорофита) и полового (гаметофита) поколений в жизненном цикле растений



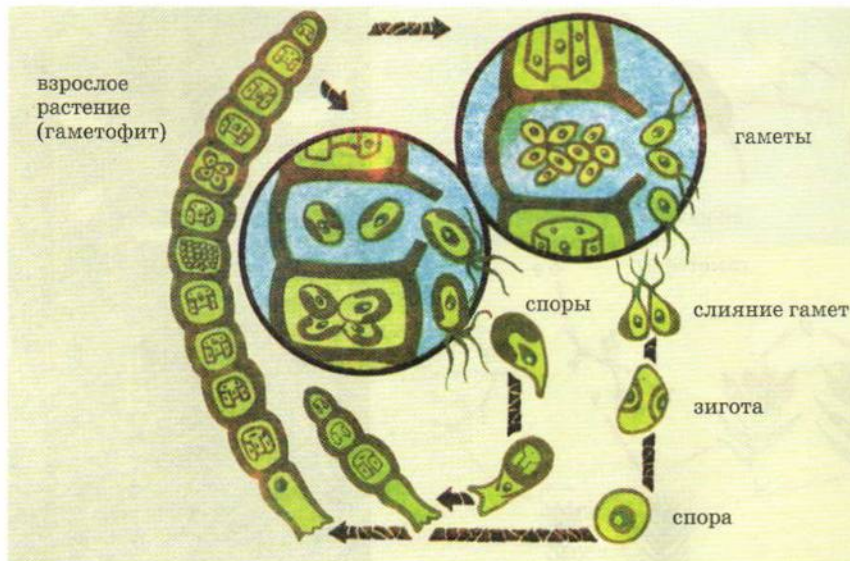


Рис. 97. Жизненный цикл зеленой водоросли (улотрикс)

развивается *гаметофит* (от греч. *гаметес* — супруг и *фитон* — растение) — половое поколение с одинарным набором. На нем в митозе образуются гаметы. После оплодотворения из зиготы снова образуется спорофит. Далее процесс повторяется. В зависимости от типа растения взрослый организм может быть гаметофитом или спорофитом (рис. 96).

У зеленых водорослей в жизненном цикле преобладает половое поколение — гаметофит (рис. 97). Он размножается бесполом и половым путями. В определенный период на гаметофите развиваются гаметы, разные или одинаковые по величине. После слияния гамет образуется зигота, из которой в результате мейоза формируются споры. Они дают начало новым гаметофитам. В жизненном цикле зеленых водорослей спорофит представлен только одной клеткой — зиготой.

У мхов гаметофит в цикле также преобладает (рис. 98). Он развивается при прорастании споры. Это листостебельное растение, на побегах которого образуются мужские и женские органы полового размножения. Спорофит — тонкая ножка с коробочкой — развивается на гаметофите и не способен к самостоятельному существованию.

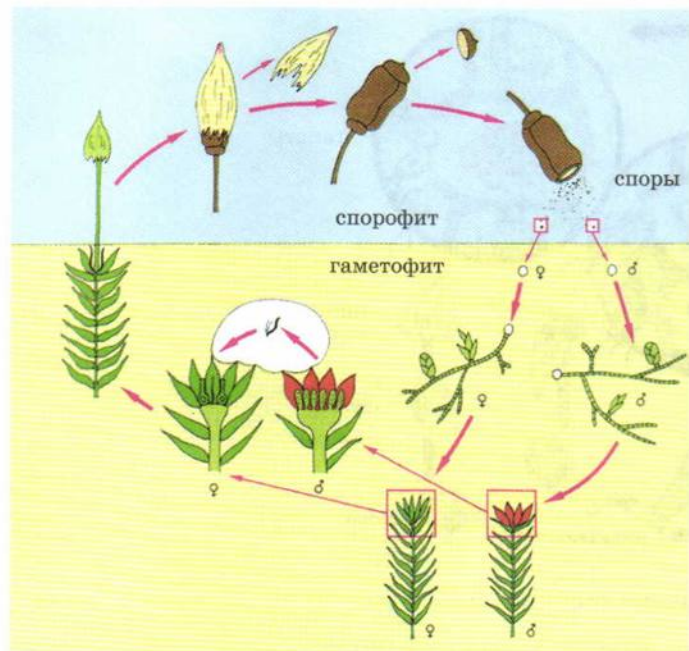


Рис. 98. Жизненный цикл зеленого мха кукушкин лен

В спорангиях в результате мейоза образуются споры. Споры после созревания высыпаются и во влажной среде прорастают, давая начало ветвящейся нити (предростку). На ней из почек развиваются гаметофиты.

У папоротников, плаунов и хвощей, наоборот, в жизненном цикле преобладает спорофит (рис. 99). На нем в специальных органах — спорангиях в результате мейоза образуются споры. Споры после созревания высыпаются и прорастают. При прорастании из споры разви-



Рис. 99. Жизненный цикл папоротника щитовника мужского





вается половое поколение — гаметофит, который представляет собой небольшой *заросток*. В процессе митоза на нем образуются мужские и женские гаметы.

При наличии воды происходит оплодотворение и образуется зигота. Из нее развивается зародыш, а далее молодое растение — спорофит.

**Размножение и развитие семенных растений.** У семенных растений размножение происходит семенами. В жизненном цикле преобладает спорофит, а гаметофит сильно уменьшен в размерах (редуцирован), развивается на спорофите и представлен лишь несколькими клетками. Развитие семенных растений рассмотрим на примере жизненного цикла покрытосеменных, или цветковых растений.

Взрослое растение — спорофит, имеет двойной набор хромосом. Спорофит развивается из семени. Репродуктивным органом является цветок (рис. 101). В цветке формируется женский орган — пестик и мужской орган — тычинки. В завязи пестика в *семязачатках* в результате мейоза образуются 4 споры. Деление происходит неравномерно — образуются одна крупная спора и три мелкие. Три мелкие споры отмирают, а одна крупная развивается в женский гаметофит. Спора трижды делится митозом и образуется восьмиядерный *зародышевый мешок*: 8 ядер в котором распределяются следующим образом. Ближе к пыльцевходу находится крупное ядро — яйцеклетка, рядом два ядра помельче — сопутствующие. На противоположном полюсе мешка располагаются три ядра, а в центре — два центральных ядра. Все ядра имеют одинарный набор хромосом ( $n$ ). Таким образом, женский гаметофит у покрытосеменных растений представлен восьмиядерным зародышевым мешком.

В пыльцевых мешках тычинок из клеток спорангия в результате мейоза образуются 4 мелкие споры. Все споры развиваются и дают начало мужским гаметофитам. Каждая спора делится митозом и образует вегетативную и генеративную клетку. Вегетативная и генеративная клетки покрываются двойной оболочкой — образуется *пыльцевое зерно*. Таким образом, мужской гаметофит у покрытосеменных растений представлен двумя клетками с оболочкой — пыльцевым зерном.



Рис. 100. Шишка — орган семенного размножения голосеменных растений



Рис. 101. Органы семенного размножения цветковых растений: 1 — цветок; 2 — плод

При попадании пыльцевого зерна на рыльце пестика цветка вегетативная клетка начинает прорастать, образуя пыльцевую трубку. Благодаря току цитоплазмы пыльцевой трубки генеративная клетка продвигается к пыльцевходу зародышевого мешка (рис. 102). Ядро генеративной клетки при этом делится митозом и образуются два *спермия* — неподвижные мужские гаметы. Они через пыльцевход проникают в зародышевый мешок. Один спермий ( $n$ ) сливается с яйцеклеткой ( $n$ ), что образует зиготу ( $2n$ ). Из зиготы развивается зародыш семени. Второй спермий ( $n$ ) сливается с двумя ядрами центральной клетки ( $2n$ ), в результате образуется эндосперм семени, в котором запасаются питательные вещества. Ядра клеток эндосперма у покрытосеменных растений имеют тройной набор хромосом ( $3n$ ).

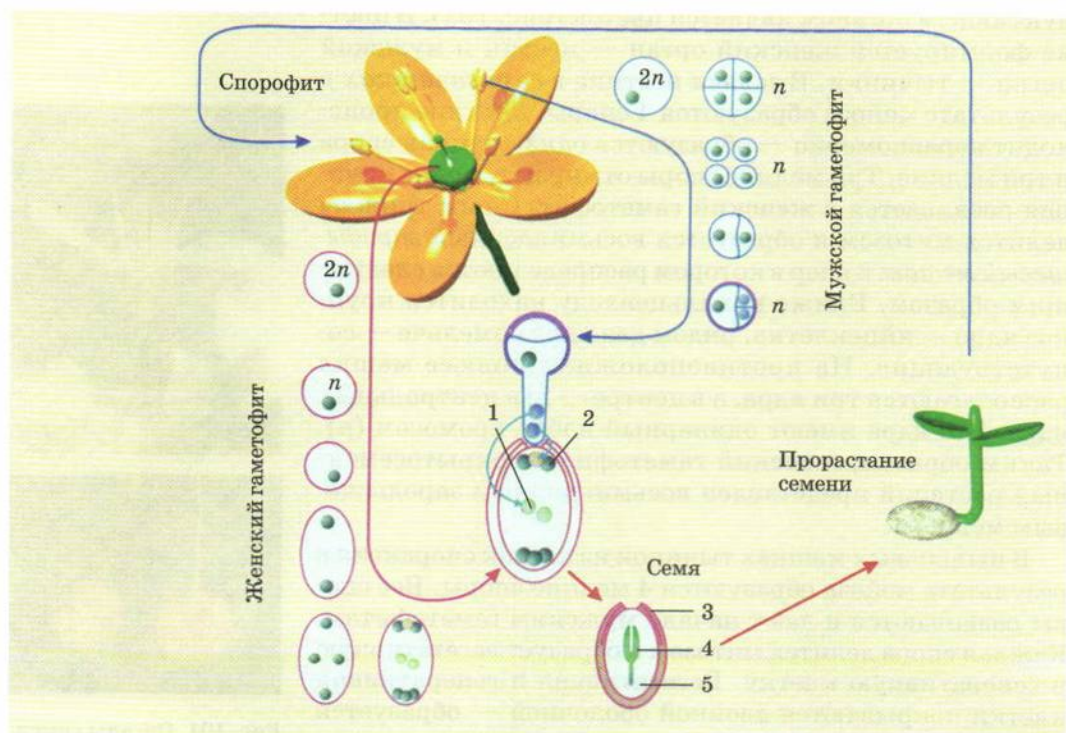


Рис. 102. Жизненный цикл и двойное оплодотворение у цветковых растений: 1 — слияние спермия с центральной клеткой; 2 — слияние спермия с яйцеклеткой; 3 — кожура семени; 4 — зародыш ( $2n$ ); 5 — эндосперм ( $3n$ )





Процесс слияния спермиев с яйцеклеткой и центральной клеткой называют *двойным оплодотворением*. Он был открыт в 1898 г. русским ученым Сергеем Гавриловичем Навашиным (рис. 103). В результате двойного оплодотворения из семязачатка цветка формируется семя, а из покровов семязачатка — семенная кожура. Вокруг семени из завязи или других частей цветка развиваются стенки плода. При вскрывании или разрушении стенки плода семя оказывается снаружи. При определенных условиях оно прорастает, из зародыша семени развивается новое растение — спорофит.

Итак, у растений от низших к высшим, наблюдается постепенное увеличение срока жизни спорофита. Начиная с папоротникообразных, в жизненном цикле преобладает спорофит, а гаметофит постепенно редуцируется до одной или нескольких клеток.



Рис. 103. Сергей Гаврилович Навашин (1857—1930)



*Спорофит, гаметофит, семязачаток, зародышевый мешок, пыльцевое зерно, спермий, двойное оплодотворение.*



*1. В чем особенность индивидуального развития растений по сравнению с животными? 2. Как происходит чередование поколений у растений? 3. Какое поколение преобладает в жизненном цикле водорослей, мхов, папоротникообразных и семенных растений? 4. Как происходит развитие у покрытосеменных, или цветковых растений женского и мужского гаметофита? 5. Почему оплодотворение у покрытосемянных, или цветковых растений называют двойным? 6. Как изменяется гаметофит от низших к высшим растениям? Объясните, какое преимущество это дает растительному организму.*



*Сравните жизненные циклы представителей основных систематических групп растений. В чем их главное различие. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.*

#### ОСОБЕННОСТИ ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ РАСТЕНИЙ

| Систематическая группа растений | Преобладающее поколение в жизненном цикле | Краткая характеристика гаметофита | Краткая характеристика спорофита |
|---------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|                                 |                                           |                                   |                                  |

## § 25.

## НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ У ОРГАНИЗМОВ

*Вспомните, что такое ген. В чем состоит функция генов? Как реализуется наследственная информация на молекулярно-генетическом уровне организации жизни? Какие процессы происходят в мейозе?*

Один из основных признаков живого — *наследственность*. Это способность организма сохранять и передавать свои признаки и особенности развития из поколения в поколение, т. е. по наследству. Благодаря этому свойству каждый вид организма сохраняет определенную наследственную информацию.

Передача наследственных признаков происходит при размножении. При бесполом размножении передача идет через неполовые клетки: тогда признаки потомков оказываются такими же, как и у материнского организма. При половом размножении наследственная информация передается через половые клетки — мужские и женские гаметы. Какие же признаки будут у потомков — отцовские или материнские, каков механизм проявления признаков? На такие вопросы дает ответы *генетика* (от греч. *генезис* — происхождение) — наука о закономерностях наследственности и изменчивости организмов.

**Наследственная программа организма.** Носителями наследственной информации служат молекулы ДНК, сосредоточенные в хромосомах. В процессе деления они переходят в новые клетки. Но эти клетки не содержат готовых признаков, или *фенов* (от греч. *файно* — явный), а несут только структурные задатки возможных признаков в виде генов. Материальной основой наследственности, определяющей развитие признака, является ген — участок молекулы ДНК. Он же служит единицей измерения такого биологического явления, как наследственность.

Наследственная программа организма реализуется по схеме:

ГЕН → БЕЛОК → ПРИЗНАК (ФЕН)





Совокупность всех наследственных признаков — генотипа организма, полученных от обоих родителей, называют *генотипом* (от греч. *ген* и *типос* — отпечаток, форма). Однако не все полученные по наследству признаки проявляются у организма. Так, потомки по одним признакам могут быть похожи на одного родителя, а по другим — на другого. Иногда проявляются даже признаки, свойственные более далеким предкам. Совокупность внутренних и внешних признаков, которые проявляются у организма в процессе его индивидуального развития, называют *фенотипом* (от греч. *файно* и *типос* — отпечаток, форма).

Многочисленные эксперименты показали, что в гомологичных хромосомах находятся гены, регулирующие развитие одних и тех же признаков. Парные гены, отвечающие за проявление какого-либо одного признака, расположены в одних и тех же участках гомологичных хромосом. Например, гены цвета волос, глаз, формы уха у всех людей находятся в одинаковых участках и хромосомах. Гены принято обозначать буквами латинского алфавита: *A, a, B, b, C, c* и т. д.

Парные гены могут нести одинаковые или противоположные качества одного признака. Например, гены могут отвечать за признаки темной или светлой окраски волос, голубых или карих глаз, желтой или зеленой ок-

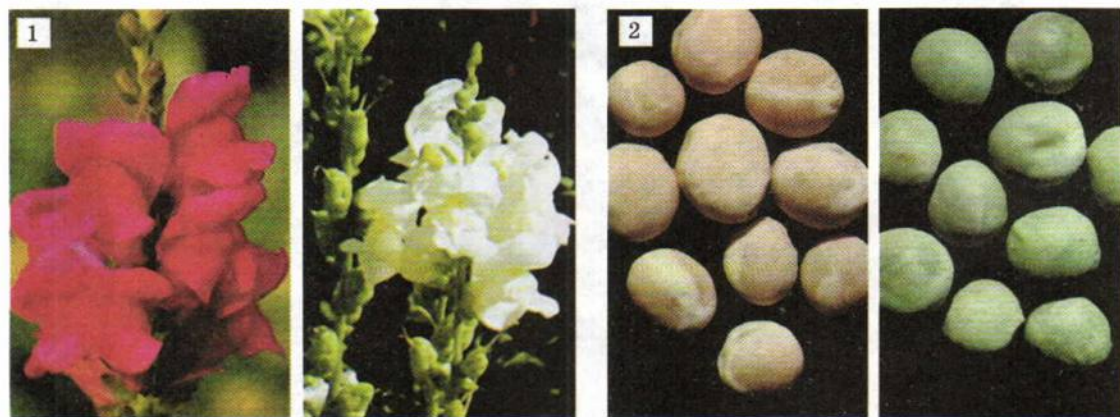


Рис. 104. Наследственные признаки растений: 1 — красные (AA) и белые (aa) цветки львиного зева; 2 — желтые (AA, Aa) и зеленые (aa) семена гороха

раски семян гороха, красной или белой окраски цветков львиного зева и др. (рис. 104). Если парные гены несут одинаковые качества признака, то их обозначают двумя одинаковыми заглавными или строчными буквами ( $AA$  или  $aa$ ). Если же парные гены несут разные качества признака, то их обозначают одной заглавной и одной строчной буквой ( $Aa$ ), причем на первом месте всегда записывается заглавная буква.

Организм, имеющий одинаковые гены в гомологичных хромосомах ( $AA$  или  $aa$ ), называют *гомозиготой* (от греч. *гомо* — одинаковый, равный). Организм, имеющий разные качества одного гена в гомологичных хромосомах ( $Aa$ ), т. е. несущий противоположные признаки, называют *гетерозиготой* (от греч. «*гетеро*» — разный).

Наблюдения показывают, что одни признаки в природе проявляются чаще других. Например, у шиповника чаще встречаются цветки с розовой окраской венчика, а с белой окраской бывают реже. Однако на кустах с белыми цветками никогда не встречаются розовые цветки. Другим примером служит проявление окраски семян у гороха. У одного сорта гороха семена имеют только желтую окраску, а у другого — только зеленую. Горох — самоопыляющееся растение, поэтому окраска его семян проявляется стабильно у каждого из сортов. Но если

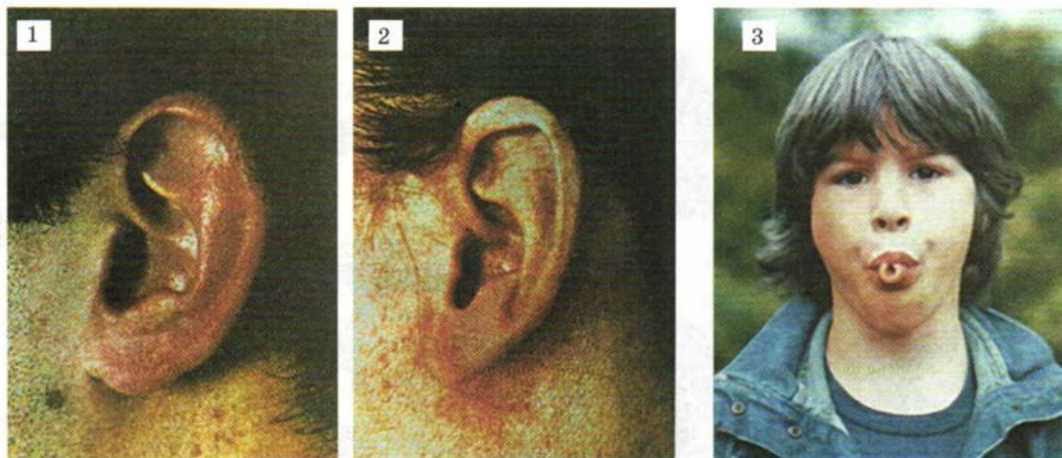


Рис. 105. Некоторые доминантные и рецессивные признаки человека: 1 — свободная ( $AA$ ,  $Aa$ ) мочка уха; 2 — сросшаяся ( $aa$ ) мочка уха; 3 — умение свертывать язык в трубочку ( $Aa$ ,  $Aa$ )





скрестить между собой два сорта, то все горошины оказываются только желтыми.

Экспериментальные исследования характера проявления противоположных признаков позволили установить, что при скрещивании организмов одни признаки из пары проявляются чаще других. Преобладающий признак, который проявляется всегда, как в гомозиготном, так и в гетерозиготном состоянии, называют *доминантным* (от лат. *доминантус* — господствующий). Доминантный признак принято обозначать заглавными буквами: А, В, С и т. д. (рис. 105).

Подавляемый признак проявляется только в гомозиготном состоянии, при наличии двух одинаковых по качеству генов. Такой признак называют *рецессивным* (от лат. *рецессус* — отступление, отклонение), а ген обозначают соответствующей строчной буквой: а, b, с и т. д. В гетерозиготном состоянии рецессивный признак может полностью или частично подавляться доминантным.

**Хромосомная теория наследственности.** Изучение процесса мейоза позволило установить связь между передачей наследственных свойств организмов и образованием половых клеток. Мейоз обеспечивает появление в гаметах разнообразной по качеству генетической информации. Это связано с особым поведением хромосом при мейозе, обнаруженном в результате скрещивания.

В 1912 г. на основании изучения дрозофил (рис. 107) американский ученый Томас Хант Морган (рис. 106) сформулировал *хромосомную теорию наследственности*. Основные ее положения следующие:

1) единицей наследственной информации является ген, который расположен в хромосоме;

2) каждая хромосома содержит множество генов; они располагаются в ней линейно, т. е. в определенной последовательности друг за другом;

3) гены, расположенные в одной хромосоме, наследуются организмом совместно, или сцепленно и образуют группу сцепления;

4) число групп сцепления генов равно числу пар гомологичных хромосом организма;

5) сцепление генов может нарушаться в процессе кроссинговера, что увеличивает число комбинаций генов в гаметах организма;



Рис. 106. Томас Хант Морган (1866—1945)



Рис. 107. Плодовая мушка дрозофила и ее хромосомы

б) в процессе мейоза гомологичные хромосомы попадают в разные гаметы, негомологичные хромосомы расходятся произвольно, независимо друг от друга.



*Наследственность, генетика, генотип, фенотип, гомозигота, гетерозигота, доминантный и рецессивный признаки, независимое распределение хромосом, хромосомная теория наследственности.*



*1. Дайте определение наследственности. Что изучает генетика? Приведите определения основных генетических терминов. 2. В чем отличие генотипа организма от его фенотипа? 3. Можно ли определить генотип отдельной особи только на основании внешних признаков? В каких случаях? Ответ поясните. 4. Почему гены в организме парные? Сохраняется ли эта особенность в организмах с одинарным набором хромосом? 5. Какие особенности поведения хромосом в мейозе лежат в основе хромосомной теории наследственности? 6. Перечислите основные положения хромосомной теории наследственности.*



*1. Определите, сколько типов гамет будут давать особи с генотипом AA, Bb, AAcc, AaCc. 2. Запишите схему скрещивания двух особей с генотипами AA и aa, используя следующую генетическую символику: P — родительские особи (♀ — материнская особь; ♂ — отцовская особь); G — гаметы родителей; F — потомство от скрещивания.*





## § 26.

### ФЕНОТИП ОРГАНИЗМА КАК РЕЗУЛЬТАТ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕНОТИПА

Вспомните, что такое наследственность и изменчивость как свойства живого. В чем сущность хромосомной теории наследственности? Что такое генотип и фенотип? От чего зависит проявление признаков у организмов?

Генотип особи реализуется в его фенотипе. Организм наследует определенные гены, но мы видим лишь их проявление — признаки. При этом, как вы уже знаете, не все гены проявляются. Для изучения закономерностей наследственности и изменчивости ученые-генетики используют различные методы. Один из них — *гибридологический* (от греч. *гибрида* — помесь). В основе этого метода лежит скрещивание различных по своим признакам организмов с целью изучения характера их наследования в потомстве.

**Чистые линии и гибриды.** Организмы, гомозиготные по какому-либо одному или нескольким признакам, называют *чистой линией*. Они получаются от одной самоопыляющейся, самооплодотворяющейся особи или от двух организмов с одинаковым проявлением признаков в течение нескольких поколений.

Организмы, полученные от скрещивания двух чистых линий, называют *гибридами*. По результатам гибридизации определяют доминантные признаки, а по характеру проявления признаков у гибридов — полное или частичное подавление рецессивных признаков. Проводится точный количественный учет наследования каждого признака в поколениях. Статистически достоверные результаты получаются только при анализе достаточно большого числа потомков.

► Другие методы, которые применяют ученые-генетики — *цитологический* и *молекулярно-генетический*. Первый метод основан на анализе хромосомного набора особей, изучении процесса деления клеток. С его помощью определяется число хромосом в клетках организма и в гаметах. Второй метод основан на изучении структу-



Рис. 108. Грегор Иоганн Мендель (1822—1884)

ры генов, их числа и последовательности расположения в ДНК, генных мутаций.

**Основные законы наследственности.** С давних времен человека занимал факт сходства родителей и детей. Развитие сельского хозяйства привело к накоплению сведений о наследственной природе признаков культурных растений и домашних животных и определенном характере их проявлений. В середине XIX в. было сделано много попыток установить природу этих явлений.

Первым действительно научным шагом к изучению наследственных свойств организмов явились исследования чешского монаха Грегора Йоганна Менделя (рис. 108) в 1865 г. В своих опытах он применил гибринологический метод, который позже использовали и другие ученые.

Многочисленные эксперименты Менделя на горохе посевном показали, что при скрещивании организмов двух чистых линий с противоположными признаками все полученные гибриды оказываются одинаковыми (рис. 109). При этом они либо похожи на одного из родителей, либо имеют промежуточные признаки. Например, при скрещивании двух чистых линий гороха с желтыми и зелеными семенами Мендель получил в потомстве только растения с семенами желтого цвета. На основании этих данных ученый вывел *закон доминирования*, или *единообразия гибридов первого поколения*. Этот закон гласит, что при скрещивании двух гомозиготных особей, отличающихся друг от друга по одной паре признаков, все гибридное потомство в первом поколении единообразно.

Опытные скрещивания были проведены затем другими учеными на разнообразных объектах, и во всех случаях был получен один и тот же результат. Например, при скрещивании белых гладкошерстных морских свинок с черными ангорскими свинками все потомство оказалось черным ангорским. В некоторых случаях у гибридов развивался промежуточный признак. Так, при скрещивании растения ночной красавицы с красными и белыми цветками, все потомство имело розовые цветки (рис. 110).

Однако такие явления наблюдались только в первом поколении, при последующих скрещиваниях полученных гибридов между собой рецессивные признаки все же проявлялись у небольшого числа потомков. Происхо-



Рис. 109. Гибринологический метод, примененный Менделем для изучения закономерностей наследования признаков у гороха посевного



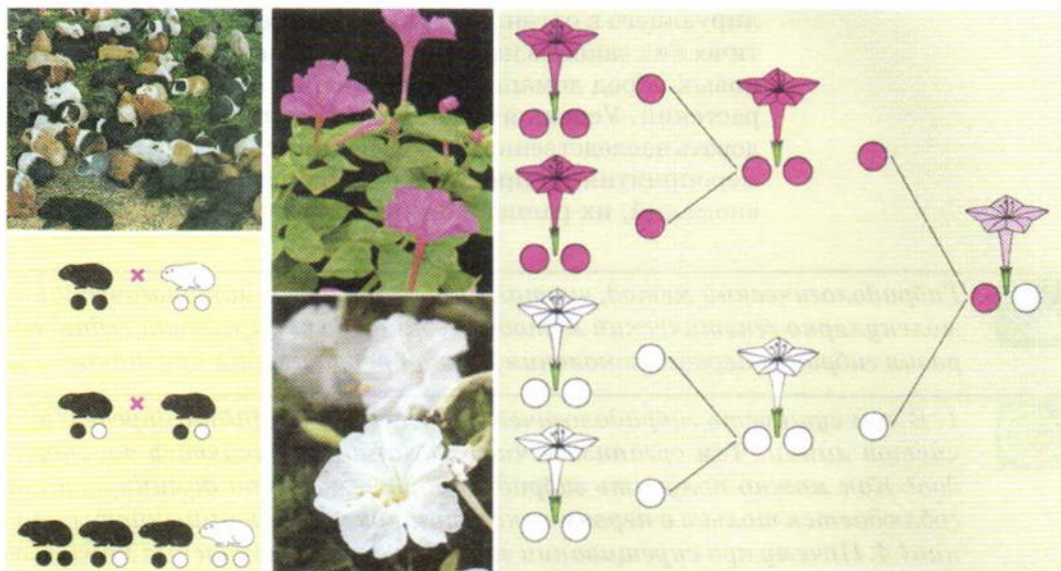


Рис. 110. Иллюстрации закона доминирования, или закона единообразия гибридов первого поколения у морских свинок и у ночной красавицы (кружками обозначены гены)

дило расщепление признаков. Это явление Мендель назвал *законом расщепления признаков*. Закон расщепления гласит, что при скрещивании двух гетерозиготных особей, т. е. гибридов, в их потомстве наблюдается расщепление признаков.

► Следует отметить, что подобное расщепление наблюдается при наследовании нескольких признаков только в том случае, если их гены находятся в разных хромосомах. В случае если гены разных признаков находятся в одной хромосоме, они будут наследоваться совместно, или сцепленно друг с другом. Например, у томатов сцепленно наследуются высота стебля и форма плодов: нормальная высота стебля и округлая форма плодов — доминантные признаки и наследуются совместно. ◀

Развитие генетики в настоящее время связано с изучением природы генов и основ наследственности на молекулярно-генетическом уровне. Генетика стала основой для возникновения новой отрасли биологии — генной инженерии, связанной с направленным изменением структуры генов, синтезом необходимых человеку белков, например гормона поджелудочной железы инсулина, регу-

лирующего в организме углеводный обмен. Знание генетических законов используются учеными для выведения новых пород домашних животных и сортов культурных растений. Успехи в развитии генетики позволили исследовать наследственные заболевания человека, разработать мероприятия по предупреждению развития различных аномалий, их ранней диагностики и лечению.



Гибридологический метод, чистая линия, гибрид, ► цитологический и молекулярно-генетический методы ◄, закон доминирования (единообразие гибридов первого поколения), закон расщепления признаков.



1. В чем сущность гибридологического метода? 2. Дайте определение чистой линии. Чем организмы чистой линии отличаются от гибридов? Как можно получить гибриды? 3. Почему закон доминирования соблюдается только в первом поколении при скрещивании чистых линий? 4. Почему при скрещивании гибридов первого поколения между собой во втором поколении происходит расщепление признаков?



В 80-х гг. XIX в. исследование процессов деления клеток позволило сформулировать идею о дифференцированном (неравнонаследственном) делении ядер. Немецкий зоолог А. Вейсман сформулировал теорию зародышевой плазмы, согласно которой в ядрах клеток существуют особые частицы — биофоры, от которых зависят отдельные свойства клеток. Биофоры группируются в хромосомы, которые Вейсман назвал носителями наследственных факторов, и располагаются в хромосомах линейно.

В 1856–1863 гг. Г. Мендель провел опыты по гибридизации посевного гороха, результаты которых были доложены в Брюннском обществе испытателей природы и опубликованы год спустя.

Следующим важным шагом в развитии представлений о наследственности было открытие иного типа деления клеток при образовании гамет. В 1883 г. Т. Бовери описал мейоз и отметил, что процессы митоза и мейоза схожи, но приводят к различным результатам.

В 1900 г. независимо друг от друга ботаники К.Э. Корренс в Германии, Г. Де Фриз в Голландии и Э. Чермак в Австрии переоткрыли законы наследственности Менделя. В 1906 г. У. Бэтсон предложил назвать новую отрасль биологической науки генетикой, а датский биолог В. Иоганнсен назвал наследственные факторы генами и ввел термины генотип и фенотип.





## § 27.

### ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗНАКОВ У ОРГАНИЗМОВ

*Вспомните, как влияет генотип на проявления признаков. Что такое мутации? Как возникают мутации на молекулярно-генетическом уровне?*

В процессе индивидуального развития некоторые признаки появляются не сразу и изменяются в течение жизни. При одном и том же генотипе могут формироваться разные фенотипы. Например, если два одинаковых по генотипу организма содержать в разных условиях, то они будут отличаться по фенотипу. Растения, выращенные из семян одного сорта и даже с одной особи, могут различаться по высоте, времени цветения, величине плодов.

*Изменчивость* — это способность организма изменяться в процессе индивидуального развития под воздействием различных условий среды.

**Виды изменчивости.** Фенотип является результатом взаимодействия генотипа с различными условиями среды. В зависимости от характера воздействующих условий изменения могут наследоваться или не наследоваться. Если изменения затрагивают лишь фенотип организма, то они не наследуются. В этом случае генотип сохраняется, а возникшие в процессе индивидуального развития изменения не передаются потомству. Если изменения затрагивают генотип организма, т. е. изменяются его гены, то такие изменения наследуются. Отсюда, выделяют два типа изменчивости — ненаследственную и наследственную.

*Ненаследственная изменчивость* возникает у организмов под прямым влиянием условий среды. Например, у зайца-беляка зимой при низких температурах вырастает белая шерсть, т. е. пигмент в волосах не образуется (рис. 111). Весной при повышении температуры пигмент начинает вырабатываться, и шерсть становится бурой. Такая изменчивость организмов всегда адекватна условиям среды и является приспособительной. Она способствует выживанию особей. Так, белый мех зайца-беляка позволяет ему быть незаметным для своих врагов на фоне белого снега.

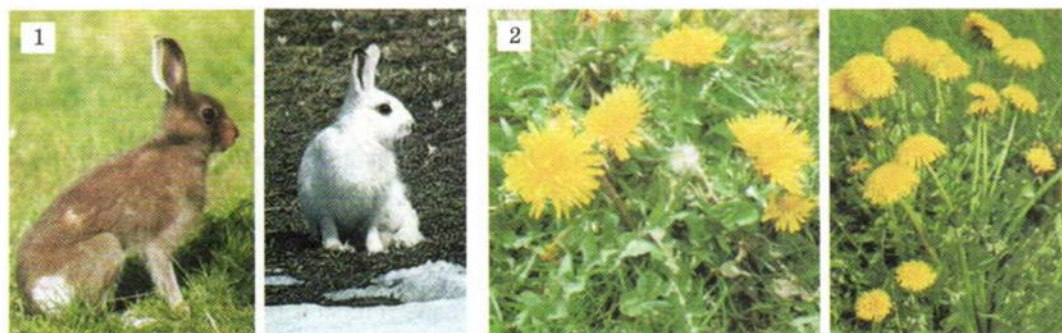


Рис. 111. Ненаследственная изменчивость: 1 — изменение окраски шерсти у зайца-беляка; 2 — одуванчики, выросшие на плодородной (справа) и бедной (слева) почве

Ненаследственная изменчивость проявляется постепенно. Эти изменения проявляются у многих особей в одной группе, т. е. они — массовые. Так, все одуванчики, выросшие на плодородной почве в саду имеют большой рост и крупные соцветия, и, наоборот, на плохой почве — растения низкие с небольшими корзинками (рис. 111).

**Наследственная изменчивость.** В отличие от ненаследственной изменчивости *наследственная изменчивость* затрагивает генотип и передается по наследству. Она бывает комбинативная и мутационная.

*Комбинативная изменчивость* связана с появлением новых сочетаний признаков у организмов вследствие комбинации их генов. В результате у потомков появляются такие признаки, которые могли отсутствовать у их родителей. Например, таксы бывают как длинношерстные, так и короткошерстные разного окраса (рис. 112). У человека зеленый, голубой и карий цвет глаз может сочетаться со светлыми и темными волосами в разных комбинациях.

Комбинативная изменчивость определяет разнообразие особей одного вида. Она способствует появлению таких признаков, которые используются человеком при выведении новых сортов растений и пород животных.

К наследственной изменчивости относят и мутации. Вы уже познакомились с особенностью этой изменчивости на молекулярно-генетическом уровне организации жизни. Генотип любого организма подвергается воздействию внешних факторов, которые могут вызвать «ошибки» в структуре хромосом или генов. В результате происходит





изменение генотипа и возникает новый признак — мутация. Разные виды мутаций встречаются у растений, животных, человека (рис. 113).

Мутации связаны не только с ошибками в редупликации ДНК и синтезе белка, но и с нарушениями в хромосомах в процессе деления клетки. Иногда при воздействии химических веществ ядро клетки растений начинает делиться быстрее, чем сама клетка. В результате возникают клетки с удвоенным набором хромосом. Из них развиваются растения, отличающиеся значительно большей величиной цветков, плодов и листьев, чем экземпляры с нормальным набором хромосом (рис. 113, 2). Это имеет положительное значение как для самих растений, так и для человека при их выращивании на полях и в садах.

Мутационная изменчивость носит скачкообразный характер, отсутствует постепенность в изменении признаков организмов. Мутации индивидуальны и возникают у единичных особей. Воздействие одинаковых внешних условий вызывает у каждого организма разные мутации. Например, облучение зерновок пшеницы перед посевом рентгеновскими лучами приводит в одних случаях к образованию неполноценных колосьев, в другом случае к отсутствию колоса, в третьем случае —



Рис. 112. Наследственная комбинативная изменчивость окраски и длины шерсти у такс

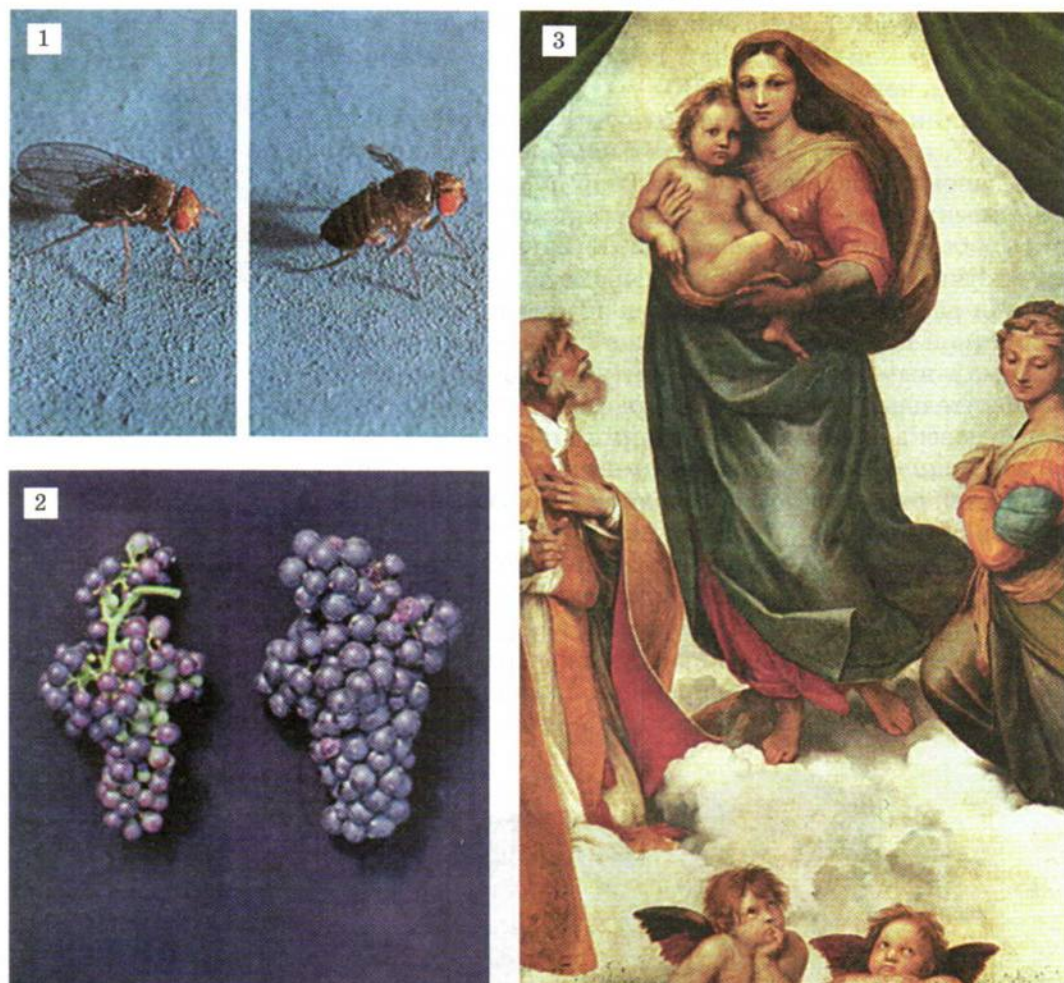


Рис. 113. Наследственная мутационная изменчивость у разных организмов: 1 — дрозофила с мутацией «бескрылость» (слева — нормальная крылатая особь); 2 — сорт винограда с увеличенным набором хромосом в клетках (слева — виноград с нормальным набором хромосом); 3 — изображение мутации полидактилии (многопалости) у папы Римского Сикста II на картине Рафаэля «Сикстинская мадонна»

к формированию более крупного колоса. Таким образом, мутационная изменчивость не предсказуема. По своему значению мутации могут быть для организмов безразличными, т. е. ненужными, или полезными, но чаще всего они — вредны, т. к. снижают жизнеспособность *организмов-мутантов*.





Итак, развитие признака у любого организма — результат взаимодействия его генотипа с внешней средой. Генотип и среда, взаимодействуя, определяют развитие фенотипа организма.

**Биологическое значение наследственности и изменчивости.** Наследственность и изменчивость — два противоположных свойства организма, которые составляют единое целое в природе. Наследственность реализуется в процессе размножения, а изменчивость — в процессе индивидуального развития организма. Наследственность обеспечивает стабильность организма, его наследственной программы и передачу в поколениях определенных признаков. Ее реализация основана на редупликация ДНК и поведении хромосом в мейозе. Точность этих процессов является гарантией стабильности свойств и функций организма. Таким образом, наследственность как свойство живого реализуется на всех уровнях его организации. Наследственность консервативна и направлена на сохранение признаков организма в неизменности.

Изменчивость — явление нестабильности наследственных свойств живого. Она возникает в процессе индивидуального развития организма. Ненаследственная изменчивость непрерывна. Изменения возникают в результате непосредственного влияния среды на организм. Для нее характерен ряд постепенных переходов от одной формы к другой. Биологическое значение ненаследственной изменчивости — повышение приспособительных возможностей организма и разнообразие признаков у особей, принадлежащих к одному виду.

Генотип — достаточно устойчивая и консервативная система, а процесс редупликации ДНК близок к совершенству. Стойкость гена имеет большое биологическое значение. Она обеспечивает постоянство вида и его неизменность в относительно стабильных условиях. Вместе с тем гену присуща и способность к мутациям и новым сочетаниям при половом размножении, что приводит к изменению генотипа. Наследственные изменения при этом носят непредсказуемый характер. Наследственная изменчивость прерывиста и индивидуальна. Различия между особями резко выражены, а промежуточные формы отсутствуют.

#### ИЗМЕНЧИВОСТЬ



Особое значение имеет мутационная изменчивость. Она возникает случайным образом при воздействии различных факторов на генотип. Мутации не адекватны воздействию факторов, единичны и разнообразны. В природных условиях каждый отдельно взятый ген мутирует очень редко. На первый взгляд, может показаться, что изменения в генах несущественны для особи. Но в действительности у организма несколько тысяч генов. Если учесть, что мутации могут происходить в любом из них, общее число мутаций резко повышается. Мутации часто вредны, так как меняют приспособительные признаки организмов. Однако именно мутации создают резерв наследственной изменчивости и играют важную роль в процессе исторического развития органического мира на Земле.



*Изменчивость, ненаследственная изменчивость, наследственная изменчивость: комбинативная, мутационная; организмы-мутанты.*



*1. Дайте определение изменчивости. Какими особенностями обладает ненаследственная изменчивость? 2. Когда возникает комбинативная изменчивость? 3. Чем мутационная изменчивость отличается от комбинативной? 4. Сравните два свойства организма: наследственность и изменчивость. Какое из них первично, а какое вторично? 5. У любого организма можно обнаружить признаки, типичные для его родителей. Тем не менее, даже у потомков одной родительской пары трудно найти двух абсолютно одинаковых особей, если они не являются близнецами. С чем это связано? 6. Какая из двух видов изменчивости имеет большее значение для исторического развития органического мира на Земле? Ответ обоснуйте.*



*Сравните между собой наследственную и ненаследственную изменчивость. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.*

#### ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОРГАНИЗМОВ

| Признаки<br>для сравнения | Ненаследственная<br>изменчивость | Наследственная изменчивость |             |
|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------|
|                           |                                  | комбинативная               | мутационная |
|                           |                                  |                             |             |



ГЛАВА 5

# ПОПУЛЯЦИОННО-ВИДОВОЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ





## § 28.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ  
О ВИДЕ И ЭВОЛЮЦИИ

*Вспомните из учебников «Растения. Бактерии. Грибы и лишайники» и «Животные» с именами каких ученых связано зарождение зоологии и систематики растений. Какой вклад внесли эти ученые в биологию?*



Рис. 114. Аристотель  
(384—322 гг. до н. э.)

В природе все организмы образуют отдельные самостоятельные существующие виды растений, животных, грибов и др. В настоящее время их известно свыше 2 млн. Многообразие видов организмов ставит перед наукой вопросы: как возникли виды, в чем причина их разнообразия? Ответы на них дает *эволюционное учение* (от лат. *эволюцио* — развертывание) — раздел биологии, рассматривающий процессы исторического развития органического мира на Земле.

