

**ЭФФЕКТИВНАЯ
ПОДГОТОВКА
К ОГЭ**

ОГЭ

БИОЛОГИЯ

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СПРАВОЧНИК

- Подробный теоретический материал
- Тренировочные задания



**ЭФФЕКТИВНАЯ
ПОДГОТОВКА
К ОГЭ**

ОГЭ

Д.А. Шабанов, М.А. Кравченко

БИОЛОГИЯ

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СПРАВОЧНИК



МОСКВА
2017

УДК 373:57
ББК 28я721
Ш12

Шабанов, Дмитрий Андреевич.
Ш12 ОГЭ. Биология: универсальный справочник / Д.А. Шабанов,
М.А. Кравченко. — Москва : Эксмо, 2017. — 272 с. — (ОГЭ). Уни-
версальный справочник).

ISBN 978-5-04-004641-6

Справочник адресован учащимся 9-х классов для подготовки к ОГЭ по биологии. Пособие содержит подробный теоретический материал по всем темам, проверяемым экзаменом, а также тренировочные задания в форме ОГЭ. В конце справочника приводятся ответы.

Издание будет полезно учителям биологии, родителям для профессиональной подготовки учащихся к ОГЭ.

УДК 373:57
ББК 28я721

ISBN 978-5-04-004641-6

© Шабанов Д.А., Кравченко М.А., 2017
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. БИОЛОГИЯ КАК НАУКА. МЕТОДЫ БИОЛОГИИ

1.1. Роль биологии в формировании современной естественнонаучной картины мира, в практической деятельности людей. Методы изучения живых объектов. Биологический эксперимент. Наблюдение, описание, измерение биологических объектов	7
1.1.1. Биология — наука о жизни.....	7
1.1.2. Методы биологического исследования	8
1.1.3. Биосистемы и их свойства.....	9
1.1.4. Биологическая систематика	10
Тренировочные тестовые задания к разделу 1	12

РАЗДЕЛ 2. ПРИЗНАКИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

2.1. Клеточное строение организмов как доказательство их родства, единства живой природы. Гены и хромосомы. Нарушения в строении и функционировании клеток — одна из причин заболеваний организмов. Вирусы — неклеточные формы жизни	19
2.1.1. Клеточное строение организмов как доказательство их родства, единства живой природы	19
2.1.2. Строение и типы организации клеток.....	22
2.2. Признаки организмов. Наследственность и изменчивость — свойства организмов. Одноклеточные и многоклеточные организмы. Ткани, органы, системы органов растений и животных, выявление изменчивости организмов. Приёмы выращивания и размножения растений и домашних животных, ухода за ними	42
2.2.1. Признаки живых организмов	43
2.2.2. Наследственность и изменчивость — свойства организмов.....	44
2.2.3. Одноклеточные и многоклеточные организмы	61
2.2.4. Ткани растений и животных	64
2.2.5. Организм растений (на примере покрытосеменных)	71
2.2.6. Организм животных	83
Тренировочные тестовые задания к разделу 2	85

РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМА, МНОГООБРАЗИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ

3.1. Царство Бактерии. Роль бактерий в природе, жизни человека и собственной деятельности. Бактерии — возбудители заболеваний растений, животных, человека	93
3.1.1. Общая характеристика прокариот.....	93
3.1.2. Общая характеристика представителей царства Эубактерии	94
3.1.3. Цианобактерии	98
3.1.4. Микоплазмы.....	99
3.1.5. Царство Архебактерии.....	99
3.2. Царство Грибы. Роль грибов в природе, жизни человека и собственной деятельности. Роль лишайников в природе, жизни человека и собственной деятельности	99
3.2.1. Общая характеристика грибов	99
3.2.2. Роль грибов в природе и жизни человека.....	102
3.2.3. Лишайники	103
3.2.4. Роль лишайников в природе и жизни человека	105
3.3. Царство Растения. Роль растений в природе, жизни человека и собственной деятельности	105
3.3.1. Отличительные признаки царства Растения	105
3.3.2. Растения и факторы окружающей среды	107
3.3.3. Жизненные формы растений	108
3.3.4. Низшие споровые растения	109
3.3.5. Высшие споровые растения	111
3.3.6. Семенные растения	114
3.4. Царство Животные. Роль животных в природе, жизни человека и собственной деятельности	122
3.4.1. Зоология — наука о животных	122
3.4.2. Общая характеристика простейших	123

3.4.3. Тип Кишечнополостные.....	126
3.4.4. Плоские, круглые и кольчатые черви.....	128
3.4.5. Тип Членистоногие.....	133
3.4.6. Тип Моллюски.....	136
3.4.7. Тип Хордовые.....	137
3.5. Учение об эволюции органического мира.	
Ч. Дарвин — основоположник учения об эволюции. Усложнение растений и животных в процессе эволюции. Биологическое разнообразие как основа устойчивости биосферы и результата эволюции.....	147
3.5.1. Значение эволюционной биологии.....	147
3.5.2. Три синтеза в истории эволюционной биологии.....	148
Тренировочные тестовые задания к разделу 3.....	156

РАЗДЕЛ 4. ЧЕЛОВЕК И ЕГО ЗДОРОВЬЕ

4.1. Сходство человека с животными и отличие от них. Общий план строения и процессы жизнедеятельности человека.....	164
4.1.1. Сходство человека с животными и отличие от них.....	164
4.1.2. Науки, изучающие человека.....	165
4.2. Нейро-гуморальная регуляция процессов жизнедеятельности организма. Нервная система. Рефлекс. Рефлекторная дуга. Железы внутренней секреции. Гормоны.....	166
4.2.1. Системы регуляции.....	166
4.2.2. Нервная регуляция.....	167
4.2.3. Эндокринная регуляция.....	171
4.3. Питание. Система пищеварения. Роль ферментов в пищеварении.....	174
4.3.1. Питание человека и необходимые вещества.....	174
4.3.2. Пищеварительные органы.....	177
4.4. Дыхание. Система дыхания.....	182
4.4.1. Воздухоносные пути.....	182
4.4.2. Лёгкие.....	184
4.4.3. Регуляция дыхания.....	185
4.4.4. Защитные дыхательные рефлексы.....	185
4.5. Внутренняя среда организма: кровь, лимфа, тканевая жидкость. Группы крови. Иммунитет.....	186
4.5.1. Составляющие внутренней среды.....	186
4.5.2. Состав и функции крови.....	186
4.5.3. Иммунитет.....	189
4.6. Транспорт веществ. Кровеносная и лимфатическая системы.....	192
4.6.1. Сердечно-сосудистая система.....	192
4.6.2. Лимфатическая система.....	195
4.7. Обмен веществ и превращение энергии в организме человека. Витамины.....	195
4.7.1. Обмен веществ в организме.....	195
4.7.2. Регуляция обмена веществ.....	197
4.8. Выделение продуктов жизнедеятельности. Система выделения.....	197
4.8.1. Органы выделения.....	197
4.9. Покровы тела и их функции.....	199
4.10. Размножение и развитие организма человека. Наследование признаков у человека. Наследственные болезни, их причины и предупреждение.....	201
4.10.1. Женская половая система.....	201
4.10.2. Мужская половая система.....	202
4.10.3. Оплодотворение и внутриутробное развитие.....	203
4.10.4. Этапы постэмбрионального онтогенеза.....	204
4.10.5. Наследственные заболевания.....	205
4.11. Опора и движение. Опорно-двигательный аппарат.....	206
4.11.1. Общая характеристика опорно-двигательной системы.....	206
4.11.2. Строение скелета.....	207
4.11.3. Строение мышц.....	211
4.12. Органы чувств, их роль в жизни человека.....	212
4.12.1. Общая характеристика сенсорных систем.....	212
4.12.2. Зрительная сенсорная система.....	213
4.12.3. Слуховая сенсорная система.....	214

4.12.4. Вестибулярная сенсорная система	214
4.12.5. Органы химического чувства	215
4.12.6. Осязательная сенсорная система	215
4.12.7. Проприорецепторы	216
4.13. Психология и поведение человека. Высшая нервная деятельность	216
4.13.1. Психика и поведение человека.....	216
4.13.2. Высшая нервная деятельность	217
4.13.3. Условные и безусловные рефлексы, их биологическое значение	217
4.13.4. Познавательная деятельность мозга.....	218
4.13.5. Сон и его нарушения	219
4.13.6. Биологическая природа и социальная сущность человека	220
4.13.7. Память.....	221
4.13.8. Познание человеком окружающего мира.....	221
4.13.9. Мышление и речь.....	222
4.13.10. Личность	223
4.13.11. Типы высшей нервной деятельности и темперамент	224
4.13.12. Некоторые компоненты личности	225
4.13.13. Сознание.....	226
4.13.14. Умственный труд.....	226
4.14. Соблюдение санитарно-гигиенических норм и правил здорового образа жизни.....	227
4.14.1. Здоровье человека	227
4.14.2. Соблюдение санитарно-гигиенических норм и правил здорового образа жизни.....	227
4.14.3. Переливание крови.....	228
4.14.4. Инфекционные заболевания: грипп, гепатит, ВИЧ-инфекция и другие инфекционные заболевания (кишечные, мочеполовые, органов дыхания). Предупреждение инфекционных заболеваний. Профилактические прививки.....	228
4.14.5. Профилактика: отравлений, вызываемых ядовитыми растениями и грибами; заболеваний, вызываемых паразитическими животными и животными — переносчиками возбудителей болезней, травматизма, ожогов, обморожений, нарушения зрения, слуха.....	229
4.15. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при: отравлении некачественными продуктами, ядовитыми грибами и растениями, угарным газом; спасении утопающего; кровотечениях; травмах опорно-двигательного аппарата; ожогах; обморожениях; повреждении зрения	229
4.15.1. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при отравлении некачественными продуктами, ядовитыми грибами и растениями.....	229
4.15.2. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при отравлении угарным газом.....	230
4.15.3. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при спасении утопающего	230
4.15.4. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при кровотечениях	231
4.15.5. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при травмах опорно-двигательного аппарата	232
4.15.6. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при ожогах, обморожениях	233
4.15.7. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при повреждении зрения.....	234
Тренировочные тестовые задания к разделу 4	235

РАЗДЕЛ 5. ВЗАИМОСВЯЗИ ОРГАНИЗМОВ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

5.1. Влияние экологических факторов на организмы. Приспособления организмов к различным экологическим факторам. Популяция. Взаимодействия разных видов (конкуренция, хищничество, симбиоз, паразитизм). Сезонные изменения в живой природе	242
5.1.1. Предмет и структура экологии	242
5.1.2. Экологическая среда и экологические факторы.....	242
5.1.3. Адаптации.....	244
5.1.4. Понятие популяции.....	244
5.1.5. Классификация отношений между популяциями разных видов	245
5.1.6. Приспособительные биоритмы	249
5.2. Экосистемная организация живой природы. Роль производителей, потребителей и разрушителей органических веществ в экосистемах и круговороте веществ в природе. Пищевые связи в экосистеме. Цепи питания. Особенности агроэкосистем.....	250

5.2.1. Экосистемы и биогеоценозы	250
5.2.2. Компоненты экосистем	251
5.2.3. Природа сообществ	252
5.2.4. Трофические связи и уровни	253
5.2.5. Особенности агроэкосистем	254
5.3. Биосфера — глобальная экосистема. Роль человека в биосфере. Экологические проблемы, их влияние на собственную жизнь и жизнь других людей. Последствия деятельности человека в экосистемах, влияние собственных поступков на живые организмы и экосистемы.....	255
5.3.1. Биосфера и ноосфера	255
5.3.2. Кризисы в истории человечества.....	257
5.3.3. Уникальность современного человечества	257
5.3.4. Экологический кризис современности	259
5.3.5. Как наши поступки влияют на будущее биосферы.....	260
Тренировочные тестовые задания к разделу 5	261

Раздел 1. Биология как наука. Методы биологии

- Знать:**
- значение биологии как науки о живом;
 - методы биологического исследования;
 - определения и основные свойства биологических систем.
- Уметь:**
- объяснять роль биологии в формировании современной естественнонаучной картины мира, в практической деятельности людей и самого ученика;
 - изучать биологические объекты и процессы: описывать и объяснять результаты опытов; описывать биологические объекты;
 - проводить самостоятельный поиск биологической информации: находить в научно-популярном тексте необходимую биологическую информацию о живых организмах, процессах и явлениях; работать с терминами и понятиями.

1.1. Роль биологии в формировании современной естественнонаучной картины мира, в практической деятельности людей. Методы изучения живых объектов. Биологический эксперимент. Наблюдение, описание, измерение биологических объектов

1.1.1. Биология — наука о жизни

Биология (от лат. *bios* — жизнь и *logos* — слово, учение) — это совокупность наук о живой природе. Она изучает все проявления жизни: строение и функции живых существ и их сообществ, распространение, происхождение и развитие, связи друг с другом и с неживой природой.

Термин «биология» был предложен К. Бурдахом, Ж.-Б. Ламарком и Г. Р. Тревиранусом (независимо друг от друга) на рубеже XVIII—XIX вв.

В рамках биологии на основании различных подходов могут выделяться отдельные отрасли. Так, по объекту изучения в биологии издавна выделяют *зоологию* (науку о животных) и *ботанику* (науку о растениях); позже в отдельные науки выделились *микология* (изучение грибов) и *микробиология* (изучение микроорганизмов, в первую очередь бактерий).

Разнообразие живых существ предопределило дальнейшее разделение наук на более узкие. Например, зоология разделилась на *зоологию беспозвоночных* и *зоологию позвоночных*, а *зоология позвоночных* — на *ихтиологию* (изучает рыб), *герпетологию* (изучает амфибий и рептилий), *орнитологию* (объект изучения — птицы) и *териологию* (занимается изучением млекопитающих) и т. п.

Ряд биологических наук выделяется на основании использования ими общих методов изучения. К этим наукам относятся *биохимия, цитология, биология индивидуального развития, генетика, экология, эволюционное учение* и т. д.

Ряд биологических отраслей возник на стыке биологии с другими науками. К их числу относятся *биометрия* (наука о закономерностях изменчивости случайных величин в биологии, возникшая на грани статистики и математики), *палеонтология* (наука о жизни в геологическом прошлом, возникшая на стыке с геологией), *космическая биология* (поиск и изучение проявлений жизни в космосе), *биофизика* и т. д.

1.1.2. Методы биологического исследования

Научные методы могут быть разделены на две группы. **Эмпирические методы** связаны с получением новых фактов в результате исследования объекта изучения или каких-либо его проявлений. **Теоретические методы** основаны на различных способах анализа уже полученных фактов, поиска в них закономерностей, изучении теоретических моделей и т. д. Эмпирические и теоретические методы тесно взаимосвязаны и дополняют друг друга.

Важнейшие способы эмпирического исследования — *наблюдение* и *эксперимент*. При наблюдении исследователь определяет свойства изучаемого объекта, ход естественного процесса. Он может непосредственно взаимодействовать с объектом своими органами чувств или использовать разнообразные приборы для наблюдения за объектом или регистрации явления, процесса. Наблюдение может быть *описательным* (изучается один объект) или *сравнительным* (изучается несколько объектов, один объект в разных состояниях и т. д.). Сравнение позволяет определить общие закономерности в различных явлениях, процессах и т. п.

Биологический эксперимент может быть *длительным* или *кратковременным*. Примером первого можно назвать влияние тяжёлых металлов на жизнедеятельность грызунов, а второго — исследования, которые ученики много раз проводили на уроках (например, исследование условий, необходимых для прорастания семян). В эксперименте исследователь вмешивается в процесс, а потом регистрирует результат. Таким образом, этот метод исследования включает в себя и наблюдение.

Проведение биологического эксперимента требует чёткого его планирования. До начала работы необходимо чётко сформулировать цель, определиться с тем, какие факторы, явления, процессы будут изучаться. При этом нужно помнить, что невозможно учесть все действующие факторы. Поэтому, как правило, в ходе биологического эксперимента отбирается и выясняется воздействие только некоторых из них.

Зачастую полученные в ходе эксперимента данные о влиянии какого-то фактора необходимо с чем-то сравнивать. Для этого в эксперименте исследуемые объекты — *контрольный* и *опытный* — ставятся в одинаковые условия. Разница заключается лишь в том, что на опытном объекте искусственно изменяют действие исследуемого фактора. Например, изучая важность света для протекания фотосинтеза, контрольное растение помещают в те же условия, что и опыт-

ное. Листья опытного растения закрывают непрозрачной плёнкой, а контрольного оставляют без изменений. Затем, сравнивая наличие продуктов фотосинтеза в листьях обоих растений, делают вывод о соответствующем влиянии света.

Примерами теоретических методов могут быть использование абстрактных моделей (например, математических), статистическая обработка данных, исторические методы.

Статистическая обработка позволяет с помощью математических методов обнаружить закономерности, неявно проявляющиеся в разнообразии имеющих-ся данных. К примеру, успех экспериментов Г. Менделя связан, в частности, с использованием статистических методов для обработки их результатов.

Исторические методы позволяют на основе данных о проявлениях жизни в прошлом и на настоящий момент познавать процессы развития живой природы.

Некоторые объекты в биологической науке невозможно или сложно исследовать непосредственно, напрямую. Бывают также ситуации, когда провести соответствующий эксперимент затруднительно, а зачастую и невозможно. В этом и во многих других случаях используются модели.

Модель — система, созданная для изучения системы-оригинала (природного объекта, явления, процесса); она должна иметь сходный характер взаимодействия частей и благодаря этому обладать подобными свойствами.

1.1.3. Биосистемы и их свойства

Биосистема, или биологическая система — это живая система. Она может включать в себя как живые, так и неживые компоненты (например, в состав экосистем входит местообитание).

Одна из наиболее характерных особенностей биосистем — *иерархическая организация*. Например, организм является сложной системой и входит в свою очередь в состав систем более высокого уровня. Основанием для выделения уровня организации живых систем является наличие у систем этого уровня эмергентных (системных) свойств, отсутствующих на предыдущих уровнях.

Универсальный перечень уровней организации биосистем составить невозможно. В зависимости от того, какие биосистемы и с какой точки зрения изучаются, можно выделить разное количество уровней.

Уровни биосистем:

1. *Молекулярный*. Представлен различными неорганическими (вода и минеральные вещества) и органическими веществами (липиды, углеводы, белки, нуклеиновые кислоты и т. д.). Этот уровень организации наименее специфичен: одни и те же вещества входят в состав различных организмов.

2. *Клеточный*. Клетка — основная единица структуры и функции живых организмов; это самая простая система, для которой характерен феномен жизни во всей его полноте.

3. *Органно-тканевой*. Составные части сложного организма — ткани, органы, системы органов. В зависимости от особенностей изучения той или иной системы

этот уровень можно рассматривать как единый или разделять на несколько уровней.

4. *Организменный*. Уровень отдельного живого существа, относительно самостоятельно взаимодействующего со средой своего обитания. Именно организм является единицей отбора и обычно выживает или гибнет как единое целое. Именно на этом уровне взаимодействуют различные системы органов и функциональные системы.

5. *Популяционный*. Популяции — группы особей одного вида, способных к свободному скрещиванию и образованию плодovитого потомства, населяющие определённые местообитания. Системным свойством этого уровня является потенциальное бессмертие: способность к воспроизведению себе подобных может продолжаться бесконечно долго, пока условия окружающей среды это позволяют.

6. *Биогеоценотический*. Уровень совокупностей организмов и среды обитания, связанных обменом веществ, энергии и информации.

7. *Биосферный*. Оболочка Земли, развивающаяся под действием живых организмов.

1.1.4. Биологическая систематика

Основные принципы биологической систематики

Разнообразие организмов изучается систематикой — биологической наукой, основы которой были заложены ещё Аристотелем.

Систематика — раздел биологии, задачей которого является описание и разделение по группам (*таксонам*) всех существующих ныне и вымерших организмов, установление родственных связей между ними, выяснение их общих и частных свойств и признаков.

Многие принципы современной систематики восходят к исследованиям К. Линнея, который применил принципы бинарной номенклатуры (ранее использованной К. Баугином и Дж. Реем) ко всем организмам.

Разделами биологической систематики являются *биологическая номенклатура* и *биологическая классификация*.

Биологическая номенклатура

Биологическая номенклатура заключается в том, что каждый вид получает название, состоящее из *родового* и *видового* имён. Правила присвоения видам соответствующих имён регулируются международными номенклатурными кодексами (например, Кодексом зоологической номенклатуры). Для международных названий видов используется латинский язык. В полное название вида входит также фамилия учёного, описавшего данный вид, а также год публикации описания. Например, международное название домового воробья — *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758), а полевого воробья — *Passer montanus* (Linnaeus, 1758). По правилам зоологической номенклатуры, заключение имени Линнея в скобки означает, что он описал этот вид в составе другого рода. Если же вид выделен исследователем в рамках существующего рода или он впервые описывает этот род,

его имя заключать в скобки не нужно. Например, латинское название домашней мыши записывается без скобок — *Mus musculus* Linnaeus, 1758.

Обычно в печатном тексте названия видов выделяют курсивом, а имя описавшего и год описания — нет. При повторном упоминании видов одного рода родовое имя может сокращаться до одной буквы. Существуют также принятые сокращения имён широкоизвестных учёных (так, фамилию Линнея принято сокращать до одной буквы). Таким образом, правомочна запись: *Passer domesticus* (L., 1758).

Требования кодексов распространяются только на международные названия видов. По-русски можно писать и «воробей полевой» и «полевой воробей». Зачастую названия видов на иных, кроме латинского, языках могут и не состоять из двух слов. Например, название волка — *Canis lupus* L., 1758, т. е. буквально «Собака волк».

Для обозначения подвидов к бинарному названию добавляют подвидовое. К примеру, в Средней Азии широко распространён подвид домашнего воробья — индийский воробей, его латинское название — *Passer domesticus indicus*.

Биологическая классификация

Классификация организмов использует *иерархические таксоны* (систематические группы). Таксоны имеют различные ранги (уровни). Ранги таксонов можно разделить на две группы: *обязательные* (любой классифицированный организм относится к таксонам этих рангов) и *дополнительные* (используемые для уточнения взаимного положения основных таксонов). При систематизировании различных групп используется разный набор дополнительных рангов таксонов.

В табл. 1.1 показаны различия между основными рангами (выделены курсивом) таксонов в зоологии и ботанике.

Таблица 1.1

Ботаника	Зоология
Царство	Царство
<i>Отдел</i>	<i>Тип</i>
Класс	Класс
<i>Порядок</i>	<i>Отряд</i>
Семейство	Семейство
Род	Род
Вид	Вид

Рассмотрим для примера таксономическое положение человека: империя Клеточные (*Cellulata*); надцарство Эукариоты (*Eukariota*); царство Животные (*Animalia*); подцарство Многоклеточные (*Metazoa*); тип Хордовые (*Chordata*); подтип Позвоночные (*Vertebrata*); раздел Челюстноротые (*Gnathostomata*); надкласс Четвероногие (*Tetrapoda*); класс Млекопитающие (*Mammalia*); подкласс Живородящие (*Theria*); инфракласс Плацентарные (*Eutheria*); отряд Приматы (*Primates*); подотряд Высшие приматы, или Обезьяны (*Anthropoidea*); подсемей-

ство Человекоподобные (*Hominioidea*); семейство Люди (*Hominidae*); род Человек (*Homo*); вид Человек разумный (*Homo sapiens* Linnaeus, 1758). Современные люди относятся к подвиду *H. s. sapiens*.

Тренировочные тестовые задания к разделу 1

Часть 1

При выполнении заданий с выбором ответа обведите кружком номер правильного ответа.

1. Живое отличается от неживого
 - 1) только способностью к самообновлению
 - 2) только наследственностью
 - 3) совокупностью признаков, среди которых основными являются особенности химического состава
 - 4) только способностью к самовоспроизведению
2. Открытой называется система, которая
 - 1) осуществляет обмен веществ и энергии с окружающей средой
 - 2) не осуществляет обмен веществ с окружающей средой
 - 3) осуществляет обмен энергии с окружающей средой
 - 4) обязательно использует солнечную энергию
3. Генетический код был сформирован на
 - 1) клеточном уровне живого
 - 2) молекулярном уровне живого
 - 3) организменном уровне живого
 - 4) популяционном уровне живого
4. Титул «отца ботаники» заслужил
 - 1) Аристотель
 - 2) Гиппократ
 - 3) Теофраст
 - 4) К. Линней
5. Исторический метод
 - 1) выявляет закономерности возникновения и развития организмов, становления их структуры и функций
 - 2) предусматривает проведение анатомо-морфологического анализа объектов исследования

- 3) позволяет разделить частицы по их размерам и плотности под действием центробежной силы, активно используется при изучении строения молекул и клеток
- 4) это система мероприятий по наблюдению, оценке и прогнозу изменений состояния объекта исследования, в частности биосферы
6. Комплексная биологическая наука, изучающая многообразие, строение, жизнедеятельность, происхождение и развитие растительных организмов, а также их взаимосвязи с окружающей средой, называется
- 1) ботаника
 - 2) зоология
 - 3) микробиология
 - 4) вирусология
7. Биологическая наука, изучающая использование живых организмов и биологических процессов в производстве, — это
- 1) биотехнология
 - 2) эволюционное учение
 - 3) антропология
 - 4) экология
8. Какое свойство характерно для тел живой природы — организмов, в отличие от объектов неживой природы?
- 1) ритмичность
 - 2) движение
 - 3) рост
 - 4) обмен веществ
9. Какой научный метод используют медработники, определяя тонометром артериальное давление пациента?
- 1) моделирование
 - 2) эксперимент
 - 3) наблюдение
 - 4) измерение
10. Биологической наукой, выделяемой по объекту исследования, является
- 1) микология
 - 2) физиология растений
 - 3) биохимия
 - 4) биология развития
11. Ядро растительной клетки открыл
- 1) Р. Гук
 - 2) Р. Броун

- 3) М. Шлейден
 - 4) Т. Шванн
12. Первая эволюционная гипотеза была высказана
- 1) Ч. Дарвином
 - 2) К. Линнеем
 - 3) Ж.-Б. Ламарком
 - 4) Т. Гексли
13. Основные закономерности наследственности открыл
- 1) Г. Мендель
 - 2) Г. де Фриз
 - 3) К. Корренс
 - 4) Э. Чермак
14. Пространственная структура ДНК была описана
- 1) М. Шлейденом и Т. Шванном
 - 2) А. Уоллесом
 - 3) С. Прюзинером
 - 4) Дж. Уотсоном и Ф. Криком
15. Биологическим экспериментом является
- 1) наблюдение за поведением белки в природе
 - 2) изучение скорости пожелтения листьев двух пород деревьев
 - 3) моделирование перемещения стада копытных в границах определённой территории
 - 4) изучение условий, необходимых для прорастания семян фасоли
16. К теоретическим методам научного исследования НЕ относится (-ятся)
- 1) исторические методы
 - 2) моделирование
 - 3) наблюдение
 - 4) статистическая обработка данных
17. На каком из уровней организации биосистем появляется такое системное свойство, как жизнь?
- 1) молекулярный
 - 2) клеточный
 - 3) организменный
 - 4) популяционный

18. Наука, задачей которой является описание и разделение по группам всех существующих ныне и вымерших организмов, установления родственных связей между ними, выяснение их общих и частных свойств и признаков, называется
- 1) морфология
 - 2) систематика
 - 3) классификация
 - 4) генетика
19. В представленной таблице укажите категорию таксона зоологической классификации.

А. Класс	Б. Семейство
----------	--------------

- 1) А — царство, Б — тип
 - 2) А — тип, Б — порядок
 - 3) А — тип, Б — отряд
 - 4) А — отдел, Б — порядок
20. Укажите верную последовательность таксонов ботанической классификации.
- 1) царство, отдел, класс, порядок, семейство, род, вид
 - 2) царство, тип, класс, отряд, семейство, род, вид
 - 3) царство, тип, класс, порядок, семейство, род, вид
 - 4) царство, отдел, класс, отряд, семейство, род, вид
21. Название «Береза повислая» является
- 1) видовым
 - 2) названием рода
 - 3) названием семейства
 - 4) бытовым названием
22. Уровень таксонов, который объединяет всех прокариот или эукариот, —
- 1) семейство
 - 2) тип
 - 3) царство
 - 4) надцарство
23. Теория биогеохимических циклов В. И. Вернадского описывает уровень биосистем
- 1) молекулярный
 - 2) клеточный
 - 3) экосистемный
 - 4) биосферный

24. Верны ли следующие суждения об общих свойствах биосистем?
- А. Организм, обладая относительно независимой судьбой, является единицей отбора и обычно выживает или гибнет как единое целое.
- Б. Системным свойством популяционного уровня является потенциальное бес-
смертие.
- 1) верно только А
2) верно только Б
3) верны оба суждения
4) оба суждения неверны
25. Верны ли следующие суждения об общих свойствах биосистем?
- А. Приспособленность может быть достигнута раз и навсегда.
- Б. Биосистемы находятся в состоянии постоянного обмена веществом, энергией
и информацией с окружающей средой.
- 1) верно только А
2) верно только Б
3) верны оба суждения
4) оба суждения неверны

При выполнении заданий с кратким ответом запишите ответ так, как
указано в тексте задания.

26. Что из перечисленного является общими свойствами биологических систем?
Выберите три верных ответа из шести и запишите цифры, под которыми они
указаны.
- 1) иерархичность
2) постоянство и неизменяемость во времени
3) динамичность
4) поддержание гомеостаза
5) неспособность к обмену веществ с окружающей средой
6) отсутствие системных свойств

Ответ: _____.

27. Установите соответствие между примерами методов изучения объектов и груп-
пой, к которой они относятся. Для этого к каждому элементу первого столбца
подберите позицию из второго столбца. Впишите в таблицу цифры выбранных
ответов.

<p>А) построение родословного древа царства Животные</p> <p>Б) описание видового состава растений нагорной дубравы</p> <p>В) изучение влияния тяжёлых металлов на рост и развитие крыс</p> <p>Г) моделирование изменения полового и возрастного состава популяций мышевидных грызунов</p> <p>Д) прогноз изменения частоты встречаемости определённого гена в популяции микроорганизмов</p> <p>Е) сравнение строения соцветий представителей различных семейств двудольных растений</p>	<p>1) эмпирические</p> <p>2) теоретические</p>
--	--

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

28. Расположите в правильном порядке пункты инструкции по проращиванию семян огурца. В ответе запишите соответствующую последовательность цифр.

- 1) смочите фильтровальную бумагу водой и следите, чтобы во время опыта она была постоянно влажной
- 2) через сутки обследуйте семена, результаты занесите в дневник наблюдений
- 3) на бумагу положите 10 предварительно замоченных (в течение 8—10 ч) семян огурца
- 4) закройте тарелку полиэтиленовой плёнкой
- 5) возьмите чашку Петри и уложите на её дно сухую фильтровальную бумагу
- 6) поставьте чашку Петри в тёплое место

Ответ: _____.

29. Вставьте в текст «Система» пропущенные термины из предложенного перечня, используя для этого цифровые обозначения. Запишите в текст цифры выбранных ответов, а затем получившуюся последовательность цифр (по тексту) впишите в приведённую ниже таблицу.

Система

Аристотелю принадлежит афоризм «Целое больше _____ (А) его частей». С этой точки зрения свойства системы делятся на две группы. _____ (Б) свойства являются суммой свойств её частей. К примеру, вес клетки — сумма веса всех её молекул. _____ (В) (системные) свойства системы возникают лишь при объединении частей в целое, в результате их _____ (Г).

Перечень терминов:

- 1) суммы
- 2) произведения
- 3) эмергентные
- 4) аддитивные
- 5) системообразующие
- 6) разницы
- 7) взаимодействия
- 8) взаимоисключения

Ответ:

А	Б	В	Г

Часть 2

Для ответов на задание используйте отдельный лист. Запишите сначала номер задания, а затем ответ к нему.

30. Являются ли законы и правила неизменными и верными всегда и действующими на всех уровнях организации?

Раздел 2. Признаки живых организмов

- Знать:** признаки биологических объектов: живых организмов (растений, животных, грибов и бактерий); генов, хромосом, клеток.
- Уметь:**
- объяснять роль биологии в формировании современной естественнонаучной картины мира, в практической деятельности людей и самого ученика;
 - распознавать и описывать на рисунках (фотографиях) основные части и органоиды клетки;
 - выявлять изменчивость организмов, приспособления организмов к среде обитания, типы взаимодействия разных видов в экосистеме;
 - сравнивать биологические объекты (клетки, ткани, органы и системы органов, представителей отдельных систематических групп) и делать выводы на основе сравнения;
 - использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни: для выращивания и размножения культурных растений и домашних животных, ухода за ними;
 - проводить самостоятельный поиск биологической информации: находить в научно-популярном тексте необходимую биологическую информацию о живых организмах, процессах и явлениях; работать с терминами и понятиями.