**Первые попытки классификации организмов.** Первым, кто попытался осуществить классификацию организмов, был древнегреческий ученый Аристотель (рис. 114). Он разделил весь животный мир на животных с кровью (позвоночных) и животных без крови (беспозвоночных). Он также впервые употребил для обозначения организмов термин «вид», которым обозначил животных, имеющих сходство во внешнем и внутреннем строениях. Первые виды животных, считал Аристотель, возникли путем самопроизвольного зарождения из солнечного света, тины и почвы, а новые виды образуются в результате скрещивания уже существующих.

Первую попытку классификации растений осуществил ученик и последователь Аристотеля — древнегреческий ученый Теофраст (рис. 115). Он выделил несколько групп растений, например: деревья, кустарники, полукустарники и травы; наземные и водные; листопадные и вечнозеленые. Теофраст указывал на изменчивость растений под влиянием климата и возможность перерождения одних видов растений в другие.

**Зарождение и развитие систематики. Креационизм.** Долгое время термин «вид», введенный Аристотелем, не имел научного содержания и использовался лишь как ус-

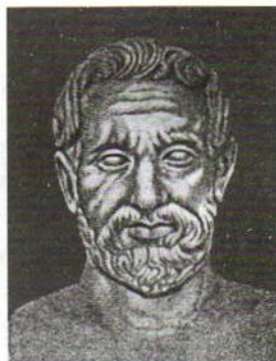


Рис. 115. Теофраст  
(370—285 гг. до н. э.)





ловное понятие. С развитием *систематики* — науки о классификации организмов, вид постепенно становится ее основной единицей. Английский натуралист Джон Рей (рис. 116) был первым, кто разработал учение о виде и попытался определить признаки, по которым один вид организма отличался от другого. Основным признаком вида Рей считал способность организмов, принадлежащих к одному виду, воспроизводить себе подобных. Так, видом растений он называл группу организмов, которые давали из своих семян точно такие же растения. Однако систематизировать виды Рею не удалось. Эту работу выполнил шведский ученый Карл Линней (рис. 117), которого считают основоположником систематики.

В книге «Система природы» Линней в 1753 г. описал более 10 000 видов растений и животных и разработал принципы их классификации, положив тем самым конец путанице названий, царившей в науке со времен Аристотеля и Теофраста. Вид организма Линней стал считать основной систематической единицей, представленный в природе вполне реально существующими особями, имеющими сходное строение. Родственные виды организмов Линней объединил в более крупные систематические группы — роды, сходные роды — в отряды и порядки, а отряды и порядки — в классы.

Таким образом, систематика Линнея основывалась на *принципе иерархичности* (соподчиненности) систематических единиц различного ранга — от вида до класса. С дальнейшим развитием систематики в науке появились и другие систематические категории, например семейство, тип и царство.

Линней широко распространил в науке *двойную номенклатуру*, согласно которой каждый вид организма имеет только одно, присущее ему название, состоящее из двух слов — родового (существительное) и видового (прилагательное). Название дается на латинском языке. Например, полное название растения *Фиалка собачья* пишется как *Viola canina* (Виола канина). Двойную номенклатуру применяют ученые и сейчас.

Система органического мира, в которую Линней объединил все известные в то время виды растений и животных, была искусственной. Признаки, выбранные им для классификации организмов были произвольными и



Рис. 116. Джон Рей (1627—1705)

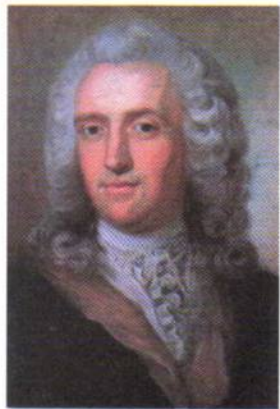


Рис. 117. Карл Линней (1707—1778)

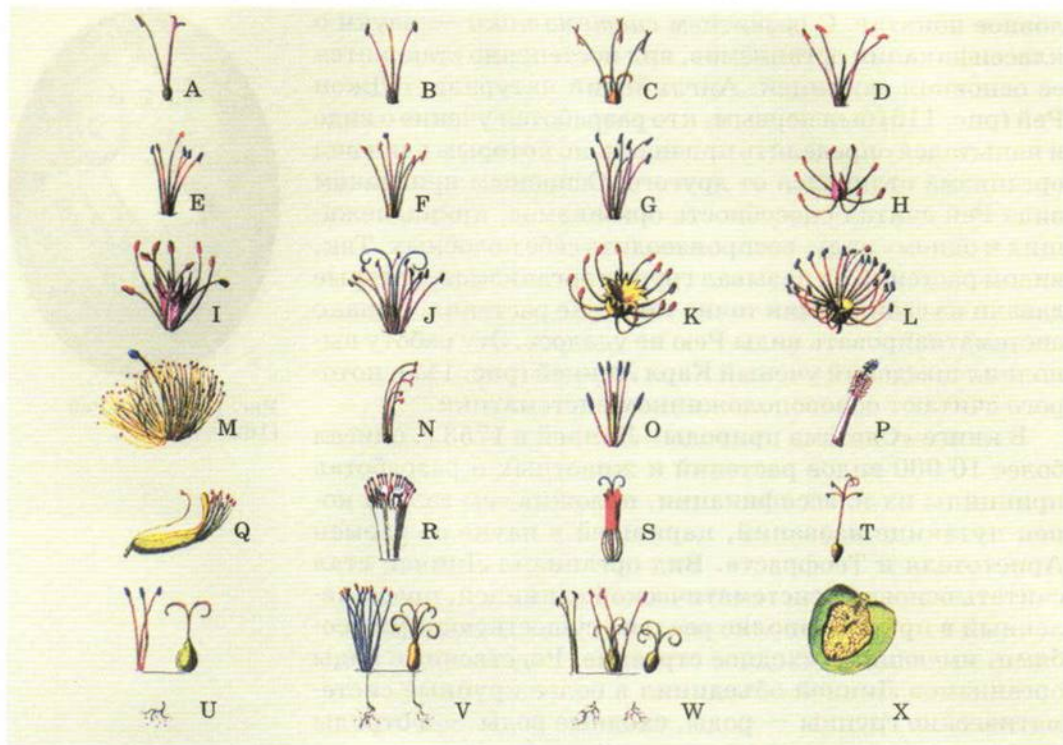


Рис. 118. Классификация растений по Линнею: А—Х — разные классы растений

не учитывали их происхождения и родства. Так, за основу классификации растений Линней взял особенности строения цветка — число тычинок и пестиков (рис. 118). Поэтому неродственные виды попали в один класс, а близкородственные — в разные. Такой же искусственной была и линнеевская классификация животных. В ее основу он положил особенности строения кровеносной системы, не учитывая других признаков.

Признавая реальность существования в природе видов, Линней в то же время отрицал возможность их изменений и развития. «Видов столько, — писал Линней, — сколь их создало Бесконечное существо, т. е. Бог». Такие взгляды на неизменяемость видов получили название *креационизма* (от лат. *креатио* — создание). Креационизм признавал божественное творение природы, ее изначальную целесообразность и неизменность.





**Трансформизм.** Постепенное накопление сведений об изменяемости видов организмов привело к появлению в науке идей *трансформизма* (от лат. *трансформаре* — превращать, преобразовывать) — представления об изменяемости организмов под влиянием естественных причин и превращения одних видов растений и животных в другие виды. Первым идею трансформизма сформулировал французский ученый Жорж Луи Бюффон (рис. 119). В труде «Естественная история» он высказал мысль об изменяемости животных и растений под воздействием условий внешней среды: климата, пищи и одомашнивания человеком. Однако трансформизм Бюффона лишь формально противостоял креационизму, никаких доказательств изменяемости органического мира этот ученый не привел.

**Ламаркизм.** Первую эволюционную теорию развития живой природы, подкрепленную фактами, создал французский натуралист — Жан Батист Ламарк (рис. 120). В труде «Философия зоологии» в 1809 г. он раскрыл причины эволюции органического мира и сформулировал три эволюционных закона, по которым происходит развитие живой природы.

Согласно теории Ламарка, названной впоследствии *ламаркизмом*, все виды организмов постоянно изменяются в направлении от простых форм к сложным. Говоря об этих изменениях, Ламарк отрицал реальность существования видов в природе и считал, что эта категория придумана учеными лишь для облегчения классификации организмов.

Главная причина эволюции по Ламарку заключается в стремлении организмов к самосовершенствованию, врожденно заложенном в каждом из них. Это стремление наталкивается в процессе эволюции на преграды — необходимость приспособления организмов к условиям окружающей среды. У организмов, не обладающих нервной системой, например, растений, она достигается путем прямого приспособления к условиям среды — это *закон прямого приспособления*. Так, растение стрелолист, растущее по берегам водоемов, образует в зависимости от условий среды три формы листьев: стреловидные воздушные, плавающие округлые и лентовидные подводные (рис. 121).



Рис. 119. Жорж Луи Бюффон (1707—1788)



Рис. 120. Жан Батист Ламарк (1744—1829)

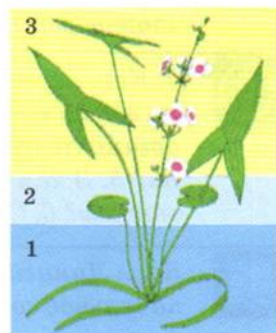


Рис. 121. Видоизменение листьев у стрелолиста: 1 — подводные; 2 — плавающие; 3 — воздушные

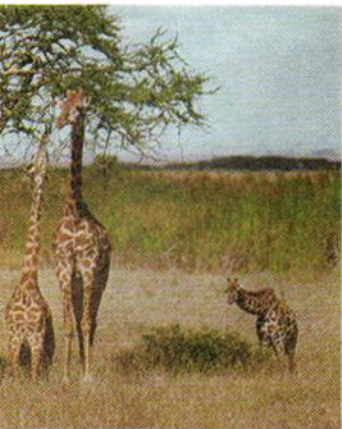


Рис. 122. Жирафы

У организмов с высокоорганизованной нервной системой приспособительные изменения осуществляются путем упражнения или неупражнения органов — это *закон упражнения и неупражнения органов*. Например, длинная шея у жирафа, согласно теории Ламарка, развилась в результате постоянных упражнений при поедании листьев высоких деревьев (рис. 122). Отсутствие ног у змей — результат ползания по земле и неупражнения конечностей, имевшихся у их предков.

Приобретенные в результате прямого приспособления упражнения или неупражнения органов признаки организмов всегда передаются их потомству. Об этом гласит третий эволюционный закон Ламарка — *закон наследования благоприобретенных признаков*.

Представления Ламарка о движущих силах эволюции (три эволюционных закона) были ошибочными. Вместе с тем, работы Ламарка имели и прогрессивное значение для развития науки. Он создал первую эволюционную теорию, подкрепленную фактами и отметил ее поступательный характер. Ламарк также разработал основные принципы классификации животных и растений в виде родословного древа от простейших до человека и ввел в науку термин «биология».



Систематика, принцип иерархичности, двойная номенклатура, креационизм, трансформизм, ламаркизм, закон прямого приспособления, закон упражнения и неупражнения органов, закон наследования благоприобретенных признаков.



1. Кто первым ввел в науку термин «вид»? 2. Какое значение для науки имели труды Линнея? 3. Каковы взгляды Линнея на происхождение органического мира? 4. Какое значение для науки имели труды Бюффона? 5. В чем сущность первой эволюционной теории, выдвинутой Ламарком? 6. Сравните взгляды на вид и эволюцию Линнея и Ламарка.



Карл Линней рассматривал каждый вид организма как потомка первоначальной созданной Богом родительской пары, сохраняющей в неизменности все ее признаки. К концу жизни, Линней под давлением научных фактов был вынужден признать изменяемость видов в природе. Он объяснил их влиянием климата, пищи и других условий, допуская также возможность гибридизации в природе уже существующих видов.





## § 29.

### ДАРВИНИЗМ И ЕГО ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

*Вспомните, какие крупные открытия произошли в биологии в первой половине XIX в. С именами каких ученых они связаны?*



Рис. 123. Чарлз Роберт Дарвин (1809—1882)

Движущие силы эволюции видов организмов в природе раскрыл английский ученый Чарлз Роберт Дарвин (рис. 123). Главный его труд — «Происхождение видов», впервые опубликованный в 1859 г., стал итогом многолетней работы по изучению и осмысливанию фактов, собранных самим Дарвином и другими учеными. Изложенное в этой книге эволюционное учение, названное впоследствии *дарвинизмом*, произвело коренной переворот во взглядах на живую природу, разделив всю историю биологии на додарвиновский и последарвиновский периоды.

**Предпосылки создания учения.** В первой половине XIX в. в науке были сделаны крупные открытия, подготовившие базу для создания Дарвином эволюционного учения. Так, геолог Чарлз Лайель, изучая историю Земли, доказал, что поверхность нашей планеты постоянно изменяется под влиянием различных естественных причин — землетрясений, извержений вулканов, действий ветра и дождя. Эмбриолог Карл Бэр открыл сходство зародышей позвоночных животных на ранних стадиях развития и сформулировал закон зародышевого сходства. В цитологии было открыто клеточное строение организмов и была сформулирована клеточная теория, доказывающая родство организмов.

Огромное влияние на Дарвина оказало его кругосветное путешествие в качестве натуралиста на корабле «Бигль». Во время путешествия Дарвин собрал коллекции минералов, животных, гербарии растений, сделал дневниковые записи и зарисовки. Особенно поразили Дарвина животные на островах Галапагосского архипелага, расположенного в Тихом океане (рис. 124, 125). Там он обнаружил 13 видов галапагосских вьюрков — птиц, распространенных только на этих островах и не встречающихся на материке. Причем на разных островах архипелага



Рис. 124. Карта Галапагосского архипелага

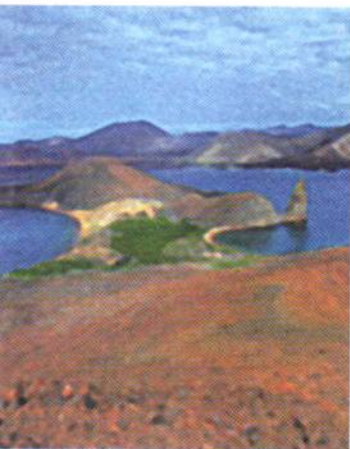


Рис. 125. Острова  
Галапагосского  
архипелага

Дарвин описал разные виды вьюрков, отличающихся величиной тела и формой клюва (рис. 126).

Отчего возникло такое разнообразие вьюрков? Дарвин предположил, что общим предком всех птиц был материковый вид вьюрка, от которого в процессе эволюции путем изменений и приспособлений к питанию разной пищей постепенно образовались сначала подвиды, а потом и разные виды. Причем главным условием видообразования стала изоляция островов архипелага друг от друга. Таким образом, Дарвин пришел к выводу о влиянии условий среды на расхождение признаков у организмов и видообразование.

**Учение об искусственном отборе.** После возвращения из путешествия Дарвин для обоснования своих эволюционных взглядов обратился к опыту разведения домашних животных и культурных растений. В Англии к тому времени были выведены многочисленные породы собак, голубей, кур и сорта капусты, яблонь и груш. Дарвин доказал, что все они имеют диких предков. Например, все сорта капусты происходят от одного дикого вида, а породы домашних собак — от волка и шакала (рис. 128). Сорта и породы получены в результате *искусственного отбора* — творческой целенаправленной деятельности человека по созданию культурных форм организмов.

Материалом для искусственного отбора служит наследственная изменчивость организмов. Дарвин назвал такую изменчивость *неопределенной* или *индивидуальной*, т. к. она свойственна отдельным особям организмов и возникает внезапно. Природа поставляет наследственные изменения, а человек отбирает среди них полезные для себя, сохраняет и размножает отдельных особей животных и растений, выводит новые породы и сорта.

Искусственный отбор служит основной движущей силой для создания культурных форм организмов. Он характеризуется массовой отбраковкой человеком непригодных особей, не обладающих нужными ему признаками. Это натолкнуло Дарвина на мысль о существовании в природе аналогичных факторов. Установив причины эволюции культурных форм организмов, он перешел к решению основной задачи — выяснению движущих сил эволюции, действующих в природе.



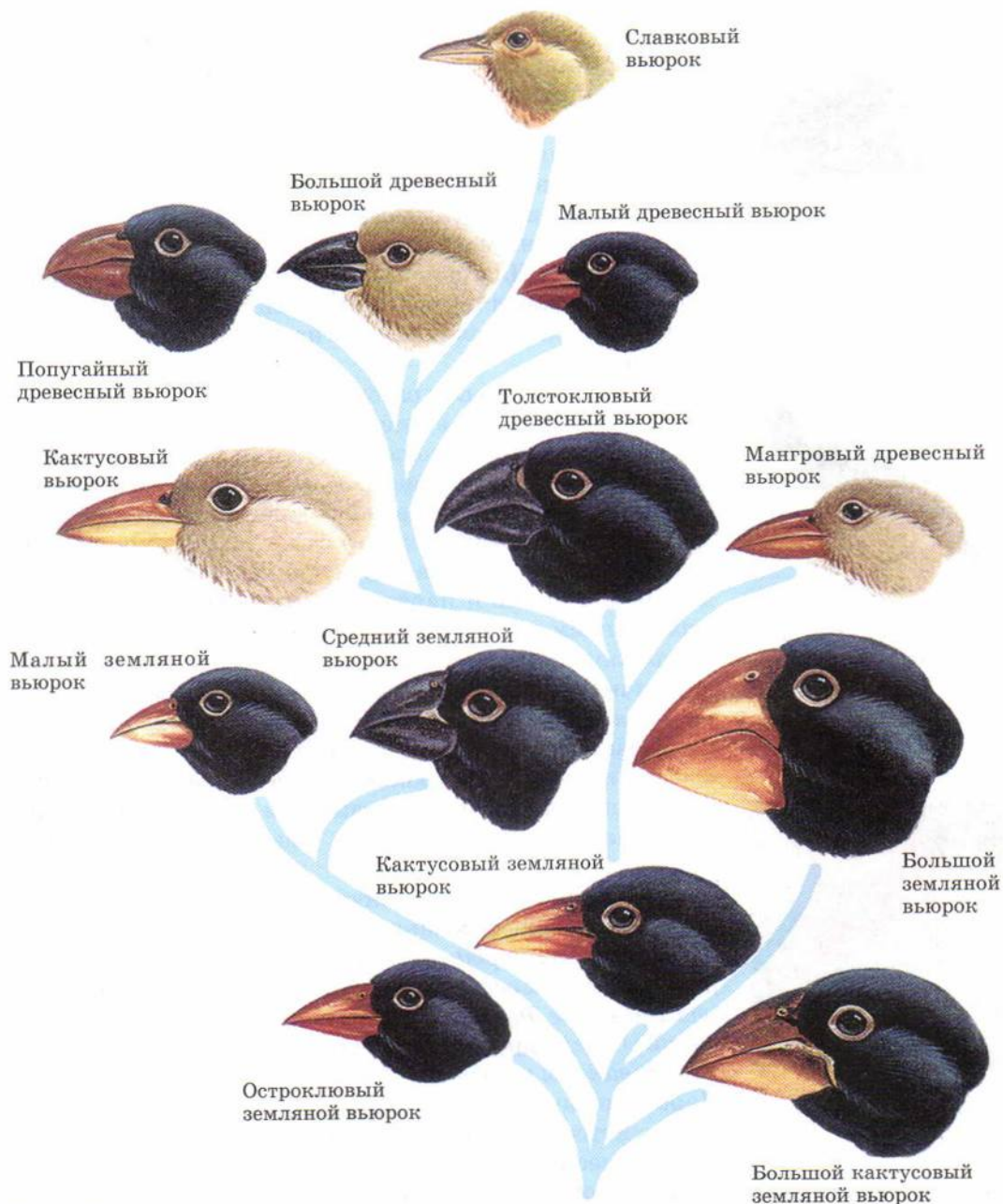
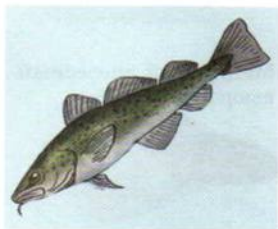


Рис. 126. Галапагосские (дарвиновы) вьюрки



Одна пара серых крыс за год дает 5 пометов в среднем по 8 детенышей



Самка трески выметывает за один нерест около 10 млн икринок



Одно растение мака ежегодно образует около 40 000 семян

Рис. 127. Плодовитость организмов в природе

**Учение об естественном отборе.** Дарвин обратил внимание на тот факт, что в дикой природе особи разных видов организмов так же, как и культурные формы, обладают широкой индивидуальной изменчивостью. Эти изменения могут быть безразличными, полезными или вредными для отдельных организмов. Возникает вопрос: все ли особи в этом процессе выживают и оставляют потомство? Если нет, то как осуществляется отбраковка особей с вредными признаками и сохраняются особи с полезными? Для поиска ответа на этот вопрос Дарвин проанализировал темпы размножения отдельных видов и выяснил, что в природе многие из них очень плодовиты (рис. 127).

Таким образом, как рассуждал Дарвин, в природе существует избыточная численность потомства. В то же время число взрослых особей тех или иных видов остается относительно постоянным. Причина этого в том, что большая часть потомства гибнет, не дожив до взрослого состояния. Гибель происходит в результате конкуренции особей за пищу, свет, влагу, а также по причине нападений хищников и паразитов. Несоответствие между стремлением организмов к избыточному размножению и ограниченностью природных ресурсов, привело Дарвина к первому важному выводу *о существовании в природе некоего механизма, уничтожающего часть особей*. Он назвал его *борьбой за существование*. Этот термин следует понимать в широком смысле как все формы взаимоотношений между организмами и неживой природой, определяющих их способность к выживанию и оставлению потомства.

Сопоставив факты изменчивости признаков у особей и борьбы за существование, Дарвин сделал второй важный вывод: *в природе происходит избирательное уничтожение одних особей, выживание и преимущественное размножение других*. Процесс сохранения одних особей за счет гибели других он назвал *естественным отбором* (выживанием наиболее приспособленных). Этот термин Дарвин использовал по аналогии с искусственным отбором. Естественный отбор направлен на сохранение особей с полезными для выживания признаками. Эти полезные признаки передаются в поколениях организмов благодаря наследственности. Таким образом, материалом



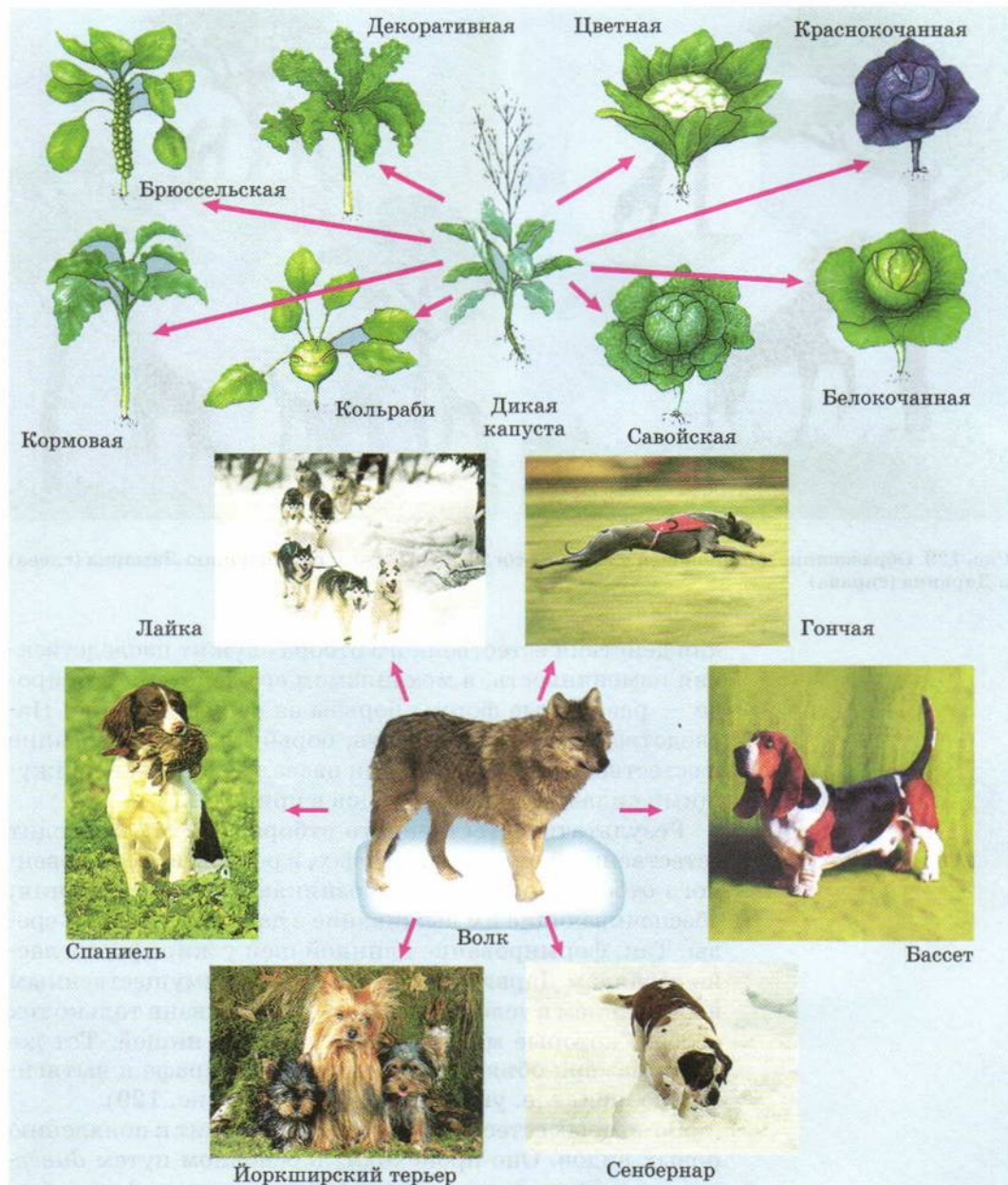


Рис. 128. Культурные формы организмов и их предки: 1 — дикий предок капусты и ее культурные сорта; 2 — породы домашних собак и их предок — волк

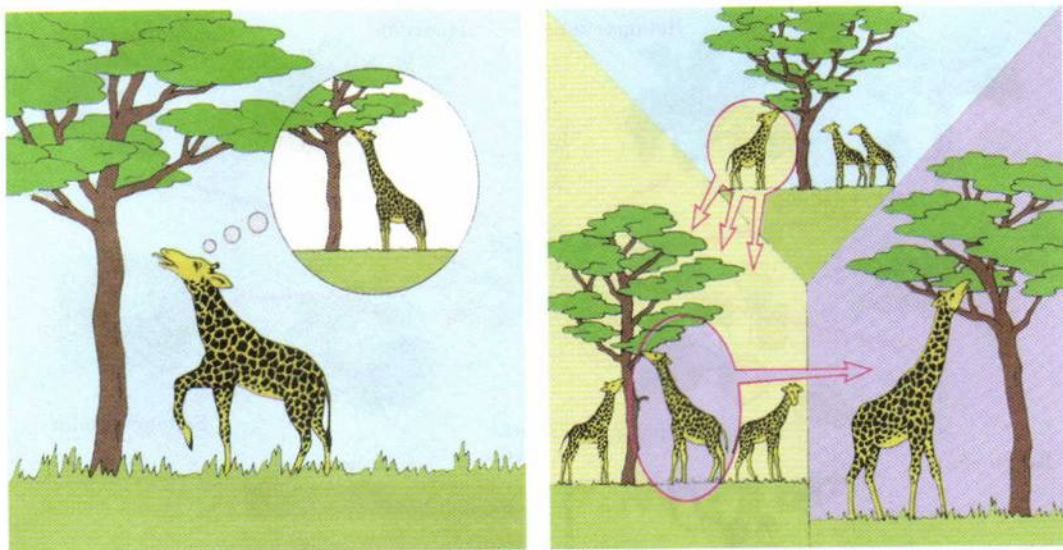


Рис. 129. Образование длинной шеи у жирафа согласно взглядам на эволюцию Ламарка (слева) и Дарвина (справа)

для действия естественного отбора служит наследственная изменчивость, а механизмом его действия в природе — различные формы борьбы за существование. Наследственную изменчивость, борьбу за существование и естественный отбор Дарвин назвал основными движущими силами эволюции видов в природе.

**Результаты естественного отбора.** К чему приводит естественный отбор? Во-первых, в результате естественного отбора у организмов возникают приспособления, обеспечивающие им выживание в данных условиях среды. Так, формирование длинной шеи у жирафа, согласно взглядам Дарвина, объясняется преимущественным выживанием в условиях африканских саванн только тех особей, которые могли обеспечить себя пищей. Тот же факт Ламарк объяснял стремлением жирафа к вытягиванию шеи, т. е. упражнением органа (рис. 129).

Во-вторых естественный отбор приводит к появлению новых видов. Оно происходит в основном путем *дивергенции* (от лат. *диверго* — отклоняюсь, отхожу), т. е. расхождения признаков у организмов. Причем, чем шире размах изменчивости признаков у организмов, тем боль-



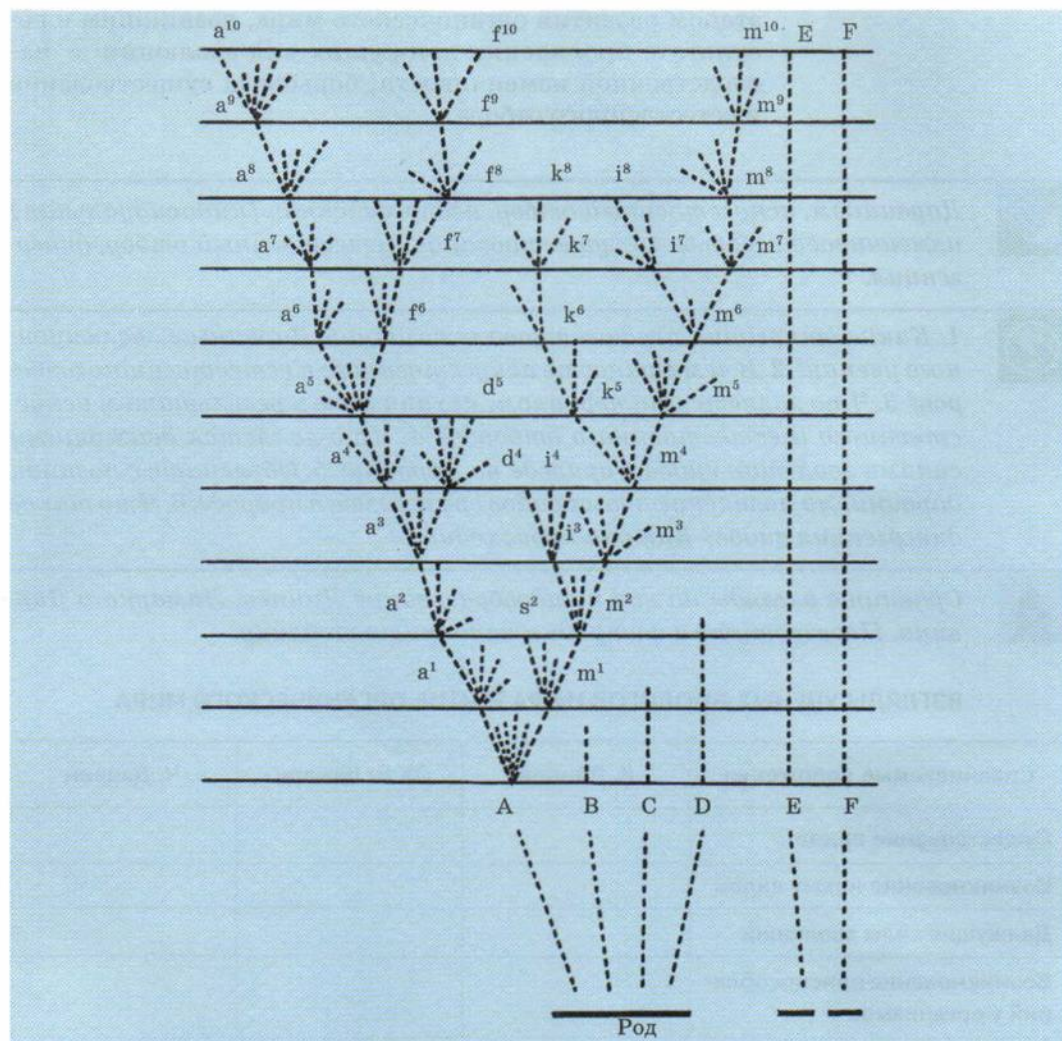


Рис. 130. Схема дивергентной эволюции видов согласно взглядам Дарвина: заглавные буквы — исходные виды, строчные буквы — образовавшиеся новые виды организмов

ше вероятность их расхождения у потомков. Постепенно в потомстве уклоняющиеся различия накапливаются, что и приводит к появлению новых видов (рис. 130).

Итак, дарвинизм признает реальность существования видов в природе. Вид организма является основным

этапом развития органического мира, возникшим в результате проявления движущих сил эволюции — наследственной изменчивости, борьбы за существование и естественного отбора.



Дарвинизм, искусственный отбор, неопределенная (индивидуальная) изменчивость, борьба за существование, естественный отбор, дивергенция.



1. Какие открытия предшествовали созданию Дарвиным эволюционного учения? 2. В чем сущность искусственного и естественного отбора? 3. Что является материалом, механизмом и результатом искусственного и естественного отбора? 4. Что является движущими силами эволюции видов в природе по Дарвину? 5. Объясните с позиций дарвинизма появление новых видов организмов в природе. 6. Что такое дивергенция видов? Как она происходит?



Сравните взгляды на вид и видообразование Линнея, Ламарка и Дарвина. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

#### ВЗГЛЯДЫ УЧЕНЫХ-БИОЛОГОВ НА РАЗВИТИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

| Сравниваемые положения                    | К. Линней | Ж.Б. Ламарк | Ч. Дарвин |
|-------------------------------------------|-----------|-------------|-----------|
| Существование видов                       |           |             |           |
| Возникновение новых видов                 |           |             |           |
| Движущие силы эволюции                    |           |             |           |
| Возникновение приспособлений у организмов |           |             |           |



Главный труд Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» вышел 24 ноября 1859 г. Весь тираж книги — 1250 экземпляров, был распродан в первый же день. Ее появление один из современников Дарвина сравнил со взрывом, «которого еще не видела наука... По тому эху, которое он вызвал, это был научный подвиг, который не имел себе равного».





## § 30.

### ВИД КАК ОСНОВНАЯ СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ КАТЕГОРИЯ ЖИВОГО

*Рассмотрите рисунки 131 и 132. Чем изображенные на них виды организмов отличаются друг от друга? Дайте определение вида организма. По каким признакам можно отличить один вид от другого?*

Органический мир на нашей планете представлен различными видами организмов. Существует ряд общих признаков, по которым организмы разных видов различаются друг от друга. Рассмотрим их по порядку.

**Признаки и определение вида.** Самым удобным и простым признаком, указывающим на принадлежность организмов к одному виду, является сходство их внешнего строения. Это *морфологический признак* вида. Однако нельзя использовать его в качестве единственного, так как внутри одного вида бывает несколько различающихся форм и в природе встречаются похожие друг на друга виды-двойники. Например, самки бабочки дубового коконопряда отличаются окраской крыльев от самцов того же вида (рис. 131). Виды-двойники обладают внешним сходством, но различаются по другим признакам. Так, в природе существует несколько похожих друг на друга видов червей-аскарид. Однако хозяева, в организме которых эти черви обитают, разные. Свиная аскарида живет в кишечнике свиней, а человеческая аскарида паразитирует в организме человека (рис. 132).

► Другим, не менее важным признаком служит *физиолого-биохимический*. Он основан на сходстве процессов жизнедеятельности и биохимического состава организмов, принадлежащих к одному виду. Этот признак также не является универсальным. Существуют виды, у которых процессы жизнедеятельности и биохимический состав клеток одинаковы и, наоборот, у особей, относящихся к одному виду могут наблюдаться различия. Например, у рыб ряда арктических видов интенсивность обмена веществ такая же, как и у видов рыб, обитающих в тропических водах. С другой стороны, процессы жизнедеятельности головастика и взрослой лягушки, принадлежащих к одному виду, различаются между собой. ◀



Рис. 131. Дубовый коконопряд: 1 — самка; 2 — самец

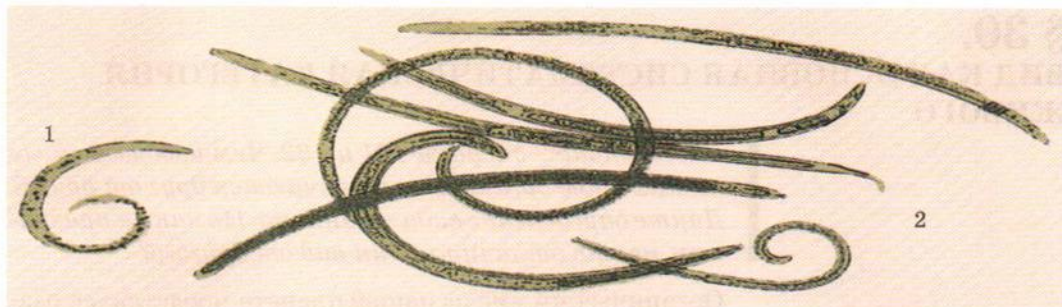


Рис. 132. Виды-двойники аскарид: 1 — свиная аскарида; 2 — человеческая аскарида

Организмы, принадлежащие к одному виду, в природе встречаются в пределах определенной территории, называемой *ареалом* (от лат. *ареа* — область, пространство). Ареал вида — *географический признак*. Это важнейший признак, так как он непосредственно связан с историей происхождения вида. Однако использовать его в качестве единственного нельзя. Существуют виды с разорванными ареалами (рис. 133). И, наоборот, у раз-

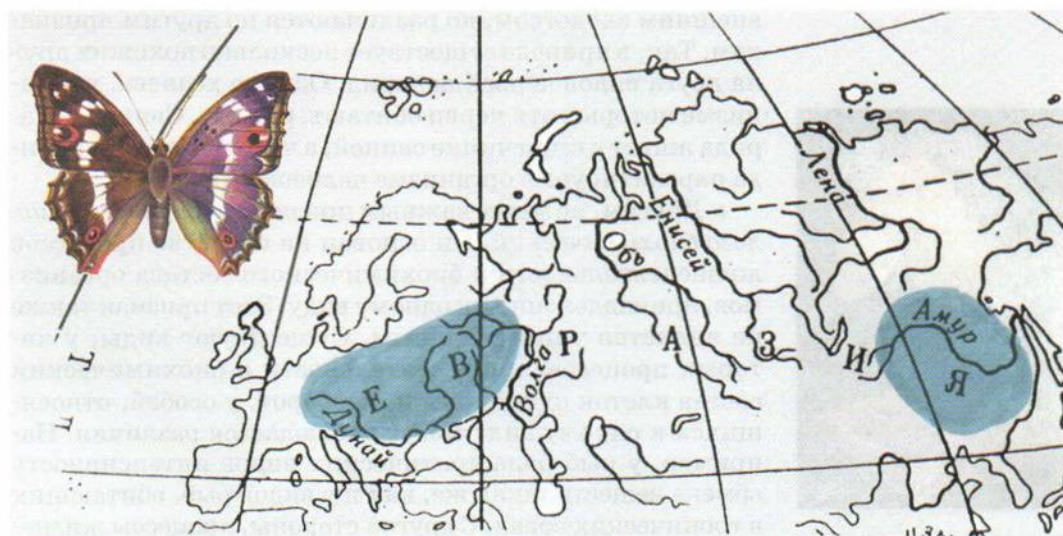


Рис. 133. Европейский и дальневосточный ареалы бабочки переливницы ивовой





Рис. 134. Усатые киты живут в воде и питаются планктоном

ных видов, взаимосвязанных друг с другом, ареалы могут совпадать. Так, ареал обитания амурского тигра полностью совпадает с ареалом распространения его основной жертвы — оленя-изюбра.

Для организмов одного вида характерны сходные потребности в условиях среды, например в температуре, влажности, пище и др. Это *экологический признак* вида. Два вида не могут обладать абсолютно одинаковыми потребностями. Вместе с тем, использовать этот признак подчас бывает трудно, так как существуют разные виды с похожими потребностями. Например, все виды усатых китов живут в воде и питаются планктоном (рис. 134).

Очень важным является *генетический признак* вида — число хромосом и нуклеотидная последовательность ДНК. Организмы, относящиеся к одному виду, обладают одинаковым числом хромосом и имеют похожий состав нуклеотидов ДНК. Однако использовать этот признак как универсальный нельзя, так как при мутациях нуклеотидный состав ДНК и число хромосом у организмов одного вида могут изменяться.

Итак, ни один признак нельзя использовать как единственный для выяснения принадлежности организма к какому-либо виду. Необходимо учитывать все признаки.

Характерным для вида является то, что образующие его особи способны скрещиваться друг с другом и давать при этом плодовитое потомство. Если происходит скрещивание одного вида с другим, то образующие межвидовые гибриды оказываются всегда бесплодными (рис. 135). На основании всех признаков и характерной



Рис. 135. Тумак — встречающийся в природе бесплодный гибрид зайца-беляка и зайца-русака

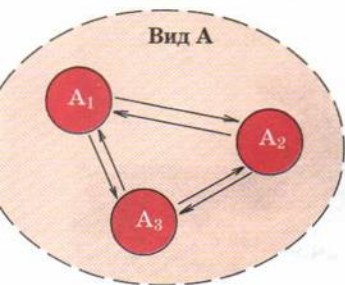


Рис. 136. Популяционная структура вида: пунктирной линией показан ареал вида А;  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  — отдельные популяции вида А; стрелками показан обмен генами между особями популяций в результате скрещивания

особенности виду организма можно дать следующее определение.

**Вид** — это группа особей, обладающих сходством во внешнем и внутреннем строении, процессах жизнедеятельности, населяющих в природе определенный ареал и способных скрещиваться друг с другом с образованием плодовитого потомства.

**Структура вида в природе.** Вид — категория систематическая. Реально в природе виды организмов представлены отдельными группировками — популяциями.

**Популяция** (от фр. *популясьон* — население) — это относительно обособленная группа особей одного вида, занимающих определенную территорию внутри его ареала и свободно скрещивающихся друг с другом.

Внутри ареала одного вида популяции территориально изолированы друг от друга, т. е. существуют на разных его участках (рис. 136).

Свободное скрещивание в популяциях поддерживает связь между особями одного вида, что способствует его существованию в природе. Если же на пути этих связей возникают какие-либо барьеры, то скрещивание прекращается. Это ведет к изоляции отдельных популяций и процессу образования от них новых видов организмов.



**Признаки вида:** морфологический, физиолого-биохимический, географический, экологический, генетический, ареал, вид, популяция.



1. Что такое вид организма? 2. Какие признаки и характерные особенности используются для выяснения принадлежности организма к тому или иному виду? 3. Объясните, почему ни один видовой признак нельзя считать единственным для определения вида. 4. Какова структура вида в природе? 5. Что такое популяция? 6. Какие процессы обеспечивают однородность особей, образующих популяцию одного вида? 7. Что происходит с видом, если между его популяциями возникают какие-либо барьеры?



Используя гербарий семейств цветковых растений, сравните между собой 2–3 близкородственных вида. Найдите морфологические отличия и сходство. Подумайте, какие экологические признаки характерны для данных видов растений?





## § 31.

### ПОПУЛЯЦИЯ КАК ФОРМА СУЩЕСТВОВАНИЯ ВИДА В ПРИРОДЕ

*Вспомните из учебника «Растения. Бактерии. Грибы и лишайники», какие условия окружающей среды влияют на организмы. Приведите известные вам примеры такого влияния. Каково его значение?*

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОПУЛЯЦИИ

- численность
- рождаемость
- смертность
- прирост

Виды организмов существуют в природе в форме отдельных популяций. Каждая из них характеризуется определенными показателями, а также имеет хорошо выраженную структуру составляющих ее особей.

**Основные показатели популяции.** *Численность* — общее число особей на данной территории. Популяция способна к саморегуляции своей численности. Предельно возможная численность популяции определяется ресурсами среды — пищей, территорией для размножения, укрытиями и др.

*Рождаемость* — число новых особей, появившихся в популяции за единицу времени и результате размножения. Величина рождаемости определяется соотношением полов, возрастных групп в популяции, а также частотой размножения и плодовитостью отдельных особей.

*Смертность* — число погибших в популяции особей за определенную единицу времени. Смертность зависит от погодно-климатических условий, действия хищников, влияния болезней и других неблагоприятных условий окружающей среды.

*Прирост популяции* — разница между рождаемостью и смертностью. Он может быть положительным (численность популяции увеличивается) и отрицательным (численность популяции снижается). Например, тли, обитающие на зеленых побегах различных растений, за одно лето могут дать 15 поколений, что увеличивает численность их популяций в сотни раз (рис. 137). С наступлением холодов численность тлей в популяции резко сокращается, так как взрослые насекомые погибают, а зимуют только кладки их яиц.