2.1. Клеточное строение организмов как доказательство их родства, единства живой природы. Гены и хромосомы. Нарушения в строении и функционировании клеток — одна из причин заболеваний организмов. Вирусы — неклеточные формы жизни

2.1.1. Клеточное строение организмов как доказательство их родства, единства живой природы

Клетка как структурно-функциональная единица живого

Клетка — основная структурно-функциональная единица всех живых организмов, наименьшая живая система. Именно на уровне клетки проявляются все свойства жизни. Она может существовать как отдельный организм (бактерии, одноклеточные растения, животные и грибы) или же входить в состав тканей многоклеточных организмов.

Цитология — наука о строении, функционировании, размножении и эволюции клеток различных организмов. Достижения современной цитологии представляют не только теоретический интерес: они чрезвычайно важны для развития медицины, поскольку большинство болезней начинается на клеточном уровне.

В начале XIX в. ботаник М. Шлейден, обобщив наблюдения своих предшественников, пришёл к выводу, что все растения состоят из клеток. Зоолог Т. Шванн обнаружил сходство растительных и животных клеток и в 1839 г. сформулировал клеточную теорию.

Основные положения клеточной теории:

1. Все организмы состоят из клеток.
2. В своих основных чертах клетки растений и животных сходны.
3. Рост и развитие организма связаны с образованием клеток.
4. Клетки образуются только из клеток-предшественниц путём их деления.

Последнее положение было сформулировано в 1859 г. немецким исследователем Р. Вирховым.

Будучи во многом несовершенной, клеточная теория доказала единство живой природы и дала мощный толчок к дальнейшим исследованиям и развитию цитологии как самостоятельной биологической науки. На нынешнем этапе наши знания о клетке обширны, но не всегда достаточны для понимания механизмов её функционирования.

Единство состава и химического строения клеток разных живых организмов

Живые и неживые тела построены из атомов, образующих молекулы определённых веществ. В состав тел неживой природы входит более 100 элементов периодической системы Д. И. Менделеева. Практически все они встречаются и в живых организмах, но в различных количествах и соотношениях. Биологическая роль многих элементов пока ещё не установлена.

Живая природа отличается от неживой по составляющим их веществам. Так, живые организмы состоят в основном из воды, а их функции и процессы жизнедеятельности определяются органическими соединениями (химическими веществами, основой которых является цепочка из атомов углерода). Важнейшие из последних у живых организмов — *белки, липиды, углеводы и нуклеиновые кислоты*. Каждый из этих типов соединений выполняет множество функций. Наследственная информация хранится и реализуется благодаря нуклеиновым кислотам. Белки, липиды и углеводы являются строительными материалами клеточных структур, играют роль запасных веществ. Большинство химических реакций в клетках осуществляется под контролем и с участием белков-ферментов. Этот класс веществ выполняет также и защитные функции.

В составе различных организмов обнаруживаются одни и те же органические вещества. Практически во всех клетках можно обнаружить глюкозу, основа оболочек любых клеток построена из фосфолипидов, белки всех живых существ построены только из 20 типов аминокислот, а нуклеиновые кислоты — из 4 типов нуклеотидов и т. п. АТФ — нуклеотид, который благодаря сложному строению и наличию специфических связей выполняет в клетках всех живых организмов роль накопителя энергии. Такая общность состава является доказательством общности происхождения всех живых организмов.

Гены и хромосомы

Гены являются структурной и функциональной единицей наследственности. Они определяют признаки организмов, которые передаются по наследству.

Долгое время химическая природа гена оставалась неясной. Изначально эта функция приписывалась белкам. Однако изучение строения нуклеиновых кислот и их роли в клетке позволило более точно определить природу гена и его молекулярную структуру. Так, при изучении вирусов установили, что при проникновении в клетку они вводят в неё нуклеиновую кислоту с небольшой примесью белков. Далее было установлено, что чистая нуклеиновая кислота вируса табачной мозаики способна поражать растения, вызывая типичную картину заражения.

Таким образом, за хранение наследственной информации отвечает ДНК. Это сложные двуцепочечные молекулы, в которых «строительные» блоки — нуклеотиды — расположены линейно, т. е. друг за другом. Разные участки ДНК могут реализоваться благодаря работе других типов нуклеиновых кислот — РНК. Они одноцепочечны, их основная роль состоит в обеспечении переноса информации с ДНК в синтезирующиеся белки и регуляции процессов внутри клетки.

Участки ДНК, которые несут информацию о строении белка или регуляторной РНК, называются **генами**. Первые при этом называют *структурными*, а вторые — *функциональными* (регулируют работу других генов).

Так как одна молекула ДНК может содержать большое количество генов, а каждый ген состоит из сотен пар нуклеотидов, её длина оказывается огромной. Поэтому молекула ДНК плотно скручена в спираль (рис. 2.1). Плотно скрученная молекула ДНК называется **хромосомой** (рис. 2.2). Лучше всего хромосомы различимы в период деления клетки.

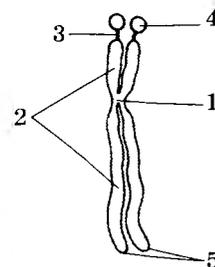
Период деления клеток является наиболее удобным для изучения **кариотипа** клетки — индивидуального хромосомного набора, характеризующегося определённым числом, размером и формой составляющих его хромосом. Хромосома во время деления состоит из двух *хроматид* (две нити ДНК, образовавшиеся в ходе её удвоения), скреплённых *центромерой* (первичной перетяжкой). К центромере прикрепляются микротрубочки веретена деления, обеспечивающие расхождение хромосом к полюсам клетки. Участки хроматид по обе стороны от центромеры называются *плечами хромосомы*; в зависимости от расположения центромеры плечи могут иметь длину одинаковую (равноплечие хромосомы) или разную (неравноплечие хромосомы). В некоторых хромосомах присутствуют вторичные перетяжки.

В кариотипе многих видов различают *соматические* и *половые хромосомы*. Первые одинаковы у всех особей вида. Вторые отвечают за формирование признаков женского или мужского пола у двуполовых организмов.

Кариотип большинства организмов состоит из двойного набора хромосом. Пары хромосом, содер-



Рис. 2.1. Трёхмерная модель ДНК



1 — центромера; 2 — плечи; 3 — вторичная перетяжка; 4 — спутник; 5 — теломеры

Рис. 2.2. Строение хромосомы

жащие одинаковую линейную последовательность генов и имеющие одинаковую форму и размер во время деления клетки, называются **гомологичными**.

Однако разные клетки одного многоклеточного организма (половые и соматические) или различные фазы жизненного цикла (например, спорофит и гаметофит) могут иметь различный набор хромосом. Хромосомный набор половых кле-

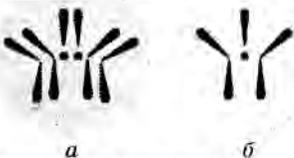


Рис. 2.3. Диплоидный (а) и гаплоидный (б) кариотипы дрозофилы

ток большинства животных и растений, гаметофита растений и др. — **гаплоидный** (одинарный, обозначается n) — содержит по одной из каждой пары гомологичных хромосом (рис. 2.3). При оплодотворении половые клетки, сливаясь, образуют зиготу, содержащую две гомологичные хромосомы («отцовскую» и «материнскую»). Такой набор хромосом называется **диплоидным** (двойным, обозначается $2n$); он характерен для соматических клеток многоклеточных животных, спорофита растений и т. д.

Для некоторых организмов характерна **полиплоидия** — увеличение числа хромосом в клетках, кратное гаплоидному набору. Полиплоидными могут быть отдельные клетки диплоидного организма (например, клетки печени и сердца у млекопитающих), а также целые организмы. В зависимости от числа гаплоидных наборов выделяются триплоиды ($3n$), тетраплоиды ($4n$) и т. д. Полиплоидия широко распространена: почти 80% современных культурных растений являются полиплоидами.

На основании изучения хромосом и генов в 1910—1911 гг. группой американских генетиков под руководством Т. Моргана была сформулирована **хромосомная теория наследственности** (см. также «Сцепленное наследование. Хромосомная теория наследственности»), которая справедлива для организации наследственной информации всех без исключения живых организмов.

2.1.2. Строение и типы организации клеток

Многообразие клеток

Многообразие клеток огромно. Они различаются по форме, величине, особенностям строения и функционирования (рис. 2.4).

Форма клеток очень разнообразна. Например, клетки эпителия имеют кубическую или цилиндрическую форму, а нейроны — звездчатую с отростками, которые во много раз превышают размер основной части клетки.

Неодинаковы клетки и по своим размерам. Наименьший размер клетки (0,1 мкм) имеет группа прокариот — микоплазмы (см. «Микоплазмы»). Одни из самых крупных клеток — это яйцеклетки птиц, которые имеют большое количество запасных веществ — желтков.

Строение и функции клеток в организме также различны. Так, клетки одноклеточных организмов выполняют функции целого организма. У них могут присутствовать органеллы, которых нет в клетках многоклеточных (например, сократительные вакуоли у пресноводных простейших, выводящие избыток воды из клетки). Клетки многоклеточных, как правило, высокоспециализированы и объединены в ткани.



Рис. 2.4. Многообразие клеток

Сравнительная характеристика клеток прокариот и эукариот

Существует два различных типа клеток: *прокариотические* (доядерные) и *эукариотические* (ядерные). Организмы, состоящие из таких клеток, называются соответственно *прокариотами* и *эукариотами*. Различия между ними настолько существенны, что в системе организмов их выделяют в отдельные надцарства.

Основные отличия между прокариотической и эукариотической клетками показаны в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Характеристика	Прокариоты	Эукариоты
Размер клеток	0,5–10 мкм	10–100 мкм
Генетический материал	Кольцевая молекула ДНК (бактериальная хромосома) — нуклеоид, которая крепится с внутренней стороны клеточной мембраны	Разное количество линейных молекул ДНК, которые с белками-гистонами формируют <i>хроматин</i> (перед делением он спирализуется, образуя хромосомы)
Ядро	Отсутствует	Двумембранное, содержит генетический материал
Органеллы	Только <i>рибосомы</i> . Ферментативные системы располагаются на внутренних впячиваниях мембраны, <i>включения</i> содержат запасные вещества, пигменты и т. д.	<i>Немембранные</i> (рибосомы, клеточный центр), <i>одномембранные</i> (ЭПС, аппарат Гольджи, вакуоли) и <i>двумембранные</i> (митохондрии, пластиды). Некоторые клетки содержат разного рода <i>включения</i>

Характеристика	Прокариоты	Эукариоты
Поверхностный аппарат	<i>Плазмалемма</i> , над которой расположена <i>клеточная стенка</i> , химический состав которой разнообразен (зачастую состоит из углеводов — <i>муреина</i>), иногда есть <i>слизистая капсула</i> . Может содержать разнообразные <i>выросты (пили)</i> и <i>органы движения</i> (реснички, жгутики)	<i>Плазматическая мембрана</i> , на её поверхности у растений — целлюлозная, у грибов — хитиновая клеточная стенка, у животных — гликокаликс. Может содержать <i>органы движения</i> (реснички, жгутики)

В ходе эволюции первоначально возникла прокариотическая клетка. Происхождение эукариотической клетки учёные связывают с симбиозом нескольких прокариотических.

Строение клеток и их компонентов

Клетка любого организма состоит из трёх основных частей: *поверхностного и генетического аппаратов, цитоплазмы с органоидами*.



Главной частью поверхностного аппарата любой клетки является клеточная мембрана (плазмалемма).

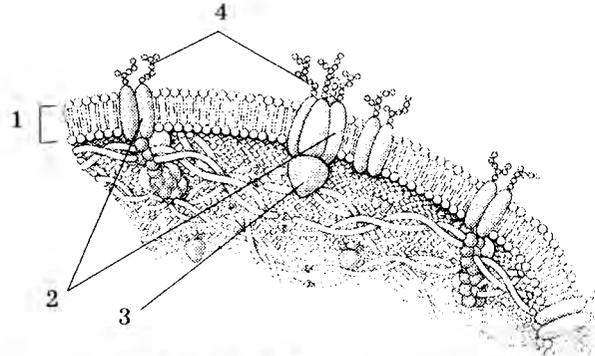
Толщина мембраны составляет 7—10 нм, её строение подобно строению других биологических мембран клетки (мембран органелл и ядра (рис. 2.5)). Для биологических мембран характерна *полупроницаемость*: они легко пропускают воду и небольшие неполярные молекулы и непроницаемы для крупных молекул и полярных веществ.

Основные компоненты мембран, их характеристики и функции представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Компоненты мембраны	Характеристика	Функции
Фосфолипиды	Образуют основу мембраны	Барьерная
Иные липиды (холестирин)	Придают мембране жёсткость	Барьерная
Белки	Могут располагаться на поверхности слоя фосфолипидов, быть в него погружены или пронизывать его	Транспортная, каталитическая

Компоненты мембраны	Характеристика	Функции
Углеводы	Связаны с иными молекулами мембраны (например, белками)	Рецепторная, обеспечение взаимодействия клеток



1 — липидный бислой; 2 — интегральные белки;
3 — периферический белок; 4 — остатки углеводов

Рис. 2.5. Жидкостно-мозаичная модель строения мембраны
(на примере плазматической мембраны эритроцита)

Через плазмалемму осуществляется *транспорт веществ*. Он может осуществляться без затрат (пассивный транспорт) и с затратами энергии (активный транспорт).

Пассивный транспорт происходит по градиенту концентрации (в направлении от большей концентрации вещества к меньшей). Перемещение через липидный бислой воды и других небольших молекул (O_2 , CO_2) называется *диффузией*. Небольшие органические молекулы (глюкоза, некоторые аминокислоты и т. д.) проходят через мембраны благодаря облегчённой диффузии. Она осуществляется белками-переносчиками, связывающими молекулы с одной стороны мембраны, и высвобождающими — с другой. Перенос заряженных частиц (ионов) осуществляется через ионные каналы.

Активный транспорт происходит против градиента концентрации. С его помощью переносятся крупные молекулы. Ионы переносятся с помощью ионных насосов. Крупные молекулы или их комплексы (например, бактерии, вирусы) не могут пройти сквозь мембрану, они поступают в клетку и выходят из неё путём *цитоза* (в мембранной упаковке).



Надмембранный комплекс — часть поверхностного аппарата, расположенная снаружи от плазмалеммы; он имеет различное строение у разных групп организмов (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Группа	Чем представлен	Основное вещество
Бактерии	Клеточная стенка	Муреин
	Слизистая капсула (у некоторых)	Сложный набор углеводов
Животные	Гликокаликс	Сложный набор углеводов и белков
	Твёрдые структуры (радиолярии, форамениферы и др.) у некоторых одноклеточных	Кремнезём, известь и др.
Грибы	Клеточная стенка	Хитин
Растения	Клеточная стенка	Целлюлоза. Может дополнительно пропитываться различными веществами, повышающими прочность (<i>лигнин</i>)

В состав поверхностного аппарата одноклеточных и некоторых колониальных организмов входят разнообразные выросты, помогающие прикрепляться к различным объектам, осуществлять передачу генетической информации при половом процессе, а также органы передвижения — жгутики и реснички.

Подмембранный комплекс характерен только для эукариотической клетки. Он состоит из элементов цитоскелета и расположен с внутренней стороны плазмалеммы.

Основные функции — участие в поддержании и изменении формы клеток (у животных), расположении и работе некоторых молекул плазмалеммы (например, белковых комплексов, обеспечивающих транспорт веществ). К подмембранному комплексу относятся также основания органов движения — жгутиков и ресничек.

Генетический аппарат обеспечивает хранение и реализацию наследственной информации, контролирует процессы жизнедеятельности клетки, согласует её работу с условиями окружающей среды.

Сравнительная характеристика генетического аппарата эукариот и прокариот от представлена в табл. 2.4

Таблица 2.4

Признаки	Прокариоты	Эукариоты
Форма хранения генетической информации	Нуклеоид — кольцевая ДНК. Прикреплён к внутренней стороне плазмалеммы	Хроматин в ядре

Признаки	Прокариоты	Эукариоты
Дополнительные структуры	Плазмиды — кольцевые ДНК, размножающиеся независимо от нуклеоида. Зачастую плазмиды несут гены устойчивости к антибиотикам. Бактерии способны обмениваться плазмидами, приобретая при этом новые свойства и признаки	Кольцевые ДНК двумембранных оргanelл

Существуют, однако, клетки эукариот (ситовидные трубки растений, эритроциты и тромбоциты млекопитающих), большую часть жизни лишённые ядра. Такие клетки не способны к делению и быстро гибнут. Некоторые клетки имеют много ядер (например, волокна поперечнополосатых мышц человека, млечные сосуды растений, клетки многих грибов).

У некоторых простейших (инфузории) в клетках содержатся ядра двух типов: небольшое генеративное ядро (*микронуклеус*) — источник генетической информации, передающейся следующему поколению, и крупное вегетативное ядро (*макронуклеус*), которое управляет процессами метаболизма в клетке.