**Структурная организация популяции.** В каждой популяции есть особи, различающиеся по полу и возрасту. Это обуславливает их половую и возрастную структуры.



Рис. 137. Популяция тли на побегах растения



Рис. 138. Популяция азиатской саранчи весной состоит преимущественно из молодых особей



Рис. 139. Лисица — животное, ведущее одиночный образ жизни

**Половая структура** — соотношение особей в популяции по полу. В большинстве популяций оно в момент рождения соответствует 1:1. Однако в результате гибели особей того или другого пола, эта пропорция может изменяться. Например, в популяции утки-кряквы после зимовки число самок уменьшается на 20%.

**Возрастная структура** — соотношение особей в популяции по возрасту. Присутствие в популяции особей разного возраста повышает ее приспособительные возможности. Соотношение возрастных групп в популяции определяет ее способность к увеличению или уменьшению численности. Так, увеличение числа молодых особей в популяции азиатской саранчи вследствие теплой зимы ведет к быстрому росту численности и необходимости применения средств защиты растений от этого опасного вредителя (рис. 138).

► **Поведенческая структура** — система взаимоотношений между особями популяции. Такая структура характерна только для популяций животных. При *одиночном образе жизни* особи популяции обособлены и независимы друг от друга (рис. 139). Однако вести одиночное существование постоянно животные не могут, поскольку в этом случае затрудняется встреча самцов с самками и размножение.

Некоторые животные, например волки, объединяются для совместной жизни в *стаи* (рис. 140). В стаях сильно развиты подражательные реакции и существует строгий порядок. Все действия членов стаи согласованы звуковой, зрительной или химической сигнализацией. На период



Рис. 140. Стая волков может справиться с достаточно крупной добычей





Рис. 141. Прайд львов на охоте

размножения стая обычно распадается на отдельные пары, которые рожают и воспитывают потомство.

В семьях усиливаются связи и взаимоотношения между родителями и потомством. Например, такой образ жизни характерен для африканских львов. Семья львов (прайд) состоит из взрослого самца, нескольких самок и их детенышей. Взрослые члены прайда сообщества охотятся, защищают и воспитывают потомство (рис. 141).

Более длительное и постоянное, чем стая и семья, объединение животных называют *стадом*. В стадах обычно есть вожак, которым становится наиболее сильная особь. Вожак берет на себя руководство всей деятельностью стада и поддерживает строгую иерархию его членов путем специальных сигналов, угроз или прямым нападением. В таких стадах у всех особей есть определенный ранг — от высшего до низшего, определяющий, например, преимущественное право потребления пищи, подхода к водопое и обеспечением защиты от врагов (рис. 142). ◀

**Регуляция численности популяции.** Рост численности популяции сдерживают различные условия окружающей среды: погодные-климатические, недостаток пищи, действие хищников, влияние болезней и др. Так, в дождливое лето численность насекомых заметно сокра-



Рис. 142. Стадо овцебыков при опасности образует защитное кольцо из сильных самцов вокруг более слабых самок с детенышами



Рис. 143. Сосновый коконопряд

щается, что ведет к гибели значительного числа птенцов у насекомоядных птиц. Суровая зима с высоким снежным покровом является причиной гибели копытных млекопитающих, например оленей, кормящихся на земле.

Чаще всего численность популяции из года в год колеблется около среднего уровня. Вместе с тем в благоприятные для жизни популяции годы ее численность может резко увеличиться. Происходит так называемая *вспышка размножения*. И тогда начинают действовать условия среды, возвращающие численность популяции к исходному среднему уровню.

Например, в сибирской тайге в годы с теплой зимой наблюдается рост численности опасного вредителя хвойных пород — бабочки соснового коконопряда (рис. 143). При невысокой численности популяции этого насекомого ее регулируют насекомоядные птицы — сойки и дятлы. При более высокой — птицы уже не справляются с гусеницами и бабочками, им на помощь приходят насекомые-паразиты — наездники, которые нападают на личинок этого насекомого и его кладки яиц. Если рост численности продолжается и выходит из под контроля врагов бабочки, то в популяции распространяются инфекционные болезни, вызываемые бактериями и вирусами. Предельно возможная численность популяции





Рис. 144. График регуляции численности соснового коконопряда в сибирской тайге

определяется ресурсами среды, за которые между собой ведут жесткую конкуренцию особи одного вида. Это подрывает существование популяции, что резко снижает ее численность до исходного среднего уровня (рис. 144).

Множественность механизмов регуляции численности популяции ведет к тому, что в природе редко происходят катастрофический ее рост, подрыв ресурсов среды и гибель популяции.



Численность, рождаемость, смертность, прирост популяции, структуры популяции: половая, возрастная, поведенческая, одиночный образ жизни, семья, стая, стадо, вспышка размножения.



1. Что показывают численность, рождаемость, смертность и прирост популяции? 2. Охарактеризуйте половую, возрастную и поведенческую структуры популяций в природе. ► 3. В чем преимущество семейного, стайного и стадного образов жизни в сравнении с одиночным? Приведите примеры животных, ведущих одиночный, семейный, стайный и стадный образы жизни. ◄ 4. Как осуществляется регуляция численности популяции в природе? 5. Почему в природе крайне редко происходит гибель популяции того или иного вида организма? Что этому препятствует?

## § 32.

### ПОПУЛЯЦИЯ КАК ЕДИНИЦА ЭВОЛЮЦИИ

Вспомните, что называют *генотипом* и *фенотипом* организма. Каким образом может изменяться *генотип* организма? Что такое *мутации* и *комбинации*? Каковы их причины?

В популяцию объединяются особи одного вида, свободно скрещивающиеся друг с другом и обменивающиеся при этом своими генами. В результате такого обмена в популяции создается общий *генофонд* (от *ген* и *фр. фонд* — основание) — совокупностью всех генов составляющих ее особей. Популяция обладает способностью к эволюции, так как длительно и направленно может изменяться только ее генофонд. Отдельная особь организма не эволюционирует, поскольку ее генотип в течение жизни остается неизменным.

Элементарный эволюционный материал. Основным источником возникновения новых признаков или материалом для эволюции являются мутации (рис. 145).

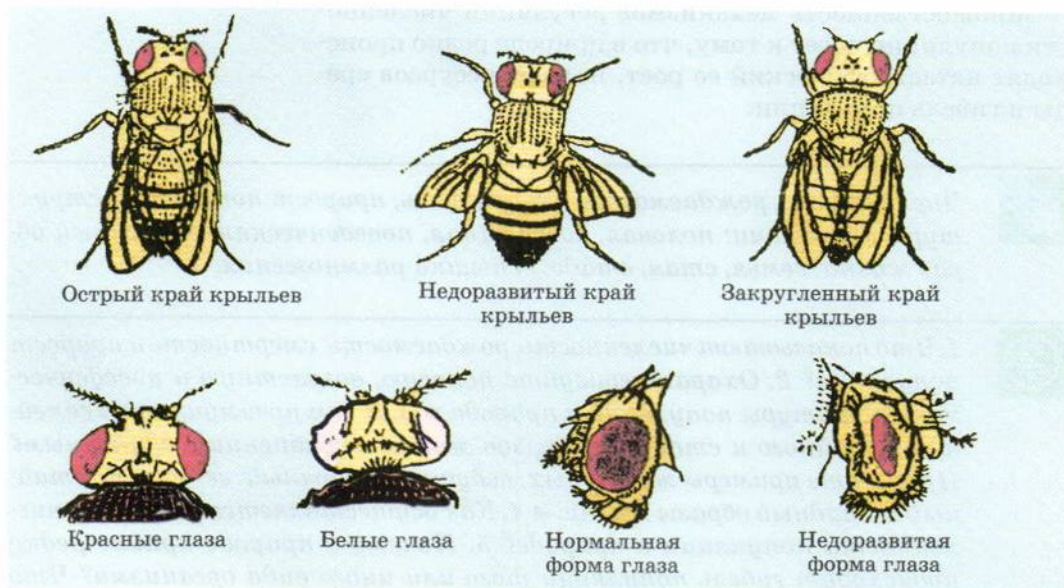


Рис. 145. Естественные мутации у дрозофилы





Мутации происходят редко, но непрерывно. Мутации не направлены, не имеют приспособительного значения и могут затрагивать любые признаки организма, например жизнеспособность и плодовитость. Если мутации доминантны, то они сразу же проявляются у особей и в дальнейшем их судьба определяется естественным отбором. Полезные или нейтральные в данных условиях мутации естественный отбор сохраняет в последующих поколениях организмов.

Чаще происходят рецессивные мутации. Они возникают непрерывно и накапливаются в генофонде популяции в гетерозиготном состоянии, т. е. в скрытом виде. Когда число гетерозигот в популяции достигает большого значения, эти мутации могут перейти в гомозиготное состояние. Далее происходит тот же процесс, что и с доминантными мутациями. Полезные признаки закрепляются в процессе естественного отбора и сохраняются в популяции. В результате через 2—3 поколения этот признак может встречаться у значительной части особей популяции. Вредные и летальные (от лат. *леталис* — смертельные) мутации приводят к гибели организма.

Таким образом, благодаря мутациям в популяции у организмов может измениться имеющийся признак или возникнуть новый. Степень его полезности или вредности определяется естественным отбором.

Второй источник возникновения новых признаков у организмов — это сочетание при половом размножении в гаметах и в зиготах различных генов, т. е. их комбинация. Следовательно, *элементарным эволюционным материалом* служат мутации и комбинации, т. е. два вида наследственной изменчивости организмов.

**Элементарное эволюционное явление.** Установление популяции как основной единицы эволюции дает возможность определить и изменение этой единицы.

Так, в популяции при неизменных условиях окружающей среды, состав генов, образующих ее особей, колеблется около каких-то средних значений. В условиях длительного изменения условий среды в определенном направлении естественный отбор из поколения в поколение будет сохранять только тех особей, которые обладают более приспособленными к этим условиям фенотипами. Следовательно, в генофонде популяции будут

#### СВОЙСТВА МУТАЦИЙ

- появляются редко
- происходят непрерывно
- не имеют приспособительного значения
- затрагивают любые признаки организмов
- в большинстве вредны и летальны

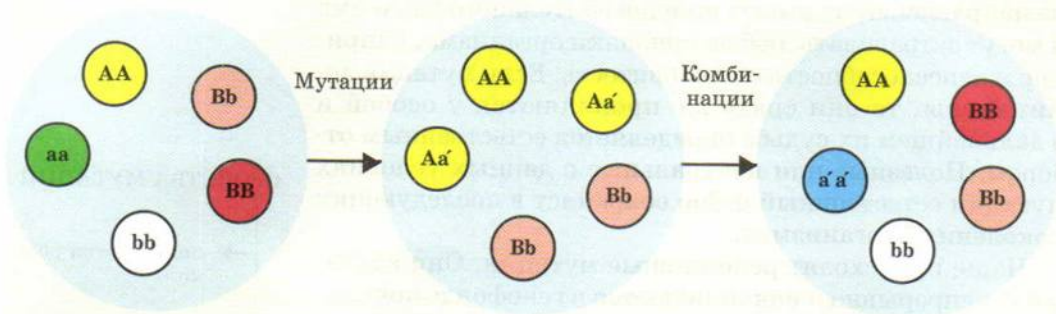


Рис. 146. Изменение генетического состава популяции (цветными кружками обозначены отдельные особи популяции с различными генотипами)

сохраняться и генотипы этих более приспособленных особей. Постепенно, через несколько поколений особей, образующих популяцию, ее генофонд изменится. В нем появятся новые гены, ответственные за проявление новых признаков организмов (рис. 146).

Такое длительное и направленное изменение генетического состава популяции, т. е. ее генофонда называют *элементарным эволюционным явлением*. Это еще не эволюция, но ее необходимая предпосылка. Изменение генофонда обеспечивает возникновение новых сочетаний генов у особей популяции и появление в результате этого у них новых признаков.



*Генофонд, элементарный эволюционный материал, элементарное эволюционное явление.*



1. Почему популяцию, а не отдельную особь организма считают единицей эволюции? 2. Что называют генофондом популяции? 3. Что является элементарным эволюционным материалом? 4. Объясните, какова роль доминантных и рецессивных мутаций для естественного отбора. 5. К чему приводят вредные и летальные мутации у организмов в популяции? 6. Что такое элементарное эволюционное явление? Почему его считают необходимой предпосылкой эволюции?





## § 33.

### ОСНОВНЫЕ ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ (ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ФАКТОРЫ) ЭВОЛЮЦИИ ВИДОВ В ПРИРОДЕ

*Вспомните основные положения дарвинизма о движущих силах эволюции видов в природе. Что является элементарным эволюционным материалом? Что называют элементарным эволюционным явлением?*

Что влияет на популяцию организмов и изменяет ее генетический состав? Прежде всего, это мутационный процесс, комбинативная изменчивость, популяционные волны, изоляция и естественный отбор. Их называют основными движущими силами — элементарными факторами эволюции.

**Мутационный процесс и комбинативная изменчивость.** Мутационный процесс, т. е. процесс возникновения мутаций у организмов — основной поставщик элементарного эволюционного материала. У него случайный и ненаправленный характер. Часто у организмов возникают отдельные мутации, идущие в одном направлении, например у многих позвоночных животных встречается мутация «альбинизм», характеризующаяся полным отсутствием пигмента в кожных покровах и радужке глаз (рис. 147).

Появление в популяции мутаций увеличивается за счет комбинативной изменчивости. В результате ее действия в популяции у особей возникают новые сочетания генов в генотипах, в том числе и содержащие мутировавшие гены. Комбинативная изменчивость усиливает влияние мутационного процесса на популяцию.

**Популяционные волны.** Численность особей в популяциях непостоянна. В природе всегда происходит либо ее увеличение, либо сокращение. Такие колебания численности получили название *популяционных волн*. Их причинами обычно служат обильная кормовая база, либо недостаток пищи, действие хищников или влияние болезней (рис. 148). Иногда популяционные волны вызывают и погодно-климатические факторы: наводнения, сильные морозы, ураганы и т. п.

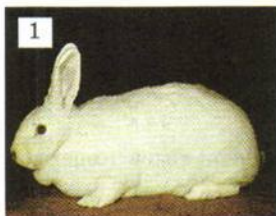


Рис. 147. Альбинизм у животных связан с отсутствием пигмента меланина. Такие животные, кроме отсутствия пигментации покровов, имеют бесцветную радужную оболочку глаза, через которую просвечиваются кровеносные сосуды. Поэтому глаза у альбиносов красные. Альбиносы: 1 — кролик; 2 — дрозд

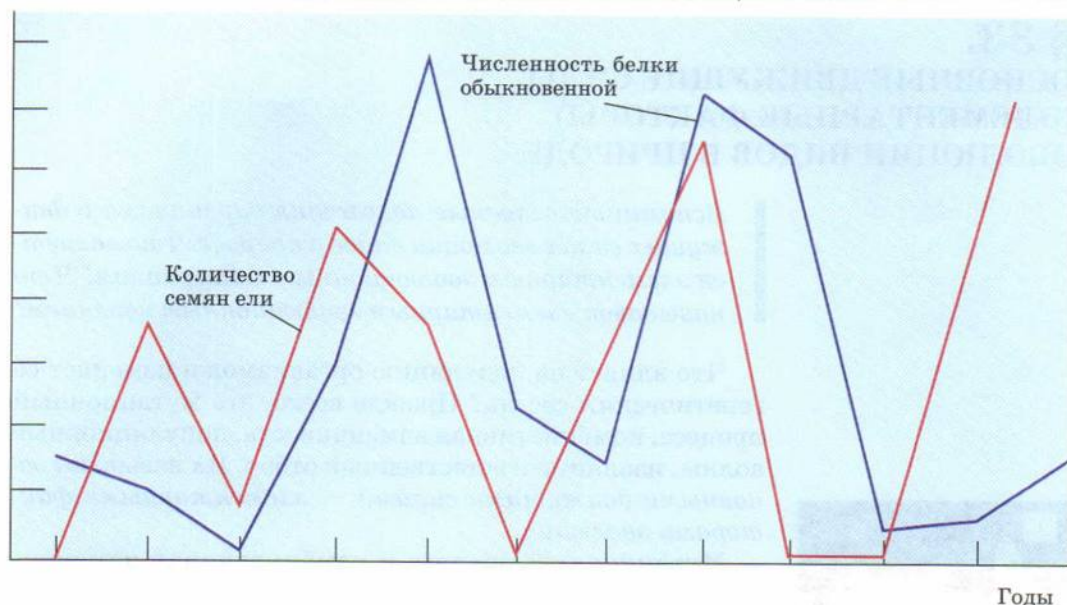


Рис. 148. Популяционные волны: колебания численности белки обыкновенной в зависимости от урожая семян ели

Значение популяционных волн для эволюции заключается в том, что при росте численности популяции число мутаций и соответственно мутантных особей увеличивается в ней во столько же раз, во сколько возросло число особей.

Если численность особей в популяции сокращается, то ее генетический состав становится менее разнообразным. В популяции в этом случае остаются особи с определенными генотипами. В дальнейшем восстановление ее численности будет происходить только благодаря этим особям. Некоторые гены в таком случае могут навсегда исчезнуть из генофонда популяции, т. е. генофонд популяции обеднеет (рис. 149).

Таким образом, популяционные волны, сами по себе не вызывая наследственной изменчивости, способствуют изменению частоты мутаций и комбинаций генов в популяции. Популяционные волны также влияют и на интенсивность борьбы за существование особей





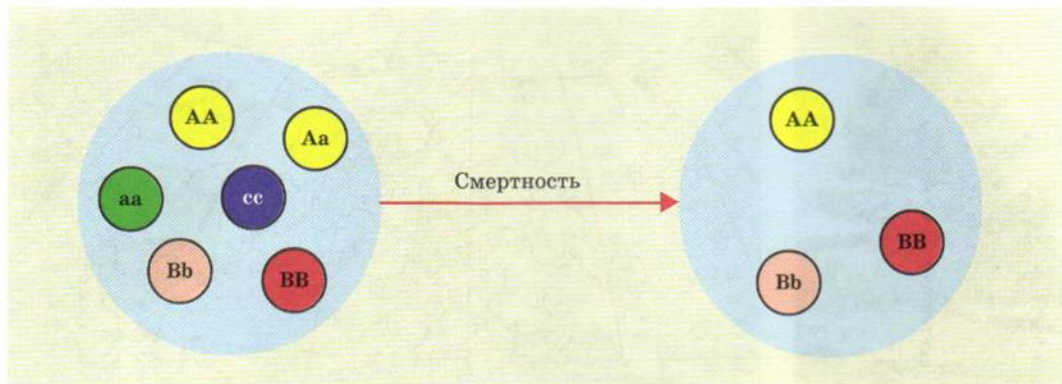


Рис. 149. При снижении численности в популяции могут остаться особи с определенными генотипами (цветными кружками обозначены отдельные особи популяции)

в популяции. При увеличении численности популяции борьба за существование между ее особями обостряется, а при снижении численности — ослабевает.

Мутационный процесс, комбинативная изменчивость и популяционные волны даже при совместном действии не могут обеспечить эволюцию. Для нее необходимо наличие факторов, которые длительно и направленно воздействовали бы на популяцию. Помимо естественного отбора, который мы рассмотрим отдельно, таким фактором служит изоляция.

**Изоляция.** Под *изоляцией* понимают разобщение популяций внутри ареала вида в результате возникновения преград на пути свободного скрещивания особей, составляющих популяцию. Значение изоляции как элементарного фактора эволюции состоит в том, что под ее воздействием в популяции закрепляются первоначально возникшие генетические различия.

Важнейшее свойство изоляции — ее значительная длительность. В зависимости от природы преград различают две формы изоляции — географическую и биологическую. При *географической изоляции* в роли преград выступают горные хребты, водоемы, пустыни и другие непреодолимые географические объекты (рис. 150).

*Биологическая изоляция* бывает экологическая, поведенческая и генетическая. При *экологической* изоляции скрещивание становится невозможным из-за различий

#### ИЗОЛЯЦИЯ



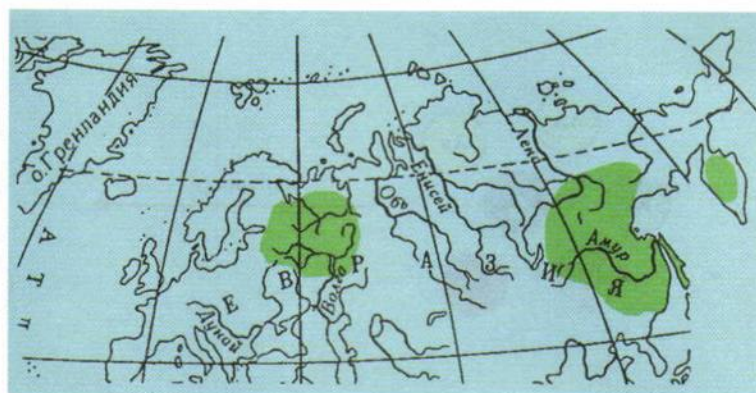


Рис. 150. Географическая изоляция популяций внутри ареала лиственницы сибирской

в условиях обитания популяций. Например, в высокогорном озере Севан в Армении существуют шесть популяций севанской форели. Профиль дна озера сложный, поэтому температура воды в разных участках озера неодинакова. Соответственно у рыб, обитающих на разных глубинах, икра и молоки созревают неодновременно, и нерест особей в шести популяциях форели происходит в разные сроки (рис. 151).

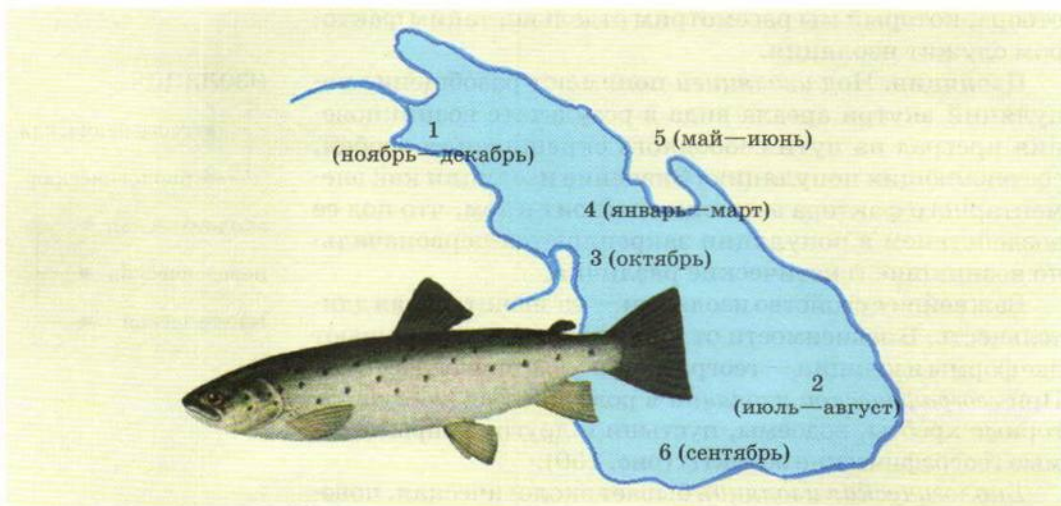


Рис. 151. Экологическая изоляция шести популяций севанской форели: цифры обозначают места обитания популяций, различающихся сроками нереста





### § 33. Основные движущие силы эволюции видов в природе

**Поведенческая** изоляция связана с особенностями поведения самок и самцов во время размножения. Такой вид биологической изоляции существует у насекомых, рыб, птиц и млекопитающих. Сложный ритуал опознания брачного партнера генетически запрограммирован и практически полностью исключает возможность спаривания с особями другого вида (рис. 152).

Если все же по каким-то причинам спаривание между особями разных видов произошло, то преградой для продолжения рода выступает **генетическая** изоляция. Она заключается в несовместимости половых продуктов особей разных видов, что препятствует развитию зигот. В редких случаях, когда зиготы превратились в эмбрионы и между разными видами произошла гибридизация, полученные гибриды остаются бесплодными. Они не могут произвести потомство из-за нарушения мейоза при созревании их половых клеток.

Итак, мутационный процесс, комбинативная изменчивость, популяционные волны и изоляция, изменяя генофонд популяции, создают предпосылки для действия главного эволюционного фактора — естественного отбора.



Рис. 152. Опознание партнера по время брачного ритуала у олушей



Основные движущие силы (элементарные факторы) эволюции, мутационный процесс, комбинативная изменчивость, популяционные волны, изоляция: географическая и биологическая.



1. Назовите основные движущие силы (элементарные факторы) эволюции. 2. Какое значение для эволюции имеет мутационный процесс и комбинативная изменчивость? 3. Что такое популяционные волны и каковы их причины? 4. Каково эволюционное значение популяционных волн? 5. Охарактеризуйте изоляцию как эволюционный фактор. 6. Чем географическая изоляция отличается от биологической? Приведите примеры географической и биологической изоляций популяций организмов в природе.



Сравните между собой основные движущие силы эволюции видов в природе. Зарисуйте в тетрадях в виде схемы их действие на популяцию организмов. Какой вклад они вносят в эволюционный процесс?

## § 34.

### ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР — ГЛАВНЫЙ ФАКТОР ЭВОЛЮЦИИ ВИДОВ В ПРИРОДЕ

*Вспомните определение естественного отбора. Почему в природе происходит естественный отбор и каковы его результаты?*

*Естественный отбор* — это процессы выживания и размножения более приспособленных к данным условиям среды особей и гибель менее приспособленных.

**Причины естественного отбора.** Первая причина естественного отбора — *генетическое разнообразие особей*, составляющих популяцию. Естественный отбор эффективен только в том случае, если в нем участвуют организмы, обладающие наследственными различиями в признаках. В генетически однородных популяциях, например, среди потомства одного вегетативно размножившегося усами растения земляники, результаты естественного отбора не проявляются (рис. 153).

Вторая причина естественного отбора — *избыточная численность особей*, составляющих популяцию. Конкуренция между ними за ресурсы среды неизбежно приводит к борьбе за существование.

**Борьба за существование и ее формы.** Естественный отбор осуществляется в природе через *борьбу за существование*. Под ней подразумевается разнообразная деятельность организмов в окружающей среде, направленная на поддержание жизни и размножение. Основная причина борьбы за существование — это недостаточная приспособленность отдельных особей популяции к использованию ресурсов среды, например, пищи, воды и света.

Различают три формы борьбы за существование: межвидовую, внутривидовую и борьбу с неблагоприятными условиями окружающей среды.

*Межвидовую* борьбу за существование можно наблюдать во взаимоотношениях между хищниками и их жертвами, паразитами и хозяевами (рис. 154).



Рис. 153. Среди вегетативного потомства одного растения земляники естественный отбор не эффективен



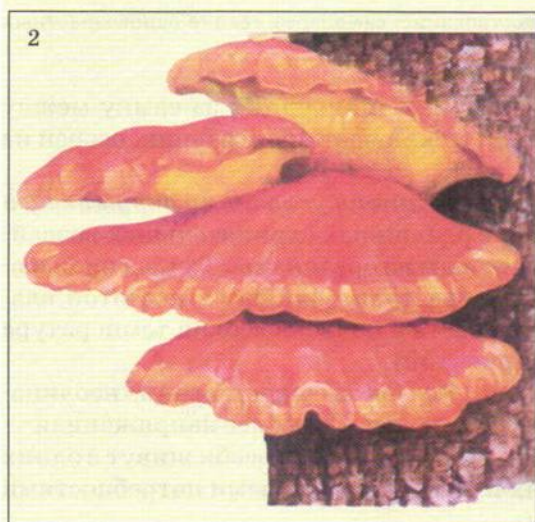
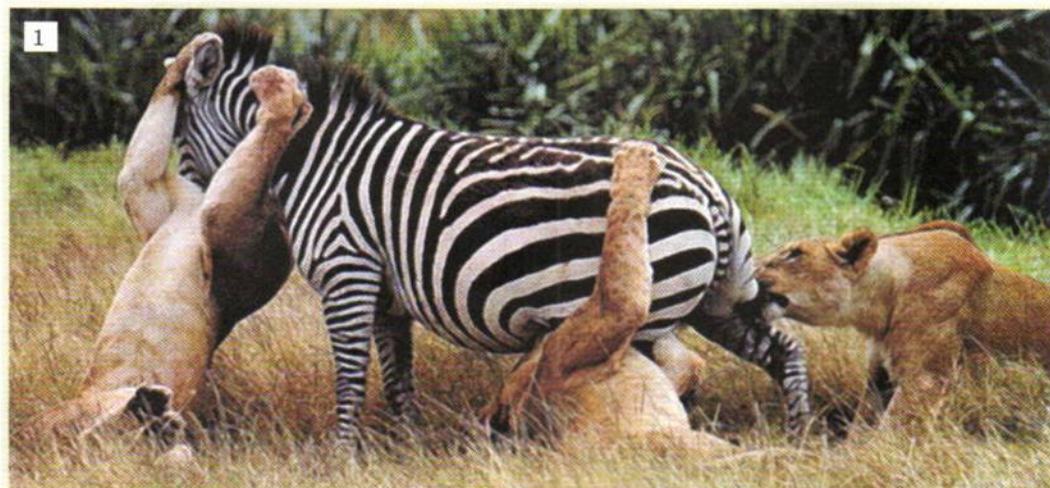


Рис. 154. Межвидовая борьба за существование: 1 — львы и зебра; 2 — гриб-трутовик и осина; 3 — насекомоядное растение росянка и муха

*Внутривидовая* борьба за существование проходит между особями одного вида за одинаковые ресурсы среды. Например, среди одновозрастных елей в лесу наблюдается конкуренция за солнечный свет и минеральные ресурсы почвы, что ведет к их самоизреживанию

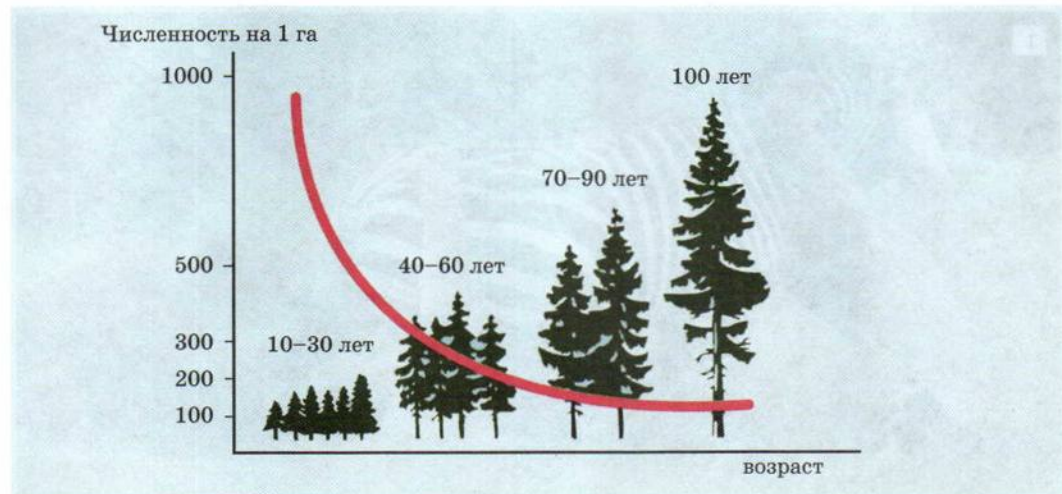


Рис. 155. Пример внутривидовой борьбы за существование: самоизреживание одновозрастных елей в лесу

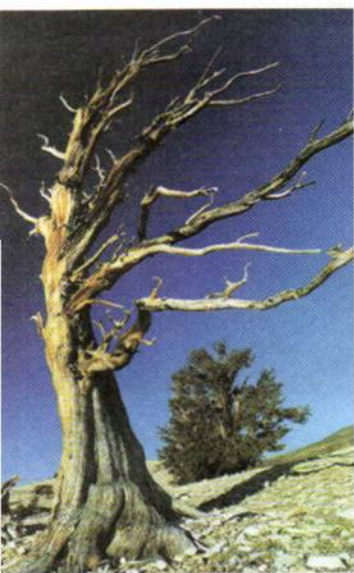


Рис. 156. Борьба растений с неблагоприятными условиями окружающей среды

в популяции (рис. 155). Конкуренция за самку между самцами одного вида исключает проигравших особей из размножения.

*Борьба с неблагоприятными условиями окружающей среды* проявляется в различных отрицательных воздействиях неживой природы на организмы. Так, на произрастающие в пустынях растения влияют недостаток влаги, питательных веществ в почве, высокая температура и сильный ветер (рис. 156).

Различные формы борьбы за существование неодинаковы по своей интенсивности. Наиболее напряженная — внутривидовая борьба, при которой особи живут в одних и тех же условиях и обладают сходными потребностями в ресурсах среды.

Формы борьбы за существование выделяют условно, поскольку в природе они действуют не изолированно, а совместно. Кроме того, существуют нейтральные и взаимовыгодные отношения как внутри одного вида, так и между разными видами организмов. Эти взаимоотношения сглаживают борьбу за существование, придают ей менее острый характер.

Для эволюции значение различных форм борьбы за существование неравноценно. Межвидовая борьба за су-





существование ведет к совершенствованию одних видов по сравнению с другими. В результате такой борьбы победившие виды сохраняются, а проигравшие вымирают. Внутривидовая борьба за существование вызывает увеличение разнообразия у особей внутривидовых признаков, снижает напряженность конкуренции за одинаковые ресурсы среды.

► **Объекты действия естественного отбора.** Естественный отбор действует на отдельные особи или целые группы особей популяции. Отбору подлежат все жизненно важные признаки и свойства организмов, обеспечивающие их размножение и оставление потомства. Под действие отбора могут попадать даже признаки, вредные для отдельной особи, но полезные в целом для популяции. Например, ужалившая врага медоносная пчела погибает, но так как она защищает всю пчелиную семью, то способность к самопожертвованию сохраняется естественным отбором как полезный признак для выживания данного вида (рис. 157). ◀



Рис. 157. Медоносная пчела



*Естественный отбор, генетическое разнообразие и избыточная численность особей, борьба за существование: межвидовая, внутривидовая, с неблагоприятными условиями окружающей среды.*



*1. Дайте определение естественного отбора. Назовите причины естественного отбора, действующего в природе. 2. В чем сущность борьбы за существование? 3. Какие различают формы борьбы за существование? 4. Что является объектами действия естественного отбора? 5. Почему естественному отбору иногда подвергаются признаки, вредные для отдельной особи?*



*Охарактеризуйте различные формы борьбы за существование. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.*

#### БОРЬБА ЗА СУЩЕСТВОВАНИЕ

| Формы борьбы за существование | Краткая характеристика форм борьбы | Результат борьбы за существование | Примеры |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------|
|                               |                                    |                                   |         |

## § 35.

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ К УСЛОВИЯМ ОБИТАНИЯ  
КАК РЕЗУЛЬТАТ ЭВОЛЮЦИИ

*Рассмотрите рисунки 158—163. В чем заключаются приспособления у изображенных на рисунках организмов к условиям обитания? Подумайте, сохраняются ли эти приспособления у организмов, если условия их обитания изменяются.*

Все организмы обладают разнообразными приспособления к условиям обитания. Эти приспособления развиваются в процессе эволюции в два этапа. Вначале у организмов вследствие мутационной и комбинативной изменчивостей появляются новые признаки. Затем эти признаки испытываются естественным отбором на их соответствие условиям среды.

**Примеры приспособлений организмов.** Примеры приспособлений организмов к условиям обитания столь многочисленны, что описать их все практически невозможно. Приведем лишь некоторые примеры.

К *морфологическим приспособлениям* относят, встречающиеся у разных организмов, различные типы покровительственной, предостерегающей окраски, маскировки и средств пассивной защиты.

*Покровительственная окраска* развивается у особей, живущих открыто, что делает их менее заметными на окружающем фоне. Такая окраска бывает сплошной (белый цвет оперения у тундровой куропатки зимой), если окружающий фон однородный, либо расчленяющей (светлые и темные точки на шкуре оленей-аксисов), если на окружающем фоне чередуются пятна света и тени (рис. 158). Эффект покровительственной окраски усиливается соответствующим поведением животного. В момент опасности они затаиваются, что делает их еще менее заметными на окружающем фоне.

*Предостерегающая окраска* развивается у особей, имеющих химические средства защиты от врагов. К ним относят, например жалящих или ядовитых насекомых, несъедобные или обжигающие растения. В процессе



Рис. 158. Покровительственная окраска у животных: 1 — сплошная окраска зимнего оперения у тундровой куропатки; 2 — расчленяющая окраска у оленей-аксисов





эволюции у них выработались не только ядовитые химические вещества, но и яркая, обычно красочная или желточерная окраски (рис. 159). Некоторые животные с предостерегающей окраской в момент опасности демонстрируют хищнику яркие пятна, принимают угрожающую позу, чем приводят врага в замешательство.

**Маскировка** — защита, которой служит не только окраска, но и форма тела. Различают два типа маскировки. Первый заключается в том, что маскирующийся организм по своему внешнему виду напоминает какой-либо предмет — лист, сучок, камень и т. п. Такой тип маскировки широко встречается у насекомых: палочников, клопов и гусениц бабочек пядениц (рис. 160). Второй тип маскировки основан на подражательном сходстве незащищенных организмов с защищенными. Так, безобидные бабочки-стекляницы окраской брюшка напоминают жалящих насекомых — ос, поэтому насекомоядные птицы их не трогают (рис. 161).

**Средства пассивной защиты** увеличивают вероятность сохранения организма в борьбе за существование. Например, панцири черепах, раковины моллюсков, иглы ежей защищают их от нападения врагов. Шипы на стеблях розы и колючки у кактусов препятствуют поеданию этих растений травоядными млекопитающими (рис. 162).

**Физиологические приспособления** обеспечивают устойчивость организмов к изменению температуры, влажности, освещенности и других условий неживой природы.

Так, при понижении температуры окружающего воздуха у земноводных и пресмыкающихся в организме понижается уровень обмена веществ и наступает зимний сон. У птиц и млекопитающих, наоборот, при понижении температуры окружающего воздуха обмен веществ в организме усиливается, что увеличивает теплопродукцию. Развивающийся при этом густой перьевой, шерстный покров и подкожный слой жира препятствует потере организмом тепла (рис. 163).

► **Поведенческие приспособления** встречаются только у животных с высокоразвитой нервной системой. Они представляют собой различные формы поведения, направленные на выживание как отдельных особей, так и вида в целом.



Рис. 159. Предостерегающая окраска у лягушек-древолазов



Рис. 160. Маскировка у клопов-листотелок



Рис. 161. Маскировка у бабочки-стекляницы



Рис. 162. Средства пассивной защиты у кактуса-опунции



Рис. 163. Зимний мех белки отличается более густым подшерстком

Все поведенческие приспособления можно разделить на врожденные и приобретенные. К *врожденным* относят, например брачное поведение, защиту и выкармливание потомства, избегание хищников, миграции. Так, львица при вылизывании своих детенышей запоминает их запах. Этот же процесс пробуждает у нее потребность защищать львят от врагов (рис. 164, 1).

Важную роль в жизни животных играют и *приобретенные* поведенческие приспособления. Например, самый северный вид обезьян — макак японский, встречающийся на севере Японии, перешел к снежно-водному образу жизни (рис. 164, 2). Зимой при наступлении сильных морозов эти обезьяны спускаются с гор к горячим источникам, где греются в теплой воде. Другой наглядный пример. В крупных городах средней полосы России изменилось поведение перелетных птиц. Так, некоторые водоплавающие птицы перестали улетать на зимовку в теплые края. Они собираются в большие стаи на незамерзающих водоемах, где всегда есть необходимая пища (рис. 164, 3). ◀

**Относительная целесообразность приспособлений.** Все приспособления у организмов вырабатываются в конкретных условиях их среды обитания. Если условия среды меняются, приспособления могут утратить свое положительное значение, иными словами, они обладают *относительной целесообразностью*.

Существует множество доказательств относительной целесообразности приспособлений: защита организма от одних врагов оказывается неэффективной от других; поведение организма может стать бессмысленным; полезный в одних условиях орган оказывается бесполезным в других. Например, камышевка, благодаря родительскому инстинкту, выкармливает кукушонка, вылупившегося из яйца, подброшенного в гнездо кукушкой (рис. 165).

Итак, основным результатом действия движущих сил эволюции является появление у организмов новых и совершенствование имеющихся приспособлений. Поскольку условия существования организмов изменяются, абсолютных приспособлений в природе не бывает, и процесс их появления бесконечен. У особей, относящихся к одному виду, различия в имеющихся приспособле-





Рис. 164. Поведенческие приспособления организмов: 1 — львица, вылизывающая львят; 2 — макаки японские, греющиеся в горячем источнике; 3 — водоплавающие птицы, зимующие на незамерзающем водоеме в городе



Рис. 165. Относительная целесообразность приспособлений организмов — камышевка, выкармливающая кукушонка

ниях незначительны. Закрепление же этих различий в условиях изоляции, приводит к появлению новых видов, т. е. к видообразованию.



*Приспособления организмов: морфологические (покровительственная и предостерегающая окраски, маскировка, средства пассивной защиты); физиологические, ► поведенческие ◀; относительная целесообразность приспособлений.*



*1. Как возникают приспособления у особей к среде обитания? 2. В чем проявляется относительная целесообразность приспособлений? Ответ проиллюстрируйте примерами. 3. Могут ли у организмов в ходе длительной эволюции возникнуть абсолютные, т. е. совершенные, приспособления? Ответ аргументируйте.*



*Приведите примеры различных морфологических, физиологических и поведенческих приспособлений растений и животных к условиям обитания. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.*

#### ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ К УСЛОВИЯМ ОБИТАНИЯ

| Организм | Приспособление и его характер | Значение приспособления |
|----------|-------------------------------|-------------------------|
|          |                               |                         |





## § 36.

### ОБРАЗОВАНИЕ НОВЫХ ВИДОВ ОРГАНИЗМОВ КАК РЕЗУЛЬТАТ ЭВОЛЮЦИИ

*Вспомните, почему популяцию организмов считают основной единицей эволюции. Охарактеризуйте изоляцию как элементарный фактор эволюции. Какие формы изоляции существуют между популяциями организмов в природе?*

Главное условие образования новых видов организмов — изоляция. В результате ее прекращается обмен генами между особями изолированной и остальными популяциями. Это приводит к постепенному изменению признаков у особей изолированной популяции, что ведет к превращению ее в один или несколько новых видов (рис. 166).

Следовательно, образование новых видов организмов, или видообразование — это процесс превращения отдель-

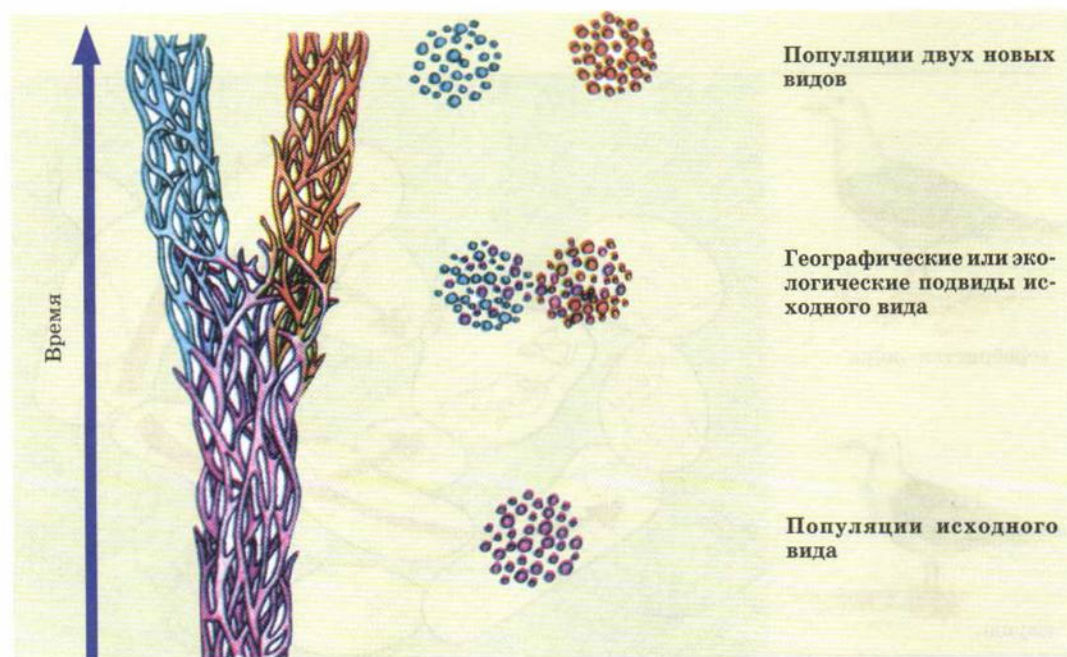


Рис. 166. Схема видообразования: отдельные веточки — популяции

## ВИДООБРАЗОВАНИЕ

- географическое
- экологическое

ных генетически изолированных популяций исходного вида в новые виды. В зависимости от характера барьеров, препятствующих скрещиванию особей, различают два способа видообразования — географическое и экологическое.