В состав ядра входят *поверхностный аппарат ядра, кариопlasма, хроматин* и *ядрышки* (рис. 2.6).

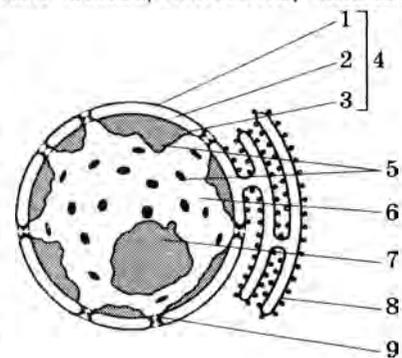
Поверхностный аппарат ядра состоит из ядерной оболочки и ядерной пластинки. Ядерная оболочка состоит из двух мембран, между которыми расположена полость, в ней накапливаются некоторые ионы, участвующие в регуляции работы ядра. В ядерной оболочке есть ядерные поры, обеспечивающие активный избирательный транспорт веществ как в ядро, так и из него.

Кариопlasма — прозрачная полужидкая внутренняя среда ядра, в которой находятся хроматин, РНК, нуклеотиды и иные вещества.

В местах синтеза РНК, которая станет основой строения рибосом, формируются уплотнения — **ядрышки**, которые хорошо различимы под микроскопом.

Цитопlasма — внутреннее содержимое клетки, состоящее из цитозоля и органоидов.

Цитозоль (гиалопlasма) — основное вещество цитопlasмы, обеспечивающее связь между всеми компонентами клетки. Его химический состав чрезвычайно разнообразен и непостоянен (вода, минеральные соли, белки, сахара и др.). Имеет полужидкую консистенцию, а его вязкость меняется в зависимости от функционального состояния клетки. Цитозоль выполняет в клетке важные функции. В нём синтезируются и расщепляются глюкоза, жирные кислоты, нуклеотиды,



- 1 — внешняя мембрана;
- 2 — межмембранное пространство;
- 3 — внутренняя мембрана;
- 4 — ядерная оболочка;
- 5 — гетерохроматин;
- 6 — эухроматин;
- 7 — ядрышко;
- 8 — шероховатая эндоплазматическая сеть;
- 9 — ядерная пора

Рис. 2.6. Структура ядра

аминокислоты; происходит синтез белка; регулируется активность ферментов; откладываются включения.

Включения — компоненты цитоплазмы, представляющие собой отложения веществ, временно выведенных из обмена или конечных его продуктов. Состав включений зависит от специализации данной клетки. Самыми распространёнными являются трофические включения — капли жира, глыбки гликогена, желток в яйцах; в растительных клетках — крахмальные зёрна и липидные капли. К включениям относятся также секреторные гранулы в железистых клетках животных, кристаллы некоторых солей (оксалат кальция) в клетках растений.

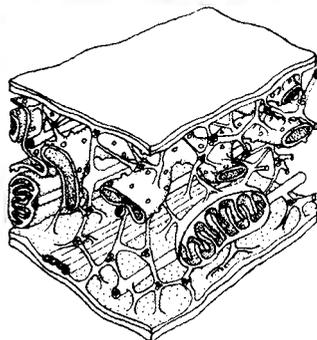


Рис. 2.7. Цитоскелет

Цитоскелет обеспечивает упорядоченное расположение органелл клетки и подвижность некоторых её компонентов, а также образует подмембранный комплекс (рис. 2.7). Цитоскелет — это динамическая структура: он легко перестраивается, обеспечивая при необходимости изменение формы клетки. В состав цитоскелета входят микронити и микротрубочки. Компоненты цитоскелета определяют место прохождения различных процессов, т. к. они транспортируют все необходимые вещества. Цитоскелет обеспечивает также движение самих клеток, в частности амёбное движение (с образованием ложноножек), которое осуществляется

при помощи микронитей; движение жгутиков и ресничек обеспечивается скольжением друг относительно друга входящих в их состав микротрубочек.

Органеллы — обязательные компоненты клетки, выполняющие определённые функции.

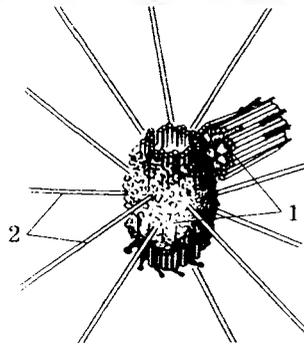
Различают *немембранные* (клеточный центр, рибосомы), *одномембранные* (эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, вакуоли) и *двумембранные* (митохондрии, пластиды) органеллы.



Клеточный центр — органелла, состоящая из двух центриолей (построены из микротрубочек) (рис. 2.8). Всегда расположен около ядра и связан с аппаратом Гольджи. Функции — участие в образовании веретена деления при делении клетки, является главным организатором цитоскелета. Клеточный центр отсутствует в клетках покрытосеменных растений.

Рибосомы — немембранные органеллы клетки, осуществляющие синтез белка (рис. 2.9). В клетках прокариот содержится один тип рибосом, в клетках эукариот — два типа: рибосомы цитозоля и рибосомы пластид и митохондрий.

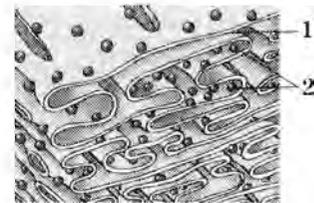
Строение всех рибосом одинаково: они состоят из двух субъединиц — большой и малой, имеющих сложную форму. В состав рибосом входят рибосомальные РНК, которые образуются в районе ядрышек в ядре, и белки.



1 — центриоли; 2 — микротрубочки

Рис. 2.8. Строение клеточного центра

Гранулярная эндоплазматическая сеть (гранулярная ЭПС) — органелла клетки, представляющая собой систему цистерн (уплощённых мембранных мешочков) (рис. 2.10). К наружной поверхности её мембраны прикреплены рибосомы. Основная функция ЭПС — распределение синтезированных белков между цитозолем и другими компонентами клетки. Кроме белков, на наружной поверхности ЭПС синтезируются фосфолипиды. Таким образом, гранулярная ЭПС является местом образования основных компонентов плазматической мембраны.

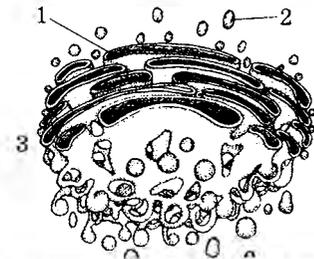


1 — мембрана;
2 — рибосомы

Рис. 2.10. Строение гранулярной эндоплазматической сети

Гладкая эндоплазматическая сеть (гладкая ЭПС) состоит из небольших полостей неправильной формы. Образуется из гранулярной ЭПС, утратившей способность присоединять рибосомы. Функции — синтез углеводов и липидов. Хорошо развита в клетках, синтезирующих стероидные гормоны (надпочечники, половые железы), а также в клетках, обезвреживающих токсичные вещества (печень).

Аппарат Гольджи — органелла, состоящая из стопок (от 3 до 50) уплощённых изогнутых цистерн (*диктиосом*) и расположенных рядом многочисленных микропузырьков (рис. 2.11). Функция — обеспечение созревания, распределения и транспорта синтезированных в клетке веществ.



1 — цистерна; 2 — пузырёк;
3 — диктиосома

Рис. 2.11. Строение аппарата Гольджи

Лизосомы — органеллы клеток животных и грибов, образующиеся в аппарате Гольджи. Представляют собой окружённый мембраной пузырёк (0,2—0,8 мкм), содержащий гидролитические ферменты. Функция — расщепление веществ, поступивших в клетку путём эндоцитоза. При этом лизосома сливается с эндоцитозным пузырьком и расщепляет до мономеров содержащиеся в нём макромолекулы.

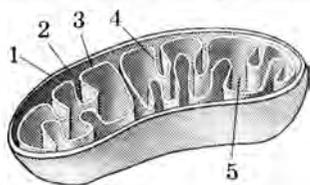
Лизосомы одноклеточных эукариот называются *пищеварительными вакуолями*. У многоклеточных животных лизосомы разрушают старые органеллы клетки. При голодании клетки они переваривают запасные вещества и лишние органеллы. Клетки-фагоциты крови используют лизосомы для расщепления поглощённых бактерий.

Сократительные вакуоли — органеллы пресноводных простейших, основная функция которых — выведение избытка воды из клетки.

Центральная вакуоль — органелла клеток растений. Это полость в цитоплазме, окружённая мембраной (*тонопластом*) и заполненная клеточным соком. Молодые растительные клетки могут содержать несколько вакуолей, но со временем они сливаются в одну. *Клеточный сок* — сложный раствор минеральных солей, органических кислот, сахаров, аминокислот, водорастворимых белков, некоторых ферментов и т. п. Наличие в нём водорастворимых пигментов придаёт частям растений красноватую или синеватую окраску. В вакуолях могут накапливаться продукты обмена веществ и запасные питательные вещества. Вакуоли участвуют в осмотических процессах клетки, обеспечивая *тургор* (упругость тканей).

Все одномембранные органеллы объединены в общую систему синтеза, созревания, сортировки, упаковки, транспорта и выделения разнообразных веществ. Образование мембран в клетке происходит в гранулярной ЭПС, затем они в виде микропузырьков транспортируются к аппарату Гольджи, сливаясь с его мембраной. Микропузырьки от аппарата Гольджи, несущие различные вещества, сливаются с плазмалеммой. Кроме того, мембраны ЭПС связаны с ядерной оболочкой.

Митохондрии и пластиды — органеллы эукариотической клетки, окружённые двумя мембранами. Наружная мембрана этих органелл по составу подобна другим мембранам клетки, а внутренняя имеет своеобразные белки и специфическую проницаемость. В них содержатся кольцевые молекулы ДНК, рибосомы, различные типы РНК. Эти органеллы образуются лишь в результате размножения (деления) уже существующих клеток. Эта особенность свидетельствует о том, что данные органеллы эукариот произошли от свободноживущих прокариотических организмов, которые перешли к внутриклеточному симбиозу. Рассмотрим эти органеллы более подробно.



- 1 — внешняя мембрана;
- 2 — межмембранное пространство;
- 3 — внутренняя мембрана;
- 4 — криста;
- 5 — матрикс

Рис. 2.12. Строение митохондрии

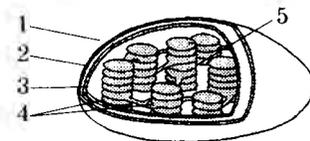
Митохондрии — двумембранные органеллы клеток эукариот, обеспечивающие их энергией (рис. 2.12). Количество митохондрий в клетке колеблется от 1 до 100 тыс. Внутренняя мембрана образует направленные внутрь выросты — *кристы*, на которых расположены грибовидные АТФ-синтетазные комплексы. Основная функция митохондрий — высвобождение энергии при тканевом дыхании и её запасание в виде АТФ.

Характерными компонентами всех растительных клеток являются двумембранные пластиды (рис. 2.13). Различают три типа пластид: зелёные — *хлоропласты*, окрашенные в красный, оранжевый или жёлтый цвет — *хромопласты* и бесцветные — *лейкопласты*.

Цвет хлоропластов обусловлен наличием в них зелёного пигмента — *хлорофилла*. Хромопласты содержат пигменты — *каротиноиды* (придают разные

оттенки листе, а также окраску цветкам и плодам). Лейкопласты лишены пигментов, в них накапливается крахмал (особенно они многочисленны в корнях, клубнях и других запасающих частях растений). Различные типы пластид развиваются из пропластид и способны к взаимопревращению. Так, изменение цвета плодов или осеннее пожелтение листы связано с превращением хлоропластов в хромопласты, позеленение на свету клубней картофеля вызывается превращением лейкопластов в хлоропласты.

Хлоропласты способны к фотосинтезу благодаря наличию хлорофилла и сложной организации внутренней мембраны этих пластид. Внутренняя полость хлоропласта заполнена *стромой*. Внутренняя мембрана образует направленные внутрь уплощённые выросты (*ламеллы*), образующие отдельные замкнутые мешочки (*тилакоиды*), собранные в стопки (*граны*). Отдельные граны связаны друг с другом ламеллами. В мембранах тилакоидов находится хлорофилл, а также вспомогательные пигменты — *каротиноиды*. В строме содержатся рибосомы, ДНК, ферменты; осуществляются некоторые биохимические реакции, в частности синтез ферментов, осуществляющих фотосинтез, и белков мембраны тилакоидов. Хлоропласты образуются из пропластид, однако и зрелые хлоропласты способны к делению. Хлоропласты водорослей могут иметь необычную форму и достаточно большой размер. Они называются *хроматофорами*.



- 1 — внешняя мембрана;
- 2 — внутренняя мембрана;
- 3 — строма; 4 — тилакоиды;
- 5 — грана

Рис. 2.13. Строение хлоропласта

Сравнительная характеристика строения клеток бактерий, растений, грибов и животных

Несмотря на общий план строения, представители четырёх основных царств живых организмов имеют свои особенности в строении их клеток и особенностях жизнедеятельности. Большое значение имеет тип питания и поступления необходимых веществ внутрь организма. Все живые существа можно разделить на *автотрофов* (синтезирующих питательные вещества самостоятельно) и *гетеротрофов* (требующих поступления питательных веществ извне). По способу поступления необходимых веществ выделяются *осмотрофы* (поглощают вещества в жидком виде) и *фаготрофы* (способны поглощать плотные частицы). Эти характеристики отражены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Признаки	Бактерии (рис. 2.14)	Растения (рис. 2.15)	Грибы (рис. 2.16)	Животные (рис. 2.17)
Способ питания	Автотрофы, гетеротрофы, Осмотрофы	Автотрофы. Осмотрофы	Гетеротрофы. Осмотрофы	Гетеротрофы. Фаготрофы
Организация генетического аппарата	Нуклеоид	Ядро. Генетический аппарат пластид и митохондрий	Ядро. Генетический аппарат митохондрий	Ядро. Генетический аппарат митохондрий

Признаки	Бактерии (рис. 2.14)	Растения (рис. 2.15)	Грибы (рис. 2.16)	Животные (рис. 2.17)
Особенности поверхностно-аппарата	Имеют клеточную стенку, часто построенную из <i>муреина</i>	Имеют клеточную стенку, построенную из <i>целлюлозы</i>	Имеют клеточную стенку, построенную из <i>хитина</i>	Гликокаликс
Особенности строения цитоплазмы и её компонентов	Из органелл только <i>рибосомы</i> . Основные каталитические реакции протекают на поверхности впячиваний плазмалеммы в цитоплазму	Имеют типичное строение для эукариот. Особенности — наличие пластид, центральной вакуоли, отсутствие у многих клеточного центра	Имеют типичное строение для эукариот. Особенности — могут содержать вакуоли, отсутствие пластид	Имеют типичное строение для эукариот. Особенности — отсутствие пластид
Основное запасное вещество	Волютин	Крахмал	Гликоген	Гликоген