**Географическое видообразование.** Связано с изменением ареала исходного предкового вида. В роли барьеров для скрещивания особей выступают различные географические объекты: пространства суши или моря, горные хребты, пустыни и т. п. Географическое видообразование осуществляется двумя путями: расселением особей популяции на новые территории или разделением прежнего ареала обитания популяции на отдельные изолированные части. В результате этого образуются *географические подвиды* исходного вида, которые становятся родоначальниками самостоятельных новых видов организмов.

Примером географического видообразования путем расселения особей на новые территории обитания служит появление двух видов чаек: серебристой и клуши (рис. 167). Предковой формой этих двух видов был один

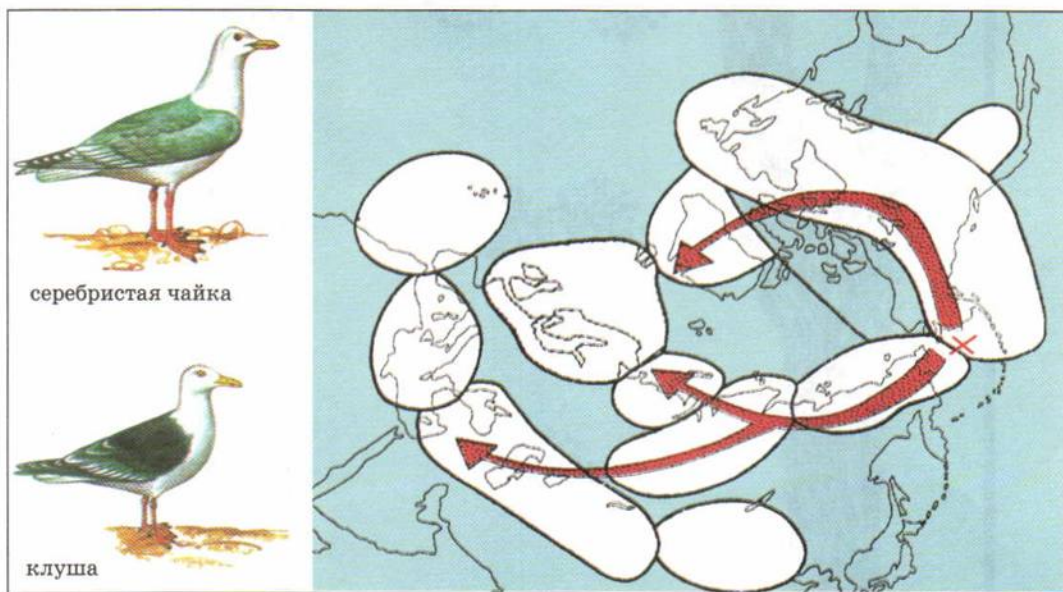


Рис. 167. Географическое видообразование двух видов чаек: серебристой и клуши





§ 36. Образование новых видов организмов как результат эволюции

вид чаек, который существовал несколько сотен тысяч лет назад в районе современного Берингова пролива (обозначено на рисунке крестиком). От него путем расселения на восток и на запад произошло образование нескольких географических подвидов чаек (арелы подвидов обозначены на рисунке), от которых сформировались два новых вида.

Примером географического видообразования путем разделения прежнего ареала вида на несколько изолированных частей служит появление трех видов ландышей (рис. 168). Исходный предковый вид существовал несколько миллионов лет назад в широколиственных лесах Евразии. В связи с оледенением единый ареал этого вида оказался разорванным на несколько частей. Ландыш сохранился лишь на лесных территориях, избежавших оледенения: в центре и на юге Европы, в Закавказье и на юге Дальнего Востока. От этих сохранившихся популяций впоследствии образовались три самостоятельных вида ландышей, различающихся величиной листьев и окраской венчиков цветков.

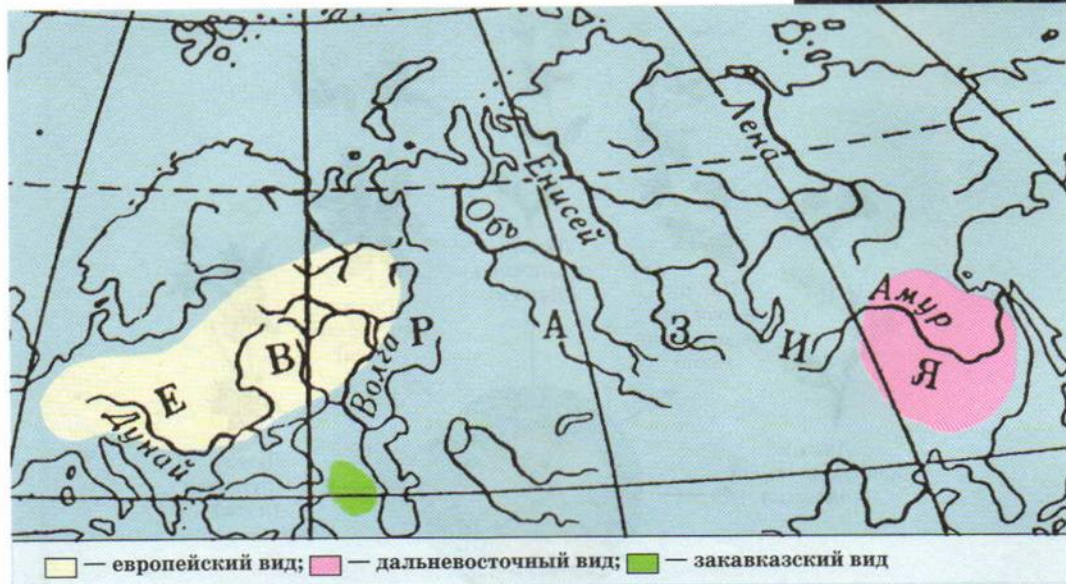


Рис. 168. Географическое видообразование трех видов ландышей

**Экологическое видообразование.** Связано с изменением условий обитания исходного предкового вида. В роли барьеров для скрещивания особей выступают различия в условиях обитания изолированных популяций. Вследствие этого образуются *экологические подвиды*, которые становятся родоначальниками новых видов организмов.

Пример экологического видообразования — появление нескольких видов в роду Лютик, произрастающих в местах с разной влажностью (рис. 169).

Экологическое видообразование наблюдают и среди животных. Так, у кукушки обыкновенной существует несколько экологических подвидов, различающихся окраской скорлупы яиц (рис. 170). Известно, что кукушка откладывает яйца в гнезда мелких видов воробьиных птиц, оставляя свое потомство на воспитание приемным родителям. Это явление называют гнездовым паразитизмом. Каждый экологический подвид кукушки отдает предпочтение «своему» виду воробьиных птиц. В соответствии с этим по-разному окрашены и яйца этих подвидов — в зависимости от птиц того вида, на которых они паразитируют.

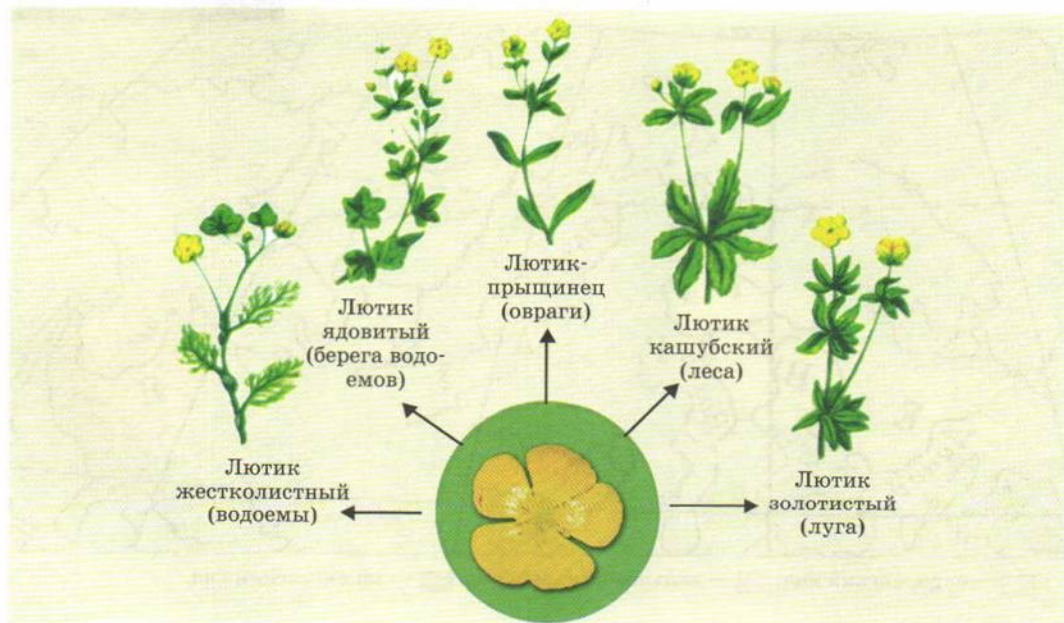


Рис. 169. Экологическое видообразование в роду Лютик





## § 36. Образование новых видов организмов как результат эволюции



Рис. 170. Окраска скорлупы яиц у экологических подвидов кукушки обыкновенной

Таким образом, образование новых видов организмов идет по схеме:

популяции исходного вида организма →  
географические, или экологические подвиды →  
новые виды организмов

С образованием новых видов эволюция не прекращается. Она ведет к возникновению новых и новых видов растений, животных и других организмов, образующих надвидовые систематические группы — роды, семейства, порядки, отряды, классы, отделы, типы.



Кукушка обыкновенная, выбрасывающая яйцо из гнезда камышевки



*Видообразование: географическое, экологическое; географические и экологические подвиды.*



*1. Что такое видообразование? 2. Какой фактор служит главным для образования новых видов организмов? 3. По какой схеме от исходного предкового вида образуются новые виды организмов?*



*Охарактеризуйте географическое и экологическое видообразования. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.*

### ВИДООБРАЗОВАНИЕ

| Способ видообразования | Барьеры для скрещивания особей популяций | Примеры видообразования |
|------------------------|------------------------------------------|-------------------------|
|                        |                                          |                         |

## § 37.

### СЕЛЕКЦИЯ КАК ИЗМЕНЕНИЕ ЧЕЛОВЕКОМ КУЛЬТУРНЫХ ФОРМ ОРГАНИЗМОВ

*Вспомните из учебников «Растения. Бактерии. Грибы и лишайники» и «Животные», с какой целью человек выращивает культурные растения и разводит домашних животных. Что служит основной движущей силой и материалом для создания человеком новых сортов культурных растений и пород домашних животных?*



Рис. 171. Николай Иванович Вавилов (1887—1943)

С давних пор человек для своих нужд вел промысел различных животных и собирал растения. С увеличением народонаселения Земли и расширением его оседлости, природа уже была не в состоянии удовлетворить потребности людей в пище, одежде и других ресурсах. Человек оказался перед необходимостью целенаправленного выращивания растений и разведения необходимых ему животных. Постепенное накопление сведений об этих древних занятиях человечества привело к оформлению *селекции* (от лат. *селекцио* — выбор, отбор) — науки о методах выведения сортов растений и пород животных с нужными человеку признаками.

**Происхождение культурных форм организмов.** Первым этапом селекции было *окультуривание* дикорастущих растений и *одомашнивание* диких животных. Это началось около 30—20 тыс. лет назад со случайного, по всей видимости, выращивания нашими далекими предками диких растений, произраставших по соседству с их жилищами.

Подавляющее большинство возделываемых человеком растений, первоначально было окультурено в районах, отличавшихся богатой флорой и развитым земледелием. Они совпадали с очагами древнейших цивилизаций Китая, Индии, Месопотамии, Ирана, Греции, Рима, Египта и Центральной Америки (рис. 172).

Большой вклад в изучение происхождения культурных растений внес отечественный ученый Николай Иванович Вавилов (рис. 171). В результате организованных экспедиций по всему миру, Вавилову с сотрудниками удалось собрать коллекцию семян культурных растений.



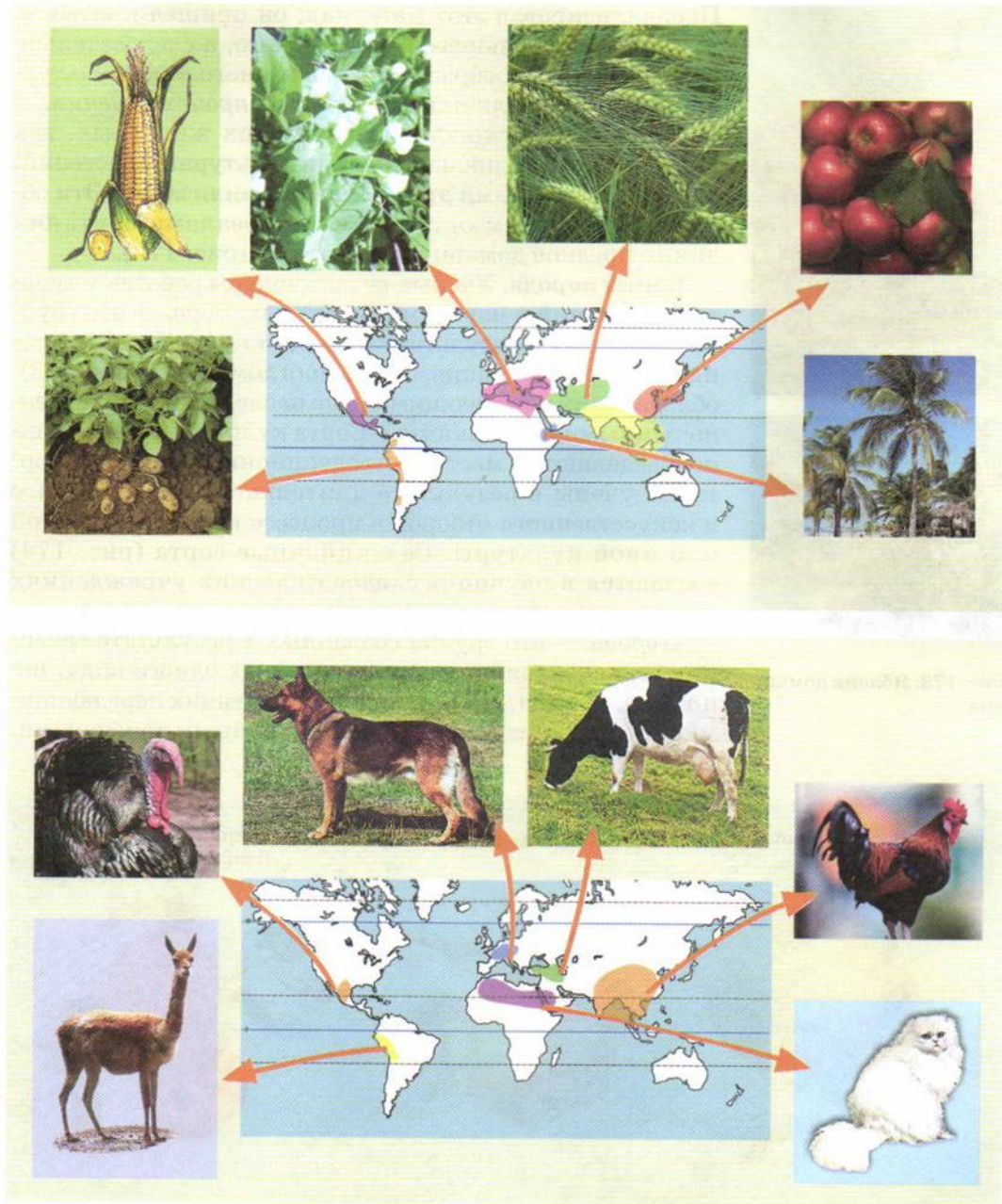


Рис. 172. Центры происхождения некоторых культурных растений и домашних животных



Рис. 173. Яблоня домашняя

Проанализировав этот материал, он пришел к выводу, что район наибольшего генетического, а следовательно и сортового разнообразия того или иного вида культурного растения является его *центром происхождения*.

Центры происхождения домашних животных, так же, как и центры происхождения культурных растений, совпадают с очагами древнейших цивилизаций. Эти области в основном определяются ареалами обитания диких предков домашних животных (рис. 172).

**Сорт и порода.** Ученые-селекционеры работают с сортами растений и породами животных. *Сорт* — это группа созданных в результате селекции культурных растений одного вида, например, яблоня домашняя (рис. 173), обладающих передающимися по наследству хозяйственно-ценными признаками. ► Сорта культурных растений подразделяют на местные и селекционные. Местные сорта получены в результате длительного естественного и искусственного отборов в процессе выращивания той или иной культуры. Селекционные сорта (рис. 174) создаются в научно-исследовательских учреждениях с использованием методов генетики и селекции. ◀

*Порода* — это группа созданных в результате селекции сельскохозяйственных животных одного вида, например, курица, овца, свинья, обладающих передающимися по наследству хозяйственно-ценными признаками.



Рис. 174. Сорта яблони





Рис. 175. Породы лошадей

► Различают примитивные и заводские породы домашних животных. Примитивные породы хорошо приспособлены к местным условиям, выносливы и отличаются невысокими, но стабильными качествами. Заводские породы разводятся в специальных племенных хозяйствах. Они обладают особо ценными качествами, высокой продуктивностью и используются для получения элитных животных (рис. 175). ◀

Итак, сорт и порода представляют собой искусственно созданные человеком внутривидовые группировки — популяции организмов, обладающие хозяйственно-ценными наследуемыми признаками.

**Особенности культурных форм организмов.** Домашние животные и культурные растения резко отличаются по целому ряду признаков от своих диких предков. Прежде всего, культурные формы организмов обладают значительно большим разнообразием наследственной изменчивости, чем их родоначальные виды. Такое разнообразие — результат творческой роли искусственного отбора, проводимого человеком по сохранению особей с интересующими его признаками (рис. 177).

Часто культурные формы организмов обладают признаками, ненужными и даже вредными для них, но полезными для человека. Например, петухи декоративной породы Йокогамский феникс, имеют хвостовые перья, длиной до 11 м. Такой признак, безусловно, мешал бы птице жить в естественных условиях, но как нужный (декоративный) человеку был закреплен искусственным отбором при выведении этой породы (рис. 176).

Другое отличие культурных форм организмов состоит в том, что их продуктивность, как правило, выше, чем



Рис. 176. Петух породы Йокогамский феникс

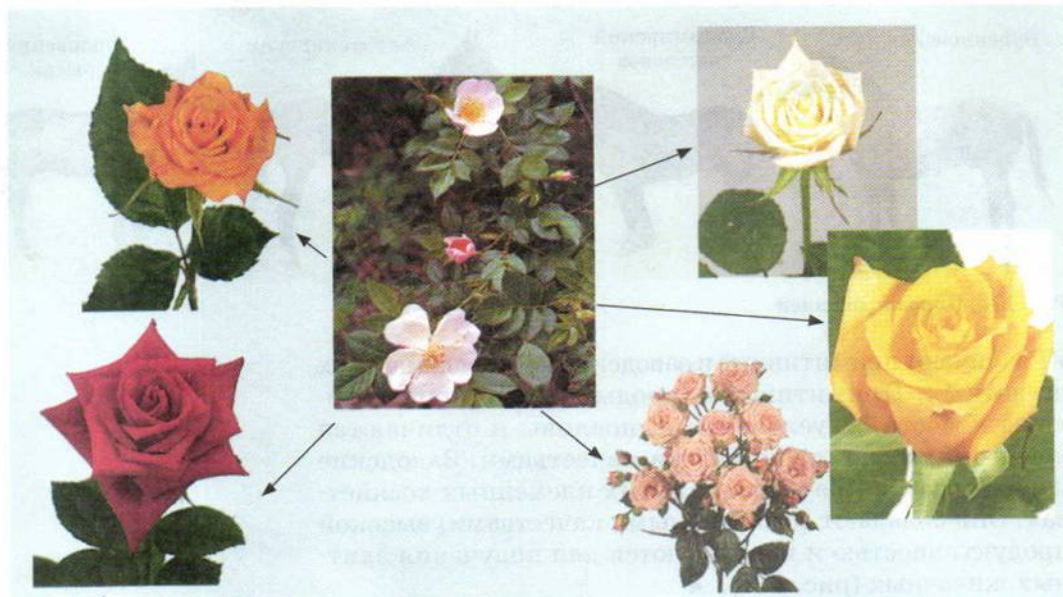


Рис. 177. Иллюстрация творческой роли искусственного отбора: различные сорта роз отличаются окраской, формой и числом лепестков венчика; предок культурных роз — шиповник (в центре) имеет розовую окраску венчика и пять лепестков

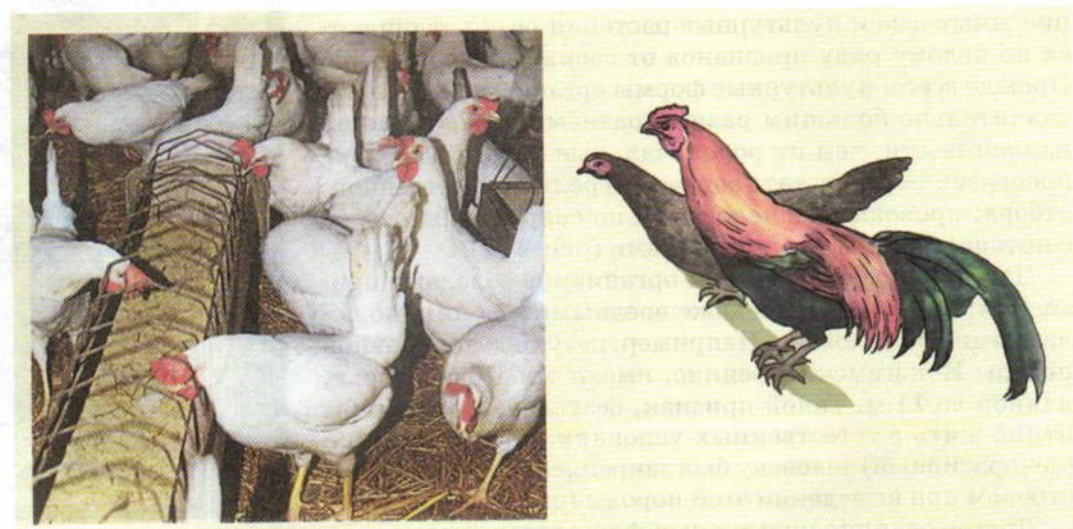


Рис. 178. Куры яйценоской породы Белый леггорн (слева) и их предки — банкивские куры (справа)





### § 37. Селекция как изменение человеком культурных форм организмов

у родственных им диких видов организмов. Например, яйценоскость кур породы Белый леггорн достигает 350 яиц в год, а их предки — банкивские куры откладывают всего лишь 18—20 яиц в год (рис. 178). Значит, селекция культурных форм организмов ведет к созданию таких сортов растений и пород животных, которые обладают нужными человеку признаками и наибольшей продуктивностью.



*Селекция, окультуривание, одомашнивание, центры происхождения культурных растений и домашних животных, сорт, порода.*



*1. Объясните, что такое селекция. 2. Каковы предпосылки окультуривания человеком дикорастущих растений и одомашнивания диких животных? 3. Расскажите о вкладе Н.И. Вавилова в изучение происхождения культурных растений. 4. Почему центры происхождения культурных форм организмов совпадают с очагами древнейших цивилизаций человечества? 5. Что такое сорт и порода? 6. Чем культурные формы организмов отличаются от их диких предков?*



*Используя учебники по истории Древнего мира и географическую карту, выясните, с очагами каких древнейших цивилизаций совпадают центры происхождения важнейших культурных растений и домашних животных. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.*

#### КУЛЬТУРНЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗМОВ И ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕ

| Культурные растения и домашние животные | Центры происхождения, цели окультуривания и одомашнивания | Очаги древнейших цивилизаций и время их существования |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                         |                                                           |                                                       |

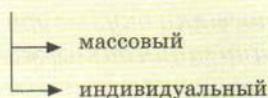


*За свою историю человечество одомашнило около 3000 видов дикорастущих растений, превратив их в зерновые, бобовые, плодовые, технические и декоративные культуры. Процесс приручения животных не был таким успешным, человек одомашнил лишь около 60 видов млекопитающих, 12 видов птиц и менее 10 видов рыб и насекомых.*

## § 38.

## ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

Вспомните, что такое искусственный отбор. Охарактеризуйте известные вам виды наследственной изменчивости организмов. Поясните, какова роль наследственной изменчивости для селекции.

ИСКУССТВЕННЫЙ  
ОТБОР

Основные методы селекции — искусственный отбор, гибридизация и получение мутаций. Теоретической основой для селекции служит генетика.

**Искусственный отбор.** Основы учения об искусственном отборе было заложены еще Ч. Дарвином, который называл его основной движущей силой возникновения сортов культурных растений и пород домашних животных. В настоящее время под *искусственным отбором* понимают выбор человеком наиболее ценных в хозяйственном отношении особей растений и животных данного вида, сорта или породы для получения потомства с желательными признаками.

Различают две основные формы искусственного отбора — массовый и индивидуальный. *Массовый отбор* основан на сохранении по фенотипу целой группы особей с нужными признаками и выбраковке всех остальных, не соответствующих сортовым или породным стандартам. Например, на птицефабрике среди кур-несушек для разведения потомства отбирают особей с яйценоскостью 150—200 яиц в год и массой около 1,5—1,8 кг. Остальных кур выбраковывают. Полученное таким образом на птицефабрике поголовье кур обладает калиброванными качествами, что облегчает их промышленное разведение (рис. 179).

*Индивидуальный отбор* основан на сохранении отдельных особей организмов с учетом наследственной стойкости их признаков. Такой отбор ведется по генотипу особей с оценкой качества потомства растения или животного в ряду поколений. Индивидуальный отбор трудоемок, но более эффективен, чем массовый. Он способствует совершенствованию сортовых и породных качеств, так как закрепляет большинство наследственных признаков у организмов.



Рис. 179. Цех клеточных кур-несушек на птицефабрике





► Индивидуальный отбор широко применяют как в селекции растений, так и в селекции животных. В последнем случае очень важна оценка *производителей* — племенных животных, используемых для размножения, по их экстерьеру.

*Экстерьер* (от лат. *экстернус* — внешний) — внешняя форма телосложения животного, связанная с его породными особенностями. На основе внешнего осмотра производителей, т. е. оценки их экстерьера, делают заключение о их продуктивности, здоровье и приспособленности к условиям содержания. Например, у крупного рогатого скота мясного направления форма тела приближается к параллелепипеду, туловище широкое, на коротких ногах, хорошо развита широкая шея и голова (рис. 180, 1). У молочного скота туловище конусообразное, с более заметной задней частью, голова и шея удлиненные (рис. 180, 2). Учет этих особенностей, а также

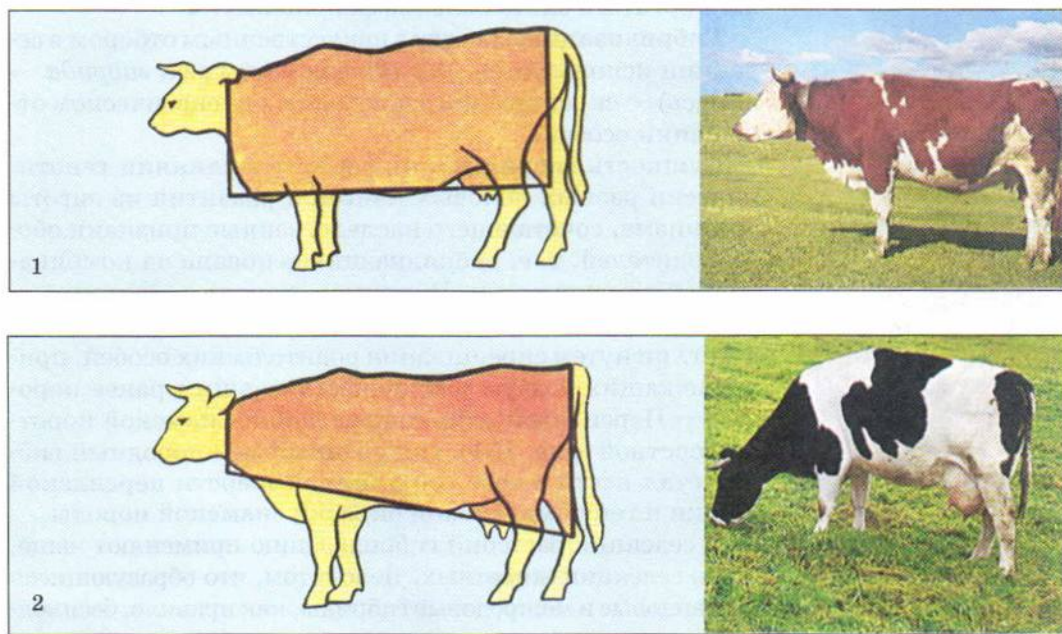


Рис. 180. Экстерьер крупного рогатого скота: 1 — мясного направления; 2 — молочного направления



Рис. 181. Гибридизация двух пород домашних кошек

некоторых технологических качеств, например формы вымени или скорости молокоотдачи, позволяют сделать индивидуальный отбор производителей в селекции крупного рогатого скота более эффективным. ◀

**Гибридизация.** Наряду с искусственным отбором в селекции используется *гибридизация* (от греч. *гибрида* — помесь) — скрещивание разнородных в генетическом отношении особей.

Сущность гибридизации состоит в слиянии генотипически разных половых клеток и развитии из зиготы организма, сочетающего наследственные признаки обоих родителей, т. е. гибридизация основана на комбинативной изменчивости. Например, порода домашних кошек Колорпойнт, или Гималайская, была выведена в Англии путем скрещивания родительских особей, принадлежащих к двум уже существовавшим ранее породам — Персидской длинношерстной и Сиамской короткошерстной (рис. 181). Полученный межпородный гибрид стал нести в себе ген длинной шерсти персидской кошки и ген гималайской окраски сиамской породы.

В селекции растений гибридизацию применяют чаще, чем в селекции животных. Дело в том, что образующиеся межвидовые и межродовые гибриды, как правило, бесплодны, так как у них нарушен мейоз при созревании половых клеток. Однако некоторые гибридные растения способны давать потомство, размножаясь вегетативно. Используя метод



Рис. 182. Иван Владимирович Мичурин (1855—1935)



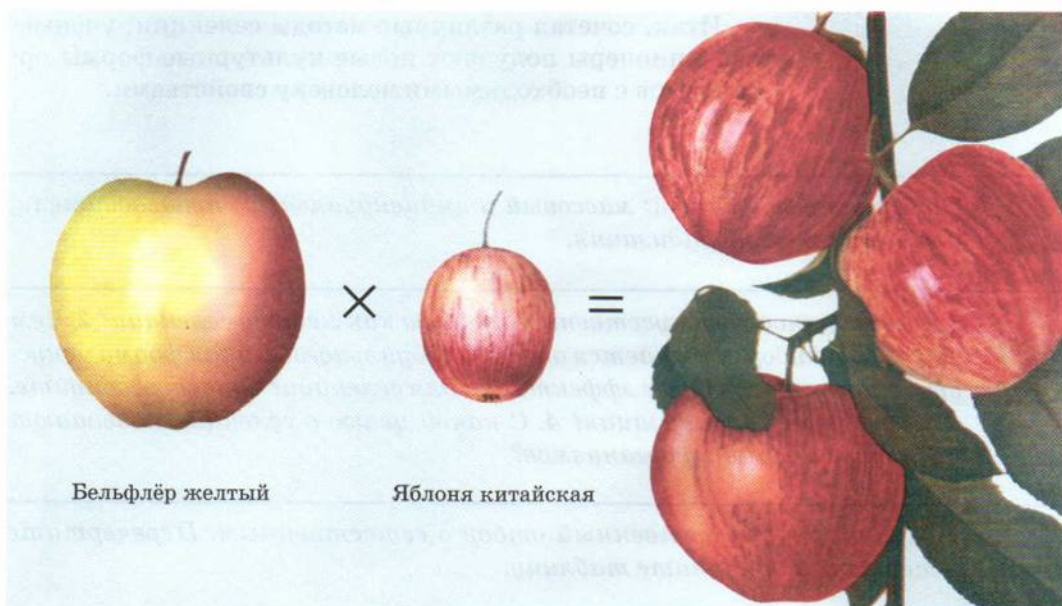


Рис. 183. Гибридный сорт яблони Бельфлёр — китайка, полученный от скрещивания сорта Бельфлёра желтого с яблоней китайской

гибридизации, русский селекционер Иван Владимирович Мичурин (рис. 182) получил гибриды яблони и других плодовых культур (рис. 183).

**Получение мутаций.** Материалом для селекции служат мутационная и комбинативная изменчивость организмов. С целью повышения частоты мутаций в научных экспериментах селекционеры применяют особые химические вещества или радиоактивное излучение. В большинстве случаев полученные мутации оказываются вредными для особей-мутантов. Однако в некоторых случаях возникшие мутации могут представлять интерес для селекционной работы.

Наибольшее значение для селекции имеют мутации культурных растений, связанные с увеличением хромосомного набора. Например, почти все декоративные цветочные растения представлены сортами, в ядрах клеток которых число хромосом увеличено в 2 раза. Такие сорта отличаются от сортов растений с нормальным хромосомным набором более мощными побегами, крупными цветками, махровостью и тонким ароматом (рис. 184).



Рис. 184. Сорта культурных пионов с увеличенным хромосомным набором

Итак, сочетая различные методы селекции, ученые-селекционеры получают новые культурные формы организмов с необходимыми человеку свойствами.



Отбор искусственный: массовый и индивидуальный; производители, ▶ экстерьер ◀, гибридизация.



1. В чем сущность искусственного отбора как метода селекции? 2. Чем массовый отбор отличается от индивидуального? Какая форма искусственного отбора более эффективна для селекции? Ответ обоснуйте. 3. Что такое гибридизация? 4. С какой целью в селекции повышают частоту мутаций у организмов?



1. Сравните искусственный отбор с естественным. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

#### ИСКУССТВЕННЫЙ И ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОРЫ

| Название отбора | Материал для отбора | Как происходит отбор | Результат отбора |
|-----------------|---------------------|----------------------|------------------|
|                 |                     |                      |                  |

2. Рассмотрите гербарии зерновых, бобовых, овощных, технических, декоративных и плодово-ягодных культурных растений, а также муляжи плодов различных сортов яблони и груши. Определите по каким признакам человек осуществлял искусственный отбор предков этих культурных растений в процессе селекции.



Гибридизацию применяют иногда для восстановления численности диких животных. Так, к 1927 г. во всем мире уцелел только один самец кавказского зубра, который жил в зоопарке Гамбурга. Его скрестили с самкой зубра из Беловежской Пуци. Затем путем специально разработанной системы скрещивания ученым удалось от гибридов этой пары получить чистокровных кавказских зубров.





## § 39.

### БИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ И СЕЛЕКЦИИ ОРГАНИЗМОВ

*Вспомните из учебников «Растения. Бактерии. Грибы и лишайники» и «Животные» основные этапы исторического развития растительного и животного мира на Земле. В каком направлении происходила эволюция растений и животных? Подумайте, какие задачи стоят перед селекцией на современном этапе развития человеческого общества.*

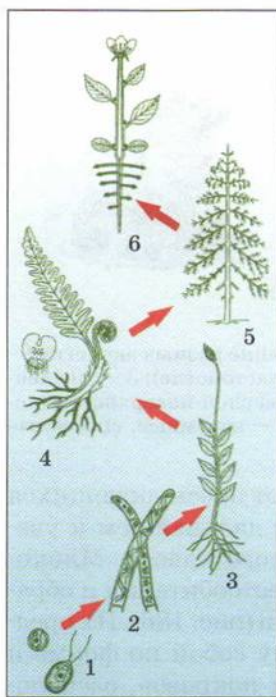


Рис. 185. Эволюционное усложнение растений: 1 — одноклеточные водоросли; 2 — многоклеточные водоросли; 3, 4 — споровые растения (мхи, папоротникообразные); 5, 6 — семенные растения (голосеменные, покрытосеменные)

Эволюция никогда не прекращается. Естественный отбор сохраняет особей, обладающих приспособлениями к условиям среды, которые постоянно изменяются. Даже если предположить, что эти условия какой-то промежуток времени останутся неизменными, эволюция будет продолжаться, так как сохраняется необходимость совершенствования приспособлений одних видов по отношению к другим. К тому же сама жизнь вносит изменения в среду обитания, и виды организмов вынуждены непрерывно эволюционировать. Следовательно, можно говорить о непрерывности эволюции видов в природе.

**Постепенное усложнение организмов.** Общее повышение уровня организации живого в ходе эволюции заключается в направлении развития органического мира от простых форм к сложным. Так, от одноклеточных организмов в процессе эволюции произошли многоклеточные. У многоклеточных организмов образовались ткани, а из них сформировались органы, объединенные в системы. Эволюция систем органов затем шла в направлении их дальнейшего усложнения и специализации по выполняемым функциям. Значит, в целом для эволюции характерно **постепенное усложнение организмов** (рис. 185).

**Увеличение видового разнообразия организмов и их расселение.** Эволюция направлена на развитие у организмов приспособлений к условиям существования. Эти условия в природе неодинаковы, поэтому развивающиеся у организмов приспособительные признаки оказываются разными. В результате их расхождения возникает большее разнообразие отдельных видов организмов, приспособленных к различным условиям существования. На

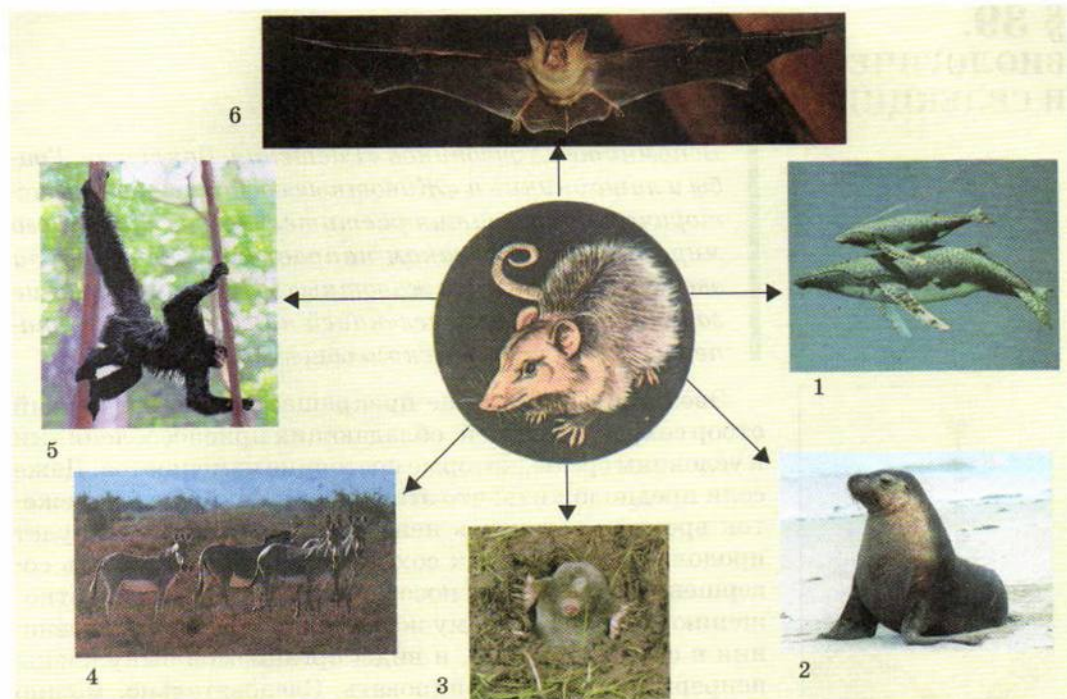


Рис. 186. Первое млекопитающее (в центре) и современные млекопитающие разных экологических групп: 1 — водные (китообразные); 2 — полуводно-полуназемные (ластоногие); 3 — почвенные (насекомоядные, грызуны); 4 — наземные, передвигающиеся по твердой поверхности (копытные, хищные); 5 — наземные, живущие на деревьях (приматы); 6 — наземные, способные к полету (рукокрылые)

пример, появление в ходе эволюции от пресмыкающихся первых млекопитающих, привело в дальнейшем к увеличению числа видов животных этого класса. Млекопитающие освоили разнообразные местообитания и образовали несколько экологических групп (рис. 186). Их представители стали различаться между собой по форме и величине тела, по строению кожных покровов, расположению конечностей, способам передвижения и другими приспособлениями к условиям существования.

Таким образом, в ходе эволюции происходит *увеличение видового разнообразия организмов* различных систематических групп и их *расселение* по планете.

**Организмы приспособляются к совместному с человеком существованию.** В настоящее время наиболее существенное влияние на природу оказывает дея-





тельность человека. Поэтому эволюция ведет к появлению таких организмов, которые приспособлены к совместному с человеком существованию.

Увеличение численности народонаселения земного шара неуклонно ведет к росту крупных городов. В них все чаще начинают встречаться животные и растения, которые неплохо уживаются рядом с людьми. Так, в Лондоне популяция лисицы обыкновенной насчитывает до 10 особей на 1 км<sup>2</sup>. Городские лисицы предпочитают селиться в парках и окрестных садах (рис. 187). Мелкие грызуны, птицы и беспозвоночные составляют лишь меньше половины их рациона. Основную пищу они находят в мусорных баках. Предполагают, что популяция городских лисиц-мусорщиков сформировалась в 50-е гг. прошлого столетия, когда эпидемии инфекционных болезней уничтожили в окрестностях города практически всех диких кроликов. Лишившись основной пищи, лисицы переселились в город, где остались даже после того, как численность кроликов в природе восстановилась.

**Управляемая селекция.** Развитие сельского хозяйства позволило человеку увеличить свою численность выше того уровня, который смог бы существовать благодаря собирательству и охоте. Сейчас население многих стран растет быстрее, чем количество производимой пищи. Производство продуктов питания можно резко увеличить повышением урожайности культурных растений и продуктивности сельскохозяйственных животных.

Созданные селекционерами высокоурожайные сорта совершили так называемую «зеленую революцию» в зем-



Рис. 187. Лисица обыкновенная отдыхает на полке в оранжерее городского парка



Рис. 188. Поля с низкорослыми сортами риса



Рис. 189. Зебувидный скот

леделии Индии, Мексики и других стран мира. Внедрение в растениеводство полученных в результате мутаций низкорослых, карликовых сортов злаков (риса и пшеницы) привело к тому, что все используемые этими культурными растениями питательные вещества стали расходоваться на рост колоса, а не на развитие стеблей и листьев (рис. 188). Урожайность таких хлебных злаков возросла в 8 раз, и они оказались более устойчивыми к полеганию, поскольку стебли-соломины у них стали толще и крепче, чем у высокорослых сортов.

Одна из главных задач современной селекции — выведение устойчивых к заболеваниям и неблагоприятным климатическим условиям форм культурных организмов. Широкое практическое значение имеет скрещивание промышленных сортов и пород с местными. Так, в ряде стран Африки и Азии заводские породы крупного рогатого скота скрещивают с местным горбатым скотом — зебу (рис. 189). В горбах зебу накапливают жир, который обеспечивает им возможность подолгу обходиться без воды. В засушливом климате полученные гибриды зебувидного скота оказались более приспособленными к местным условиям существования, чем обычные породы крупного рогатого скота.

Итак, используя современные методы селекции, человек выводит высокоурожайные и высокопродуктивные, приспособленные к местным условиям сорта и породы, т. е. управляет селекцией культурных форм организмов.



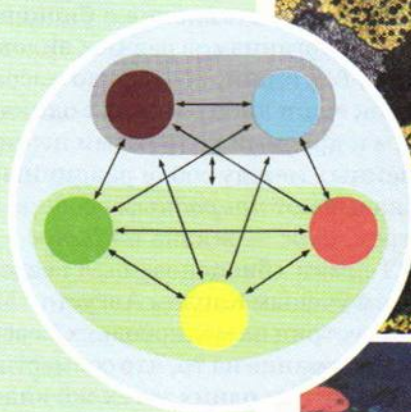
*Постепенное усложнение организмов, увеличение видового разнообразия организмов и их расселение, приспособление к совместному с человеком существованию, управляемая селекция.*



1. Докажите, что эволюция носит длительный и постепенный характер. Приведите примеры эволюционного усложнения организмов.
2. В связи с чем в ходе эволюции наблюдается увеличение общего видового разнообразия организмов?
3. Почему одни виды организмов увеличивают в ходе эволюции свою численность, а другие, наоборот, сокращают? Обоснуйте ответ и приведите примеры.
4. Что является наиболее характерной чертой современного этапа эволюции видов организмов?
5. Какие задачи стоят перед селекцией на современном этапе развития человеческого общества?



# БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ



## § 40.

## БИОЦЕНОЗ КАК ПРИРОДНОЕ СООБЩЕСТВО ОРГАНИЗМОВ

*Вспомните из учебника «Растения. Бактерии. Грибы и лишайники», чем различаются между собой лес, луг, степь по произрастающим в них растениям и обитающим животным. Рассмотрите на рисунках 191—196 основные типы взаимоотношений организмов. Какие из них — взаимовыгодные, какие — выгодные для организмов только одной стороны, а какие — взаимовредные?*

Все организмы на Земле живут не изолированно друг от друга. Любой участок суши или водоема населен приспособленными к совместному существованию особями популяций разных видов организмов.