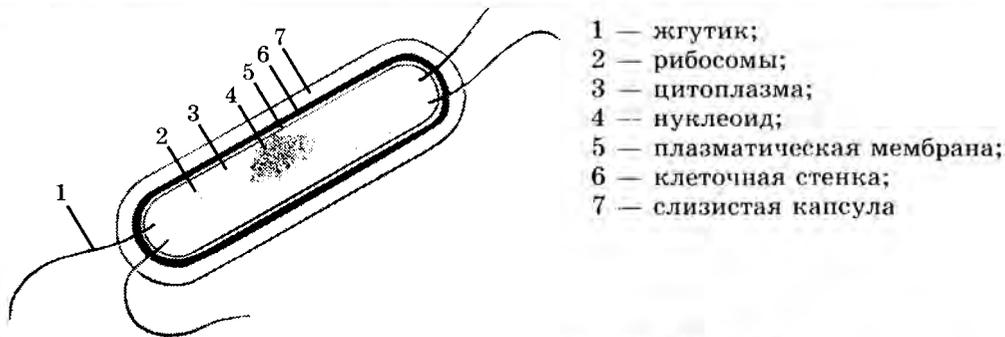


Рис. 2.14. Строение клетки бактерий

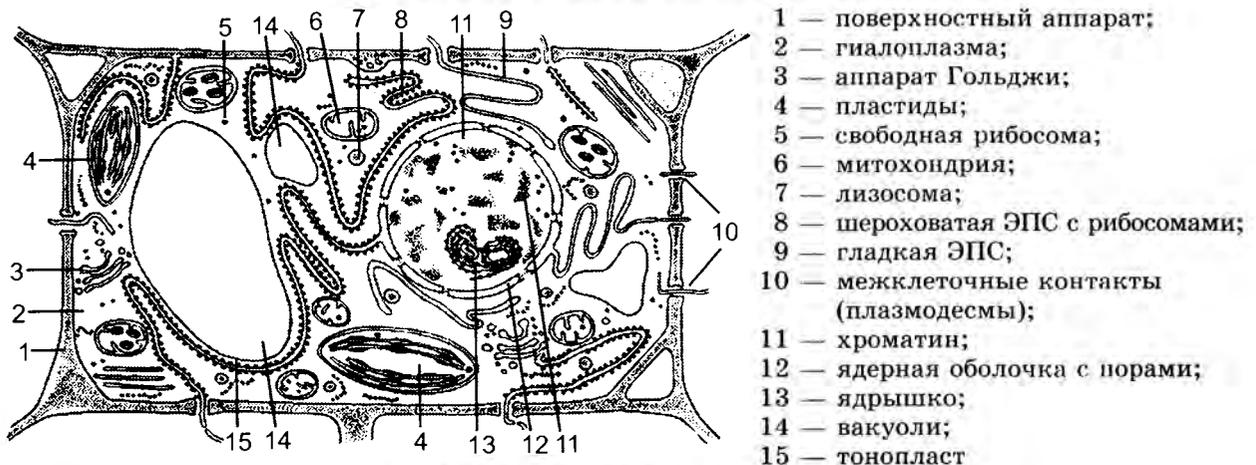
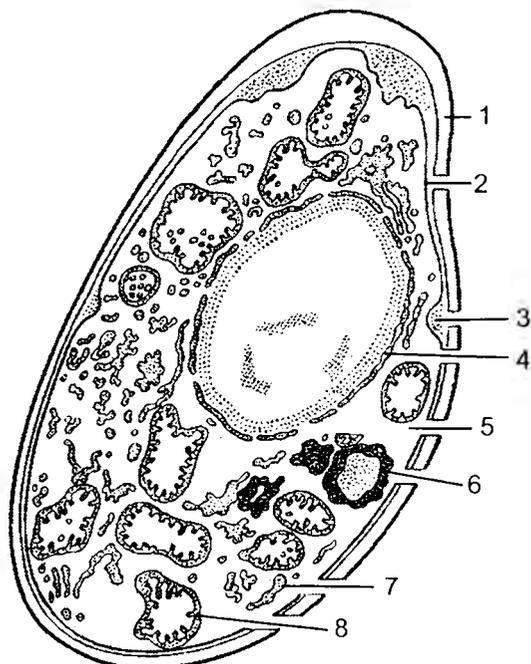
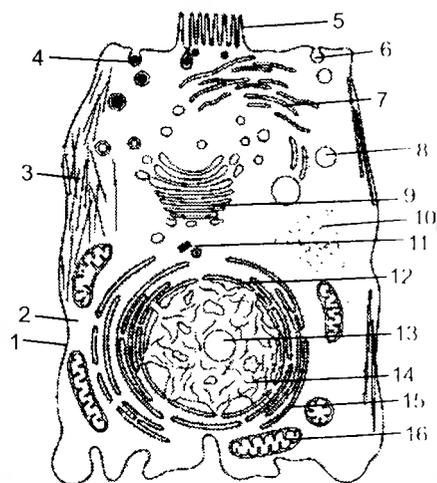


Рис. 2.15. Строение клетки растений



- 1 — клеточная стенка;
- 2 — плазмалемма;
- 3 — лизосома; 4 — ядро;
- 5 — цитоплазма; 6 — капли масла;
- 7 — ЭПС; 8 — митохондрия

Рис. 2.16. Строение клетки грибов



- 1 — плазмалемма; 2 — цитозоль;
- 3 — цитоскелет; 4 — экзоцитоз;
- 5 — микроворсинки; 6 — эндоцитоз;
- 7 — агранулярная ЭПС; 8 — лизосома;
- 9 — аппарат Гольджи;
- 10 — свободные рибосомы;
- 11 — клеточный центр;
- 12 — ядерная оболочка с порами;
- 13 — ядрышко; 14 — хроматин;
- 15 — гранулярная ЭПС с рибосомами;
- 16 — митохондрия

Рис. 2.17. Строение клетки животных

Метаболизм клетки

Клетка, как открытая система, обменивается с окружающей средой веществом, энергией и информацией. В клетку поступают вещества, которые в ходе ряда превращений преобразуются в собственные вещества клетки или обеспечивают её энергией.

Метаболизм — закономерный порядок преобразования веществ и энергии в ходе жизнедеятельности клетки. Метаболизм состоит из двух взаимосвязанных комплексов реакций — диссимиляции и ассимиляции.

Эти реакции происходят в клетке одновременно и неразрывно связаны между собою: энергия, освободившаяся в клетках в процессе диссимиляции, используется при биосинтезе, а синтезированные в ходе ассимиляции органические вещества расщепляются в процессе диссимиляции.

Диссимиляция (энергетический обмен) — совокупность ферментативных реакций расщепления сложных органических веществ. При этом освобождается заключённая в их химических связях энергия, которая затем запасается в богатых энергией фосфатных связях АТФ.

Гетеротрофные организмы расщепляют органические вещества, полученные с пищей, а автотрофные — вещества, синтезированные ими же самими в ходе фото- или хемосинтеза. Диссимиляция осуществляется в несколько этапов.

Этапы диссимиляции:

1. *Подготовительный (пищеварение)*, в ходе которого сложные молекулы расщепляются до более простых. У большинства бактерий и грибов пищеварение происходит вне организма: в окружающую среду выделяются пищеварительные ферменты, а затем поглощаются образовавшиеся вещества. У одноклеточных животных пищеварение происходит в лизосомах (пищеварительных вакуолях). У многоклеточных животных для пищеварения служит пищеварительная система, а к клеткам полученные соединения доставляют кровеносная и лимфатическая системы.

2. *Бескислородное расщепление* — проходит в цитозоле клетки. На этом этапе мономеры расщепляются до промежуточных соединений без участия кислорода. К этому этапу относятся гликолиз и брожение.

3. *Кислородное расщепление* — проходит в митохондриях. На этом этапе происходит окисление промежуточных соединений (образованных во время второго этапа) до CO_2 и H_2O . Совокупность гликолиза и окисления в митохондриях составляет клеточное дыхание.

Совокупность реакций синтеза сложных молекул из более простых называется **ассимиляцией (пластическим обменом)**. Процессы пластического обмена (биосинтез белка, углеводов, липидов, нуклеиновых кислот, а также фотосинтез) идут с использованием энергии.

Ассимиляция также проходит в несколько этапов. Однако не во всех организмах проходят все из них.

Этапы ассимиляции:

1. *Синтез простых органических веществ (промежуточных соединений) из неорганических*. Этот этап возможен только в автотрофных организмах. К этому этапу относятся фотосинтез и хемосинтез.

2. *Синтез простых соединений, из которых будут синтезироваться сложные*. На этом этапе образуются липиды, аминокислоты, нуклеотиды, причём все эти вещества образуются из небольшого числа промежуточных соединений. Эти промежуточные соединения связывают различные биохимические превращения в единую сеть, в которой все основные классы органических веществ связаны друг с другом.

3. *Синтез биополимеров — белков, нуклеиновых кислот, сложных углеводов*. Этот этап характерен для всех организмов, поскольку именно биополимеры определяют структуру и процессы жизнедеятельности в организме. Разные полимеры синтезируются в разных частях клетки: нуклеиновые кислоты синтезируются в ядре, белки на рибосомах — в цитозоле или на шероховатой ЭПС, углеводы и липиды — в гладкой ЭПС.

Высокая продуктивность и упорядоченность химических превращений в клетке обеспечивается благодаря совершенным **системам регуляции**. Поскольку важнейшую роль в биохимических превращениях играют ферменты, регуляция метаболизма осуществляется воздействием на активность ферментов.

Деление клетки

Разница в строении клеток обуславливает и разницу в способах деления клеток с прокариотическим и эукариотическим типом строения.

Прокариоты. Размножение бактерий происходит в результате *бинарного деления* — разделения материнской клетки с помощью поперечной перегородки на две дочерние. Образование одновременно нескольких клеток называется *почкованием*. Делению предшествует удвоение ДНК. У прокариот ДНК прикреплена к плазмалемме, к ней же прикрепляются и две молекулы ДНК, образовавшиеся после репликации. Когда клетка делится, плазмалемма врастает между двумя молекулами ДНК, и в результате в каждой дочерней клетке оказывается по одной молекуле. Во время деления плазмалемма и клеточная стенка врастают внутрь клетки и «перешнуровывают» её пополам.

Эукариоты. Для эукариот характерен *клеточный цикл* — жизненный цикл клетки, существование клетки от деления до следующего деления или смерти (рис. 2.18). Этот цикл состоит из клеточного деления и периода между делениями (*интерфазы*). В непрерывно размножающихся клетках многоклеточных организмов клеточный цикл многократно повторяется; у прекративших деление клеток продолжительная интерфаза заканчивается смертью клетки. У одноклеточных организмов клеточный цикл совпадает с жизнью особи.

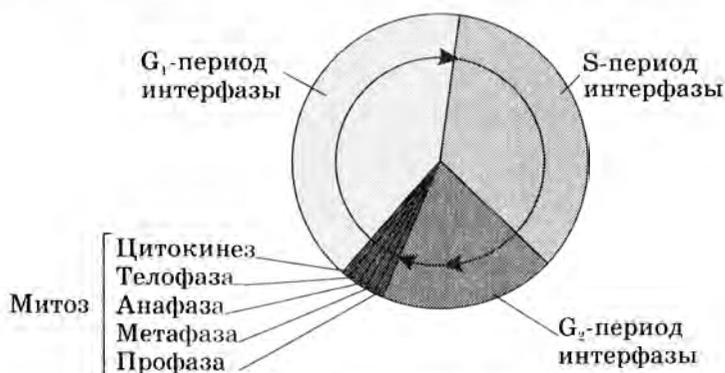


Рис. 2.18. Клеточный цикл

Интерфаза состоит из трёх периодов. *Пресинтетический (постмитотический) период (G₁)* следует непосредственно за делением, характеризуется активным ростом и процессами метаболизма в клетке. В этот период происходит синтез белка, а также подготовка к синтезу ДНК. Он является наиболее длительным периодом, у делящихся клеток может составлять до нескольких суток. В *синтетический период (S)* происходит удвоение ДНК, а также центриолей; продолжительность периода составляет обычно 6—10 ч. Во время *постсинтетического (премитотического) периода (G₂)* осуществляется подготовка клетки к делению: синтезируются белки веретена деления, запасается энергия. Этот период может продолжаться 3—6 ч. Продолжительность всего клеточного цикла составляет около 10—50 ч.

Митоз — не прямое деление клетки. Это основной способ деления эукариотических клеток (рис. 2.19).

Путём митоза увеличивается количество клеток во время роста организма, происходит восстановление (*регенерация*) тканей и органов. Биологическое значение митоза состоит в том, что в результате строгого распределения материнских

хромосом между дочерними клетками последние содержат хромосомный набор, идентичный материнской клетке.

В ходе митоза условно выделяют четыре стадии. Их характеристика представлена в табл. 2.6 на с. 37.

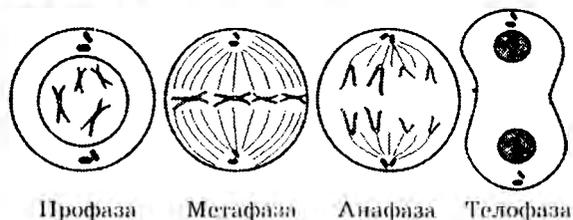


Рис. 2.19. Митоз

Заканчивается митотическое деление делением цитоплазмы и построением поверхностного аппарата дочерних клеток.

Мейоз (деление созревания) — особый способ деления клеток, в результате которого число хромосом уменьшается вдвое (например, путём мейоза образуются половые клетки у животных) (рис. 2.20).

Мейоз состоит из двух последовательных делений, в результате которых образуются четыре гаплоидные, генетически разнородные клетки. Названия стадий мейоза аналогичны названиям стадий митоза.

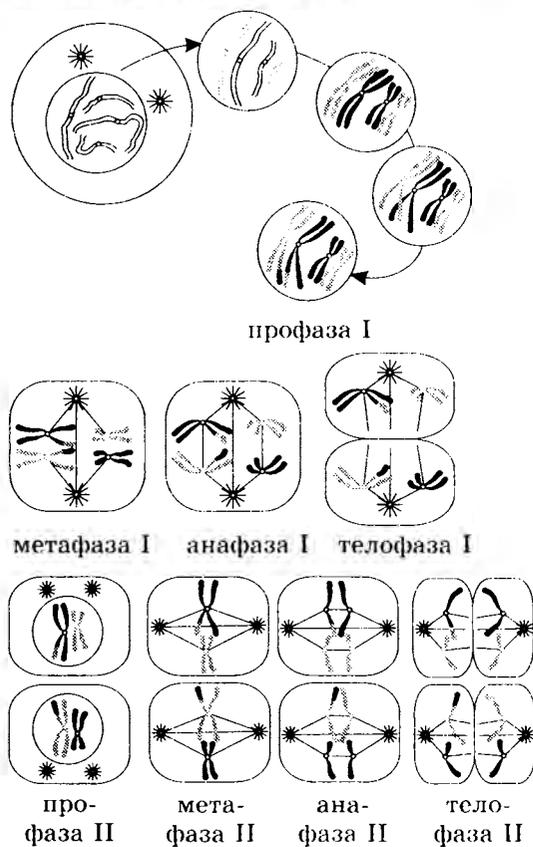


Рис. 2.20. Мейоз

Для первого деления мейоза характерна сложная и продолжительная профазы I. Хромосомы начинают конденсироваться, затем гомологичные хромосомы сближаются. Между гомологичными хромосомами может происходить обмен аналогичными участками — **кроссинговер**, который приводит к новым комбинациям разных генов, обеспечивает генетическую неоднородность клеток и является важнейшим механизмом изменчивости. На последних этапах исчезает ядерная оболочка и формируется веретено деления. Дальнейшие стадии мейоза описаны в табл. 2.6.

Период между двумя делениями мейоза называется **интеркинез**. Он есть только у животных клеток и отличается своей продолжительностью. Удвоения ДНК в этот период не происходит.

Таблица 2.6

Митоз		Мейоз	
Профаза	Гомологичные хромосомы обособлены	Профаза I	Гомологичные хромосомы сближаются (конъюгируют), происходит кроссинговер
Метафаза	Расположение пар хроматид по экватору клетки; центромеры в одной плоскости	Метафаза I	Расположение бивалентов в плоскости экватора, центромеры расположены над и под экватором
Анафаза	Деление центромер, сестринские хроматиды расходятся к полюсам	Анафаза I	Центромеры не делятся, к полюсам расходятся хромосомы из двух хроматид
Телофаза	Формирование идентичных диплоидных ядер (у диплоидов)	Телофаза I	Иногда отсутствует; формирование двух гаплоидных ядер, которые могут отличаться генотипически
		Интеркинез	Репликация не происходит
		Профаза II	Компактизация хромосом; иногда эта стадия отсутствует
		Метафаза II	Расположение пар хроматид по экватору клетки
		Анафаза II	Деление центромер и расхождение хроматид к полюсам
		Телофаза II	Формирование четырёх гаплоидных ядер

Дифференциация клеток

Клетки в многоклеточном организме различаются между собой. Возникновение этих отличий называется **дифференциацией**. Все клетки многоклеточного организма образуются из единственной клетки — оплодотворённой яйцеклетки. Они имеют одинаковое количество хромосом и генов. Однако в разных клетках действуют разные наборы генов, например в нервных клетках работают одни гены, а в мышечных — другие.

У круглых червей дифференциация происходит иначе: весь набор генов сохраняется только в тех клетках, из которых будут формироваться половые клетки, остальные клетки при делении выбрасывают из ядра ненужную часть наследственной информации.

У большинства организмов дифференциация клеток регулируется не только генами, но и веществами-регуляторами цитоплазмы.

Нарушение работы клеток и причины их гибели

Клетка одноклеточного организма потенциально может делиться до бесконечности. Клетки могут гибнуть при поражении их внутриклеточными паразитами или если они становятся жертвами хищников.

Большинство клеток многоклеточных организмов способно делиться определённое количество раз, после чего они погибают. Число клеточных делений зависит от длины специальных концевых участков хромосом — *теломер*. С каждым делением клетки теломеры уменьшаются и таким образом представляют собой своеобразные «биологические часы» клетки. Например, фибробласты человека способны делиться 52 раза. Раковые клетки, напротив, утрачивают способность к запрограммированной гибели и делятся бесконечно, образуя опухоль. У раковых клеток взаимодействие с окружающими клетками также нарушено. Вследствие этого слабо связанные между собой клетки опухоли могут отделяться и с током крови разноситься по организму, образуя вторичные опухоли, или метастазы.