**Общее представление о биоценозе.** Совокупность популяций организмов разных видов растений, животных, грибов, бактерий, совместно населяющих тот или иной участок суши либо водоема с одинаковым рельефом, климатом и другими условиями неживой природы, а также связанных между собой различными взаимоотношениями, называют *природным сообществом*, или *биоценозом* (от греч. *биос* — жизнь и *койнос* — общий).

► Термин «биоценоз» был введен в науку в 1877 г. немецким ученым Карлом Августом Мёбиусом (рис. 190). Исследуя устриц на мелководьях Северного моря, ученый обратил внимание на то, что совместно с устрицами обитают представители одних и тех же видов рыб, ракообразных, червей, кишечнополостных и других животных. ◀

Биоценоз как биологическая система надорганизменного уровня формируется в процессе естественного отбора из имеющихся в природе организмов разных видов. Она может существовать даже при замене организмов одних видов на другие со сходными потребностями к условиям обитания.

К биоценозам относят как сообщества организмов гниющего (трухлявого) пня, моховой кочки болота, лужи, так и сообщества леса, болота, озера и даже такие крупные, как степь, коралловый риф, тундра. Мелкие биоценозы являются частями более крупных. Так, все



Рис. 190. Карл Август Мёбиус (1825—1908)





#### § 40. Биоценоз как природное сообщество организмов

обитатели лесных полян, гниющих пней, стволов упавших деревьев входят в состав биоценоза леса.

Названия биоценозам, как правило, дают по преобладающим (доминирующим) растениям, например: ельник-кисличник, ельник-зеленомошник, дубрава, либо по типу растительности: луг, степь, болото.

**Взаимоотношения организмов в биоценозе.** Между организмами разных видов, составляющих тот или иной биоценоз, складываются взаимовыгодные, выгодные для одной и невыгодные или безразличные для другой стороны и другие взаимоотношения.

**Мутуализм** (от лат. *мутуус* — взаимный) — тип взаимоотношений, при которых организмы двух разных видов возлагают друг на друга регуляцию своих связей с внешней средой. В таких взаимовыгодных отношениях живут, например, рак-отшельник и актиния, воловь птицы и крупные копытные звери Африки. Рак-отшельник носит на своем домике-раковине актинию, которая питается остатками его пищи, а актиния щупальцами, снабженными стрекательными клетками, защищает рака от его врагов (рис. 191). Волось птицы собирают из шкур антилоп насекомых и клещей-паразитов и, обес-

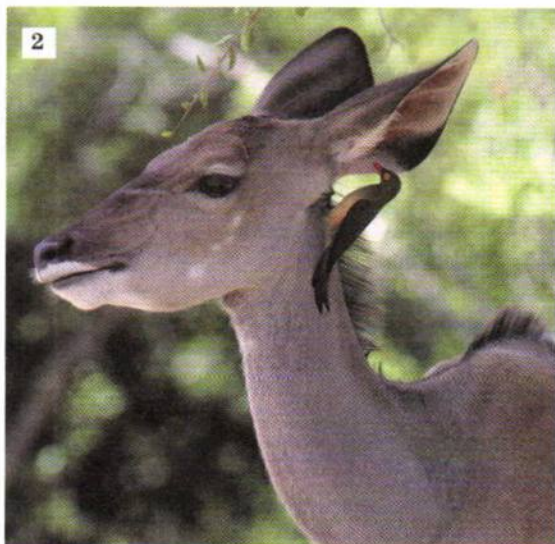
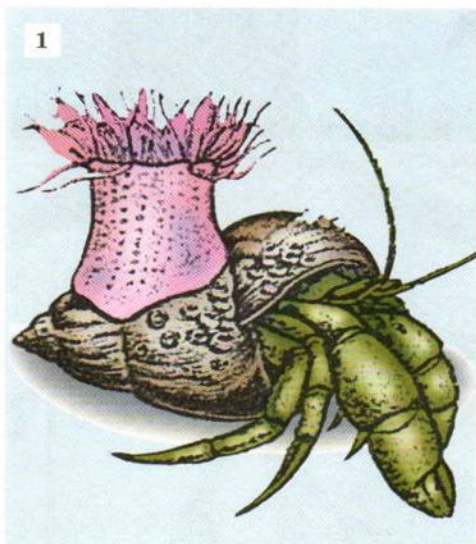


Рис. 191. Мутуализм: 1 — рак-отшельник и актиния; 2 — воловь птица и антилопа

печивая себя пищей, предупреждают своих партнеров криком об опасности.

Тип взаимовыгодного сожительства, при котором присутствие партнера становится обязательным условием жизни каждого из них, называют *симбиозом* (от греч. *симбиос* — совместная жизнь). Пример симбиоза — взаимоотношения между деревьями леса и сожителями с ними шляпочными грибами (рис. 192). Шляпочные грибы оплетают нитями грибницы корни деревьев и благодаря образующейся микоризе получают из корней органические вещества и усиливают у деревьев способность всасывания их корневыми системами. Кроме того, деревья получают от шляпочных грибов необходимые им минеральные вещества.

*Нахлебничество* или *квартирантство* — взаимоотношения, при которых одни организмы, используя особенности образа жизни или строения других организмов, извлекают для себя одностороннюю пользу, не принося другим организмам вреда. Примерами нахлебничества или квартирантства могут служить взаимоотношения рыбы-прилипало, присасывающейся к телу акулы и использующей остатки ее пищи (рис. 193).

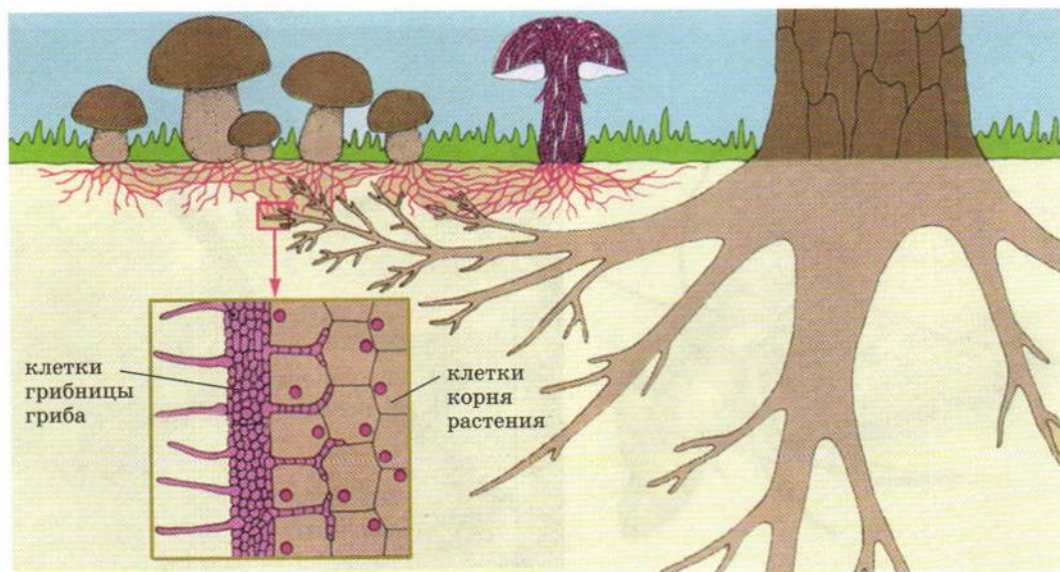


Рис. 192. Симбиоз: микориза шляпочного гриба и корня растения





Рис. 193. Нахлебничество и квартирантство: рыбы-прилипалы и акула

*Паразитизм* (от греч. *паразитос* — нахлебник) — взаимоотношения организмов разных видов, когда один из них (паразит) использует другого (хозяина) как среду обитания и источник пищи, причиняя ему вред, но не вызывая его быстрой гибели. Смерть хозяина привела бы к гибели и самого паразита.

Паразиты имеются среди организмов всех царств природы. Среди растений — это повилика (рис. 194). Она почти полностью лишена способности к фотосинтезу и все питательные вещества получает от растения-хозяина, обвивая его и внедряясь в его ткани присосками.

Из грибов-паразитов всем известны трутовики, спорынья, головня, фитофтора и многие другие. К животным-паразитам, относят например, трипаносом.

*Хищничество* — взаимоотношения организмов, при которых одни из них (хищники) ловят, убивают и поедают другие организмы (жертвы). Хищничество встречается среди животных всех типов, начиная с простейших (рис. 195). Например, из простейших — это инфузории-бурсарии, из кишечнорастворимых — гидры, из плоских червей — планарии. В классе Птицы многие хищники



Рис. 194. Паразитизм: повилика на клевере

выделены в отряд Соколообразные, а в классе Млекопитающие имеется отряд Хищные. Известны хищники даже среди грибов и насекомоядных растений. Хищничество, как и паразитизм, относят к полезно-вредным отношениям между организмами.



Рис. 195. Хищничество: 1 — паук с жертвой; 2 — растение венерина мухоловка с добычей — мухой; 3 — хищная птица (скопа), поймавшая рыбу



Рис. 196. Конкурентные виды: щука и окунь





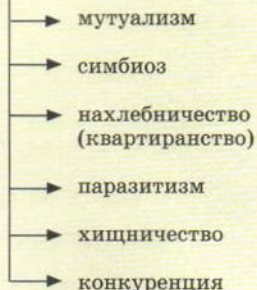
#### § 40. Биоценоз как природное сообщество организмов

**Конкуренция** (от лат. *конкурро* — сталкиваюсь) возникает между организмами видов со сходными потребностями в пище, воде, убежищах, местах размножения и других жизненно важных ресурсах окружающей среды при их недостатке. Конкурентные отношения возникают, например, между щукой и окунем, обитающими в одном и том же пресном водоеме и питающимися одними и теми же рыбами (рис. 196).

При недостатке того или иного жизненно важного ресурса конкуренция между организмами усиливается и один вид может полностью вытеснить из местообитания другой. Естественный отбор направлен на развитие у организмов различий в приспособлениях к условиям обитания, снижающих конкуренцию между ними.

Таким образом, между организмами складываются взаимоотношения, обеспечивающие их совместное существование на определенном участке суши или водоема. Эти взаимовыгодные, полезно-вредные, полезно-безразличные и взаимовредные связи между организмами биоценоза поддерживают его жизнь.

#### ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ



*Природное сообщество (биоценоз), мутуализм, симбиоз, нахлебничество, квартиранство, паразитизм, хищничество, конкуренция.*



1. Дайте определение биоценоза. 2. Почему к биоценозам относят как пруд, озеро, так и лужу? 3. В связи с чем растения одних видов произрастают совместно с елями, а растения других видов — с соснами или дубами? 4. Какие типы взаимоотношений сложились в биоценозах между организмами разных видов? 5. В каких направлениях действовал естественный отбор в процессе формирования между организмами взаимоотношений «паразит—хозяин», «хищник—жертва», «конкурент—конкурент», «нахлебник—хозяин»?



Охарактеризуйте каждый тип взаимоотношений организмов в биоценозах. Перечитайте в тетрадь и заполните таблицу.

#### ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ В БИОЦЕНОЗАХ

| Тип взаимоотношений | Характер взаимоотношений | Примеры организмов |
|---------------------|--------------------------|--------------------|
|                     |                          |                    |

## § 41.

СТРУКТУРА БИОЦЕНОЗА КАК ОСНОВА  
ПОДДЕРЖАНИЯ ЕГО ЦЕЛОСТНОСТИ

*Познакомьтесь по рисункам 198, 200—202 с совместно обитающими в биоценозах группами организмов. Какие существуют между ними связи?*

Различные типы сложившихся взаимоотношений организмов в биоценозах способствуют сохранению их видового состава и поддержанию оптимальной численности составляющих биоценоз популяций видов.

*Структура биоценоза* выражается в видовом составе его населения и количественном соотношении организмов по видам (видовая структура), в закономерном распределении организмов разных видов относительно друг друга в занимаемом пространстве (пространственная структура), в пищевых (трофических) и других взаимоотношениях организмов.

**Видовая структура биоценоза.** Любой биоценоз сформирован характерными для него видами организмов с определенной численностью каждого из них. Общее число видов в одном биоценозе может достигать нескольких десятков тысяч. Особенно богаты видами организмов коралловые рифы, тропические леса (рис. 197, 1, 2). Для биоценозов, сложившихся в суровых условиях обитания организмов, например в Арктике, характерно гораздо меньшее число видов (рис. 197, 3).

Численность организмов каждого вида в биоценозе разная. Виды с наибольшей численностью, или господствующие (доминирующие), составляют его «видовое ядро». В некоторых еловых лесах, например в ельниках-кисличниках, из деревьев доминирует ель, из травянистых растений — кислица, из птиц — королек, зарянка, зяблик, а из млекопитающих — рыжая и красно-серая полевки (рис. 198).

Количество малочисленных видов в биоценозах всегда больше, чем многочисленных. Малочисленные виды создают видовое богатство биоценозов и увеличивают разнообразие его связей. Эти же виды служат резервом для замещения доминирующих видов при

СТРУКТУРА  
БИОЦЕНОЗА



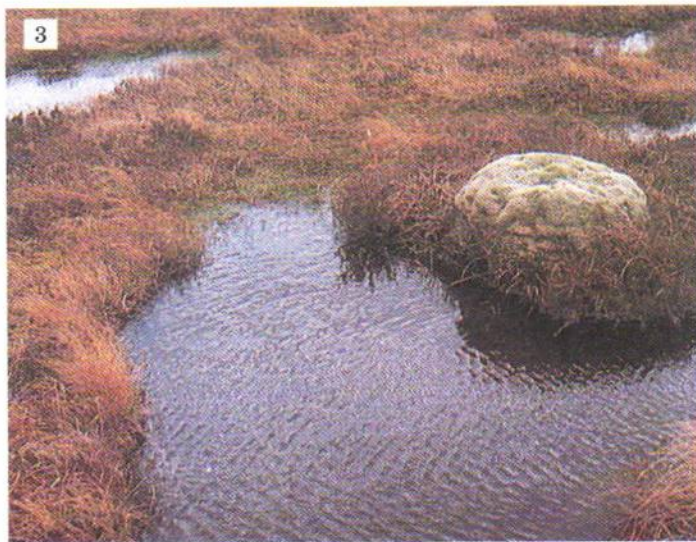


Рис. 197. Богатые и бедные видами биоценозы: 1 — коралловый риф; 2 — тропический лес; 3 — полярная тундра





Рис. 198. Многочисленные виды организмов ельника-кисличника:

1 — ель обыкновенная; 2 — кислица обыкновенная; 3 — зяблик; 4 — красно-серая полевка

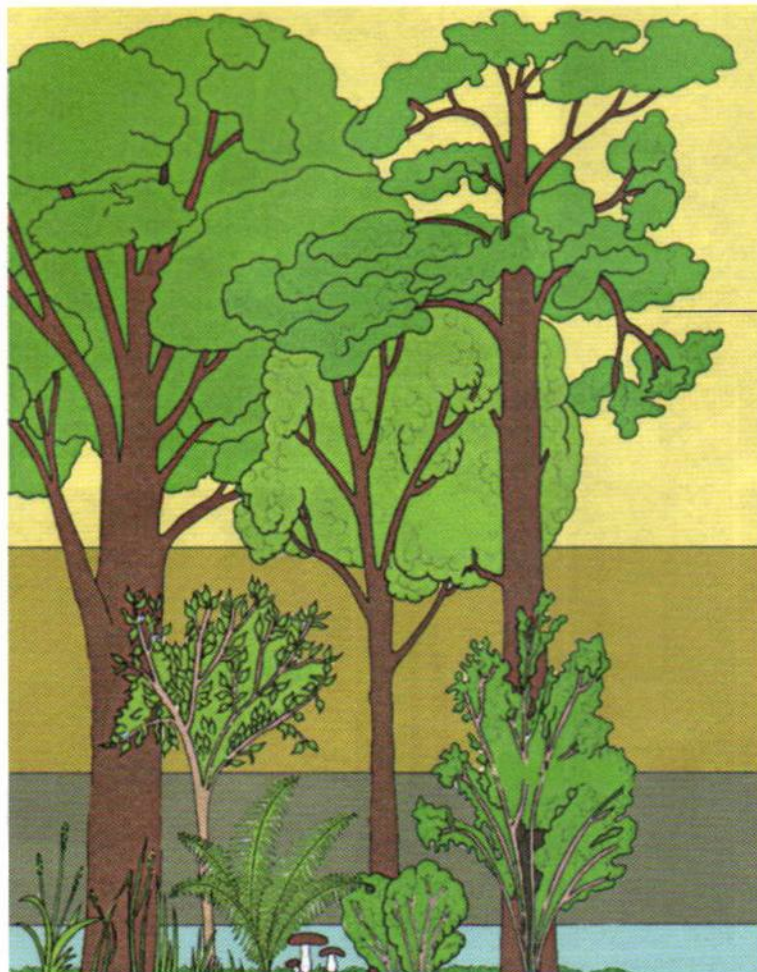
изменении условий среды. Чем богаче видовой состав биоценоза, тем лучше обеспечивается его устойчивость по отношению к меняющимся условиям среды.

**Пространственная структура биоценоза.** Распределение организмов в наземных биоценозах связано в основном с ярусностью, или вертикальным расположением растительности.

*Ярусное, или вертикальное, сложение биоценозов* наиболее отчетливо выражено в лесах, где может быть до 5—6 ярусов растений (рис. 199). Так, в широколиственных лесах, или дубравах, дуб, липа и другие высокие листопадные деревья с крупными листьями образуют первый (верхний) ярус. Менее светолюбивые, например, клен остролистный, вяз и другие деревья-спутники дуба — это второй ярус. Орешник (лещина), жимолость, бересклет, шиповник, калина, крушина и другие кустарники — третий ярус (подлесок). Многолетние травянистые растения (хохлатка, ветреница, гусиный лук, медуница, ландыш майский, зеленчук зеленый, копытень европейский, вороний глаз) образуют четвертый ярус. Мхи, лишайники и грибы произрастают в нижнем (пятом) ярусе широколиственного леса и встречаются редко, не образуя сплошного покрова.

Ярусное сложение леса позволяет растениям более эффективно использовать солнечный свет: светолюбивые растения образуют верхний ярус, а растения других ярусов приспособились к жизни в условиях с малой освещенностью или развиваются и зацветают ранней весной до распускания листьев на деревьях (пролески, ветреницы, хохлатки, гусиный лук).





Первый (верхний) ярус — дуб, липа

Второй ярус — клен, вяз, рябина

Третий ярус — (подлесок) — орешник (лещина), крушина, калина, шиповник

Четвертый ярус — папоротники, ветреница, ландыш, медуница

Пятый (нижний) ярус — мхи, лишайники, грибы

Рис. 199. Ярусное распределение растений в биоценозе широколиственного леса — дубраве

С ярусами биоценозов связано вертикальное распределение животных и других организмов (рис. 200). Так, в кронах деревьев первого и второго ярусов леса живут различные листогрызущие насекомые, насекомоядные птицы (дрозды, иволги, кукушки), мелкие зверьки (белки, соны). Бывают здесь и хищные птицы, например ястреб-перепелятник. Особенно разнообразно население животных нижнего яруса леса. Здесь обитают лоси, зай-





Рис. 200. Ярусное распределение животных в биоценозе смешанного леса





#### § 41. Структура биоценоза как основа поддержания его целостности

цы, кабаны, ежи, лесные мыши, волки, лисицы и другие звери.

► Многие животные из-за своей подвижности обитают в нескольких ярусах. Например, белка обыкновенная строит гнезда и выкармливает детенышей на деревьях, а собирает себе пищу как на деревьях, так и на кустарниках, и на земле. Тетерев, глухарь, рябчик питаются в основном в нижнем ярусе леса, ночуют на деревьях, а на земле выводят свое потомство.

Распределение животных по ярусам в биоценозе снижает между ними конкуренцию в питании, выборе мест для постройки гнезд. Так, мухоловка-пеструшка охотится на насекомых в кронах деревьев, а садовая горихвостка — в кустарниках и над почвой. Большой пестрый дятел и поползень питаются насекомыми и их личинками обычно в среднем ярусе леса. Однако и они не конкурируют между собой: дятел добывает насекомых, их личинок и куколок из-под коры деревьев, а поползень собирает насекомых с поверхности коры.

Ярусность, как этажи, наблюдается и в расположении корней. Наиболее глубоко в почву уходят корни деревьев верхних ярусов. В каждом ярусе почвы находятся бактерии и грибы, благодаря которым происходят превращения органических остатков в перегной (гумус) и его минерализация. Здесь же постоянно или временно обитает множество насекомых, клещей, червей и других животных. Число видов и особей животных, связанных с почвой, превышает число наземных. Почвенное население наиболее многочисленно в местах, где почва богата органическими веществами, и оказывает большое влияние на почвообразование. ◀

**Пищевая (трофическая) структура биоценоза.** Все организмы биоценозов связаны между собой отношениями «пища — потребитель» и каждый из них входит в то или иное звено *цепи питания* — последовательного ряда организмов, питающихся друг другом. Существуют два основных типа цепей питания: пастбищные (цепи выедания) и детритные (цепи разложения).

Основу *пастбищных пищевых цепей* составляют растения (автотрофные организмы) и животные (гетеротрофные организмы). Растительоядные животные, например саранча, жуки-листоеды, клесты, свиристели, полевки, зай-

цы, олени — потребители первого порядка; плотоядные животные (лягушки, жабы, ящерицы, змеи, насекомоядные птицы, многие хищные птицы и звери) — потребители второго порядка; а хищные животные, кормящиеся потребителями второго порядка, — потребители третьего порядка (рис. 201).



Рис. 201. Пастбищная цепь питания дубравы



Рис. 202. Детритная цепь питания лиственного леса

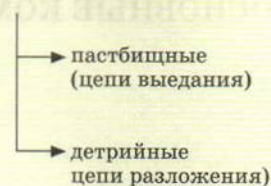




В *детритных пищевых цепях* (от лат. *детритус* — истертый, мелкие органические частицы) источником пищи организмов-потребителей первого порядка служат остатки разложившихся животных, растений, грибов вместе с содержащимися в них бактериями. Детритные цепи питания наиболее распространены в лесах (рис. 202). Так, значительная часть продукции растений (листовой опад) не потребляется непосредственно растительноядными животными, а отмирает и подвергается разложению и минерализации *сапротрофами* (от греч. *сапрос* — гнилой) — бактериями гниения. Дождевые черви, многоножки, клещи, личинки насекомых, питающиеся детритом, служат пищей потребителям следующего звена.

Итак, видовая, пространственная и пищевая (трофическая) структуры биоценоза составляют основу для поддержания его целостности. Видовой состав организмов формируется в соответствии с условиями среды, в которых существует то или иное природное сообщество. Слагающие биоценоз виды, распределенные по ярусам и связанные друг с другом пищевыми цепями, обеспечивают длительное существование разнообразных природных сообществ на нашей планете.

#### ПИЩЕВЫЕ ЦЕПИ



Структуры биоценоза: видовая, пространственная, пищевая (трофическая), ярусное (вертикальное) сложение биоценоза, цепи питания: пастбищные и детритные, сапротрофы.



1. В чем выражается структура биоценоза? 2. Чем видовая структура биоценоза отличается от пространственной и пищевой (трофической)? 3. Какие виды организмов биоценоза относят к доминирующим? 4. Какова роль малочисленных видов в биоценозе? 5. С чем в биоценозах связано вертикальное распределение организмов? 6. Что такое пищевые цепи? Чем пастбищные пищевые цепи отличают от детритных?



Составьте из перечисленных организмов и продуктов их жизнедеятельности несколько пастбищных и детритных пищевых цепей: травянистые растения, листья деревьев и кустарников, растительный опад, дождевые черви, гусеницы бабочек, слизи, личинки мясной мухи, лягушки, ужи, погибшая ворона, синицы, ястребы, ежи.

## § 42.

БИОГЕОЦЕНОЗ И ЕГО  
ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Рассмотрите рисунки 204, 205 и выясните, какие основные структурные компоненты входят в состав биогеоценоза. Какие организмы образуют в биогеоценозе основные функциональные группы?



Рис. 203. Владимир Николаевич Сукачев (1880—1967)

Термин биогеоценоз ввел в науку в 1940 г. русский ученый Владимир Николаевич Сукачев (рис. 203). Согласно ему, *биогеоценоз* (от греч. — *биос* — жизнь, *ге* — Земля и *койнос* — общий) — это однородный участок земной поверхности с определенным составом организмов (биоценоз) и комплексом неживых компонентов, к которым относятся приземный слой атмосферы, солнечная энергия, почва и другие природные условия, объединенные обменами веществ и потоком энергии (рис. 204).

**Функциональные группы организмов в биогеоценозах.** Все организмы в биогеоценозах, как и в биоценозах, связаны между собой, прежде всего цепями питания. Одни из них — автотрофные организмы. Это зеленые растения, фотосинтезирующие и хемосинтезирующие бактерии — создающие органические вещества из неорганических. При этом растения и микроорганизмы-фотосинтетики используют энергию солнечного света, а бактерии-хемосинтетики — энергию, освобождаемую при окислении ими неорганических веществ. Автотрофные организмы — *первичные производители органического вещества*, или *продуценты* (от лат. *продуценс* — производящий, создающий).

Все другие организмы — животные, грибы, многие бактерии — гетеротрофы. Они питаются готовыми органическими веществами, поставщиками которых служат организмы-продуценты. Среди гетеротрофов различают *потребителей органических веществ*, или *консументов* (от лат. *консумо* — потребляю), и *разрушителей органического вещества*, или *редуцентов* (от лат. *редуцентис* — возвращающий, восстанавливающий).

К консументам относят растительноядных и плотоядных животных, а к редуцентам — бактерии, грибы,



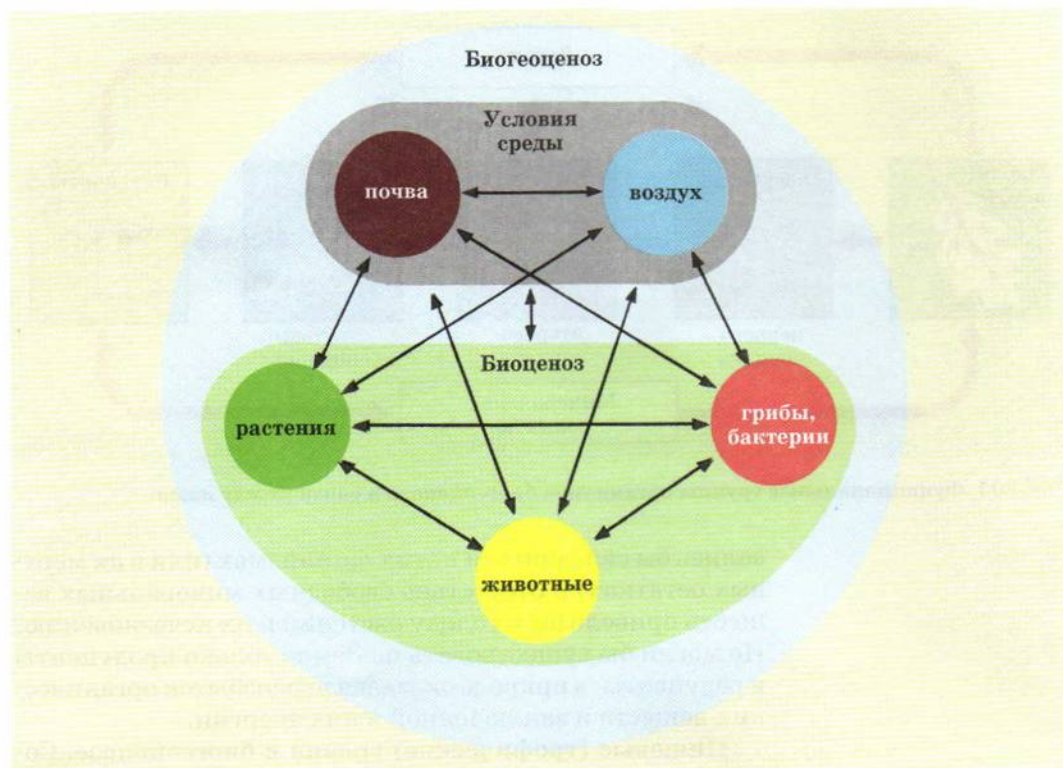


Рис. 204. Структура биогеоценоза

некоторых животных, перерабатывающих органические остатки, например дождевых червей. При этом одни из редуцентов, питаясь органическими веществами мертвых растений, животных и микроорганизмов, вызывают их разложение и гниение. Другие редуценты минерализуют органические остатки до образования неорганических веществ — воды, углекислого газа, аммиака и минеральных солей, которые затем могут снова использоваться продуцентами.

Таким образом, любой биогеоценоз включает три функциональные группы организмов: продуцентов, консументов и редуцентов (рис. 205). Отдельное существование каждой из этих групп организмов невозможно. Если бы на Земле существовали только растения (продуценты), то в конце концов все минеральные вещества ока-

#### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ ОРГАНИЗМОВ БИОЦЕНОЗА

- продуценты
- консументы
- редуценты

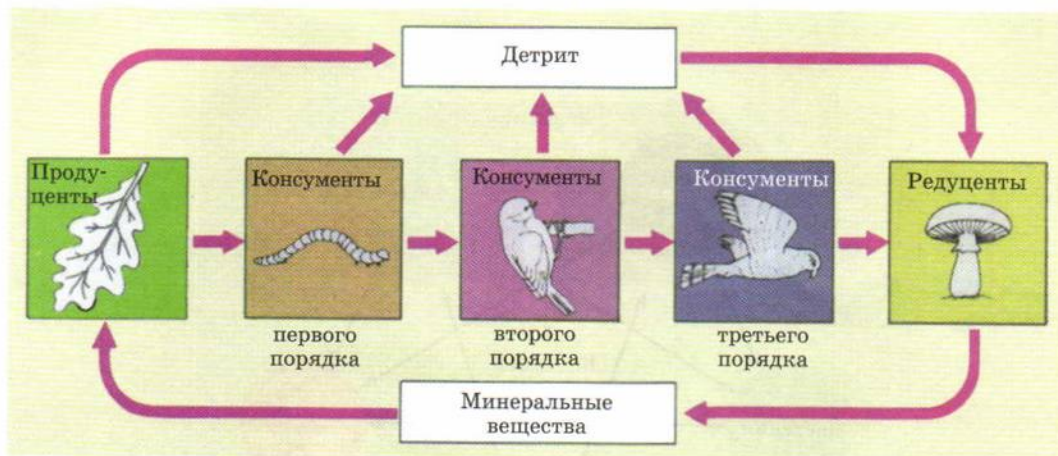


Рис. 205. Функциональные группы организмов биogeоценоза и связи между ними

зались бы связанными в этих организмах (или в их мертвых остатках) и отсутствие свободных минеральных веществ привело бы к голоду растений и их исчезновению. Не могли бы существовать на Земле только продуценты и редуценты: в природе оказался переизбыток органических веществ и заключенной в них энергии.

**Пищевые (трофические) уровни в биogeоценозе.** Совокупность организмов природных сообществ, объединенных типом питания, называют *трофическим уровнем*. Продуценты составляют в биogeоценозах первый трофический уровень. Образующие ими вещества и заключенная в них энергия передаются первичным потребителям, или консументам первого порядка — растительноядным животным, относящимся ко второму трофическому уровню. Плотоядные животные, а также некоторые хищники, питающиеся растительноядными животными, — это вторичные потребители, или консументы второго порядка. Они составляют третий трофический уровень (рис. 206). Виды организмов, занимающие высшие трофические уровни, имеют невысокую численность, что связано с ограничением количества пищи. Виды организмов низших уровней лучше обеспечены питанием, поэтому их численность выше и, они подвержены интенсивному истреблению, например, зайцы, которых уничтожают лисицы, волки и совы.



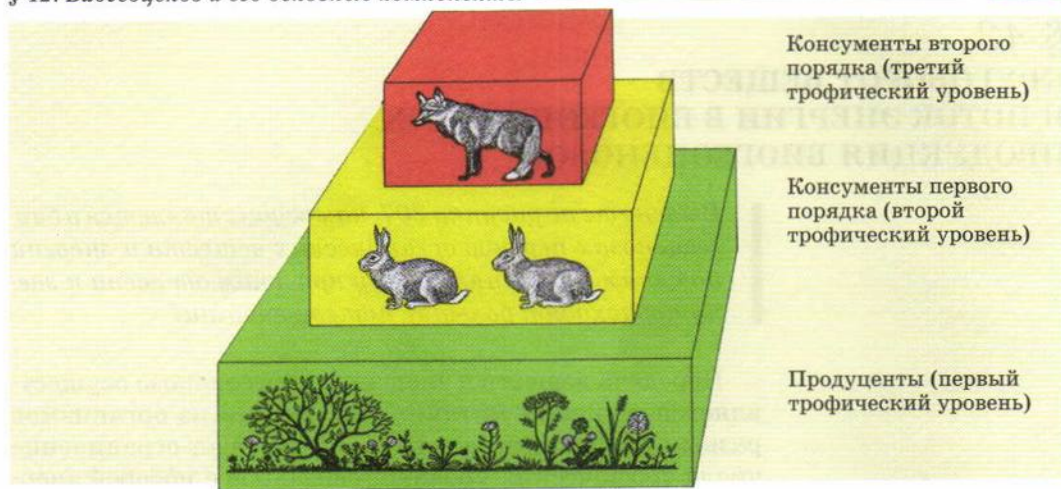


Рис. 206. Пищевые (трофические) уровни организмов в биогеоценозе

Присутствие в биогеоценозе организмов различных трофических уровней составляет его *пищевую (трофическую) структуру*. При питании одних организмов другими организмами органические вещества и заключенная в них энергия переходят от предшествующего трофического уровня на последующий.

Организмы каждого трофического уровня потребляемую пищу преобразуют в органические вещества своего тела неполностью, так как значительная ее часть расходуется на процессы жизнедеятельности. Кроме того, часть выделяемой из пищи энергии организмами не усваивается и удаляется во внешнюю среду.



Биогеоценоз, первичные производители органического вещества (продуценты), потребители органических веществ (консументы), разрушители органических веществ (редуценты), трофический уровень, трофическая структура.



1. В чем состоит различие понятий биоценоз и биогеоценоз? Приведите примеры биогеоценозов. 2. Почему биогеоценозы относят к открытым системам? 3. Какие функциональные группы организмов входят в состав биогеоценоза? 4. Почему биогеоценоз не может существовать без какой-либо функциональной группы организмов? Ответ поясните. 5. Что представляют собой пищевые (трофические) уровни биогеоценоза? Приведите примеры организмов разных трофических уровней.

## § 43.

### КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ И ПОТОК ЭНЕРГИИ В БИОГЕОЦЕНОЗАХ. ПРОДУКЦИЯ БИОГЕОЦЕНОЗОВ

*Выясните по рисунку 207, как осуществляется в биогеоценозах перенос органических веществ и энергии по цепям питания. Почему при этом от звена к звену происходят большие потери энергии?*

Передача веществ и энергии в биогеоценозе осуществляется по цепям питания, состоящим из организмов разных трофических уровней. Существует ограничение числа трофических уровней, связанное с потерей энергии. Накопленная продуцентами к последнему трофическому уровню энергия иссякает. Поэтому круговорота энергии в биогеоценозе, в отличие от круговорота веществ, не происходит. Существует лишь поток энергии, связанный с ее превращением и расходуванием на каждом трофическом уровне.

**Перенос веществ и энергии по цепям питания.** Как вы уже знаете, в биоценозах, как составных частях биогеоценозов, сложились пищевые цепи организмов, относящихся к разным трофическим уровням. В каждой цепи питания при поедании одних организмов другими органические вещества пищи и заключенная в них энергия переходят от звена к звену, с одного трофического уровня на другой. При этом значительная часть пищи организмами не усваивается. Органические вещества усвоенной части пищи расходуются при дыхании, а освобождаемая при этом энергия затрачивается на другие процессы жизнедеятельности. Большая часть освобожденной энергии рассеивается в виде тепла. Вещества и заключенная в них энергия, оставшиеся после потерь, связанных с процессами пищеварения, дыхания и выделения, идут на рост организмов, поддержание их жизнедеятельности и размножение.

В среднем, в пищевых цепях от растений к растительноядным животным переходит около 10% органических веществ и заключенной в них энергии, а от животных к животным — около 20%. Такие различия связаны



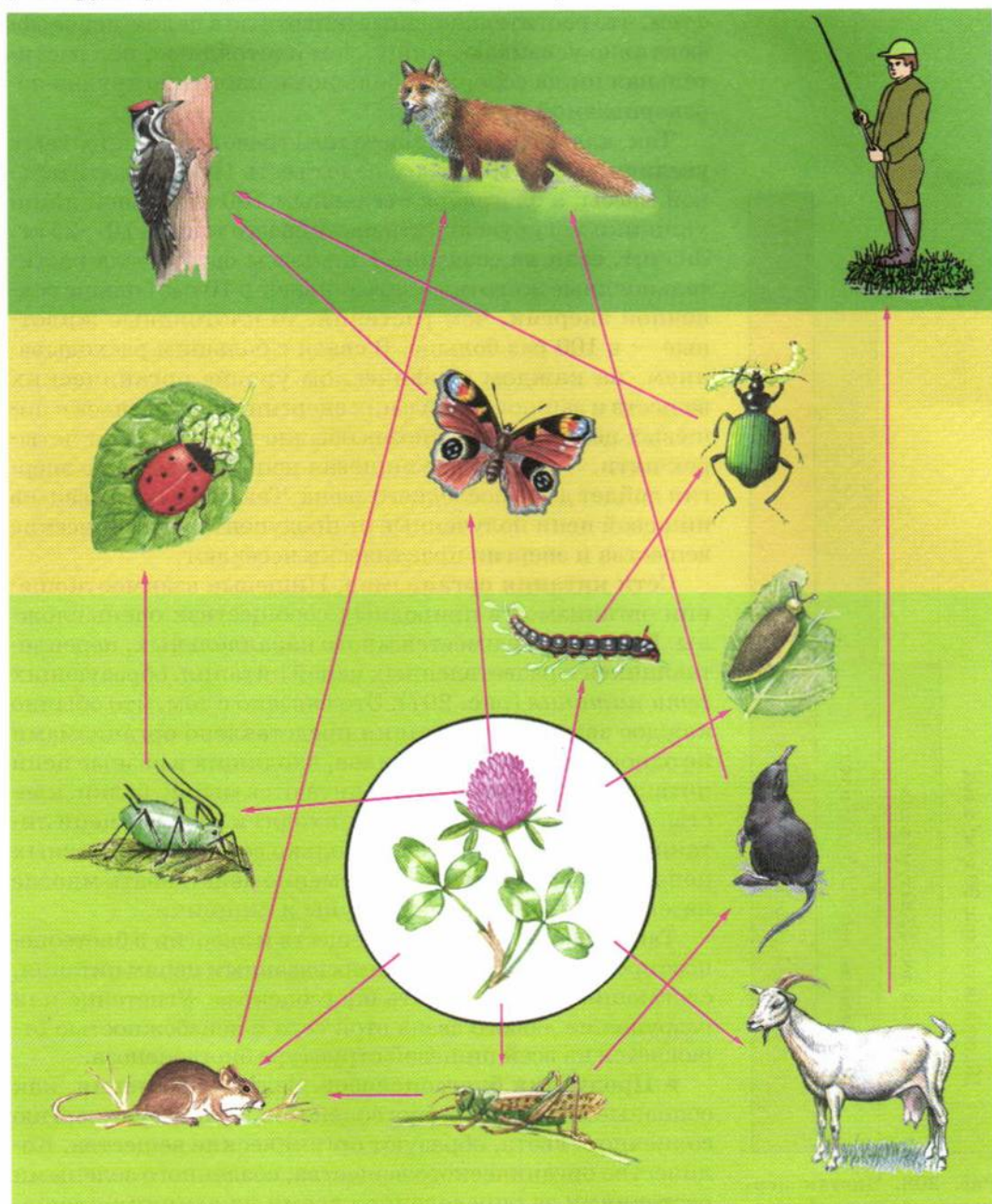


Рис. 207. Сети питания организмов в биогеоценозах луга, поля и леса

с тем, что растительноядные животные в целом менее эффективно усваивают пищу, чем плотоядные, ибо растительная пища содержит большое количество трудно перевариваемой клетчатки.

Так, для того, чтобы масса тела травоядных животных увеличилась на 100 кг, им надо съесть 1000 кг растительной массы, а благодаря съеденным 100 кг мясной пищи хищники могут увеличить массу своего тела на 10—25 кг. Значит, если на создание 1 кг массы своего тела растительноядные животные затрачивают в 10 раз больше солнечной энергии, чем растения, то плотоядные животные — в 100 раз больше. В связи с большим расходом на каждом трофическом уровне органических веществ и заключенной в них энергии число звеньев в пищевых цепях биогеоценозов обычно не превышает четырех-пяти. Чем длиннее пищевая цепь, тем меньше энергии дойдет до ее последнего звена. Так, через 4–5 звеньев пищевой цепи полученные от продуцентов органические вещества и энергия практически иссекают.

**Сети питания организмов.** Пищевые взаимоотношения организмов в природных сообществах очень сложны. В них всегда имеется много параллельных, переплетающихся и разветвленных цепей питания, образующих *сети питания* (рис. 207). Это связано с тем, что обычно каждое звено цепи питания представлено организмами не одного, а нескольких видов, входящих в разные цепи питания. Так, семенами ели питаются мыши, белки, клесты, дятлы. Эти же животные входят и в другие цепи питания, ибо они питаются не только семенами. В разных цепях питания могут одновременно действовать многие насекомоядные птицы, грызуны и хищники.

Таким образом, переход веществ и энергии в биогеоценозе происходит по всем взаимосвязанным цепям питания, слагающим пищевую сеть биогеоценоза. Угнетение или разрушение любого звена этой сети с неизбежностью отражается на всей пищевой структуре биогеоценоза.

► **Продукция биогеоценозов.** Зеленые растения, как основные продуценты биогеоценозов, используя энергию солнечного света, образуют органические вещества. Количество органического вещества, созданного зелеными растениями за определенное время на единицу площади биогеоценоза, называют *первичной продукцией*. При-

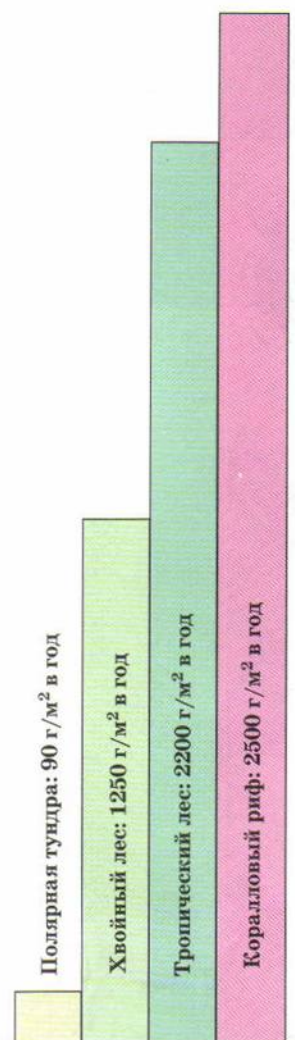


Рис. 208. Чистая первичная продукция биогеоценозов





#### § 43. Круговорот веществ и поток энергии в биогеоценозах...

мерно половину энергии, запасенной в процессе фотосинтеза, растения почти сразу используют на дыхание. Остальная запасенная энергия составляет *чистую первичную продукцию биогеоценоза*. Ее можно определить как скорость увеличения массы растений за какое-то время на единицу площади. Эта продукция служит пищей, доступной растительноядным животным. Чистая первичная продукция бывает различной в биогеоценозах (рис. 208). Причина таких различий связана с тем, что для роста растений необходим ряд ресурсов. Если один из них, в том или ином биогеоценозе, находится в недостатке, то он становится ограничивающим фактором продукции. В пустыне, например, такой ограничивающий фактор — недостаток воды, а в тундре — низкая температура и избыток влаги.

Количество органического вещества, накопленного гетеротрофными организмами на любом трофическом уровне, называют *вторичной продукцией* биогеоценоза.

Каждый биогеоценоз характеризуется и *общей продукцией* — суммарным количеством биомассы: приростом массы всех особей, в том числе погибших, массы образованных семян, новорожденных особей, прижизненных выделений и т.п. Величину любой продукции биогеоценозов обычно относят к единице его площади или объема (в г/м<sup>2</sup>, кг/га и т. д.). ◀

#### ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ БИОГЕОЦЕНОЗА



Сети питания, ► первичная продукция, чистая первичная продукция, вторичная продукция, общая продукция. ◀



1. Почему в пищевых цепях от первого пищевого (трофического) уровня ко второму переходит только около 10% вещества и энергии?
2. В связи с чем от консументов первого порядка к консументам второго порядка переходит около 20% вещества и энергии?
3. Почему пищевые цепи обычно состоят из небольшого числа (4—5) звеньев?
4. Объясните, в связи с чем в биогеоценозах пищевые цепи образуют сети питания?
- 5. Какую продукцию биогеоценоза называют первичной, а какую — чистой?
6. Что представляет собой вторичная и общая продукция биогеоценоза? ◀



Составьте в тетради несколько цепей питания из организмов, входящих в изображенные на рисунке 207 пищевые сети.