Гибель клетки может быть запрограммированной или случайной.

Апоптоз — это запрограммированная гибель клетки. В ходе него клетка «разбирается» на отдельные фрагменты и уничтожается клетками иммунной системы. Апоптоз происходит по истечении срока жизни клетки или при различных заболеваниях (атеросклерозе, СПИДе и др.).

Некроз — случайная гибель клетки (клетка не исчерпала срок своей жизни). Некроз происходит вследствие действия различных неблагоприятных факторов — физических, химических поражений и т. д. Он может происходить на любой стадии клеточного цикла. В ходе него нарушается работа ядра, ферменты лизосом разрушают клеточные компоненты, изменяются свойства цитозоля. Остатки клеток уничтожаются клетками иммунной системы.

Вирусы — неклеточные формы жизни

В отличие от живых организмов, неклеточные формы могут проявлять все свойства жизни только внутри живых клеток. Поэтому зачастую их называют *молекулярными инфекционными агентами*. К ним относят вирусы, вириды (простые вирусы растений) и прионы (белковые инфекционные агенты).

Вирусы — паразитические неклеточные системы, способные размножаться в живых клетках.

Вирусы были открыты в 1892 г. ботаником Д. И. Ивановским, который занимался изучением возбудителя листовой мозаики табака. В ходе своих исследований он выяснил, что возбудитель не растёт на питательных средах и проходит сквозь бактериальные фильтры. Сам термин «вирус» был введён позже, в 1899 г., голландским ботаником М. Бейеринком и в переводе с латинского означает «яд».

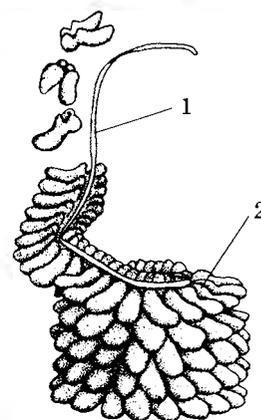
Размер вирусов может составлять 15—350 нм. В своём составе они несут только один тип нуклеиновой кислоты, в зависимости от этого признака их делят на ДНК- и РНК-содержащие вирусы. Вирусы не имеют систем синтеза белка и преобразования энергии и поэтому являются облигатными (обязательными) внутриклеточными паразитами.

Вирусы широко распространены в природе: в настоящее время описано более тысячи видов, паразитирующих в клетках животных, растений, грибов и бактерий. По-видимому, большинство видов ещё не открыты. Изучением вирусов занимается специальная наука — **вирусология**.

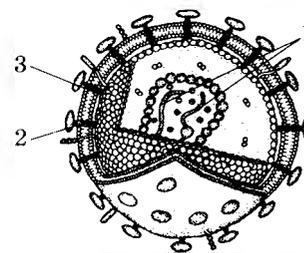
Положение вирусов в системе органического мира неясно. Обычно их выделяют в царство Вирусы. В его пределах вирусы группируют в роды и семейства на основании их нуклеиновой кислоты и внешнего строения, а также особенностей репродукции. Виды вирусов не имеют бинарных латинских названий и обозначаются тривиальными названиями (например, вирус полиомиелита, вирус гриппа и т. д.).

Строение вирусов относительно несложное. Отдельная вирусная частица вне клетки называется *вирионом*. Она состоит из расположенной в центре нуклеиновой кислоты (одной или нескольких молекул), окружённой защитной белковой оболочкой — *капсидом*. Нуклеиновая кислота вириона может нести от 3—4 до 100 генов. Капсиды состоят из отдельных субъединиц, образующих правильные геометрические структуры. Различают два основных типа симметрии вирионов: спиральный и кубический (икосаэдрический). Вирионы со спиральным типом симметрии (например, вирус табачной мозаики) имеют форму удлинённого цилиндра (рис. 2.21), а с икосаэдрическим типом симметрии — сферическую (точнее, многогранную) форму. Некоторые бактериофаги (вирусы бактерий) имеют сферическую головку и трубчатый «хвост» с длинными нитями (рис. 2.22). У некоторых вирусов (например, ВИЧ) имеется ещё и внешняя оболочка — *суперкапсид*, расположенная снаружи белкового капсида (рис. 2.23). Она образуется из плазматической мембраны заражённой клетки и содержит встроенные вирусные белки.

Свойства вирусов. Вне клеток вирионы лишены каких-либо свойств жизни. Лишь попав в клетку, генетический материал вируса начинает реализовываться, при этом вирус «заставляет» системы клетки работать «на себя», причиняя ущерб клетке-хозяину. В некоторых случаях (однако есть основания полагать, что таких случаев большинство), даже попав в клетку, вирус не начинает размножаться, а встраивается в генетический аппарат клетки



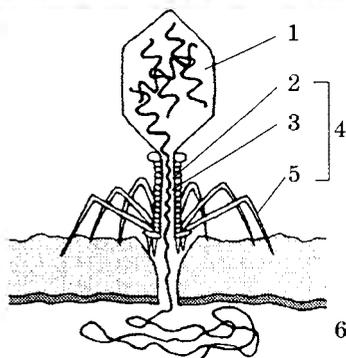
1 — РНК;
2 — белковый капсид
Рис. 2.21. Вирус табачной мозаики со спиральным капсидом



1 — РНК;
2 — белковый капсид;
3 — липопротеиновая мембрана

Рис. 2.22. Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) с суперкапсидом

и становится «его частью». В таком виде вирус может существовать продолжительное время и даже удваиваться в составе ДНК клетки-хозяина.



- 1 — головка; 2 — чехол;
3 — стержень;
4 — отросток, или «хвост»;
5 — концевые нити;
6 — нуклеиновая кислота
бактериофага

Рис. 2.23. Введение бактериофагом своей нуклеиновой кислоты в цитоплазму клетки-хозяина

Оболочка вириона (капсид или суперкапсид) обеспечивает попадание нуклеиновой кислоты в клетку, причём оболочка остаётся снаружи клетки или вирион теряет её сразу после проникновения внутрь клетки. Животная клетка поглощает вирусную частицу путём эндоцитоза, для этого в капсиде содержатся сигнальные молекулы, взаимодействующие с определёнными рецепторами клетки. Например, вирусы бешенства взаимодействуют с ацетилхолиновыми рецепторами (ацетилхолин — медиатор в нервной системе) и поражают нервную систему многих млекопитающих. Клеточная стенка растительной клетки препятствует проникновению вирусных частиц, поэтому вирусы растений попадают внутрь клеток через повреждения в клеточной стенке, а затем переходят из клетки в клетку по клеточным контактам (*плазмодесмам*). Важную роль в распространении вирусов растений играют растительноядные насекомые, например тли. Вирусы бактерий (бактериофаги) прикрепляются к бактериальной клетке белковыми нитями и выделяют фермент, разрушающий её

поверхностный аппарат. Затем благодаря сокращению хвостового отростка бактериофага ДНК «впрыскивается» внутрь клетки.

После попадания вируса в клетку взаимодействие вируса и поражённой клетки может осуществляться двумя путями.

В случае острой (литической) инфекции вирус активно размножается и в клетке образуются новые вирусные частицы. При их массовом выходе из клетки она обычно погибает. В случае носительства вирусная ДНК встраивается в ДНК клетки-хозяина, и геном вируса становится частью генетического аппарата клетки. В этом случае наличие в клетке вируса никак не проявляется, новые вирусные частицы не образуются. Однако впоследствии (иногда даже через много лет) может начаться их синтез. Вероятно, носительство — это наиболее распространённая форма взаимодействия, а острая инфекция — результат ослабления организма.

Иногда в третий тип выделяют случаи стойкой инфекции: вирус в клетке размножается, но вирусные частицы постепенно покидают клетку-хозяина, не разрушая, а лишь изменяя её функционирование.

Вирусные заболевания. Вирусы вызывают различные заболевания человека и других организмов. Полагают, что возникновение ряда вирусов человека связано с изменением вирусов различных животных, например генетически сходны вирусы иммунодефицита человека и африканских зелёных мартышек. «Новые» инфекции обычно протекают в тяжёлой форме, нередко со смертельным исходом, но в процессе эволюции возбудителя они могут стать более лёгкими.

Пути передачи вирусов:

1. Воздушно-капельный — через капли слюны при разговоре, кашле и чихании.
2. С пищей.
3. При непосредственном физическом контакте.
4. Через переносчиков (например, вирус клещевого энцефалита).

Некоторые вирусы могут попадать в организм человека при переливании крови, хирургических и стоматологических операциях, через шприцы для инъекций и т. п.

Характеристика некоторых вирусных заболеваний человека представлена в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Болезнь	Тип вируса	Органы поражения	Пути заражения	Состав вакцины
ОРВИ	Разные РНК-содержащие	Дыхательные пути (трахея, бронхи)	Капельная инфекция	Живые ослабленные вирусы
Грипп	РНК-содержащие, типы А, В, С	Верхние дыхательные пути	Капельная инфекция	Убитые вирусы
Оспа	ДНК-содержащий	Дыхательные пути, кожа	Капельная инфекция, контактно	Живые ослабленные вирусы
Полиомиелит	РНК-содержащий	Глотка, кишечник, двигательные нейроны	Капельная инфекция	Живые ослабленные вирусы
Ветряная оспа	ДНК-содержащий	Дыхательные пути, кожа	Капельная инфекция, контактно	Рекомбинантная вакцина
Корь	РНК-содержащий	Дыхательные пути, кожа, кишечник	Капельная инфекция	Живые ослабленные вирусы
Коревая краснуха	РНК-содержащий	Дыхательные пути, кожа, шейные лимфоузлы, глаза	Капельная инфекция	Живые ослабленные вирусы
Паротит (свинка)	РНК-содержащий	Дыхательные пути, в процессе развития заболевания — слюнные железы и семенники	Контактно, через слюну	Живые ослабленные вирусы

Болезнь	Тип вируса	Органы поражения	Пути заражения	Состав вакцины
СПИД	РНК-содержащий	Клетки иммунной системы	С кровью, половым путём	Нет

Отдельно необходимо отметить вирус иммунодефицита человека (ВИЧ), вызывающий СПИД (синдром приобретённого иммунодефицита) (рис. 2.23). Он относится к РНК-содержащим ретровирусам и содержит *обратную транскриптазу* (фермент, позволяющий на основе РНК вируса построить ДНК, которая сможет встроиться в ДНК клетки-хозяина и запустить синтез новых вирусных частиц). ВИЧ поражает клетки иммунной системы, инфекция развивается медленно и незаметно. Размножаясь в иммунных клетках, ВИЧ приводит к их гибели и угнетению функций иммунной системы: больной человек может погибнуть от любой инфекции.

Существует три способа передачи ВИЧ: половые отношения, через кровь (инъекции крови и её препаратов, загрязнённые медицинские инструменты, шприцы) и при беременности и вскармливании от матери ребёнку. Для лечения СПИДа разрабатываются различные противовирусные препараты, однако до сих пор проблема выведения вируса из организма не решена. Поэтому основной формой защиты от СПИДа остаётся профилактика.

Способы защиты от вирусов. Существует несколько естественных и искусственных способов защиты от вирусных инфекций. Различные механизмы препятствуют проникновению вируса: эпителий кожи и слизистых оболочек выполняет барьерную функцию, работа мерцательного эпителия слизистой оболочки позволяет удалять оседающие на слизи вирусы и т. д. Проникшие во внутреннюю среду вирусы поглощаются макрофагами, а также вызывают иммунный ответ. Специфическим противовирусным действием обладает белок *интерферон*, вырабатываемый клетками в ответ на присутствие вируса. Интерферон подавляет размножение вирусов и применяется для профилактики и лечения вирусных заболеваний. Человеку подходит интерферон, получаемый при заражении клеток человека в культуре клеток или генно-инженерным путём (гены интерферона человека вводят бактериям).

После многих вирусных инфекций формируется продолжительный иммунитет. С этим связано применение вакцин для предотвращения вирусных заболеваний, однако высокая изменчивость вирусов усложняет их использование. Иногда изготавливают лечебные сыворотки из крови перенёсшего вирусную инфекцию человека, которые содержат антитела против этого вируса.

Значительные экономические убытки наносят вирусы сельскохозяйственных растений, вызывающие пятна на листьях, наросты и опухоли. Пока основные методы борьбы с ними — использование безвирусного посевного материала и уничтожение больных растений.

Бактериофаги очень опасны для промышленных культур бактерий, но могут использоваться против бактериальных инфекций (дизентерии, холеры, брюшного тифа). Бактериофаги — классический объект молекулярной биологии, их изучение привело к пониманию структуры гена, механизма мутаций, расшифровке генетического кода.

2.2. Признаки организмов. Наследственность и изменчивость — свойства организмов. Одноклеточные и многоклеточные организмы. Ткани, органы, системы органов растений и животных, выявление изменчивости организмов. Приёмы выращивания и размножения растений и домашних животных, ухода за ними

2.2.1. Признаки живых организмов

Основные признаки и характеристики живых организмов

Признаки живых существ перекликаются с общими свойствами биосистем. Основные из них приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Признаки	Характеристика
Определённый состав и упорядоченность	Все биосистемы характеризуются высокой упорядоченностью, которая может поддерживаться только благодаря протекающим в них процессам. Упорядоченность клетки проявляется в том, что для неё характерен определённый набор клеточных компонентов, а упорядоченность организма характеризуется определённым набором функционально связанных органов и тканей
Иерархичность организации	Жизнь проявляет себя одновременно на многих уровнях организации, каждый из которых имеет свои свойства и особенности
Обмен веществ	Это совокупность происходящих в организмах химических реакций, перемещений веществ, обеспечивающих постоянство состава и строения всех частей организма. На организменном уровне он проявляется в виде трёх процессов: питания, газообмена и выделения
Поток энергии	Непосредственно связан с обменом веществ. Организм, как и иные биосистемы, является открытой системой и зависит от притока энергии извне
Способность к воспроизводству	Обеспечивается размножением. При этом преемственность поколений обеспечивается наследственностью, а возникновение новых свойств и признаков — изменчивостью
Способность к развитию	На организменном уровне реализуется в виде <i>онтогенеза</i> — индивидуального развития организма. Он характеризуется ростом (увеличением размеров) и развитием (например, могут развиваться системы органов, которые необходимы с переходом в новую среду обитания, — лёгкие; органы размножения и др.)

Признаки	Характеристика
Приспособленность	Развивается в результате долгосрочных и краткосрочных процессов. Её результатом является огромное разнообразие и целесообразность строения живых организмов. Долгосрочные приспособления осуществляются благодаря эволюции, краткосрочные — благодаря раздражимости (способности реагировать на внешние или внутренние воздействия)
Саморегуляция	Направлена на постоянство внешнего строения и внутреннего состояния (<i>гомеостаза</i>). На организменном уровне существует также три системы регуляции: гуморальная, нервная и иммунная
Динамичность	Характерным проявлением является способность организмов к изменению положения тела и подвижности. Она может проявляться не только в движении, но и в изменении ростовых реакций (тропизмы, таксисы, настии)
Целостность	Это результат взаимосвязи и взаимозависимости частей биосистем. Системы разных уровней отличаются по степени взаимозависимости своих частей. Так, клетка и организм — относительно более целостные биосистемы, чем биогеоценоз
Уникальность	Все биосистемы, начиная от клеточного уровня, неповторимы и отличаются от аналогичных систем. Например, имеющие идентичную наследственную информацию организмы (однойцовые близнецы, клоны и т. д.) имеют неповторимую индивидуальность, зависящую от воздействия на них среды и саморегуляции в ходе развития

2.2.2. Наследственность и изменчивость — свойства организмов

Основные понятия генетики

Наследственность и изменчивость являются фундаментальными свойствами всех живых организмов. Они обеспечивают постоянство и многообразие видов и являются основой эволюции живой природы. Наука, изучающая закономерности и механизмы наследственности и изменчивости организмов, называется **генетикой**.

Под наследственностью понимают способность организмов передавать признаки, особенности функционирования и развития из поколения в поколение.

Изменчивость — это способность приобретать отличия от других особей своего вида.

Материальной единицей наследственности являются **гены**, расположенные у прокариот в нуклеоиде, а у эукариот — в генетическом материале ядра и двумембранных органелл. Проявление того или иного признака часто зависит от синтеза определённых белков, информация о строении которых находится в ДНК.

Совокупность генов организма называют **генотипом**. Именно он обуславливает развитие большинства его признаков. Генотип диплоидных организмов со-

стоит из двух геномов. **Геном** — это генетический материал гаплоидного набора хромосом данного вида. Гаплоидными могут быть либо некоторые клетки диплоидного организма (половые клетки), либо все клетки организма (например, все клетки гаметофита растений имеют единичный набор хромосом).

Признаки организма развиваются во взаимодействии организма с окружающей средой. Генотип задаёт границы, в которых признак может изменяться, а действие среды обуславливает, каким именно будет его проявление. Таким образом, развивается **фенотип** — внешнее проявление признаков организма в процессе онтогенеза.

У диплоидных организмов в генотипе находятся одинаковые гены, которые могут обуславливать проявление противоположных проявлений признака. Такие гены называются **аллельными**. Именно аллельными генами могут обмениваться гомологичные хромосомы во время мейоза, тем самым увеличивая разнообразие комбинаций генов в геномах. Это один из механизмов, порождающих отличие родителей от потомков и в целом особей в популяции (также см. «Формы изменчивости организма»).

При изучении механизмов наследственности в генетике используются несколько методов.

Методы генетических исследований:

1. *Гибридологический (метод скрещивания)* является основным в генетических исследованиях. Потомки, полученные путём такого скрещивания, называются **гибридами**, а процесс, в основе которого лежит объединение различного генетического материала в одной особи, — **гибридизацией**. При гибридологическом анализе учитывается не весь комплекс признаков у родителей и гибридов, а анализируется наследование по отдельным альтернативным признакам. При этом прослеживается не только первое поколение от скрещивания, но и характер потомства каждого гибрида в отдельности (см. также «Гибридологический анализ как основа генетических исследований»).

2. *Биохимические* — основаны на изучении химического состава клеток и активности ферментов, которые определяются наследственностью. Биохимические методы служат для выявления генных мутаций.

3. *Цитогенетический* — заключается в изучении особенностей кариотипа: количества, формы и размеров хромосом. Он особенно ценен для выявления причин ряда заболеваний у человека.

4. *Близнецовый* — основан на изучении однояйцовых близнецов с одинаковым генотипом. Различия между близнецами обусловлены влиянием среды. Это позволяет оценить роль внешней среды в реализации действия генов.

5. *Популяционно-статистический* — позволяет изучать частоты встречаемости аллелей в популяциях организмов, а также генетическую структуру популяции. Применяется в медицинской генетике для изучения распространения некоторых аллелей среди отдельных групп населения для определения наследственных заболеваний.

6. *Генеалогический (метод родословных)*. Заключается в изучении наследования какого-либо признака в ряду поколений у возможно большего числа родственников. Для этого составляется родословная, в которой отмечаются родственники, имевшие или имеющие изучаемый признак. Данный метод широко применяется в медицинской генетике, селекции и других науках и позволяет

определить генотип особей и вычислить вероятность проявления определённого состояния признака у будущих потомков.

Гибридологический анализ как основа генетических исследований

Гибридологический анализ использовался человеком издавна. С его помощью человек получал сорта одомашненных растений и породы животных, скрещивая между собой потомков от наиболее плодоносящих растений или более продуктивных животных.

Первым, кто описал основные статистические закономерности наследования признаков при скрещивании, был австрийский ботаник Г. Мендель. Он проводил опыты на посевном горохе, который оказался достаточно удобным модельным организмом. Существует много сортов этого растения, отличающихся по окраске семени, цветков, длине стебля, структуре поверхности семени и др. Это самоопыляющееся растение, и потомки каждой особи являются генотипически однородными — **чистыми линиями** (этот термин был предложен В. Иогансенем в начале XX в.). Горох можно искусственно опылять перекрёстно, что позволяет гибридизовать чистые линии.

Скрещивая разные чистые линии, Мендель получал гибридные растения. Он чётко определял условия эксперимента — выделял среди многих наследственных признаков разные состояния одного (*моногибридное скрещивание*), двух (*дигибридное скрещивание*) или нескольких (*полигибридное скрещивание*) признаков; прослеживал их проявления в ряду поколений. В результате статистической обработки были объяснены закономерности передачи различных состояний наследственных признаков в ряду поколений гибридов.

Первый закон Менделя. В опытах Менделя при скрещивании сортов гороха, имеющих жёлтые и зелёные семена, всё потомство оказалось с жёлтыми семенами. Так как при этом не имело значения, какой окраски были материнские или отцовские растения, было очевидно, что родительские особи в равной мере способны передавать свои признаки потомству. Аналогичные результаты были получены в других опытах, где рассматривались другие признаки (при скрещивании растений с гладкими и морщинистыми семенами всё потомство имело гладкие семена; при скрещивании растений с пурпурными и белыми цветами — пурпурные цветы и т. д.). Данная закономерность получила название *правила единообразия гибридов первого поколения*. Состояние признака, проявляющегося в первом поколении, названо *доминантным*, а не проявляющееся — *рецессивным*.

Наследственные факторы (позже названные генами) Мендель предложил обозначать буквами латинского алфавита. Гены, относящиеся к одной паре, обозначают одной буквой: доминантный аллель — прописной (например, А, В), а рецессивный — строчной (например, а, в).

Для объяснения результатов Менделя следует обратиться к данным хромосомной теории наследственности. Каждая клетка тела имеет диплоидный набор хромосом, состоящий из пар гомологичных хромосом, в каждой из которых находятся разные аллели одного гена. То же происходит и в зиготе, где обычно находятся два аллеля одного гена и генотип по любому признаку можно записать двумя буквами. Гомозиготная особь по доминантному или рецессивному аллелю обозначается соответственно АА или аа, а гетерозиготная — Аа. При полном доминировании рецессивный аллель проявляется только в гомозиготном

состоянии, а доминантный — как в гомо-, так и в гетерозиготном состояниях. В процессе мейоза гомологичные хромосомы, а с ними и аллельные гены, расходятся в различные гаметы. Но так как у гомозигот оба аллеля одинаковы, все их гаметы несут именно этот аллель, т. е. гомозиготная особь даёт один тип гамет.

Опыты по скрещиванию принято записывать в виде схем. Родительских особей обозначают буквой Р (лат. *parents* — родители), при этом генотип матери или самки (♀) записывают первым, а отца или самца (♂) — вторым. Потомков обозначают так: F_n (лат. *fili* — дети), где n — номер поколения. Скрещивание обозначают знаком умножения. Под родительскими генотипами записывают типы гамет, которые они дают. Так, скрещивание двух различных гомозигот можно записать следующим образом:

Р	АА	х	аа
Гаметы	А		а
F₁	Аа		

В современной формулировке **первый закон Менделя** звучит так: при скрещивании гомозиготных особей, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных (взаимоисключающих) признаков, всё потомство в первом поколении единообразно и по фенотипу, и по генотипу.

Второй закон Менделя. При скрещивании однородных гибридов первого поколения между собой во втором поколении появляются особи и с доминантными, и с рецессивными признаками, т. е. возникает расщепление, происходящее в определённых соотношениях. Эта закономерность получила название второго закона Менделя, или правила расщепления.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: аллельные гены, находясь в гетерозиготном состоянии, не изменяют друг друга; при созревании гамет у гибридов образуется приблизительно равное число гамет с доминантными и рецессивными аллелями; при оплодотворении мужские и женские гаметы свободно комбинируются. При скрещивании гетерозигот (Аа) следует ожидать четыре возможных сочетания: АА, Аа, Аа, аа. По фенотипу особи АА и Аа неотличимы, и проявляется расщепление в соотношении 3:1. Однако по генотипу соотношение остаётся 1АА:2Аа:1аа.

Для доказательства сформулированных выводов можно воспользоваться *решёткой Пеннета* — способом определения возможных комбинаций гамет. Оба родителя с равной вероятностью (по 50%) производят гаметы с доминантным и рецессивным аллелем. Все сочетания родительских гамет у потомков равновероятны и составляют по 25%. В результате возникает соотношение 25% АА : 50% Аа : 25% аа, т. е. 1:2:1.

F₁	$\text{♀ Aa} \times \text{♂ Aa}$		
		Гаметы ♂	
	Гаметы ♀	А	а
F₂	А	АА (25%)	Аа (25%)
	а	Аа (25%)	аа (25%)

Таким образом, **второй закон Менделя** в современной формулировке звучит так: при скрещивании двух гетерозиготных особей, анализируемых по одной альтернативной паре признаков, в потомстве ожидается расщепление по генотипу в соотношении 1:2:1, а по фенотипу (при полном доминировании) — 3:1.

Анализирующее скрещивание. В случае полного доминирования для особи, в фенотипе которой проявился доминантный признак, нельзя определить характер её генотипа без дополнительных исследований. В некоторых случаях ответ может быть получен с помощью выяснения генеалогии, например, если один из родителей изучаемой особи был носителем рецессивного признака. Более эффективным является один из способов гибридологического анализа. Для выяснения гетерозиготности особи применяют *анализирующее скрещивание*, т. е. скрещивание с особью, гомозиготной по рецессивному аллелю.

При моногибридном скрещивании может быть реализован один из следующих вариантов:

1-й вариант			2-й вариант				
P	AA	х	aa	P	Aa	х	aa
Гаметы	A		a	Гаметы	A, a		a
F₁	Aa			F₁	Aa, aa		

Если в потомстве появятся особи с рецессивным признаком в фенотипе, это означает, что изучавшаяся особь была гетерозиготой.

В ряде случаев для других видов и признаков, чем те, которые использовались Менделем, гетерозиготы имеют собственный фенотип, промежуточный между фенотипами гомозигот. Так, при скрещивании двух форм душистого горошка, отличающихся по окраске цветов (A — красный, a — белый), гибриды (Aa) имеют промежуточную розовую окраску. Во втором поколении расщепление по фенотипу соответствует расщеплению по генотипу в соотношении 1:2:1.

Такое явление может быть объяснено тем, что доминантный аллель отвечает за активную форму белка-фермента, а рецессивный — за тот же фермент, но со сниженной ферментативной активностью, либо доминантный аллель полностью подавляет действие рецессивного. От активности ферментов зависит накопление пигмента в цветке. Поэтому растения, у которых все ферменты высокоактивны, синтезируют пигмента больше, чем те, у которых активно работает лишь половина молекул ферментов.

Феномен, при котором расщепление по генотипу соответствует расщеплению по фенотипу вследствие неполного подавления рецессивного гена доминантным, называется **неполным доминированием**.

Третий закон Менделя. При полигибридном скрещивании родительские особи анализируются по нескольким альтернативным признакам. Простейшим примером такого скрещивания является дигибридное, проведённое между растениями двух сортов гороха с различной окраской и формой семян. Первое поколение гибридов в этом случае оказывается однородным (проявляются только доминантные признаки). Доминирование не зависит от того, как признаки были распределены между родительскими особями.

1-й вариант			
P	♀ AABV жёлтые, гладкие	x	♂ aabb зелёные, морщинистые
Гаметы	AB		ab
F₁	AaBb жёлтые, гладкие		
2-й вариант			
P	♀ aaBV зелёные, гладкие	x	♂ AAbb жёлтые, морщинистые
Гаметы	aB		Ab
F₁	AaBb жёлтые, гладкие		

Мендель провёл скрещивание особей первого поколения, гетерозиготных по двум признакам. Проанализировав расщепление, Мендель сделал вывод, что при скрещивании особей, гетерозиготных по двум признакам, получается расщепление в соотношении 9:3:3:1.

Чтобы объяснить полученный результат, следует учесть, что при мейозе у особей дигетерозиготного первого поколения образуется четыре типа гамет: AB, Ab, aB, ab. При скрещивании этих особей возможно 16 комбинаций гамет. Их легче всего определить, используя решётку Пеннета.

F₁		♀ AaBb жёлтые, гладкие	x	♂ AaBb жёлтые, гладкие	
		Гаметы ♂			
	Гаметы ♀	AB	Ab	aB	ab
F₂	AB	AABV жёлтые, гладкие	AABb жёлтые, гладкие	AaBV жёлтые, гладкие	AaBb жёлтые, гладкие
	Ab	AABb жёлтые, гладкие	AAbb жёлтые, морщинистые	AaBb жёлтые, гладкие	Aabb жёлтые, морщинистые
	aB	AaBV жёлтые, гладкие	AaBb жёлтые, гладкие	aaBV зелёные, гладкие	aaBb зелёные, гладкие
	ab	AaBb жёлтые, гладкие	Aabb жёлтые, морщинистые	aaBb зелёные, гладкие	aabb зелёные, морщинистые

Анализируя наследование при дигибридном скрещивании каждого признака по отдельности, можно убедиться, что оно соответствует первому и второму законам Менделя. Это значит, что при полигибридном скрещивании различ-

ные признаки комбинируются независимо. Расщепление при этом получается $(3:1)_n$, где n — количество анализируемых признаков (при неполном доминировании — $(1:2:1)_n$).

Третий закон Менделя заключается в том, что в полигибридном скрещивании расщепление состояний каждого признака происходит независимо от других. Например, для дигибридного скрещивания характерно расщепление 9:3:3:1.

Значение опытов Менделя. Новаторской особенностью работ Менделя было то, что в них проявилось статистическое мышление. Когда речь идёт о гибридах второго поколения (второй и третий законы Менделя), невозможно однозначно предсказать, какими признаками будет обладать та или иная особь. Законы Менделя задают распределения (соотношения частот), которые характерны для особей с теми или иными признаками. Это связано с тем, что при формировании гамет у гетерозигот и при комбинировании гамет при оплодотворении ключевую роль играют случайные, вероятностные процессы.

Закон чистоты гамет заключается в том, что аллельные гены в гетерозиготном состоянии не сливаются и не изменяют друг друга. В результате мейоза в каждой гамете оказывается лишь одна из гомологичных хромосом, а следовательно, с каким-то одним аллелем гена, который «чист» от другого аллеля.

Этот закон используют в качестве дополнения к основным законам Менделя. Его сформулировал в 1902 г. У. Бэтсон.

Сцепленное наследование.

Хромосомная теория наследственности

Исследуя наследование различных признаков, последователи Менделя столкнулись с тем, что некоторые признаки наследовались совместно из поколения в поколение. Так, например, ещё Ч. Дарвин отмечал, что форма гребня кур соответствует определённой форме черепа.

Изучая наследственность на примере дрозофилы, Т. Морган отметил, что количество признаков в сотни раз превосходит количество хромосом. Значит, гены, определяющие признаки, должны располагаться в них совместно. Также он показал, что закон независимого наследования признаков Менделя справедлив не для всех из них. Было выдвинуто предположение, что может иметь место такое наследование признаков, при котором два или больше признака наследуются совместно, как бы сцепленно друг с другом. В случае если гены, ответственные за разные признаки, располагаются в разных хромосомах, то наследование таких признаков подчинено закону Менделя о независимом наследовании: разные признаки родителей при расщеплении свободно комбинируются в их потомках. Если гены, ответственные за разные признаки, находятся в одной хромосоме, то эти признаки наследуются сцепленно, т. е. развиваются у потомков только в тех сочетаниях, в каких они были у родителей. Это возможно лишь в случае локализации генов в одной и той же хромосоме.

Все гены, входящие в состав одной хромосомы, передаются по наследству совместно и составляют **группу сцепления**. Поскольку в гомологичных хромосомах находятся одинаковые гены, группу сцепления составляют две гомологичные хромосомы.

У каждого вида организмов число групп сцепления соответствует его гаплоидному числу хромосом. Так, у человека 46 хромосом в диплоидном наборе

(23 группы сцепления), у мухи дрозофилы 8 хромосом (4 группы сцепления), у кукурузы 20 хромосом (10 групп сцепления) и т. д.

Таким образом, установленный Менделем принцип независимого наследования и комбинирования признаков проявляется только тогда, когда гены, определяющие эти признаки, находятся в разных парах хромосом (относятся к различным группам сцепления).

Гены, находящиеся в одной хромосоме, сцеплены не абсолютно. Во время профазы мейоза, при сближении хромосом гомологичные хромосомы обмениваются идентичными участками. Этот процесс получил название **кроссинговера**, или **перекрёста**.

Кроссинговер может произойти в любом участке хромосомы, даже в нескольких местах одной хромосомы. Чем дальше друг от друга расположены локусы генов в одной хромосоме, тем чаще между ними следует ожидать перекрёст и обмен участками.

Биологическое значение перекрёста хромосом очень велико. Кроссинговер обеспечивает сочетания генов и, следовательно, повышает наследственную изменчивость, поставляющую материал для естественного отбора, даёт богатые возможности приспособления организмов.

Примером тесного сцепления генов у человека может служить наследование резус-фактора. Оно обусловлено тремя парами генов — С, Д, К, тесно сцепленных между собой, поэтому наследование его происходит по типу моногибридного скрещивания. Резус-положительный фактор обусловлен доминантными аллелями. Поэтому при браке женщины, имеющей резус-отрицательную группу крови, с мужчиной, у которого резус-фактор положительный, если он гомозиготен, все дети будут резус-положительными; если гетерозиготен, то следует ожидать расщепления по этому признаку в соотношении 1:1. Точно так же близко расположены в X-хромосоме гены гемофилии и дальтонизма. Если уж они есть, то наследуются вместе, а находящиеся в той же хромосоме гены альбинизма локализованы на значительном расстоянии от гена дальтонизма и могут дать с ним высокий процент перекрёста.