## § 44.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БИОГЕОЦЕНОЗОВ.  
СМЕНА БИОГЕОЦЕНОЗОВ

*Выясните с помощью рисунков 213 и 214, какие поступательные изменения происходят при формировании биogeоценоза на первично свободной территории и территории ранее существовавшего биogeоценоза.*

Биogeоценоз как открытая биологическая система существует на определенной территории и способен выдерживать изменения, вносимые в него различными компонентами. Сложившийся биogeоценоз отличается целостностью, самовоспроизводством, устойчивостью, саморегуляцией, способностью к изменениям и развитию.

**Основные свойства биogeоценозов.** *Целостность* биogeоценоза обеспечивается потоками энергии и вещества, связывающими организмы друг с другом и средой их обитания. Солнечная энергия и неорганические вещества среды, аккумулируемые автотрофными организмами, используются в процессе жизнедеятельности всего живого компонента биogeоценоза по цепям и сетям питания. Пища, неусвоенная животными и удаленная во внешнюю среду, мертвые растительные, животные и другие органические остатки минерализуются в процессе жизнедеятельности редуцентов и возвращаются в круговорот веществ, непрерывно происходящий в биogeоценозе. Углекислый газ, затрачиваемый на образование органических веществ зелеными растениями, фотосинтезирующими и хемосинтезирующими бактериями, возвращается в окружающую среду при дыхании организмов (рис. 209). Атмосферный кислород, используемый организмами при дыхании, восполняется в биogeоценозе благодаря процессу фотосинтеза.

*Самовоспроизводство* биogeоценоза связано со способностью его организмов к размножению, наличием пищевых ресурсов, необходимых для их роста и развития, а также воссозданием организмами среды обитания.

*Устойчивость* биogeоценоза — это его способность к длительному существованию, сохранению во времени своей структуры и функциональных свойств при воздействии внешних факторов. Она также проявляет-

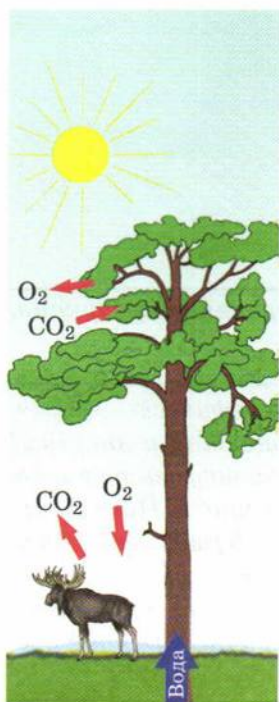


Рис. 209. Целостность биogeоценоза





ся в способности биогеоценоза возвращаться в исходное (или близкое к нему) состояние после воздействия факторов среды, выводящих его из сложившегося равновесия.

*Саморегуляция* — свойство биогеоценоза поддерживать определенное соотношение организмов во всех сложившихся в нем цепях питания. Саморегуляция основана на принципе обратной связи: колебания растительной биомассы влияют на численность травоядных животных, а их численность зависит от числа хищников (рис. 210).

**Изменения в биогеоценозах.** В любом биогеоценозе происходят изменения. Одни из них циклические, другие — поступательные.

К *циклическим (регулярно повторяющимся)* изменениям относят суточные, сезонные и многолет-

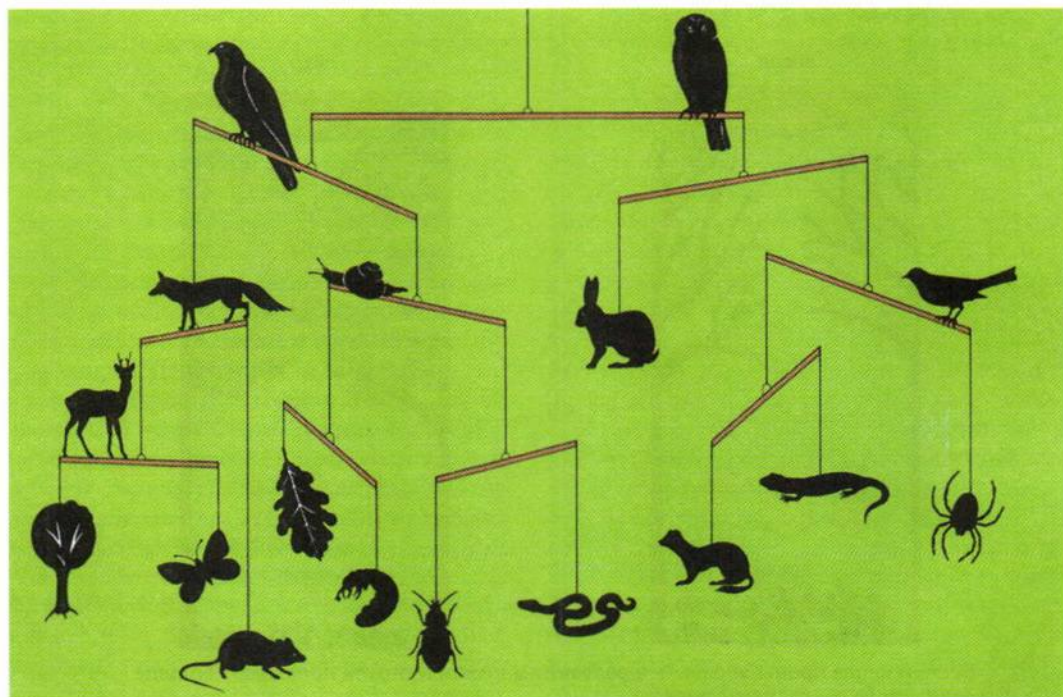


Рис. 210. Саморегуляция биогеоценоза основана на принципе обратной связи. Численность каждого вида уравнивается численностью других видов, связанных с ними пищевыми связями

СВОЙСТВА  
БИОГЕОЦЕНОЗОВ

- целостность
- самовоспроизводство
- устойчивость
- саморегуляция
- изменение

ние. Суточные изменения связаны с закономерными периодическими сменами дня и ночи, а сезонные — со сменой времен года. В течение суток у растений по-разному проходят фотосинтез и испарение воды; у животных меняется поведение: одни из них более активны днем, другие — в сумерки, а третьи — ночью.

Сезонные изменения проявляются в осеннем листопаде у многих деревьев и кустарников, отмирании к зиме надземных органов у многолетних трав, отлете и прилете перелетных птиц, гнездоброении, весенней и осенней линьке, выведении потомства птицами и млекопитающими.

С приходом весны видовой, а затем и численный состав организмов биогеоценоза восстанавливается (рис. 211). Большое влияние на ход регулярных сезонных явлений оказывают различные отклонения в погодных условиях, например, затяжная холодная или теплая весна, жаркое и сухое или холодное и дождливое лето.

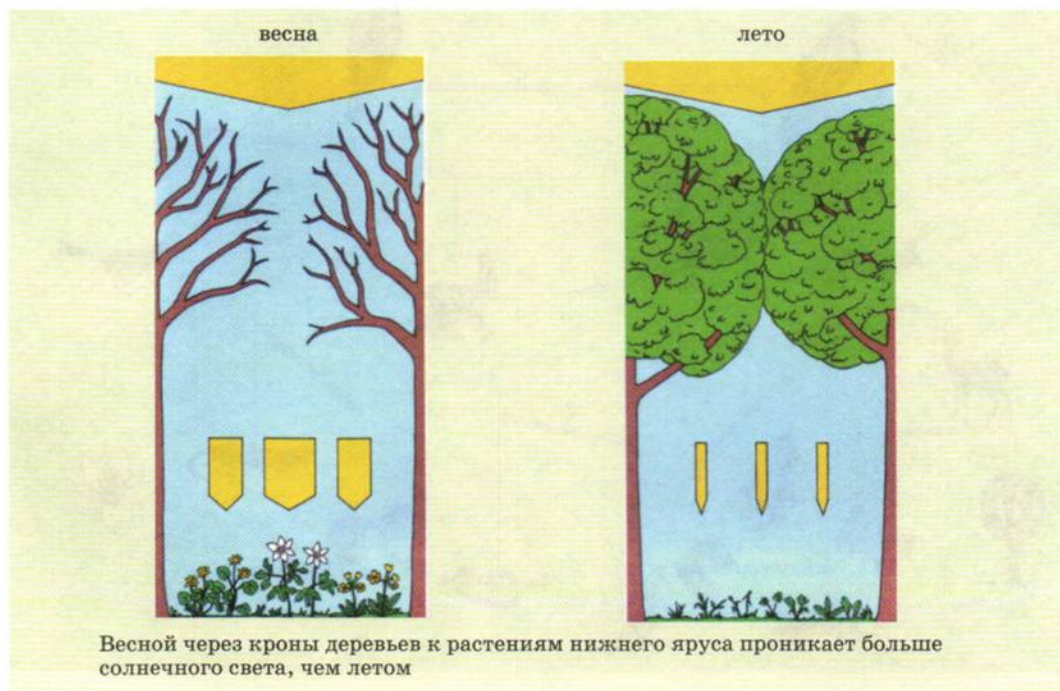


Рис. 211. Сезонные изменения в биогеоценозе лиственного леса





**Смена биогеоценозов.** Процесс *поступательных изменений* и развития биогеоценоза в направлении повышения его устойчивости обычно называют *сукцессией* (от лат. *сукцессия* — преемственность, наследование). Она может происходить на первично свободной территории, или на территории, где раньше существовал какой-либо биогеоценоз.

Формирование нового биогеоценоза на первично свободной суше (участки, освобождаемые при таянии ледника, отступлении моря или высыхании озера, голые скалы, сыпучие пески), не затронутой почвообразованием, начинается с поселения лишайников (рис. 212).

Образование почвы может происходить в результате разрушения поверхности материнской породы лишайниками. Отмирающие лишайники обогащают образующуюся почву органическими остатками. Впоследствии на тонком разлагающемся под действием бактерий слое остатков лишайников и минеральной пыли начинают появляться мхи. Одновременно с лишайниками и мхами осваиваемую территорию заселяют мелкие насекомые, пауки и другие беспозвоночные животные. По мере дальнейшего формирования почвы, накопления в ней органических остатков становится возможным прорастание занесенных ветром семян растений (однолетних и многолетних трав), увеличение видового состава и численности почвенных беспозвоночных, растительноядных насекомых, моллюсков, мелких грызунов. С накоплением гумуса и с повышением влажности почвы постепенно формируются луга, степи или леса, заселяемые различными позвоночными животными. При отсутствии нарушений сукцессия завершается возникновением нового более устойчивого биогеоценоза, находящегося в относительном равновесии со средой (рис. 213).

Чаще всего сукцессии происходят на месте ранее существовавших биогеоценозов после нанесенных им повреждений (последствия бури, урагана, пожара, вырубки леса, выпаса скота). Сначала территорию путем заноса се-

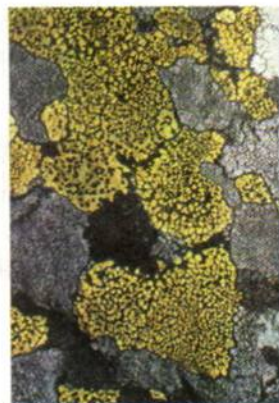


Рис. 212. Накипные лишайники на скалах — пионеры растительности

#### ИЗМЕНЕНИЯ В БИОГЕОЦЕНОЗАХ

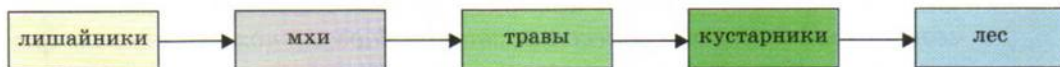


Рис. 213. Формирование биогеоценоза на первично свободной территории

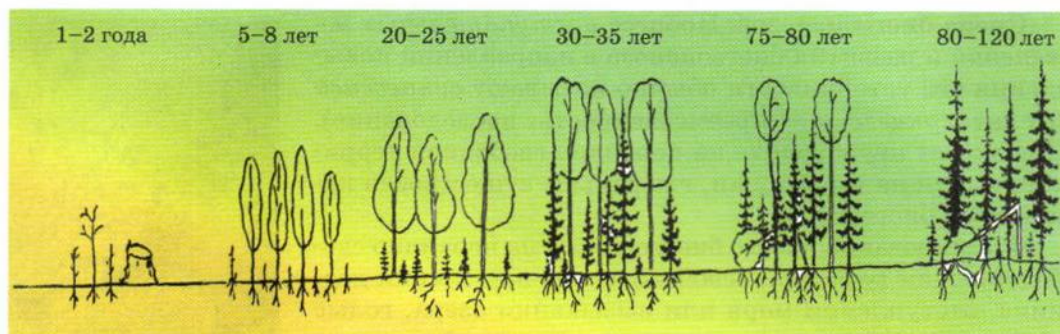


Рис. 214. Восстановление биogeоценоза — зарастание еловым лесом вырубki

мян заселяют однолетние светолюбивые растения, а затем многолетние травы (рис. 214). С течением времени в этом местообитании появляются кустарники, а затем, лиственные деревья, постепенно вытесняемые елью. По мере заселения территории растениями складывается и видовой состав животных данного местообитания. Восстановление биogeоценоза елового леса после вырубki занимает более ста лет. Сформировавшийся биogeоценоз оказывается устойчивым. Происходящие в нем процессы поддерживают его длительное существование на определенной территории без видимых изменений.

Итак, развитие и смена биogeоценозов — одна из основных причин их многообразия в природе. В процессе исторического развития человек постепенно преобразовывал природу для своих нужд. Это привело к частичной замене естественных биogeоценозов на нашей планете искусственными агробиogeоценозами.



*Свойства биogeоценозов: целостность, самовоспроизводство, устойчивость, саморегуляция, изменения в биogeоценозах: циклические и поступательные, сукцессия*



1. Какими свойствами обладают биogeоценозы? 2. В чем проявляется целостность биogeоценоза? 3. Что понимают под самовоспроизводством и устойчивостью биogeоценоза? 4. В чем проявляется саморегуляция биogeоценоза? 5. Какие циклические изменения происходят в биogeоценозах? 6. Какой процесс в развитии биogeоценоза называют сукцессией? 7. Как происходит восстановление биogeоценоза елового леса после пожара или вырубki елей?





## § 45.

### АГРОБИОЦЕНОЗ КАК ИСКУССТВЕННОЕ СООБЩЕСТВО ОРГАНИЗМОВ

*Рассмотрите рисунок 215 и решите, чем искусственные сообщества организмов — агробиоценозы отличаются от естественных — биогеоценозов. Почему агробиоценозы могут существовать только при их поддержке человеком?*

**Общие представления об агробиоценозе.** Агробиоценоз (от греч. *агрос* — поле и биоценоз) — это совокупность организмов, обитающих на землях сельскохозяйственного, а также лесного пользования, занятых посевами или посадками культурных растений либо древесных насаждений. Поля, на которых человек выращивает картофель или капусту, пшеницу, рожь, подсолнечник, а также сады и виноградники, в которых он разводит яблони, груши, вишни, сливы, виноград — это примеры различных агробиоценозов (рис. 215).



Рис. 215. Агробиоценозы

Растительный покров в агробиоценозах, создаваемый человеком, обычно представлен каким-либо одним видом или даже сортом культивируемого растения с несколькими сопутствующими ему видами диких растений, которые становятся сорняками (рис. 216).

Выращиваемые растения и сопутствующие им сорняки в агробиоценозе служат производителями органического вещества — продуцентами. Синтезируемые ими



Рис. 216. Сорные растения агробиоценозов: 1 — василек синий; 2 — хвощ полевой; 3 — репейник (лопух)

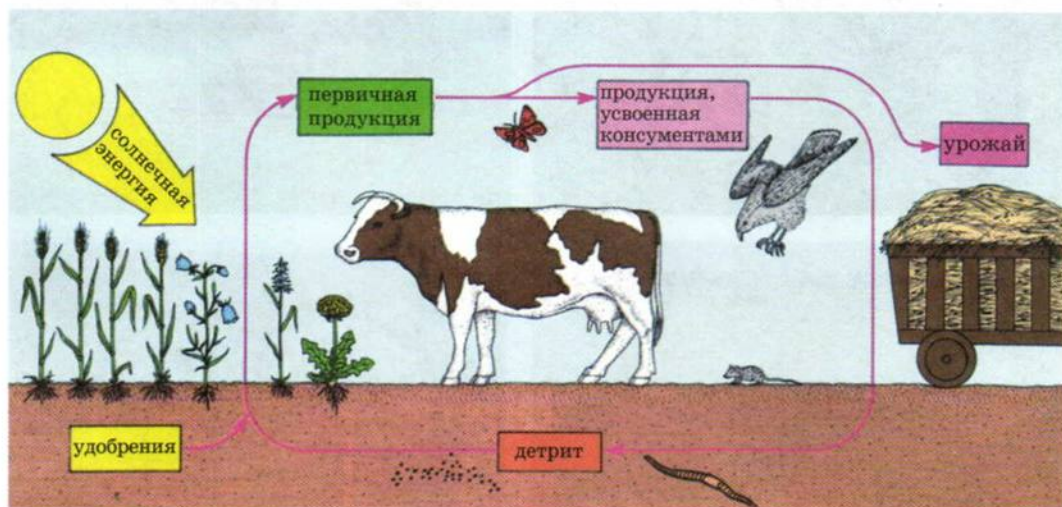


Рис. 217. Неполный круговорот веществ и поток энергии в агробиоценозе





§ 45. Агробиоценоз как искусственное сообщество организмов

органические вещества и аккумулированная в этих веществах энергия проходят по всем пищевым цепям агробиоценоза (рис. 217).

Растительоядные животные, перешедшие к питанию выращиваемыми культурами, находят в агробиоценозах благоприятные условия и могут сильно повреждать культивируемые растения (рис. 218). Иногда в агробиоценозах возникают вспышки массового размножения животных-вредителей, например клопа вредной черепашки на полях пшеницы, колорадского жука на полях картофеля, бабочки белянки капустной — на полях капусты, полевых мышей и полевок при выращивании зерновых культур.

Имеются в агробиоценозах и грибы-паразиты, например, головневые, спорыньевые, ржавчинные, мучнисторосяные (рис. 219). Головня, спорынья и различные ржавчинные грибы поражают, например, пшеницу; мучнистая роса — крыжовник, смородину.

Таким образом, в агробиоценозе, как и в естественном сообществе, комплексы организмов, входящие в его состав, характеризуются различными взаимоотношениями, в том числе пищевыми (трофическими) связями, образующими пищевые цепи. Вместе с тем, видовое разнообразие организмов в этих цепях беднее, чем в биогеоценозах. Поэтому, в агробиоценозах цепей питания значительно меньше, и они состоят из небольшого числа звеньев (рис. 220).

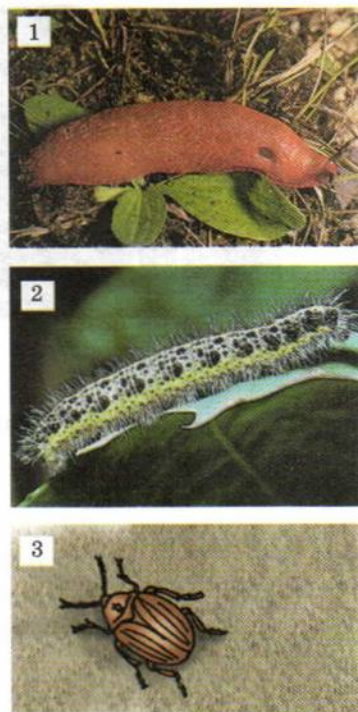


Рис. 218. Животные-вредители агробиоценозов: 1 — слизень; 2 — гусеница белянки капустной; 3 — колорадский жук



Рис. 219. Грибы-паразиты агробиоценозов: 1 — головня; 2 — спорынья; 3 — ржавчинный гриб





Рис. 220. Одна из цепей питания агробиоценоза

► **Отличия агробиоценозов от биогеоценозов.** Агробиоценозы всегда создаются человеком на месте существовавших ранее естественных биогеоценозов.

Комплексы организмов, кроме культивируемых растений, в агробиоценозах, как и в естественных биогеоценозах, формируются в результате борьбы за существование и естественного отбора. Однако человек, создавая растениям возделываемых видов благоприятные условия произрастания, подавляет организмы других видов. Например, при большой численности сорняков и насекомых-вредителей люди используют различные химические способы их уничтожения (рис. 221). Для борьбы с сорняками применяются *гербициды* (от лат. *герба* — трава и *цаедо* — убиваю). Однако некоторые особи сорняков сохраняются и дают поколения, устойчивые к этим ядохимикатам. В дальнейшем приходится повышать дозы и использовать более сильнодействующие гербициды. Они накапливаются в почве, всасываются корнями растений, а затем передаются по пищевым цепям консументам, в том числе и человеку (рис. 222).

При использовании ядохимикатов одновременно с растительноядными насекомыми погибают и полезные для агробиоценозов насекомые-хищники и насекомые-паразиты. Поэтому при нарушениях баланса «хищник—жертва», «паразит—хозяин» часто происходит массовое размножение некоторых выживших насекомых-вредителей.



Рис. 221. Применение гербицидов





Смена растительного покрова в агробиоценозах, а при защите урожая и комплекса консументов, происходят по воле человека. Поэтому агробиоценоз — не саморазвивающаяся система, а система, регулируемая человеком.

Агробиоценозы как искусственные сообщества сильно упрощены и неустойчивы. Из них человек постоянно изымает продукцию (урожай) одного или нескольких видов культурных растений — тогда она не поступает в цепи питания. В связи с этим в почве уменьшается содержание органических и минеральных веществ, появляется необходимость в постоянном их возмещении. Для этого на поля человек вносит удобрения и восстанавливает структуру почвы. ◀

**Биологическое значение агробиоценозов.** Интенсивная хозяйственная деятельность человека ведет к частичной замене естественных сообществ на поверхности нашей планеты агробиоценозами. Сейчас агробиоценозами занято около 10% площади поверхности суши, и они ежегодно дают 2,5 млрд т сельскохозяйственной продукции.

Агробиоценозы стали не только главными производителями продуктов питания для людей и кормов для сельскохозяйственных животных (рис. 223), но и все более

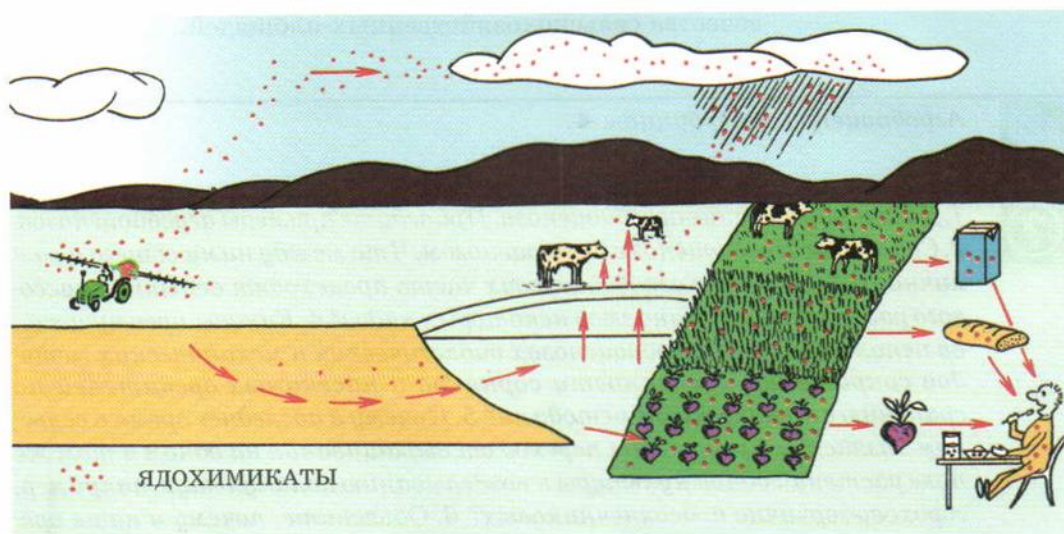


Рис. 222. Передача и накопление в пищевых цепях агробиоценозов ядохимикатов



Рис. 223. Уборка урожая в агробиоценозе

важными регуляторами газового режима атмосферы Земли. Поэтому для охраны окружающей среды важна правильная, рациональная организация сельскохозяйственных ландшафтов. Только такие агробиоценозы способны обеспечить максимальное усвоение культурными растениями углекислого газа из атмосферы. Это приведет к повышению продуктивности агробиоценозов, т. е. росту урожайности культурных растений и эффективному использованию имеющихся в распоряжении человечества сельскохозяйственных площадей.



Агробиоценоз, ► гербициды ◀.



1. Дайте определение агробиоценоза. Приведите примеры агробиоценозов.
2. Сравните агробиоценоз с биогеоценозом. Что между ними общего и различного?
3. Почему в агробиоценозах часто происходят вспышки массового размножения организмов некоторых видов?
4. Каковы преимущества использования в агробиоценозах биологических и механических методов сокращения численности сорняков и насекомых-вредителей по сравнению с химическими методами?
5. Почему в последнее время в сельском хозяйстве происходит переход от выращивания на одном и том же поле растений одной культуры к возделыванию поликультур, например, горохово-горчишно-подсолнечниковых?
6. Объясните, почему в наше время правильная организация агробиоценозов приобретает важное значение для охраны окружающей среды.



# БИОСФЕРНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ



## § 46.

### СТРУКТУРА БИОСФЕРЫ И ФУНКЦИИ ЕЕ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА

*Рассмотрите рисунок 225. В каких средах жизни на нашей планете распространены организмы? Приведите примеры организмов, обитающих в водной, наземно-воздушной, почвенной и организменной средах жизни. Подумайте, чем ограничено распространение организмов на Земле?*

**Биосфера** (от греч. биос — жизнь и сфера — шар) — оболочка Земли, населенная и активно преобразуемая организмами. В ней постоянно происходят круговороты веществ и превращение энергии, поддерживающие ее существование.

Заслуга создания целостного учения о биосфере, ее границах, составе и функциях живого вещества принадлежит русскому ученому Владимиру Ивановичу Вернадскому (рис. 224). Согласно его взглядам, биосфера включает совокупность всех организмов и их остатков, а также части атмосферы, гидросферы и литосферы, населенные организмами или несущие следы их жизнедеятельности.

**Границы биосферы.** Границы биосферы определяют область распространения организмов в геологических оболочках Земли — атмосфере, гидросфере и литосфере (рис. 225).

Верхняя граница биосферы проходит в атмосфере, в среднем, на высоте 25—27 км, и определяется нарастанием с высотой ультрафиолетовой солнечной радиации. Отдельные споры бактерий и грибов обнаружены на высоте до 40 км. Нижняя граница биосферы проходит в литосфере на глубине 4 км и определяется нарастающей температурой горных пород и подземных вод (на глубине 3 км температура Земли около  $+100^{\circ}\text{C}$ ). В гидросфере жизнь проникает на всю глубину Мирового океана (до 11 км), поскольку температура воды на дне океанических впадин около  $0^{\circ}\text{C}$ .

В атмосфере населен организмами в основном ее нижний слой — тропосфера. Здесь встречаются различные обитатели Земли, живущие на поверхности почвы



Рис. 224. Владимир Иванович Вернадский (1863—1945)



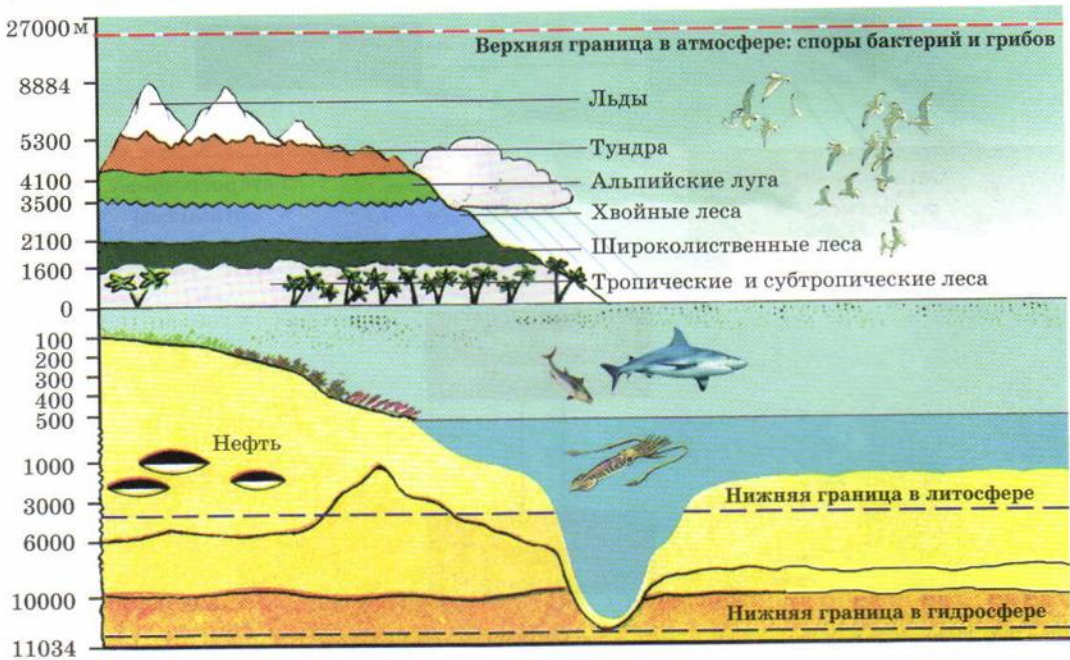


Рис. 225. Границы биосферы в геологических оболочках Земли

и поднимающиеся над ней. В литосфере населен главным образом почвенный слой. Например, здесь обитают бактерии, простейшие, черви, клещи, насекомые, мелкие млекопитающие. Гидросфера представлена различными солеными и пресными водоемами. Население гидросферы составляют организмы, живущие в толще воды, например, одноклеточные водоросли, медузы, мелкие ракообразные, рыбы, китообразные и на дне водоемов, например, многоклеточные водоросли, кораллы, черви, крупные ракообразные, моллюски.

**Состав биосферы.** В составе биосферы В.И. Вернадский в основном выделял живое, биогенное и косное вещества (рис. 226).

*Живое вещество* биосферы представлено совокупностью всех организмов нашей планеты, выраженное в биомассе и энергии. Живое вещество распределено в биосфере неравномерно. Наиболее высока его концентрация на границах основных сред жизни — в почве, в поверхностных слоях Мирового океана, на дне водоемов.

#### СОСТАВ БИОСФЕРЫ

- живое вещество
- биогенное вещество
- косное вещество

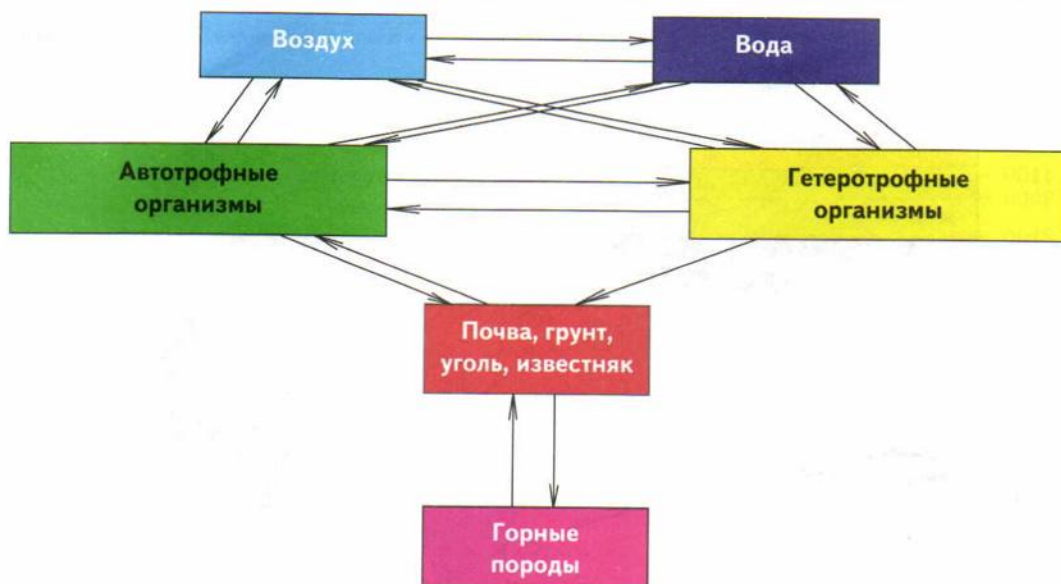


Рис. 226. Основные компоненты биосферы и взаимосвязи между ними

*Биогенное вещество* биосферы образовано соединениями и полезными ископаемыми (известняк, нефть, газ, уголь, торф), созданными и перерабатываемыми организмами.

*Косное вещество* биосферы представлено горными породами вулканического происхождения и минералами, возникшими в результате геологических процессов без участия организмов.

**Живое вещество биосферы и его функции.** Биомасса всех организмов нашей планеты составляет  $2,4 \cdot 10^{12}$  т сухого вещества, которое содержит запас  $30 \cdot 10^{21}$  Дж энергии. Причем, 90% от этого количества составляют наземные растения и животные, обладающие значительно большей биомассой, чем все обитатели воды.

Живое вещество биосферы выполняет ряд геохимических функций, среди которых важнейшими являются газовая, концентрационная и окислительно-восстановительная.

*Газовая функция* живого вещества состоит в том, что, потребляя и выделяя газообразные вещества, организмы

#### ФУНКЦИИ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА БИОСФЕРЫ

- газовая
- концентрационная
- окислительно-восстановительная
- биогеохимическая деятельность человека





поддерживают постоянство газового состава атмосферы. Так, кислород является продуктом фотосинтеза, а углекислый газ — продуктом дыхания организмов. Подземный горючий газ метан образуется при разложении органических веществ, связанных с деятельностью метанообразующих бактерий.

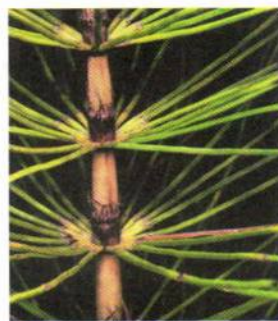
*Концентрационная функция* живого вещества обусловлена накоплением в телах организмов ряда химических элементов (углерода, водорода, кислорода, кремния, фосфора) и соединений. Так, карбонат кальция откладывается в костях, зубах и раковинах животных; кремнезем концентрируют хвощи, а йод накапливают морские бурые водоросли (рис. 227).

*Окислительно-восстановительная функция* живого вещества заключается в окислении и восстановлении в процессе жизнедеятельности организмов ряда химических соединений. Например, при фотосинтезе зеленые растения восстанавливают углекислый газ до углеводов, а при дыхании углеводы окисляются организмами до углекислого газа и воды.

Среди функций живого вещества в биосфере В.И. Вернадский в самостоятельную выделил *биогеохимическую деятельность человека*. Она проявляется в использовании человеком для нужд промышленности, транспорта, сельского хозяйства все возрастающего количества косного, биогенного и живого веществ нашей планеты. Влияние человека на биосферу в современную



Морские бурые водоросли накапливают в своем слоевище йод



Хвощи концентрируют в своих тканях кремнезем



Моллюски накапливают в раковинах карбонат кальция

Рис. 227. Концентрационная функция живого вещества биосферы

эпоху достигает планетарного масштаба. Биогеохимические циклы круговорота веществ и потоки энергии, связанные с хозяйственной деятельностью человека, более чем в два раза превышают естественные процессы. Промышленностью созданы новые химические соединения, которые не вовлекаются в круговорот веществ, а накапливаются и загрязняют атмосферу, литосферу и гидросферу.

Таким образом, живое вещество биосферы является самым активным ее компонентом, активно воздействующим и преобразующим облик Земли. На современном этапе развития биосферы главной силой, определяющей ее дальнейшее существование и развитие, стало человечество.



*Биосфера, вещество: живое, биогенное, косное; функции живого вещества: газовая, концентрационная, окислительно-восстановительная; биогеохимическая деятельность человека.*



*1. Дайте определение биосферы. С именем какого ученого связано становление представлений о биосфере? 2. Где проходят верхняя и нижняя границы биосферы? Назовите условия, которые ограничивают распространение жизни в геологических оболочках Земли. 3. Из каких компонентов состоит биосфера? 4. Каковы функции живого вещества биосферы? 5. Объясните, почему среди функций живого вещества биосферы в настоящее время отдельно выделяют биогеохимическую деятельность человека.*



*Сравните между собой основные компоненты живого вещества биосферы. Каковы их функции? Заполните таблицу.*

#### ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО БИОСФЕРЫ И ЕГО ФУНКЦИИ

| Группы организмов | Организмы | Функции в биосфере |
|-------------------|-----------|--------------------|
|                   |           |                    |

*Используя рис. 226, расскажите о взаимосвязях живого вещества биосферы с другими ее компонентами.*





## § 47.

### БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ КАК ОСНОВА СУЩЕСТВОВАНИЯ БИОСФЕРЫ

Рассмотрите рисунки 230—234. Какие химические соединения используют организмы в круговоротах веществ? Какое значение имеют процессы фотосинтеза, испарения воды, дыхания, азотофиксации для обеспечения круговоротов веществ и потока энергии в биосфере?

Все составляющие биосферу компоненты и происходящие в ней процессы тесно взаимосвязаны. Стабильность биосферы поддерживается постоянно происходящими в ней круговоротами веществ и превращением энергии. Круговороты разнообразны по масштабам и качеству явлений, например, круговорот воды, круговорот углерода, круговорот азота. Они осуществляются с участием всех компонентов биосферы и входят в состав единого биогеохимического круговорота.

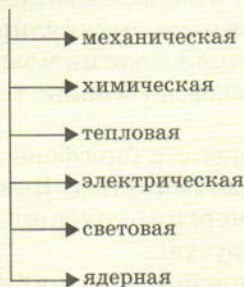
**Биогеохимический круговорот** — обмен веществ и превращение энергии между различными компонентами биосферы, связанные с деятельностью ее организмов.

**Поток энергии в биосфере.** Основной движущей силой биогеохимического круговорота является непрерывно происходящий в биосфере *поток энергии*, связанный с деятельностью живого вещества.

Организмы нуждаются в энергии для поддержания своей жизнедеятельности. Энергия в биосфере существует в нескольких формах. Известны механическая, химическая, тепловая, электрическая и другие формы энергии. Переход одной формы энергии в другую, называемый *преобразованием энергии*, подчиняется закону сохранения энергии, который гласит, что энергия может превращаться из одной формы в другую, но не может быть создана или уничтожена.

Основной источник энергии в биосфере — это энергия Солнца (рис. 228). Она нагревает атмосферу и гидросферу, вызывает передвижение воздушных масс, океанических течений, испарение воды, таяние снега. Автотрофные организмы, главным образом зеленые растения,

#### ЭНЕРГИЯ



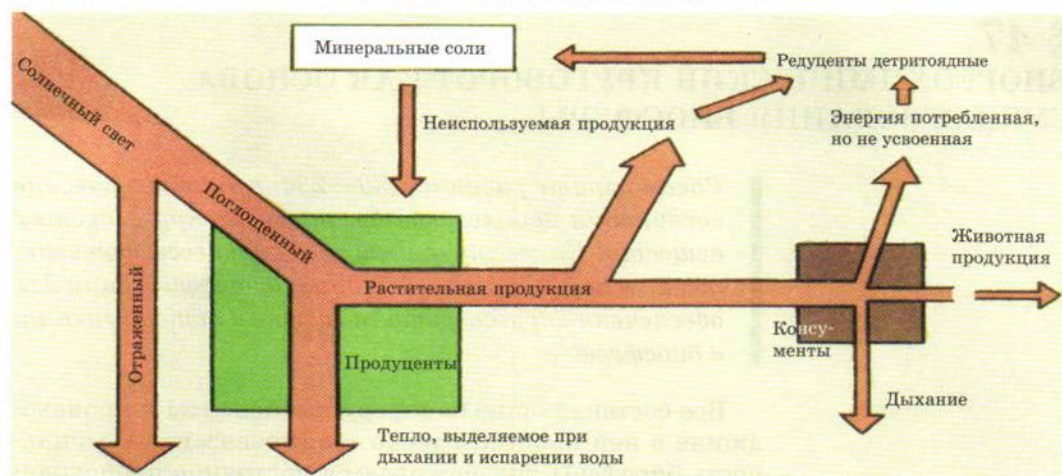


Рис. 228. Поток энергии в биосфере

в результате реакций фотосинтеза преобразуют солнечную энергию в энергию химических связей созданных органических веществ. Значительная часть ее расходуется самими растениями на процессы жизнедеятельности. Меньшая часть химической энергии растений передается дальше по пищевым цепям гетеротрофным организмам. Гетеротрофные организмы, главным образом животные, преобразуют химическую энергию в другие ее формы, например механическую, электрическую, тепловую, световую. Некоторая часть аккумулированной зелеными растениями солнечной энергии может накапливаться в биосфере в виде запасов древесины, торфа, угля и горючих сланцев.

Следовательно, круговорота энергии в биосфере не происходит. Этот процесс не является замкнутым. В биосфере наблюдается лишь поток энергии, связанный с превращением одной ее формы в другую.

**Круговорот воды.** Вода играет важнейшую роль в биогеохимическом круговороте, так как живые тела в среднем на 80% состоят из нее, а Мировой океан занимает более 2/3 поверхности земного шара (рис. 229). В пределах всей планеты круговорот воды осуществляется между морями, океанами и материками (рис. 230). Вода, испаряемая Солнцем с поверхности морей и океанов, переносится ветрами на материки, где выпадает в виде ат-



Рис. 229. Распределение воды на Земле





мосферных осадков. Значительная часть воды при этом оказывается связанной, например в виде снега и льда, т. е. является временно недоступной для организмов. С речными и грунтовыми стоками вода затем постепенно возвращается в океаны.

Значительная часть воды, имеющейся на суше, поглощается из почвы растениями и затем в виде водяного пара испаряется листьями для предотвращения перегревания. Часть воды растения расходуют на процесс фотосинтеза. Животные воду получают с питьем и с пищей. Удаляется из животных организмов вода в составе выдыхаемого воздуха, пота и других выделений.

► Наземные растения, главным образом из влажных экваториальных лесов, испаряя воду, уменьшают ее поверхностный сток и удерживают влагу в атмосфере. Это препятствует размыванию почвы осадками и разрушению ее верхнего плодородного слоя. Сокращение площади экваториальных лесов в результате их интенсивной вырубki человеком приводит к засухам в прилегающих районах земного шара. ◀



Рис. 230. Круговорот воды в биосфере

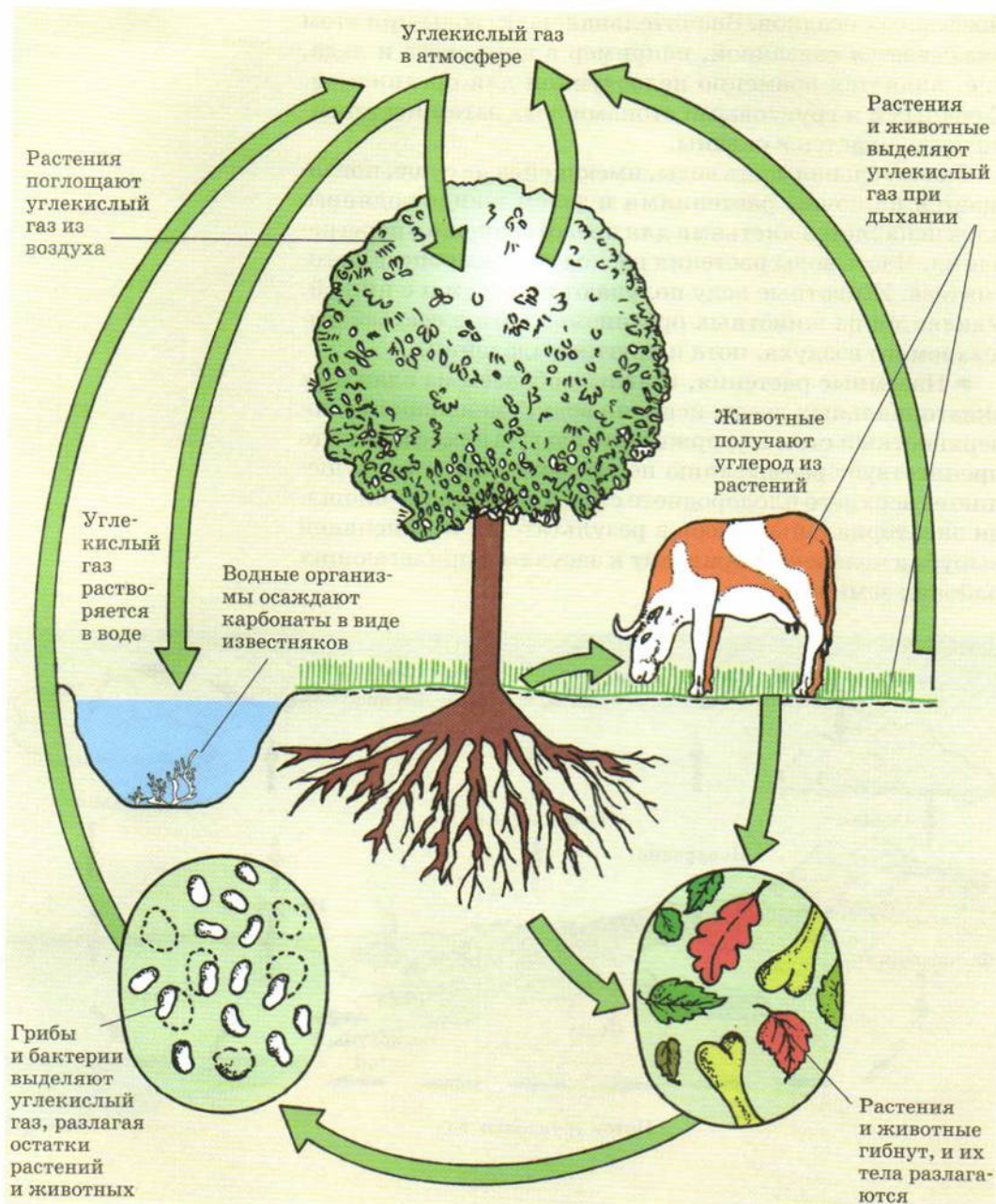


Рис. 231. Круговорот углерода в биосфере





**Круговорот углерода.** Углерод в биосфере в основном представлен двуокисью углерода (углекислым газом). Основной ее первичный источник — это вулканическая деятельность. Связывание углекислого газа происходит двумя путями (рис. 231). Первый состоит в его поглощении растениями в процессе фотосинтеза с образованием органических веществ и последующим отложением их в виде торфа, угля, горючих сланцев (рис. 232). Второй путь состоит в том, что углекислый газ растворяется в водоемах, переходя в карбонат-ионы и гидрокарбонат-ионы. Затем с помощью кальция или магния происходит осаждение карбонатов на дно водоемов в виде известняков. Запасы углекислого газа в атмосфере постоянно пополняются благодаря дыханию организмов, процессам разложения органических остатков, а также от сжигания топлива и выбросов промышленности.

**Круговорот азота.** Основным источником азота в биосфере служит газообразный атмосферный азот. В небольших количествах атмосферный азот связывается с кислородом воздуха в нитраты при грозовых разрядах (рис. 233). Основное связывание атмосферного азота осуществляется азотфиксирующими бактериями, обитающими в почве (рис. 234). Они синтезируют нитриты и нитраты, которые становятся доступными для использования растениями. В растениях азот переходит в состав органических соединений, например белков, нуклеиновых кислот и АТФ. При разложении трупов погибших организмов или при выделении мочи у животных, азот поступает в почву в виде соединений аммиака. Они затем окисляются до нитритов и нитратов и снова используются растениями. Частично нитраты почвы восстанавливаются денитрифицирующими бактериями до газообразного азота. Так осуществляется восполнение запасов газообразного азота в атмосфере. Запас нитратов в почве пополняется также благодаря внесению в нее человеком неорганических азотных и органических удобрений.

Итак, непрерывно происходящие в биосфере круговороты воды, углерода, азота и превращение энергии образуют единый биогеохимический круговорот. Вещества и элементы в нем используются организмами многократно. Энергия, в отличие от них, используется



Рис. 232. Торфяные отложения — один из вторичных источников углерода в биосфере



Рис. 233. Газообразный азот в атмосфере при грозе связывается с кислородом воздуха в нитраты

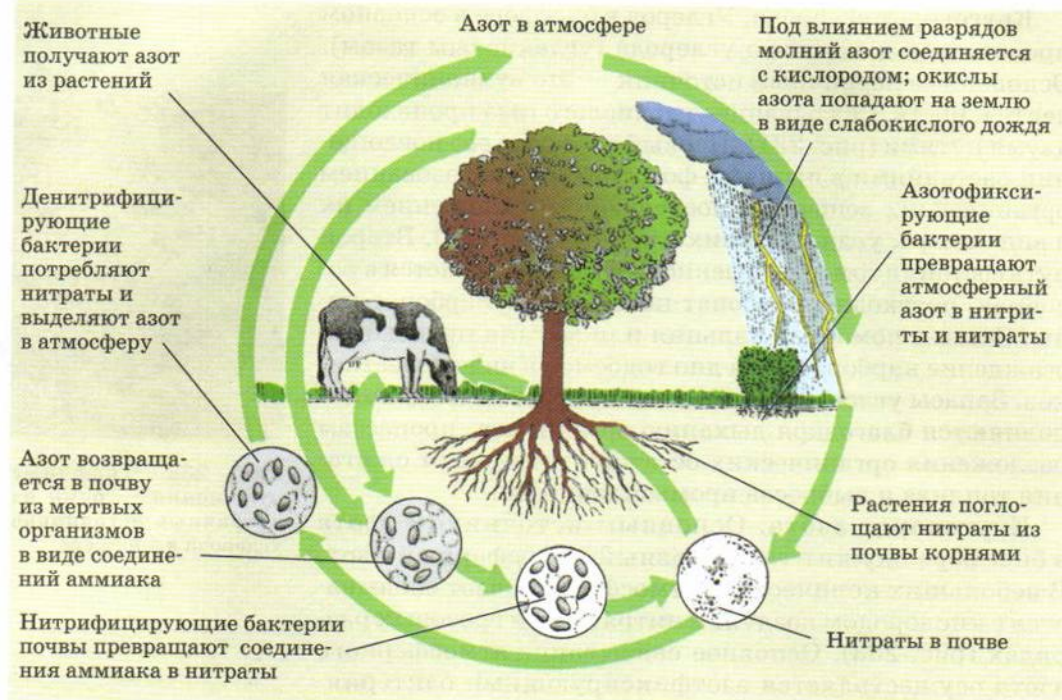


Рис. 234. Круговорот азота в биосфере

организмами только один раз. Биогеохимический круговорот не имеет полной цикличности. Часть веществ из него исключается и может накапливаться в природе.



*Биогеохимический круговорот, поток энергии, преобразование энергии, круговороты: воды, углерода и азота.*



*1. Что такое биогеохимический круговорот? Какими процессами он обеспечивается? 2. Опишите, как происходит круговорот воды в биосфере. Какова роль в нем растений и животных? 3. Как осуществляется круговорот углерода в биосфере? В каком виде углерод может накапливаться в природе? 4. Опишите, как происходит круговорот азота в биосфере. Какова роль в нем азотфиксирующих и денитрифицирующих бактерий? 5. Объясните, почему правильно говорить о происходящем в биосфере круговороте веществ и элементов, но неправильно говорить о круговороте энергии в биосфере?*





## § 48. ВОЗНИКНОВЕНИЕ БИОСФЕРЫ И НАЧАЛО ЕЕ ЭВОЛЮЦИИ

*Вспомните, какими признаками живые тела природы — организмы, отличаются от неживых тел. Из каких химических элементов состоят организмы?*

Вопрос о возникновении биосферы неразрывно связан с другим вопросом — как появилась на Земле жизнь? Этот вопрос — самый сложный в науке. Жизнь — явление планетарное, поэтому поиском ответа на него заняты ученые разных специальностей — биологи, физики, химики, философы. Существует несколько теорий возникновения жизни на Земле, а следовательно и биосферы. Рассмотрим некоторые из них.

**Теории возникновения жизни на Земле.** Согласно упомянутой выше теории *креационизма*, жизнь на Земле была сотворена Богом как единойжды свершившийся акт (рис. 235). Убеждения сторонников этой теории основываются на вере. Креационизм не выдвигает никаких научных доказательств и ничего общего с наукой не имеет.

**Теория самопроизвольного зарождения жизни** утверждает, что живое способно зарождаться из неживого при определенных условиях. Опровержения этому были получены в опытах итальянского врача Франческо Реди (рис. 236).



Рис. 236. Франческо Реди (1626—1698) и его опыт



Рис. 235. Микеланджело Буонарроти. Сотворение мира. Бог создает планеты. Фрагмент росписи Сикстинской капеллы в Ватикане



Рис. 237. Сванте Август Аррениус (1859—1927)

В 1668 г. он поставил опыт, взяв несколько банок с широким горлом, в которые поместил мертвых змей. Часть банок он накрыл плотной материей, другие оставил открытыми. Вскоре налетели мухи и отложили яйца на мертвых змей в открытых банках, из которых потом вышли личинки. В накрытых материей банках личинок не оказалось, так как мухи не могли в них проникнуть и отложить яйца (рис. 236). Следовательно, сделал вывод Ф. Реди, личинки появились из яиц, отложенных мухами, а не самопроизвольно зародились из мертвых змей, как было принято считать в то время.

Согласно теории панспермии (от греч. *пан* — всё и *сперма* — семена) жизнь на Земле имеет внеземное, т. е. космическое происхождение. Активными сторонниками и разработчиками этой теории возникновения жизни были шведский химик Сванте Август Аррениус (рис. 237) и В.И. Вернадский.

► Зародыши простых организмов, например бактерий, так называемые «семена жизни», согласно теории панспермии, попадают на Землю вместе с метеоритами и космической пылью (рис. 238). И затем они дают начало жизни. Это предположение основывается на устойчивости спор некоторых бактерий к солнечной радиации, космическому вакууму и низким температурам. Основываясь на теории панспермии, можно допустить

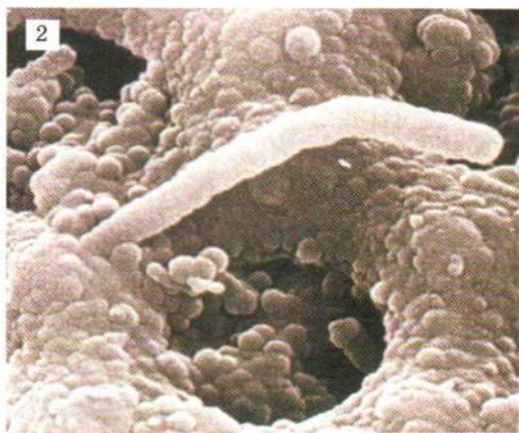
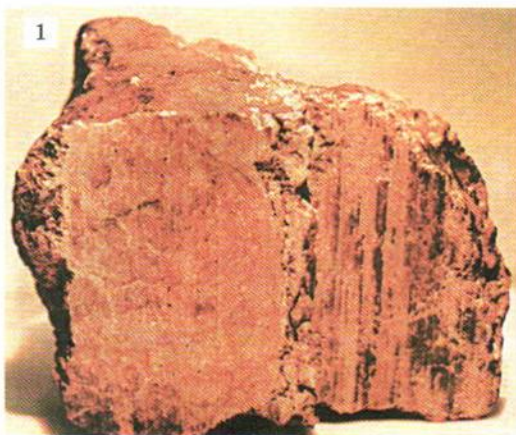


Рис. 238. 1 — метеорит с Марса; 2 — похожие на бактерии органические формы, обнаруженные в трещинах метеорита





существование организмов и на других планетах, обладающими подходящими для этого условиями. ◀

**Теория биопозза** (от греч. *биос* — жизнь и *позезис* — становление) рассматривает возникновения живого на Земле как результат *химической эволюции* неорганических соединений углерода. Эта теория является общепринятой в современной науке. Согласно ей, возникновение жизни на любой планете неизбежно, если создаются и существуют достаточно длительное время два необходимых для этого условия — определенные неорганические соединения и источники энергии. В возникновении жизни эта теория выделяет три этапа: 1) синтез органических соединений из неорганических; 2) образование из органических мономеров биологических полимеров; 3) формирование из биологических полимеров мембранных структур и первых клеток.

**Химическая эволюция и появление пробионтов.** Земля и другие планеты Солнечной системы образовались около 5 млрд лет назад из *газопылевого облака*, состоявшего из атомов водорода, гелия, углерода, кислорода, азота и фосфора (рис. 239). При вращении облако уплотнилось и разогревалось, в результате чего сформировались Солнце и планеты. Последующее охлаждение Солнца и планет привело к формированию их структур. Так, у Земли образовались кора, мантия, ядро и *первичная атмосфера*, состоявшая из метана, аммиака, углекислого газа, угарного газа, водорода и паров воды. Кислорода в первичной атмосфере Земли не было. Благодаря конденсации паров воды сформировался *первичный океан*.

Вследствие электрической энергии в бескислородных условиях на Земле затем мог начаться синтез органических соединений — белков из неорганических. Эту гипотезу выдвинул в 1924 г. русский ученый Александр Иванович Опарин (рис. 240). Его предположение впоследствии получило экспериментальное подтверждение.

В 1953 г. американские ученые Стенли Миллер и Гарольд Юри сконструировали установку, в которой были воспроизведены условия древней Земли, ее первичные атмосфера и океан (рис. 241). В реакционной колбе через смесь газов (метана, аммиака, водорода) и паров воды при температуре 80°C пропускали электрический разряд мощностью в 60000 вольт, эквивалентный количеству



Рис. 239. Газопылевое облако первичного космического вещества

#### ТЕОРИИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЖИЗНИ

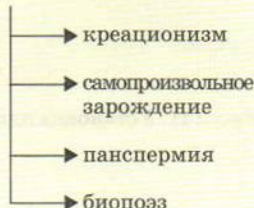


Рис. 240. Александр Иванович Опарин (1894—1980)

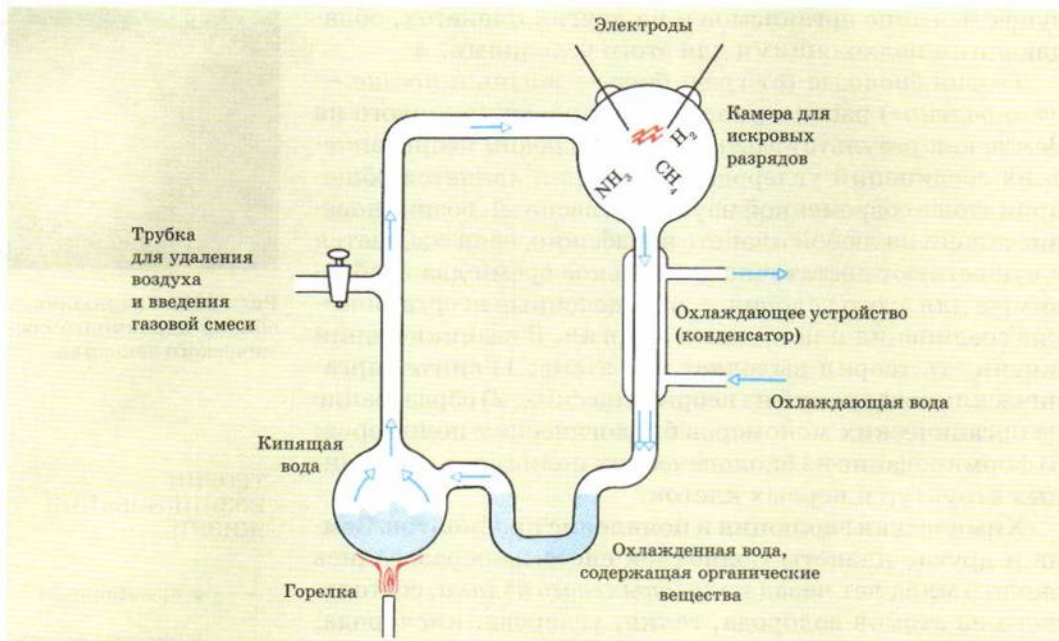


Рис. 241. Установка для абиогенного синтеза органических веществ С. Миллера и Г. Юри

энергии, полученной Землей за 50 млн лет. Через неделю в конденсате, образовавшемся при охлаждении, были обнаружены простые органические соединения — молочная кислота, мочевина и аминокислоты.

Итак, первым шагом на пути химической эволюции мог стать *абиогенный* (вне живых систем) *синтез* простых органических веществ из неорганических в бескислородных условиях древней Земли.

Второй шаг на пути химической эволюции — формирование из простых органических соединений более сложных. Так, из мономеров, например аминокислот, должны были образоваться полимеры — белки (рис. 242). О механизмах подобного рода процессов ученые до сих пор спорят и не могут прийти к единому мнению. По мнению Опарина, этот процесс мог происходить путем *коацервации* (от лат. *коацерватус* — накопленный, собранный) — самопроизвольного разделения водного раствора аминокислот на обособленные от воды белковые капли (рис. 243).

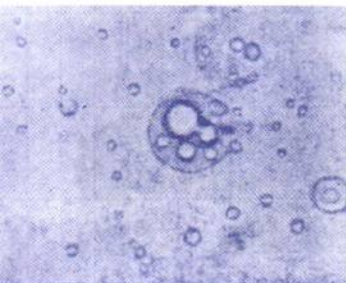


Рис. 242. Коацерватные капли белковой природы



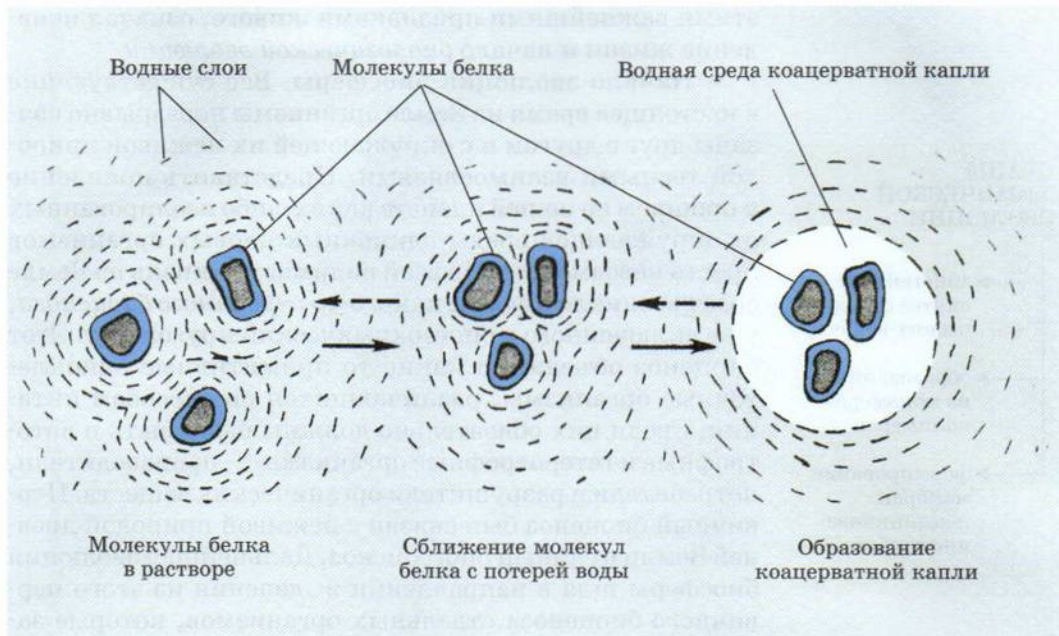


Рис. 243. Коацервация

Третьим, завершающим шагом на пути химической эволюции было формирование из биологических полимеров мембранных структур и первых клеток. Толчком к этому могло послужить волнение пленки, состоящей из молекул абиогенно синтезированных белков и липидов, вызванное ветром. Пленка прогибалась и образовывала мембранные пузырьки. Пузырьки выдувались ветром и падая обратно на поверхность пленки, покрывались второй мембраной (рис. 244). Так, по всей видимости, могли сформироваться мембранные структуры, сходные с плазматической мембраной клетки.

В течение миллионов лет мембраны совершенствовались, что привело к возникновению *пробионтов* (от лат. *pro* — впереди и греч. *биос* — жизнь). Их, по мнению Опарина, можно считать предшественниками настоящих клеток, так как в них еще не происходили сложные процессы обмена веществ и точная передача генетической информации. Переход около 3,8—3,5 млрд лет назад от пробионтов к настоящим клеткам, обладавшим

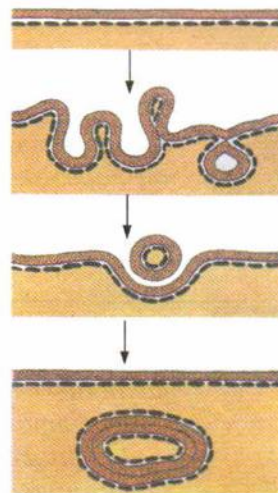
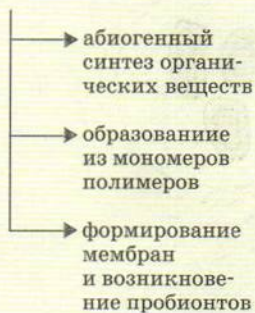


Рис. 244. Образование мембранных структур из биологических полимеров

ЭТАПЫ  
ХИМИЧЕСКОЙ  
ЭВОЛЮЦИИ

этими важнейшими признаками живого, означал появление жизни и начало *биологической эволюции*.

► **Начало эволюции биосферы.** Все существующие в настоящее время на Земле организмы неразрывно связаны друг с другом и с окружающей их неживой природой тесными взаимосвязями. Представить появление в прошлом на нашей планете каких-либо изолированных от окружающей среды одиночных первых организмов просто невозможно. По всей видимости, жизнь на Земле сразу возникла в форме какого-то *первичного биоценоза*, уже включенного в биогеохимический круговорот. Этот биоценоз объединял какие-то примитивные одноклеточные организмы, различавшихся по способам питания. Среди них обязательно должны были быть и автотрофные и гетеротрофные организмы — производители, потребители и разрушители органических веществ. Первичный биоценоз был связан с неживой природой древней Земли в единый биогеоценоз. Дальнейшая эволюция биосферы шла в направлении выделения из этого первичного биоценоза отдельных организмов, которые затем объединялись уже в другие сообщества.

Таким образом, только уже включенные в биогеохимический круговорот и поток энергии в биосфере организмы могли устойчиво существовать и эволюционировать на нашей планете. ◀



*Теории возникновения жизни на Земле: креационизм, самопроизвольное зарождение, панспермия, биопоэз; химическая эволюция, газопылевое облако, первичные: океан и атмосфера, абиогенный синтез, коацервация, пробионты, ► первичный биоценоз ◀.*



*1. Как объясняют возникновение жизни на нашей планете различные теории? Сравните их между собой. Каковы слабые и сильные стороны различных теории возникновения жизни на Земле. 2. Перечислите основные этапы химической эволюции. 3. Какие условия и химические соединения были необходимы для абиогенного синтеза на древней Земле органических соединений из неорганических? 4. С какого момента на нашей планете началась биологическая эволюция? ► 5. Объясните, почему ученые считают, что жизнь на Земле возникла сразу в форме первичного биоценоза ◀.*





## § 49. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ

Вспомните из учебников «Растения. Бактерии. Грибы и лишайники» и «Животные» основные этапы исторического развития растительного и животного мира на Земле. Какие растения и животные были распространены на нашей планете в прошлом?

Сравнение ископаемых остатков организмов в геологических породах, которыми занимается наука *палеонтология* (от греч. *палайос* — древний, *онтос* — существо, и *логос* — учение), позволяет выделить в истории Земли большие по временной протяженности интервалы — эры. Эры состоят из периодов. Для каждой эры, а иногда даже и для периода, был характерен свой растительный и животный мир (рис. 245).

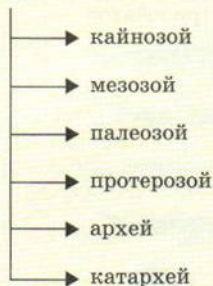
**Катархей и архей.** Первые 1,5 млрд лет после образования нашей планеты организмов на ней не существовало. Это был доорганизменный этап ее развития — *катархейская эра* (от греч. *кат* — ниже, *археос* — древнейший). В катархее начала формироваться поверхность Земли, происходили интенсивные вулканические процессы и горообразование (рис. 246).

Жизнь возникла на границе катархея и *архейской эры* (от греч. *археос* — древнейший). Об этом свидетельствуют находки следов жизнедеятельности микроорганизмов в геологических породах возрастом 3,5—3,8 млрд лет. Сохранившиеся следы незначительны, поэтому об организмах архея известно немного. По всей видимости, они относились к прокариотным формам. Это были примитивные архебактерии и цианобактерии.

Эволюция древних прокариот привела к появлению первых ядерных организмов — одноклеточных зеленых водорослей. От них на границе архея и следующей за ним протерозойской эры произошли первые многоклеточные зеленые водоросли.

**Протерозой.** *Протерозойская эра* (от греч. *протерос* — ранний и *зоэ* — жизнь) — самая продолжительная в истории Земли. Она началась около 2,5 млрд лет назад. Бактерии и водоросли достигли в протерозое ис-

### ЭРЫ



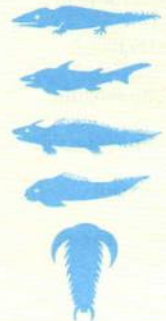
| Эра            | Период, возраст<br>(млн лет) | Растительный мир                                                                                                          | Животный мир                                                                                                              |
|----------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Кайнозойская   | Четвертичный<br>2            | Время покрытосеменных<br>                | Время млекопитающих и птиц<br>          |
|                | Третичный<br>67              |                                                                                                                           |                                                                                                                           |
| Мезозойская    | Меловой<br>135               | Время голосеменных<br>                   | Время пресмыкающихся и аммонитов<br>    |
|                | Юрский<br>180                |                                                                                                                           |                                                                                                                           |
|                | Триасовый<br>230             |                                                                                                                           |                                                                                                                           |
| Палеозойская   | Пермский<br>270              | Время папоротнико-образных и мхов<br>   | Время земноводных рыб и трилобитов<br> |
|                | Каменноугольный<br>330       |                                                                                                                           |                                                                                                                           |
|                | Девонский<br>400             |                                                                                                                           |                                                                                                                           |
|                | Силурский<br>420             |                                                                                                                           |                                                                                                                           |
|                | Ордовикский<br>480           |                                                                                                                           |                                                                                                                           |
|                | Кембрийский<br>570           |                                                                                                                           |                                                                                                                           |
| Протерозойская | 2500                         | Время водорослей<br>                   | Время медуз<br>                        |
| Архейская      | 3500—3800                    | Время архебактерий и цианобактерий<br> |                                                                                                                           |
| Катархейская   | > 3800                       | Жизни нет                                                                                                                 |                                                                                                                           |

Рис. 245. Эры и периоды в истории Земли





Рис. 246. Катархей

ключительного расцвета. В результате жизнедеятельности микроорганизмов образовались месторождения железа, никеля, марганца и серы. Изменился и газовый состав атмосферы. Благодаря фотосинтезу в ней стал накапливаться кислород. На планете начал формироваться озоновый экран, защищающий живое от губительных ультрафиолетовых солнечных лучей. Возникли многоклеточные красные и бурые водоросли, появились грибы. Животный мир составляли разнообразные многоклеточные беспозвоночные животные — губки, кишечнополостные, плоские и кольчатые черви, членистоногие, моллюски и иглокожие (рис. 247).

**Палеозой.** *Палеозойская эра* (от греч. *палайос* — древний и *зоэ* — жизнь) началась 570 млн лет назад и характеризовалась рядом важных эволюционных событий в развитии органического мира Земли.

В начале произошло образование значительных площадей суши и завершилось формирование озонового экрана, что привело к появлению около 400 млн лет назад первых наземных растений — риниофитов (рис. 248) и мхов. Они, в отличие от водорослей, обладали уже проводящими, покровными и механическими тканями, позволяющими существовать в условиях наземно-воздушной среды. От риниофитов затем произошли основные группы высших споровых растений — плауновидные, хвощевидные и па-

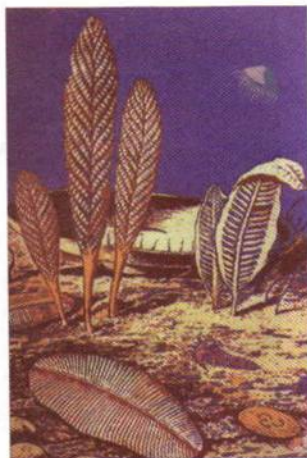


Рис. 247. Морское дно протерозоя

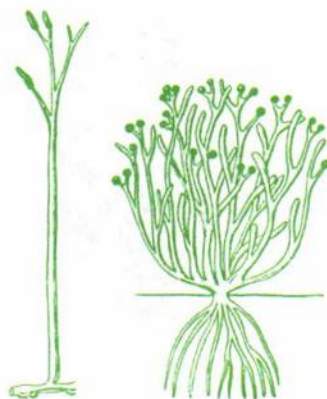


Рис. 248. Риниофиты — первые наземные растения



Рис. 249. Лес палеозоя

поротниковидные, из которых сформировались первые леса (рис. 249).

В конце палеозойской эры в связи с похолоданием и иссушением климата от группы семенных папоротников произошли первые голосеменные растения — кордаиты (рис. 250). Благодаря отличному от папоротникообразных способу размножения (независимость полового процесса от воды) и образованию семян, они оказались в более выгодных условиях.

В развитие животного мира в палеозое также происходили важнейшие эволюционные события. В начале эры появились первые позвоночные животные — панцирные рыбы (рис. 251). Они обладали внутренним скелетом, дававшим им преимущество в передвижении по сравнению с беспозвоночными животными. От панцирных рыб затем произошли хрящевые и костные рыбы. Среди костных рыб выделились кистеперые, от которых около 300 млн лет назад произошли первые наземные позвоночные животные — ихтиостеги, относившиеся к классу земноводных.

Климат в конце палеозойской эры стал сухим, что привело к значительному вымиранию древних земноводных и появлению первых пресмыкающихся — котилозавров (рис. 252), от которых произошли остальные рептилии.



Рис. 250. Ветка первого голосеменного растения — кордаита



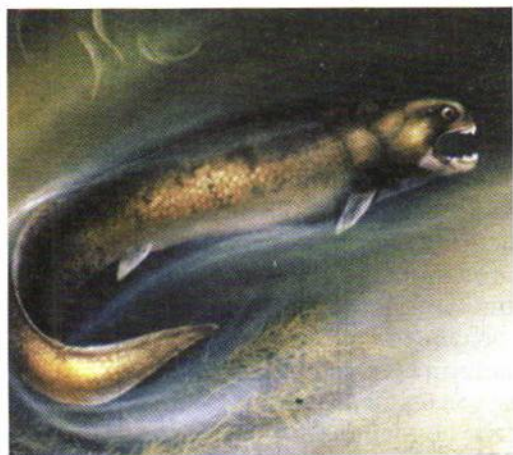


Рис. 251. Панцирная рыба



Рис. 252. Котилозавры

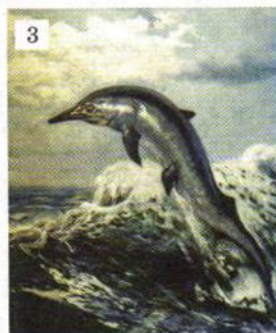
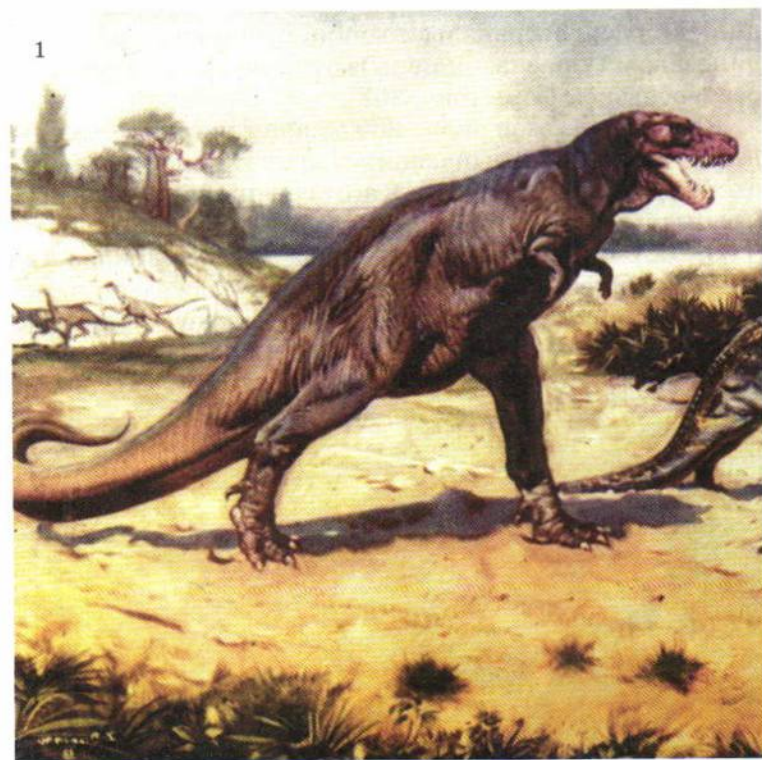


Рис. 253. Динозавры мезозоя: 1 — тираннозавр; 2 — птерозавр; 3 — ихтиозавр

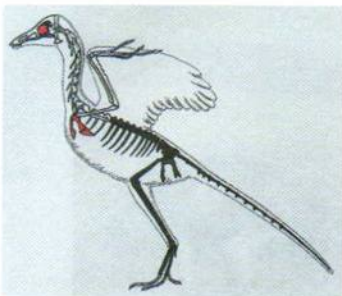


Рис. 254. Реконструкция скелета протоависа

Все пресмыкающиеся, в отличие от земноводных, имеют сухую лишенную желез кожу с роговыми чешуями, защищающую тело от потерь воды, более совершенные легкие, яйца с защитными оболочками, что обеспечило в следующую эру их господство на Земле.

**Мезозой.** *Мезозойская эра* (от греч. *мезос* — средний и *зоэ* — жизнь) началась около 230 млн лет назад. Климатические условия были благоприятными для дальнейшего распространения жизни на Земле. На суше господствующее положение заняли голосеменные растения, но около 130 млн лет во флоре появляются покрытосеменные (цветковые) растения — тополя, эвкалипты, пальмы и дубы. Леса мезозоя были негустые. Солнечные лучи свободно проникали к почве, поэтому в них произрастали и травянистые растения.

В морях преобладали головоногие моллюски и костные рыбы. На суше среди позвоночных животных были широко распространены древние пресмыкающиеся — динозавры (ужасные ящеры), отличавшиеся большим разнообразием форм (рис. 253).

В начале мезозоя около 200 млн лет назад от группы птицетазовых пресмыкающихся произошли первые птицы — протоависы (рис. 254), а от группы звероподобных рептилий — первые млекопитающие — триконодонты (рис. 255). Высокий уровень обмена веществ, теплокровность, крупный головной мозг и сложное поведение обеспечили птицам и зверям преимущество в освоении раз-



Рис. 255. Триконодонт



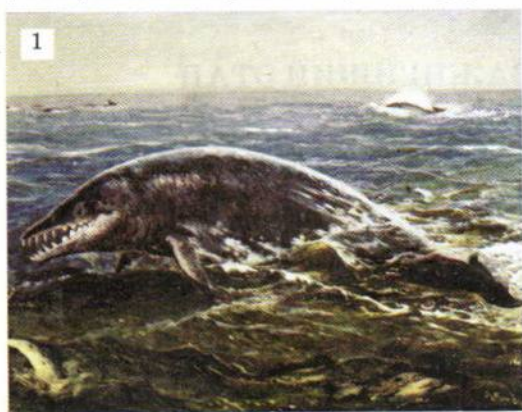


Рис. 256. Вымершие животные кайнозоя: 1 — первобытное китообразное; 2 — саблезубый тигр; 3 — индрикотерий

нообразных условий жизни на Земле. К концу эры в фауне планеты появляются первые сумчатые, плацентарные млекопитающие и настоящие птицы.

**Кайнозой.** *Кайнозойская эра* (от греч. *кайнос* — новый и *зоэ* — жизнь) началась 67 млн лет назад и продолжается до настоящего времени. В начале эры в большей части районов Земли преобладал теплый климат, но затем наступило похолодание. Во флоре кайнозоя господствующее место заняли покрытосеменные растения.

Коренным образом изменилась в кайнозое и фауна (рис. 256). На границе мезозоя и кайнозоя вымирают динозавры. Достигают расцвета различные систематические группы млекопитающих. Появляются китообразные, хищные, приматы, грызуны, копытные и хоботные. Завершается формирование современной фауны.



Эра, период, катархей, архей, протерозой, палеозой, мезозой, кайнозой.



1. На какие эры подразделяют историю Земли? 2. Какое влияние оказала деятельность организмов архей и протерозоя на газовый состав атмосферы Земли? 3. Назовите организмы, которые составляли флору и фауну архей и протерозоя. 4. Какие изменения произошли в составе растительного и животного мира палеозоя? 5. Какие растения и животные появились в фауне и флоре мезозоя? 6. Когда сформировались на нашей планете современные растительность и животный мир?

## § 50.

### ПОЯВЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА КАК ВАЖНЕЙШИЙ ЭТАП ЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ

Рассмотрите рисунок 257. Сравните скелет человека и шимпанзе. В чем состоит их сходство и различие? Вспомните основные движущие силы (факторы) эволюции видов в природе.



Рис. 257. Скелет человека и шимпанзе

Появление человека стало одним из главных событий в эволюции биосферы. В земной коре сохранились ископаемые остатки и орудия труда, позволяющие составить представление об облике и образе жизни наших далеких предков. Их изучают *антропология* (от греч. *антропос* — человек и *логос* — учение) и *археология* (от греч. *археос* — древний и *логос* — учение) — науки о человеке и истории развития человеческого общества. Научные результаты доказывают факты происхождения человека от животных и его постепенного эволюционного развития.

**Отличия человека от животных.** Общий план строения, сходство многих черт организации и эмбрионального развития указывают на принадлежность человека к классу Млекопитающие и отряду Приматы. Вместе с тем человек обладает рядом особенностей, отличающих его от животных. Наиболее характерное отличие человека от животных — *прямохождение*. В связи с этим, верхние конечности у человека утратили функцию опоры и превратились в руки — органы труда (рис. 257). Противопоставление большого пальца кисти остальным обеспечило разнообразные движения руки. Позвоночник человека приобрел S-образную форму и вместе со сводчатой стопой стал смягчать толчки, возникающие при ходьбе, беге и прыжках.

Кроме того, у человека произошли существенные изменения в строении черепа и головного мозга (рис. 258). Значительно уменьшились в размерах челюстные кости и гребни на теменных костях, к которым прикреплены жевательные мышцы. Это создало предпосылки для увеличения мозгового отдела черепа и его преобладания над лицевым. Головной мозг человека имеет сильно развитые



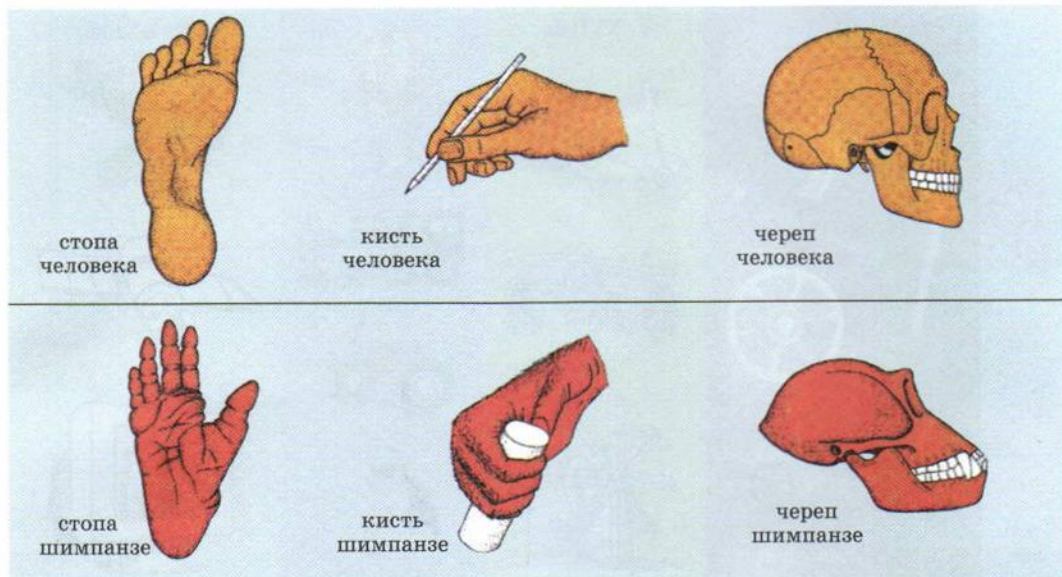


Рис. 258. Сравнение строения стопы, кисти и черепа человека и шимпанзе

большие полушария с крупными лобными долями, отвечающими за рассудочную деятельность.

Важнейшей особенностью человека стало развитие у него *второй сигнальной системы*, в основе которой лежит способность воспринимать и различать *речь*. Это принципиально изменило характер информационных связей между людьми. Появился особый внегенетический способ передачи информации от одного человека к другому через обучение и воспитание.

Характерной чертой человека является *систематическое изготовление орудий труда* (рис. 259). С самого начала своего существования без них он не мог выжить. Они помогали ему охотиться, возделывать землю, готовить пищу, обустраивать жилище. Совершенствование орудий постепенно изменяло характер взаимоотношений человека с природой. Человечество постепенно стало глобальной силой, изменяющей облик Земли.

**Особенности эволюции человека.** Эволюция человека происходила под действием тех же движущих сил, что и эволюция других организмов, т. е. мутационного процесса, комбинативной изменчивости, популяционных

#### ОТЛИЧИЯ ЧЕЛОВЕКА ОТ ЖИВОТНЫХ

- прямохождение
- крупный головной мозг
- вторая сигнальная система (речь)
- систематическое изготовление орудий труда

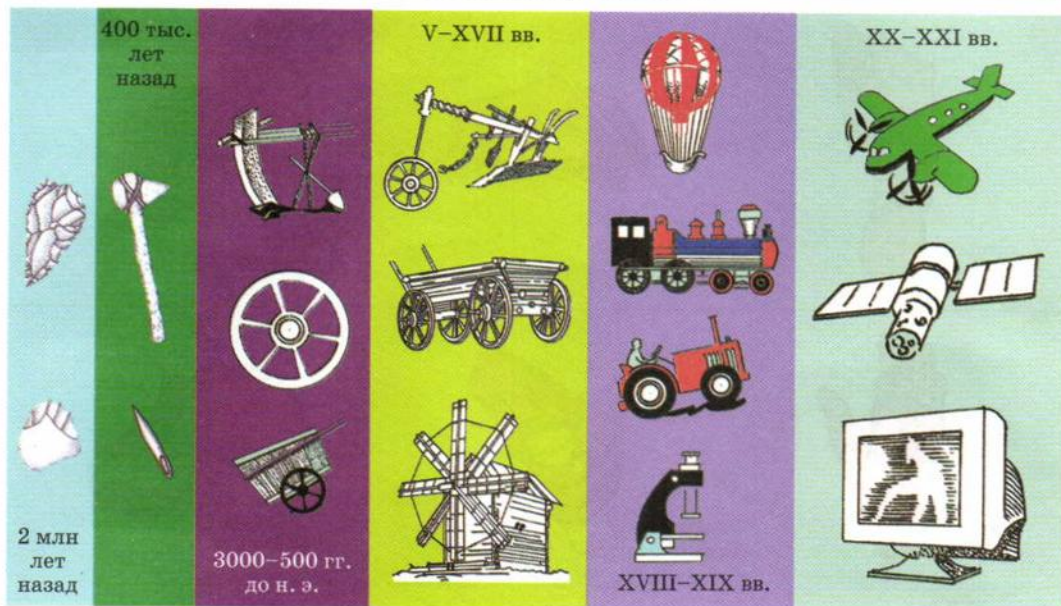


Рис. 259. Усложнение орудий труда в истории человеческого общества

волн, изоляции и естественного отбора. Однако, одновременно с биологическими факторами в эволюции человека действовали специфические факторы — *социальные* (от лат. *социалис* — общественный), обусловленные общественным укладом его жизни.

Естественный отбор, который привел к появлению около 2 млн лет назад человека, ученые называют *биосоциальным*. Он был направлен на совершенствование социальной организации первобытного человеческого стада. В результате такого отбора сохранялись и передавались формы взаимоотношений, выработанные людьми в процессе их совместных действий. Они давали членам группы, по сравнению с одиночными особями, преимущество в борьбе за существование с другими видами организмов за пищу, места обитания и иные ресурсы (рис. 260).

Биосоциальный отбор содействовал выживанию даже слабых индивидов, что значительно увеличивало численность людей и способствовало освоению ими новых территорий. В результате коллективной охоты людей на крупную дичь появилась возможность запасания пищи





Рис. 260. Коллективная охота первобытного человека требовала от ее участников согласованных действий

впрок и освободилось время для изготовления более совершенных орудий, воспитания детей, заботы о больных и стариках. Совместная жизнь вызвала у наших предков потребность в развитии средств общения. Появилась речь, которая совершенствовалась параллельно с эволюцией головного мозга.

**Современный этап эволюции человека.** Все ныне живущие на Земле люди относятся к биологическому виду Человек разумный (*Homo sapiens*), представленному разными расами и другими этническими группами. С появлением современных людей, биологическая эволюция человека как вида в основном прекратилась, уступив место эволюции социальной, т. е. развитию общественных отношений. Вместе с тем некоторые эволюционные факторы сохранили свое действие. Так, в популяциях современного человека по-прежнему происходит естественный отбор. Только его действие направлено не на отдельных индивидов, а на их половые клетки. Отбор выбраковывает те мужские и женские гаметы, которые вследствие мутаций приобрели неправильный хромосомный набор.

#### ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ (ФАКТОРЫ) ЭВОЛЮЦИИ ЧЕЛОВЕКА

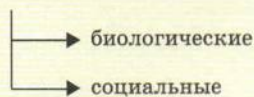




Рис. 261. Эпидемия чумы (средневековый рисунок)

Заметную роль в эволюции человека в прошлом играли популяционные волны. Например, в Средние века эпидемия чумы заметно сокращала численность людей на Земле (рис. 261). Ныне таких резких колебаний нет, хотя набирающая темпы эпидемия СПИДа может значительно уменьшить население нашей планеты. Если не будет найдено эффективных средств лечения этого заболевания, то в охваченных эпидемией популяциях человека будет происходить естественный отбор, увеличивающий долю людей, генетически склонных к воздержанию от употребления наркотиков и беспорядочных половых связей — основных путей распространения СПИДа.



*Антропология, археология, прямохождение, вторая сигнальная система, речь, систематическое изготовление орудий труда, биосоциальный отбор.*



*1. Перечислите черты сходства и различия человека и животных. 2. Каковы особенности эволюции человека? 3. Почему естественный отбор, действовавший в эволюции человека, ученые называют биосоциальным? 4. В чем особенности современного этапа эволюции человека? Какие эволюционные факторы по-прежнему действуют в некоторых популяциях современного человека?*





## § 51.

### ЧЕЛОВЕЧЕСТВО КАК ГЛОБАЛЬНАЯ СИЛА БИОСФЕРЫ. НООСФЕРА

*Вспомните, когда и где человек начал окультуривать дикорастущие растения и одомашнивать диких животных. Что явилось предпосылкой для этих занятий человека?*

С началом становления и развития человеческого общества его воздействие на биосферу неизменно возрастало. На ранних этапах человеческой истории эти воздействия были незначительными, но постепенно они приобрели планетарный масштаб. Человечество стало глобальной силой биосферы, оказывающей существенное влияние на все ее компоненты.

**Эволюция хозяйственной деятельности человека.** Вся история человечества, в зависимости от способа деятельности, складывается из двух этапов — присваивающего хозяйства и производящего.

*Присваивающее хозяйство*, которое можно назвать *экологическим способом получения пищи*, основано на охоте, рыболовстве и собирательстве (рис. 262, А). При такой форме хозяйствования человек довольствуется

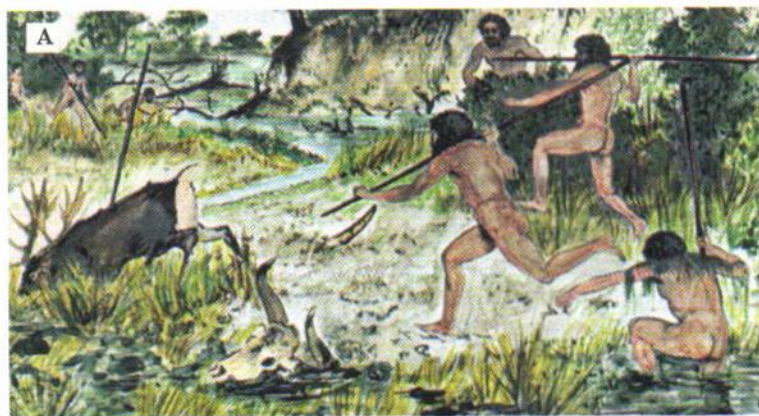


Рис. 262. Присваивающее и производящее хозяйство человека — экологический (А) и социальный (Б) способы получения пищи



Рис. 263. Исторический рост населения земного шара

тем, что ему дает природа. Это был самый продолжительный этап эволюционного развития человека, который еще называют *временем первобытных охотников и собирателей*. Пока численность человечества была невысокой, присваивающее хозяйство обеспечивало его всеми необходимыми ресурсами. Однако по мере увеличения народонаселения и уменьшения численности промысловых животных, охота и собирательство уже не могли полностью удовлетворить потребности людей в пище. Возникла угроза голодной смерти и вымирания человека как биологического вида. Это создало предпосылки для появления *производящего хозяйства* — земледелия и животноводства, которое можно назвать *социальным способом получения пищи* (рис. 262, Б). При такой форме хозяйствования человек в результате активного воздействия на природу сам создает необходимые ему ресурсы — пищу, корма, удобрения и др.

Итак, с окультуривания растений и одомашнивания животных, которые начались около 12—10 тыс. лет назад, наступил качественно новый этап взаимоотношений человека с природой. Люди стали меньше зависеть от ресурсов среды и научились создавать условия для своего существования и увеличения численности. Начиная с XVII в. человек стал с помощью различных машин и механизмов активно использовать для своих нужд ископаемое топливо (уголь, нефть, газ), освобождая тем самым солнечную энергию, накопленную в биосфере организмами за много лет. Процесс этот, названный *промышленной революцией*, вызвал бурное развитие промышленности, сельского хозяйства и рост городов.

**Рост народонаселения и урбанизация.** В начальный период земледелия и животноводства население Земли составляло 10 млн человек (рис. 263). Сейчас на нашей планете проживает более 6 млрд человек и численность населения продолжает расти. Темпы роста в разных частях света неодинаковы. Основной прирост дают развивающиеся страны Азии и Африки. По оценке ООН к 2050 г. на планете будет жить около 10 млрд человек.

Биосфера — саморегулирующаяся система: она стремится вернуть численность людей к уровню, соответствующему ресурсной емкости ее биоеценозов. Вымирание необходимых человеку организмов, снижение про-





дукции биогеоценозов, невключение в круговороты производимых промышленностью веществ — все это действие биосферного механизма, стремящегося ограничить рост численности народонаселения. Пока у человечества есть ископаемые источники энергии, обеспечивающие производство необходимого количества пищи, кормов для сельскохозяйственных животных, удобрений, оно противостоит этому механизму.

► Снизить численность человечества может голод. Сейчас на планете только 1 млрд людей имеют полноценную пищу, а от голода каждый год умирают 20 млн человек (рис. 264). Ежегодный прирост населения составляет 200 млн человек. Поэтому если число умирающих от голода возрастет на порядок, т. е. в 10 раз, то прирост населения остановится. А если умирающих будет еще больше, то население планеты начнет сокращаться. Замедлить рост народонаселения может также снижение рождаемости в некоторых странах через планирование семьи и регуляцию деторождения. ◀

Рост численности народонаселения Земли сопровождается процессом *урбанизации* (от лат. *урбанус* — городской) — повышением роли городов в развитии человеческого общества. В крупных городах происходит концентрации промышленности, учреждений образо-

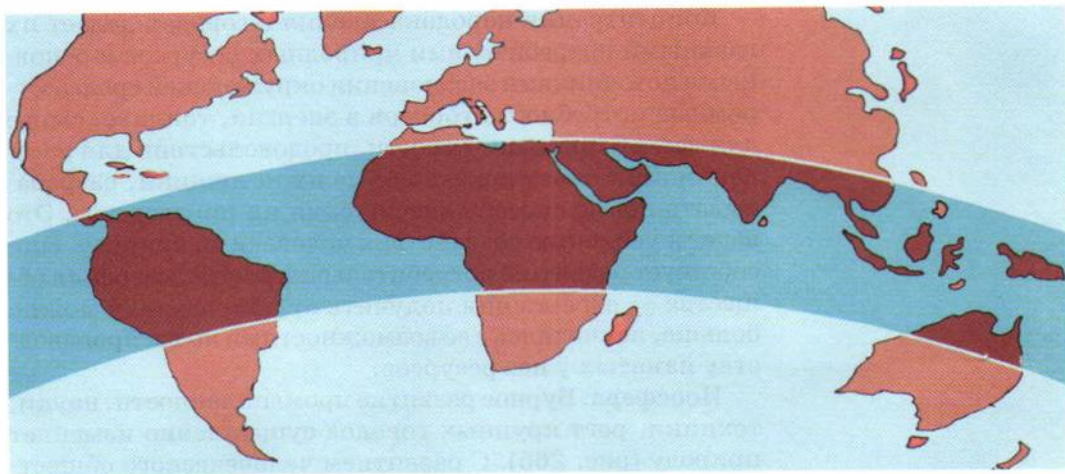


Рис. 264. «Пояс голода» — географические области планеты, народонаселение которых ежегодно страдает от нехватки продовольствия



Рис. 265. Крупные города существенно изменяют природу



Рис. 266. Международная орбитальная космическая станция

вания и культуры, центров управления, наблюдается постоянный приток сельского населения и жителей близлежащих малых городов. Если в начале XIX в. в крупных городах проживало всего 3% населения, то в настоящее время в них живет половина всех жителей нашей планеты.

Концентрация народонаселения в городах делает их главными потребителями природных ресурсов и основными источниками загрязнения окружающей среды. Огромные потребности городов в энергии, топливе, сырье для легкой промышленности, продовольствии для населения заставляет искать новые их источники, разрабатывать новые способы увеличения их производства. Это ведет к усилению воздействия человека на природу, способствует развитию потребительского мировоззрения общества — стремления получить от природы как можно больше, не считаясь с ее возможностями по воспроизводству изъятых у нее ресурсов.

**Ноосфера.** Бурное развитие промышленности, науки, техники, рост крупных городов существенно изменяет природу (рис. 265). С развитием человеческого общества начался постепенный переход биосферы в *ноосферу* — (от лат. *ноос* — разум и *сфере* — шар), т. е. мыслящую





## § 51. Человечество как глобальная сила биосферы. Ноосфера

оболочку Земли. Ноосфера — высшая стадия эволюции биосферы, связанная со становлением в ней цивилизованного человечества. Ноосфера вышла за пределы Земли. Стало реальным освоение человеком ближнего космоса (рис. 266).

Несмотря на то, что человечество составляет лишь незначительную часть биомассы Земли, его влияние на планету становится крупнейшей природной силой, превосходящей по масштабам воздействия все известные геологические процессы. Происходит постепенный переход в эволюции живой природы от биологических факторов (биогенеза) к развитию, управляемому человеческим сознанием (ноогенезу). Коллективный разум людей Земли все сильнее воздействует на природу, в десятки раз по сравнению с естественными биогеохимическими процессами ускоряет поток энергии, круговороты веществ, усиливает давление на неживую природу, растительный и животный мир.

В настоящее время наиболее актуальным становится проблема дальнейшего гармоничного развития ноосферы. Человечество должно направить свою деятельность на поддержания равновесия между обществом и природой, разумно ограничивать и регулировать свои потребности в интересах всей биосферы. Всем людям Земли предстоит как можно скорее выработать единое экологическое мировоззрение, т. е. перейти в общении с природой от позиции «все для человека» к позиции «все для природы».

### ЭТАПЫ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

- присваивающее хозяйство (экологический способ получения пищи)
- производящее хозяйство (социальный способ получения пищи)



*Хозяйство: присваивающее и производящее, время первобытных охотников и собирателей, экологический и социальный способы получения пищи, промышленная революция, урбанизация, ноосфера, экологическое мировоззрение.*



*1. Из каких двух этапов складывалась история хозяйственной деятельности человека? Чем экологический способ получения пищи отличается от социального? 2. Какое влияние на биосферу оказала промышленная революция? 3. Назовите последствия, к которым приводит рост народонаселения земного шара. Каков прогноз роста народонаселения на ближайшее время? 4. Что такое ноосфера? 5. Объясните, почему так важно формировать в современном человеческом обществе экологическое мировоззрение. В чем его сущность?*

## § 52.

### СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

*Вспомните, какое влияние оказывает человек на неживую и живую природу. Каковы его последствия для жизни на нашей планете?*

В настоящее время преобразующее влияние человеческого общества на природу вносит в нее такие изменения, которые угрожают нарушить устойчивость биосферы. Мир уже стоит на пороге *экологического кризиса* — такого состояния среды обитания, при котором она становится непригодной для существования различных форм жизни, в том числе и человека.

**Истощение природных ресурсов.** Человечество постоянно использует различные природные ресурсы. К ним относятся полезные ископаемые, энергия Солнца, ветра и морских приливов, вода, атмосферный воздух, почва, растительный и животный мир. Различают *неисчерпаемые* и *исчерпаемые природные ресурсы* (рис. 267).

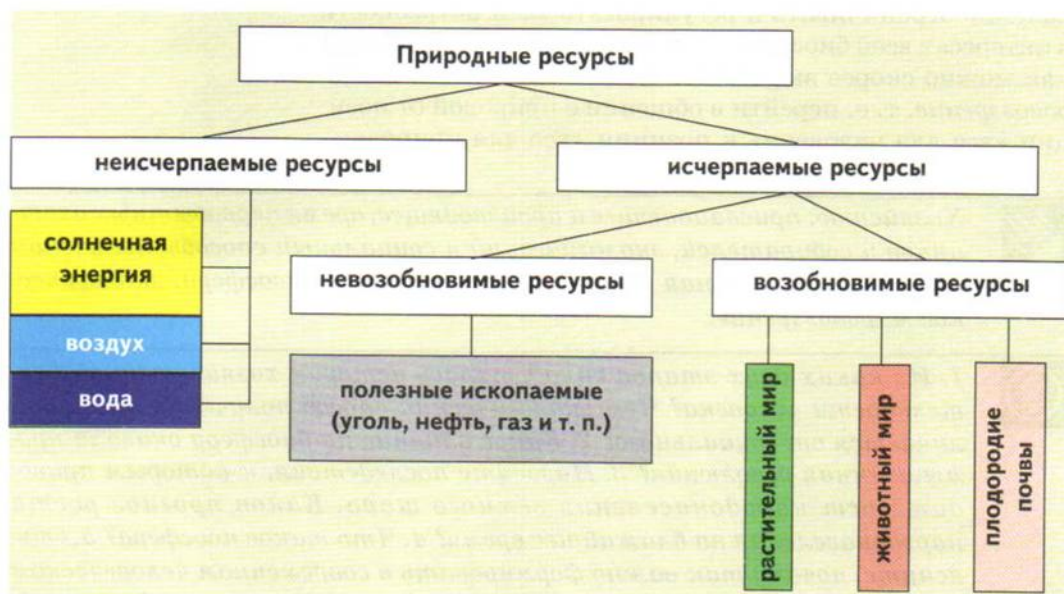


Рис. 267. Классификация природных ресурсов





Неисчерпаемые природные ресурсы включают водные, климатические и космические ресурсы. Их резервы настолько огромны, что хозяйственная деятельность человека на них сказывается незначительно. Хотя пресную воду, по причине неравномерности ее распределения на нашей планете и загрязнения, чаще относят к исчерпаемым природным ресурсам.

Исчерпаемые природные ресурсы делят на невозобновимые и возобновимые. *Невозобновимые природные ресурсы* — источники минерального сырья (уголь, нефть, газ, песок, глина, гравий) образуются в земной коре в течение сотен миллионов лет. Ежегодно человечество извлекает из земных недр 100 млрд т твердого материала и сжигает 9 млрд т условного топлива (рис. 268). Разведанных запасов нефти на планете хватит лишь на 50 лет, каменного угля — на 150 лет.

К *возобновимым природным ресурсам* относят растительность, животный мир и плодородие почвы. Их расходование человечеством постоянно растет. Ежегодно люди вырубают более 20 млн га тропического леса — главного источника видового разнообразия жизни на планете (рис. 269). Начиная с XVI в., человек истребил 109 видов птиц, 64 вида млекопитающих, более 20 видов пресмыкающихся и земноводных. В настоящее время около 600 видов позвоночных животных находится на грани вымирания.

Причины вымирания многих видов организмов до конца неизвестны. Но чаще всего они исчезают из-за уничтожения их местообитаний или вытеснения завезенными из других мест видами. В снижении численности ряда видов виновны браконьеры.

Усиливается воздействие человека на почву (рис. 270). При распашке ежегодно перемещается огромная масса почвы. Вследствие орошения или осушения, неправильного внесения удобрений, каждый год безвозвратно теряется около 7 млн га пахотных земель. Выращиваемые человеком растения извлекают из почвы миллионы тонн минеральных веществ, истощая тем самым ее плодородие. Если не восполнять эти потери, почвенные ресурсы могут быть израсходованы за 50 лет.

**Антропогенное изменение ландшафтов.** Распашка человеком целинных земель, строительство крупных



Рис. 268. Добыча невозобновимых природных ресурсов: нефти и угля



Рис. 269. Вырубка тропического леса





Рис. 270. Воздействие человека на почву — гороразработки

городов, плотин, создание водохранилищ, оросительных каналов существенно изменяет естественную среду обитания организмов на нашей планете. Во многих странах мира практически не осталось естественных ландшафтов, их заменили *антропогенные ландшафты*, т. е. созданные человеком. На месте существовавших ранее природных биогеоценозов появляются поля, сады, населенные пункты, заводы и фабрики, превращая огромные территории в сельскохозяйственный или промышленный ландшафты (рис. 271).

Возникающие в антропогенных ландшафтах агробиогеноты отличаются от биогеноты меньшим видовым разнообразием составляющих их организмов, неспособностью к самоподдержанию и саморегуляции. Таким образом, на нашей планете постоянно сокращаются площади, занятые естественными природными сообществами и, следовательно, уменьшается общее видовое разнообразие организмов биосферы.



Рис. 271. Антропогенные ландшафты: сельскохозяйственный (А) и промышленный (Б)





**Загрязнение окружающей среды.** Одна из наиболее серьезных экологических проблем — выброс в окружающую среду *загрязнителей* — веществ, попадающих в воздух, воду, почву и нарушающих протекающие там естественные круговороты элементов.

Загрязнение воздуха в основном обусловлено выбросом в атмосферу промышленных газов. При сжигании нефти, угля и древесины в атмосферу ежегодно поступает около 20 млрд т углекислого газа. Коротковолновое излучение проходит через него сравнительно легко, а длинноволновые тепловые лучи, идущие от нагретой поверхности Земли, задерживаются. Это приводит к «парниковому эффекту» — среднегодовому повышению температуры климата на планете (рис. 273). Его последствия могут быть катастрофическими, например, таяние полярных льдов и вечной мерзлоты, повышение уровня Мирового океана, заболачивание тундры, расширение зоны пустынь.



Рис. 272. Последствия кислотных дождей

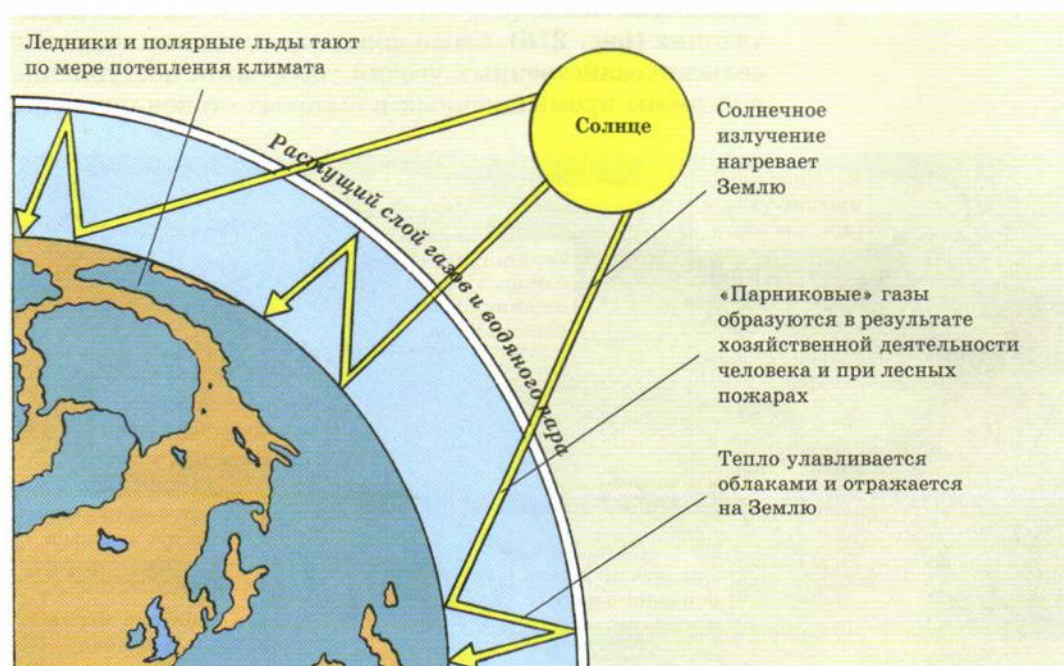


Рис. 273. Образование «парникового эффекта»

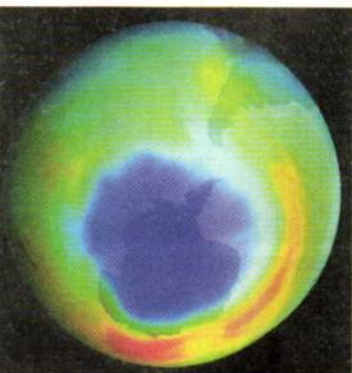


Рис. 274. Снимок «озоновой дыры» над Антарктидой из космоса

Промышленными предприятиями выбрасываются в атмосферу окислы азота и сернистый газ, которые соединяясь с водой, образуют *кислотные дожди* (рис. 275). Последствия их выпадения — гибель в водоемах различных животных, выщелачивание почв и болезни растений, разрушение памятников архитектуры (рис. 272).

Выбросы в атмосферу фреонов — веществ-хладоагентов холодильных установок и компонентов аэрозольных баллончиков приводят к разрушению озонового экрана Земли и образованию в нем «*озоновой дыры*» (рис. 274). Это вызывает увеличение доли ультрафиолетовых лучей, поступающих к поверхности Земли, которые частично задерживаются озоновым экраном. Они могут стать причиной роста заболеваний раком кожи среди людей. По прогнозам ученых, если содержание озона в атмосфере уменьшится на 15%, то это вызовет гибель всего живого на нашей планете.

Загрязнение водоемов связано с попаданием в них нефти и нефтепродуктов, нарушающих газообмен и вызывающих гибель рачков, рыб, морских птиц и млекопитающих (рис. 276). Смыв дождями и талыми водами с сельскохозяйственных угодий удобрений, поступление в водоемы промышленных и бытовых стоков приводит

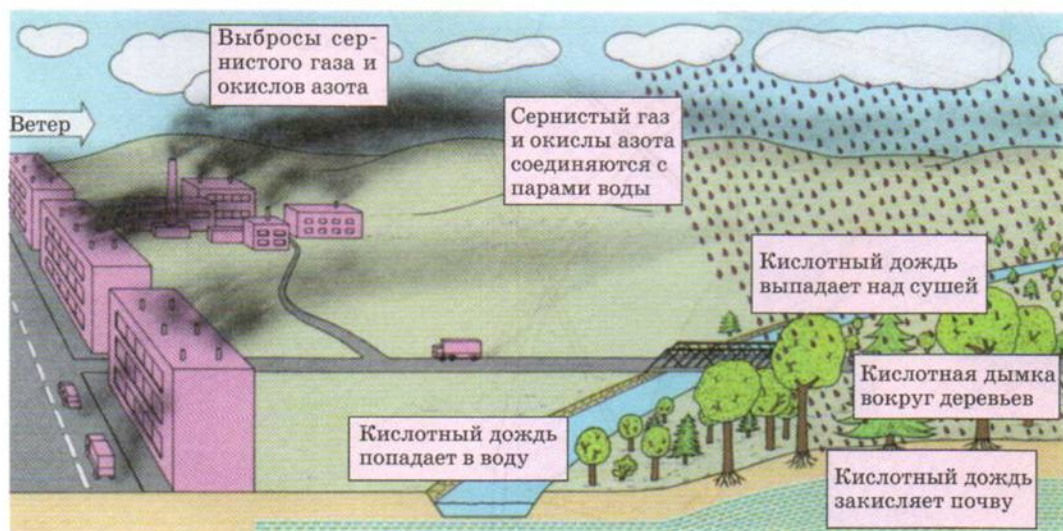


Рис. 275. Образование кислотных дождей





к их *эвтрофикации* (от греч. *эвтрофия* — хорошее питание) — понижению концентрации в воде кислорода и повышению содержания органических веществ. Серьезную опасность представляют радиоактивное загрязнение (рис. 277), связанное с авариями на атомных электростанциях, испытаниями ядерного оружия и затоплением радиоактивных отходов на дне океана. Так, авария на Чернобыльской АЭС в 1986 г. послужила причиной радиоактивного загрязнения обширных территорий Белоруссии, Украины и России.

Загрязнение почвы связано с ежегодным внесением в нее более 100 млн т минеральных удобрений и химических средств защиты растений. Накопление в почве стойких химических соединений в количествах, превышающих способность биосферы к их переработке, нарушает саморегуляцию биогеоценозов.

Итак, вследствие расходования природных ресурсов, изменения ландшафтов, загрязнения воздуха, воды и почвы человек через свою хозяйственную деятельность оказывает отрицательное воздействие как на биосферу в целом, так и на отдельные ее компоненты. Снижение интенсивности этого воздействия — важнейшая задача, стоящая перед современным человечеством, от решения которой зависит его будущее.



Рис. 276. Последствия загрязнения водоемов



Рис. 277. Знак «Опасно! Радиоактивность!»



*Экологический кризис, природные ресурсы: неисчерпаемые и исчерпаемые (невозобновимые и возобновимые), антропогенные ландшафты, загрязнители, «парниковый эффект», кислотные дожди, «озоновая дыра», эвтрофикация.*



*1. Охарактеризуйте неисчерпаемые природные ресурсы. Как они используются человеком? 2. Что такое исчерпаемые природные ресурсы? Как их используют человек? 3. К каким последствиям приводит антропогенное изменение ландшафтов? 4. Как образуется «парниковый эффект»? 5. Что такое «озоновая дыра»? 6. В результате каких процессов выпадают кислотные дожди? 7. В чем причина эвтрофикации водоемов? 8. Каковы последствия внесения в почву избыточных доз минеральных удобрений и применения химических средств защиты растений?*

## § 53.

### ЗНАЧЕНИЕ ОХРАНЫ БИОСФЕРЫ ДЛЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

*Вспомните из учебников «Растения. Бактерии. Грибы и лишайники» и «Животные», какие меры принимает человек для охраны живой природы. Подумайте, в чем смысл сохранения видового разнообразия жизни на нашей планете?*

Биосфера как глобальная природная система обеспечивает существование жизни на нашей планете и способствует увеличению ее разнообразия. Однако охрана биосферы не означает сохранения ее в нетронutom состоянии. Человечество и дальше будет расходовать природные ресурсы, причем по мере роста своей численности еще в большем масштабе. Поэтому под *охраной биосферы* прежде всего, подразумевают меры, направленные на обеспечение устойчивого равновесия между природой и человеческим обществом.

**Охрана биосферы — международная задача.** Необходимость сохранения биосферы Земли относят к числу глобальных проблем современности. Поскольку биосфера политически неделима, решение этой проблемы требует объединенных усилий всех государств планеты. С этой целью на Генеральной конференции ЮНЕСКО в 1970 г. была принята долгосрочная программа «Человек и биосфера» (рис. 278), а в 1979 г. учреждена «Программа ООН по окружающей среде» (ЮНЕП). В рамках этих Международных программ в настоящее время выработан «Всемирная стратегия охраны природы». Она основывается на следующих принципах:

1. Необходимо сохранить биоразнообразие современной биосферы, поскольку только в этом случае возможно дальнейшее устойчивое сосуществование природы и человеческого общества.

2. Все виды организмов, явления живой и неживой природы имеют многообразное значение и должны оцениваться с разных точек зрения. Следует учитывать потенциальную полезность и значимость каждого вида организма, того или иного природного явления для человека.



Рис. 278. Эмблемой программы «Человек и биосфера» выбран древнеегипетский символ «анх», означающий вечную жизнь





3. Охрана одного объекта природы означает одновременную охрану других объектов, тесно с ним взаимосвязанных. Необходимо охранять всю совокупность образующих природу неживых и живых компонентов, т. е. подходить к охране природы комплексно.

Помимо общих комплексных задач, в деле охраны природы решаются и частные проблемы, от которых зависит нормальное функционирование всех компонентов биосферы. К ним, в первую очередь, относят защиту от загрязнения атмосферного воздуха, сохранение водных ресурсов и плодородия почвы, охрану животного и растительного мира нашей планеты.

**Охрана атмосферного воздуха, водных ресурсов и почвы.** Основными средствами защиты атмосферного воздуха от загрязнения служат газоочистные и пылеулавливающие устройства: механические и электрические фильтры, химические нейтрализаторы, газоотсосы и др. Перспективное направление — это создание и внедрение на заводах и фабриках безотходных технологий, основанных на использовании всех получаемых в процессе производства продуктов. Частично снизить загрязненность атмосферного воздуха в городах позволяет установка на двигателях автомобилей специальных фильтров, дожигающих устройств, улучшение качества топлива, перевод транспорта на газовую и электрическую тягу.



Рис. 279.  
Фотоэлектрические  
установки на домах



Рис. 280. Морская ветряная электростанция вблизи Копенгагена





Рис. 281. Сооружения для защиты почвы — по-  
лезащитная лесополоса

В некоторых странах для отопления жилищ человека, теплиц и промышленных помещений используются подземные термальные воды, а для выработки электричества — энергия солнца и ветра (рис. 279, 280).

К основным мерам по сохранению водных ресурсов относят бережное их расходование. Так, для орошения сельскохозяйственных угодий все чаще используют дождевальные и капельные установки, расходующие в 5—6 раз меньше воды, чем при обычном поливе. На производствах, расходующих воду, создают технологические циклы с бессточной системой. В коммунальных службах городов следят за состоянием водопроводов, так как более 25% пригодной для питья воды теряется из-за их неисправности. Наибольшее распространение среди мер охраны водных ресурсов получает очистка сточных вод (рис. 282).

В сельском хозяйстве для борьбы с разрушением водой или ветром верхнего плодородного слоя почвы высаживаются полевая защитные лесополосы (рис. 281). Для предотвращения образования оползней и подмывов берегов рек и морей строятся береговые дамбы.

**Охрана животного и растительного мира.** Истребление человеком диких животных и растений, нарушение их местообитаний привели к тому, что многие из них стали редкими и нуждаются в охране. Периодически пуб-

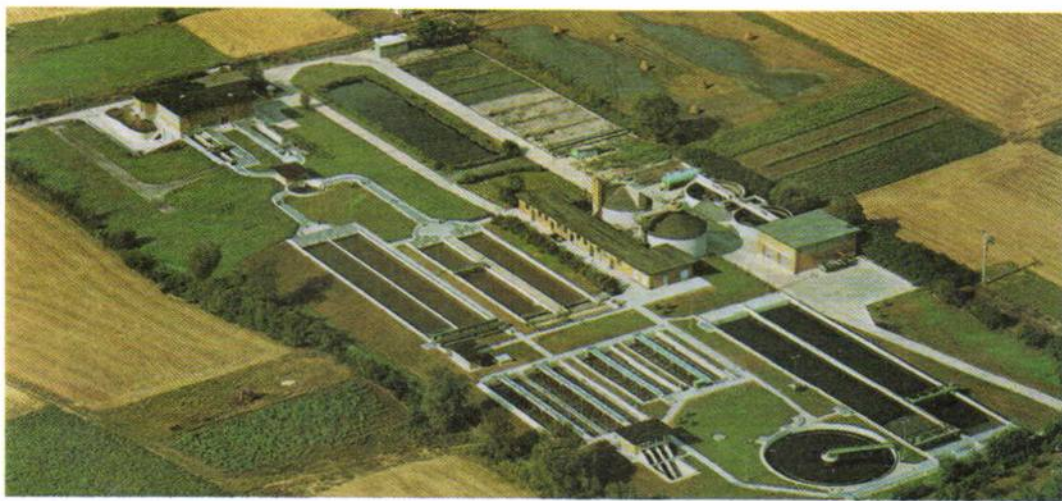


Рис. 282. Водоочистные сооружения



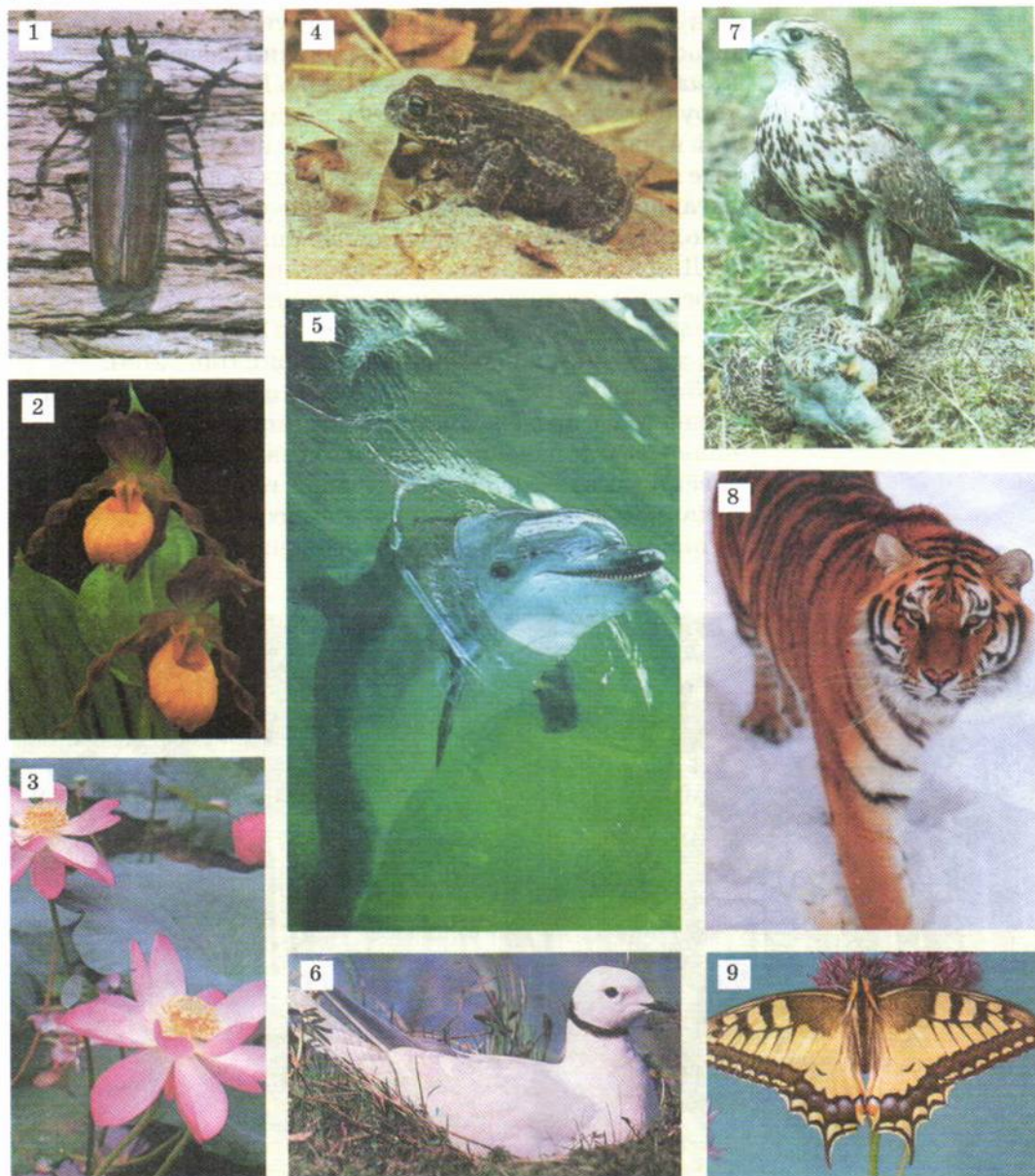


Рис. 283. Некоторые виды растений и животных, занесенные в Красную книгу России:  
1 — усач реликтовый; 2 — венерин башмачок; 3 — лотос орехоносный; 4 — камышовая жаба;  
5 — черноморская афалина; 6 — розовая чайка; 7 — сокол-балобан; 8 — амурский тигр;  
9 — парусник махаон



ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ  
ПРИРОДНЫЕ  
ТЕРРИТОРИИ

- заповедники
- заказники
- национальные парки

ликуется список находящихся под угрозой исчезновения редких видов организмов. Он получил название *Красной книги*. Существует Международная Красная книга, в которую включены около 20 тыс. видов животных, растений и грибов. Помимо нее, издаются национальные Красные книги, в которых кроме перечня исчезающих видов организмов указываются также практические меры по их охране и восстановлению численности (рис. 283).

Для наиболее полного сохранения всех компонентов биосферы в разных странах мира организуются *особо охраняемые природные территории* (ООПТ) — заповедники, заказники и национальные парки (рис. 286).

*Заповедники* — участки земли или водного пространства, в пределах которых весь природный комплекс полностью и навечно изъят из хозяйственного использования и находится под охраной государства. В заповедниках ведется только научно-исследовательская работа. Многие заповедники первоначально были созданы



Рис. 284. Зубры в Приокско-террасном биосферном заповеднике под Москвой





§ 53. Значение охраны биосферы для жизни на Земле

для охраны отдельных исчезающих видов животных. Так, Баргузинский заповедник на Байкале был организован для сохранения и восстановления численности соболя, а Воронежский — для охраны бобра. Некоторые заповедники объявлены *биосферными* (рис. 284). В них сохраняются в нетронутom состоянии наиболее характерные для каждой природной зоны Земли — *биогеоценозы*. Биосферные заповедники России входят в мировую сеть биосферных заповедников.

*Заказники* — охраняемые участки (наземные и водные), на которых при ограниченном использовании природных ресурсов, охраняют промысловые виды растений, животных и отдельные природные объекты. Заказники бывают разного назначения, например ботанические, промыслово-охотничьи, геолого-минералогические. Большинство их служит для сохранения и воспроизводства отдельных видов растений и животных, сбора лекарственного сырья, минералов, спортивной охоты и рыбной ловли (рис. 285).



Рис. 285. В промыслово-охотничьем заказнике



Рис. 286. Карта главных заповедников и национальных парков России



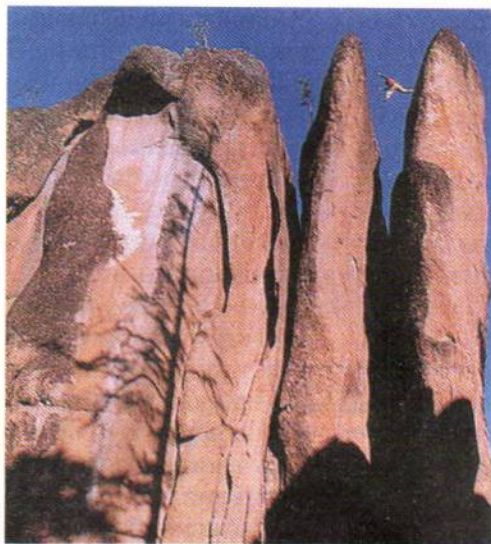
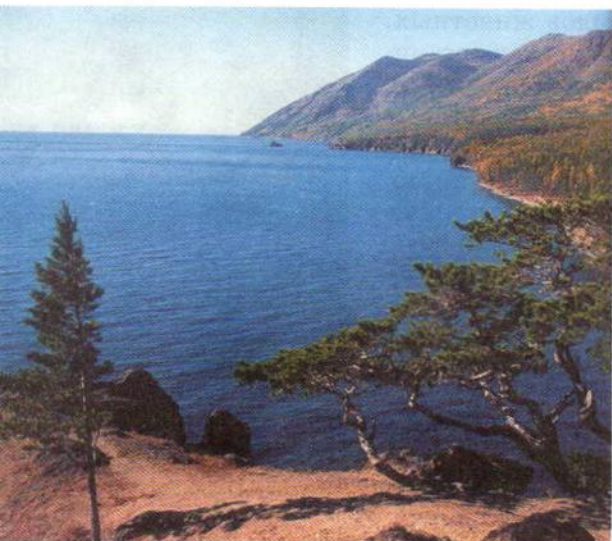


Рис. 287. Национальные парки: Прибайкальский и Красноярские столбы



Рис. 288. Участок парковой территории ботанического сада

*Национальные парки* — охраняемые территории и акватории, на которых сохранились природные комплексы, представляющие экологическую, историческую и эстетическую ценность. В нашей стране есть несколько национальных парков, например Лосиный остров, Красноярские столбы, Прибайкальский, Валдайский (рис. 287). В отличие от заповедников, национальные парки открыты для экологического туризма и отдыха населения.

В сохранении и восстановлении численности редких видов животных и растений важную роль играют *зоологические парки* и *ботанические сады* (рис. 288). Они позволяют спасти отдельные исчезающие в природе виды, и тем самым сохранить генофонд организмов нашей планеты. Живые коллекции зоопарков и ботанических садов насчитывают тысячи и десятки тысяч видов животных и растений. Крупнейшие зоопарки в мире — Берлинский (1700 видов) и Амстердамский (1300 видов). В России самые крупные зоопарки находятся в Москве и Санкт-Петербурге. Из ботанических садов наиболее большими коллекциями растений обладают сады в Кью (Англия), Уппсале (Швеция), Калькутте (Индия) и Батуми (Грузия).





Итак, меры предпринимаемые человеком по сохранению биосферы, направлены на рациональное использование природных ресурсов и создание условий для обеспечения дальнейшего существования жизни на нашей планете во всем ее разнообразии.



Охрана биосферы, охрана атмосферного воздуха, водных ресурсов и почвы, охрана животных и растений, Красная книга, особо охраняемые природные территории: заповедники, заказники, национальные парки; зоопарки, ботанические сады.



1. Что подразумевается под охраной биосферы? 2. Почему в деле охраны природы так важно сотрудничество разных государств? Приведите примеры такого сотрудничества. 3. На каких принципах основывается охрана природы? 4. Назовите меры, которые предпринимаются человеком по охране атмосферного воздуха, водных ресурсов и почвы. 5. С какой целью организуются особо охраняемые природные территории? 6. Какой вклад вносят в сохранение животного и растительного мира нашей планеты заповедники, заказники, национальные парки, зоопарки и ботанические сады?



Государственная система заповедников в России ведет свое начало с 29 декабря 1916 года, когда в Правительствующий Сенат был представлен документ «Об установлении в Забайкальской области Баргузинского охотничьего заповедника». Сейчас в России насчитывается 99 заповедников и 35 национальных парков.



В чем состоят глобальные проблемы охраны биосферы? Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

### ОХРАНА БИОСФЕРЫ

| Часть биосферы              | Глобальные проблемы | Меры охраны |
|-----------------------------|---------------------|-------------|
| Атмосферный воздух          |                     |             |
| Водные ресурсы              |                     |             |
| Почва                       |                     |             |
| Растительный и животный мир |                     |             |

---

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современная биология — бурно развивающаяся наука. Несмотря на все достижения, в ней остается много проблем, решение которых имеет огромное значение для развития научного знания о живой природе. Дальнейшее изучение строения и функций биологических молекул; познание закономерностей саморегуляции в живых системах разного ранга; выяснение первичного происхождения жизни на Земле; исследование индивидуального и исторического развития организмов; использование биологических объектов и процессов для решения научно-технических проблем и обеспечения продовольственной безопасности человечества; целенаправленное создание организмов с нужными человеку свойствами; познание законов устойчивого сосуществования природы и человеческого общества; выяснение возможностей продления человеческой жизни и пребывания человека в условиях космического пространства; прогнозирование антропогенных изменений в окружающей среде — вот неполный перечень задач, стоящих перед современной биологией.

Век биологии только начинается. Решение ее проблем во многом зависит от того, насколько ученые-биологи будут использовать в своих исследованиях достижения других естественных наук: физики, химии, космологии, математики и современную вычислительную технику. Лишь только при сочетании разных методов изучения живой природы возможен прогресс на пути научного знания о ней и будущее человечества станет реальностью.



*Учебное издание*

**Теремов Александр Валентинович  
Петросова Рената Арменаковна  
Никишов Александр Иванович**

# **БИОЛОГИЯ**

**Общие закономерности жизни**

**9 класс**

*Учебник для учащихся общеобразовательных учреждений*

Лицензия ИД № 03115 от 10.11.2000.

Сертификат соответствия

№ РОСС RU.АЕ51.Н 15816 от 17.10.2011.

Подписано в печать 10.11.03. Формат 70×90/16.  
Печать офсетная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 20,5.

Тираж 50 000 экз. (2-й завод 3 001–6 000 экз.).

Заказ № 32766 (Sm-Гл).

Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС.  
119571, Москва, а/я 19.

Тел./факс: (495) 984-40-21, 984-40-22.

E-mail: [vlados@dol.ru](mailto:vlados@dol.ru)

<http://www.vlados.ru>

---

ОАО «Смоленский полиграфический комбинат».  
214020, г. Смоленск, ул. Смольянинова, д. 1