Представление о сцепленном наследовании, кроссинговере и линейном расположении генов в хромосомах позволили создать **генетические карты хромосом** организмов разных видов.

Карты хромосом составлены для многих видов организмов: насекомых (дрозофила, комар, таракан и др.), грибов (дрожжи, аспергилл), бактерий и вирусов.

Генетические карты человека используются в медицине при диагностике ряда тяжёлых наследственных заболеваний. В исследованиях эволюционного процесса сравнивают генетические карты разных видов живых организмов.

На основании законов и обобщений генетиков XIX — начала XX вв. (Г. Менделя, Т. Бовери, У. Сеттона, В. Иогансена и др.) и собственных исследований по изучению наследственности Т. Морган с учениками сформулировали в 1910—1911 гг. хромосомную теорию наследственности.

Основные положения хромосомной теории наследственности:

1. Гены находятся в хромосомах. Каждая хромосома представляет собой группу сцепления генов. Число групп сцепления у каждого вида равно гаплоидному числу хромосом.

2. Каждый ген в хромосоме занимает определённое место (*локус*).

3. Гены в хромосомах расположены линейно.
 4. Расстояние между генами в хромосоме пропорционально проценту кроссинговера между ними.
 5. Независимое расщепление генов происходит, если они находятся в разных гомологичных хромосомах.
 6. Раздельное наследование генов одной группы сцепления может происходить при кроссинговере.
- Хромосомная теория нашла подтверждение и дальнейшее развитие в открытии химической природы гена, выяснении строения хромосом и в других достижениях молекулярной генетики.

Генетика пола

Хромосомная теория наследственности позволила ответить на вопрос, чем определяется пол у раздельнополых животных и как достигается равенство числа особей обоих полов в каждом поколении.

Одним из первых и веских доказательств роли хромосом в явлениях наследственности явилось открытие закономерности, согласно которой пол наследуется по законам Менделя. Известно, что в диплоидном наборе содержатся парные гомологичные хромосомы, одинаковые по форме, размерам и содержащие одинаковые гены.

Хромосомный набор самцов и самок большинства раздельнополых организмов неодинаков: в нём существуют два типа хромосом. Это **аутосомы** — хромосомы, одинаковые у обоих полов, и **половые хромосомы**, по которым самцы и самки отличаются друг от друга.

В клетках тела организма обычно находятся две половые хромосомы. Половые хромосомы могут быть представлены парой двух одинаковых хромосом (их называют X-хромосомами) или парой неодинаковых хромосом — X- и Y-хромосомами. Пол животного зависит от того, какие половые хромосомы будут представлены в клетке — XX или XY. У большей части животных, в том числе и у человека, женскому полу соответствует набор половых хромосом XX, мужскому — XY. Диплоидное число хромосом человека — 46. В это число входят 22 пары аутосом и две половые хромосомы. У женщин это две X-хромосомы, а у мужчин — одна X- и одна Y-хромосома. Соответственно у мужчин образуются сперматозоиды двух типов — с X- и Y-хромосомами.

В то же время у рептилий, птиц и ряда видов бабочек женские особи имеют разные половые хромосомы, а мужские — одинаковые. Так, у петуха в соматических клетках содержатся две X-хромосомы, и все половые клетки его одинаковы. Курица же, наряду с X-хромосомой, несёт и Y-хромосому. У некоторых насекомых (прямокрылые, ручейники) Y-хромосома отсутствует. В таком случае кариотип самцов — $2n + XO$, самок — $2n + XX$.

Пол, имеющий обе одинаковые половые хромосомы, называется **гомогаметным**, а пол с различными половыми хромосомами — **гетерогаметным**.

У человека, млекопитающих, дрозофилы гомогаметным является женский пол, гетерогаметным — мужской, а у птиц и бабочек — наоборот. У пчёл особи женского пола (матки и рабочие) развиваются из оплодотворённых яиц, т. е. имеющих диплоидный набор хромосом. Особи же мужского пола (трутни) — из неоплодотворённых, т. е. имеющих гаплоидный набор. В соматических клетках трутней восстанавливается диплоидный набор хромосом.

Не только определение пола, но и числовое равенство полов в каждом поколении вытекает из механизма образования половых клеток.

Признаки, наследуемые через половые хромосомы, получили название **сцепленных с полом**.

У человека признаки, наследуемые через Y-хромосому, могут быть только у лиц мужского пола, а наследуемые через X-хромосому — у лиц как одного, так и другого пола. Лицо женского пола может быть как гомо-, так и гетерозиготным по генам, локализованным в X-хромосоме, а рецессивные аллели генов у него проявляются только в гомозиготном состоянии. Поскольку у лиц мужского пола только одна X-хромосома, все локализованные в ней гены, даже рецессивные, сразу же проявляются в фенотипе. Такой организм называют *гемизиготным*.

У человека некоторые патологические состояния (болезни) наследуются сцепленно с полом. К ним относится, например, гемофилия (медленная свёртываемость крови, обуславливающая повышенную кровоточивость).

Если рецессивные признаки, наследуемые через X-хромосому у женщин, проявляются только в гомозиготном состоянии, то доминантные в равной мере проявляются у обоих полов. К таким признакам у человека относятся витаминостойчивый рахит, тёмная эмаль зубов и др.

Признаки, которые наследуются через Y-хромосому, получили название *голландрических*. Они передаются от отца всем его сыновьям. К их числу относится признак, проявляющийся в интенсивном развитии волос на крае ушной раковины.

Формы изменчивости организмов

Как говорилось выше, изменчивость — это способность организма приобретать отличия от родителей. Проявляется она в разнообразии признаков и свойств у особей различной степени родства. Выделяют два типа изменчивости — *ненаследственную* и *наследственную*.

Модификационная наследственность. При формировании фенотипа организма, кроме генотипа, большое значение имеют условия окружающей среды. Известно, что однояйцовые близнецы, которые развиваются в различных условиях, отличаются по фенотипу. В этом случае мы имеем дело с проявлением ненаследственной, или модификационной изменчивости.

Модификационной (ненаследственной, или фенотипической) называют изменчивость, которая возникает у организмов при их росте и развитии в разных условиях среды. Она не связана с изменением генотипа.

При её изучении мы можем выяснить, каким образом наследственная информация реализуется в определённых условиях обитания. Изучение данной изменчивости необходимо при создании новых пород животных и сортов растений. Селекционерам необходимо учитывать как наследственные, так и ненаследственные изменения, чтобы в данных условиях создавать породы и сорта организмов с наилучшим фенотипическим проявлением полезных для человека признаков и подавлением вредных.

Диапазон изменчивости, в пределах которой в зависимости от условий среды один и тот же генотип способен давать различные фенотипы, получил название **нормы реакции**.

Все модификационные изменения обычно не выходят за рамки нормы реакции. Для разных свойств и признаков эти границы неодинаковы. Примерами признаков, испытывающих значительные модификационные изменения в связи с изменением условий, являются семенная продуктивность злаков, величина удоя у крупного рогатого скота, живая масса животных, число, размеры листьев многих растений и т. д. В то же время есть признаки, мало варьирующие при изменении условий. У животных к ним относится масть, у растений — окраска цветков и плодов, остистость и опушенность колоса и др. Таким образом, норма реакции фиксирует возможные границы модификационной изменчивости того или иного признака.

Тот факт, что один и тот же генотип может явиться источником развития различных фенотипов, имеет существенное значение для медицины. Это означает, что отягощённая наследственность не обязательно должна проявиться. Многое зависит от тех условий, в которых находится человек. Таким образом:

- организмов вне среды не существует. Поскольку организмы являются открытыми системами, находящимися в единстве с условиями среды, реализация наследственной информации происходит под контролем среды;
- один и тот же генотип способен дать различные фенотипы, что определяется условиями, в которых реализуется генотип в процессе онтогенеза особи;
- в организме могут развиваться лишь те признаки, которые обусловлены генотипом. Фенотипическая изменчивость происходит в пределах нормы реакции по каждому конкретному признаку;
- условия среды могут влиять на степень выраженности наследственного признака у организмов, имеющих соответствующий ген, или на численность особей, проявляющих соответствующий наследственный признак.

Особую группу модификационной изменчивости составляют *длительные модификации*. Эти изменения возникают под влиянием внешних условий. Так, при воздействии высокой или пониженной температуры на куколок колорадского жука окраска взрослых животных изменяется, причём этот признак сохраняется в нескольких поколениях, а затем возвращается прежняя окраска.

Модификационная изменчивость не имеет эволюционного значения, т. к. не связана с образованием новых генов. Так, размеры листьев одного дерева варьируют в довольно широких пределах, хотя генотип их одинаков. Если листья расположить в порядке нарастания или убывания их длины, то получится *вариационный ряд изменчивости* данного признака, состоящий из отдельных вариантов (рис. 2.24). Следовательно, *варианта* — это единичное выражение какого-либо количественного признака. Как показывают подсчёты, частота встречаемости отдельных вариантов в вариационном ряду неодинакова.

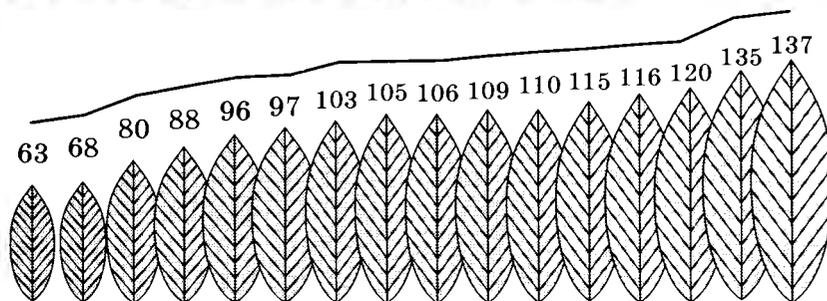


Рис. 2.24. Вариационный ряд листьев лавровишни

Графическое выражение изменчивости признака, отражающее как размах вариаций, так и частоту встречаемости отдельных вариантов, называют *вариационной кривой* (рис. 2.25).

Наследственная изменчивость. Обусловлена возникновением новых генотипов и приводит, как правило, к изменению фенотипа. Выделяют два вида этой изменчивости — *комбинативную* и *мутационную*.

Комбинативная изменчивость связана с получением новых сочетаний генов в генотипе.

Достигается это в результате независимого расхождения хромосом при мейозе, случайного их сочетания при оплодотворении, а также рекомбинации генов благодаря кроссинговеру (сами гены при этом не изменяются, но возникают их новые сочетания, что приводит к появлению организмов с другим генотипом и фенотипом).

Комбинативная изменчивость широко распространена в природе. К примеру, у микроорганизмов, размножающихся бесполом путём, появились своеобразные механизмы (трансформация и трансдукция), приводящие к появлению комбинативной изменчивости. Всё это говорит о большой значимости комбинативной изменчивости для эволюции. Полагают, что она может играть роль даже в видообразовании.

Мутационной (наследственной, или генотипической) называется изменчивость самого генотипа.

Внезапное появление форм организма с изменёнными признаками, которые передаются последующим поколениям, называется **мутацией**. Впервые мутации были описаны в начале XX в. голландским исследователем Г. де Фризом, который наблюдал скачкообразные наследственные отклонения у садового растения — ослинника.

Мутации происходят в хромосомах под влиянием внешних и внутренних факторов. Мутационная изменчивость отличается от изменчивости, появляющейся при скрещивании. Мутации — это вновь возникающие изменения в генотипе, тогда как перекомбинации генов при скрещивании — новые сочетания родительских генов в зиготе.

Биологическое значение мутаций неравноценно и связано с характером размножения организмов.

Свойства мутаций:

1. Возникают внезапно, скачкообразно.
2. Наследуются, т. е. передаются из поколения в поколение.
3. Ненаправлены: мутировать может любой участок хромосомы, вызывая изменения как незначительных, так и жизненно важных признаков.
4. Одни и те же мутации могут возникать повторно.
5. По своему проявлению могут быть как полезными, так и вредными, как доминантными, так и рецессивными.

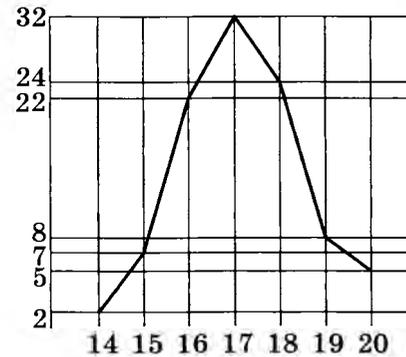


Рис. 2.25. Вариационная кривая количества колосков в колосе пшеницы

В зависимости от природы возникновения мутации делят на спонтанные и индуцированные. *Спонтанные мутации* возникают под влиянием неизвестных природных факторов, чаще всего как результат ошибок при репликации ДНК. *Индукцированные мутации* вызваны специально направленными воздействиями, повышающими мутационный процесс.

Мутации делят на соматические и генеративные в зависимости от типа клеток, в которых они возникают. *Соматические мутации* при делении мутировавшей соматической клетки передаются её потомкам. Они приводят к изменению признака только части организма. У животных, размножающихся только половым путём, соматические мутации не передаются по наследству, поскольку новый организм из соматических клеток не развивается. Если у растения мутирует клетка, из которой образуется почка, а затем побег, то последний приобретает новые свойства. Это применяется в селекции растений. Если мутация происходит в клетках, из которых развиваются гаметы, или в половой клетке, то новый признак проявится в ближайшем или последующих поколениях. Такие мутации называют *генеративными*.

Наблюдения показывают, что многие мутации вредны для организма. Однако некоторые из них могут оказаться полезными. Такие мутации являются материалом для прогрессивной эволюции, а также важны для селекции ценных пород домашних животных и культурных растений.

По характеру изменений генотипа различают несколько типов мутаций (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Типы мутаций	Характеристика
Генные	Связаны с изменением структуры ДНК в пределах одного гена, но без нарушения структуры хромосомы. Это наиболее распространённый вид мутаций и важнейший источник наследственной изменчивости организмов
Хромосомные	Возникают в результате перестройки хромосом. Они являются следствием разрыва хромосомы, приводящего к образованию фрагментов, которые в дальнейшем соединяются, но при этом нормальное строение хромосомы не восстанавливается
Геномные	Связаны с изменением числа хромосом. К ним относятся <i>полиплоидия</i> (увеличение диплоидного числа хромосом путём добавления целых хромосомных наборов в результате нарушения мейоза) и <i>гетероплоидия</i> , или <i>анеуплоидия</i> (число хромосом может изменяться и становиться не кратным гаплоидному набору)

Вещества и воздействия, приводящие к возникновению мутаций, называются **мутагенными факторами**, или **мутагенами**. Их делят на физические, химические и пр. Процесс возникновения мутаций называется **мутагенезом**.

Закон гомологических рядов наследственной изменчивости

Известный советский генетик Н. И. Вавилов долгие годы изучал природную и культурную флору пяти континентов земного шара. При сравнении признаков различных сортов культурных растений и близких к ним дикорастущих видов обнаружилось много общих наследственных изменений.

Это позволило Н. И. Вавилову сформулировать **закон гомологических рядов в наследственной изменчивости**: «Виды и роды, генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть существование параллельных форм у других видов и родов».

Н. И. Вавилов указал, что гомологические ряды часто выходят за пределы родов и даже семейств. Например, короткопалость отмечена у представителей многих отрядов млекопитающих: крупного рогатого скота, овец, собак, человека. Альбинизм наблюдается во всех классах позвоночных животных. Закон гомологических рядов позволяет предвидеть возможность появления ещё не известных науке мутаций, которые могут использоваться в селекции для создания новых ценных для хозяйства форм.

Согласно закону Н. И. Вавилова, мутации, аналогичные наследственным болезням человека, должны встречаться у животных. Действительно, многие мутации, обнаруженные у животных, могут служить моделями наследственных болезней человека. Так, у собак наблюдается гемофилия, сцепленная с полом; альбинизм зарегистрирован у многих видов грызунов, кошек, собак, у ряда видов птиц и т. д.

Основы селекции

Селекция — одна из важнейших областей практического приложения генетики. Это наука о методах создания новых и улучшения существующих пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов.

Опирается селекция на достижения генетики, молекулярной биологии, биохимии и других наук о животных, растениях и микроорганизмах. Генетика является её теоретической основой. *Предмет исследования* селекции составляют специфические закономерности эволюции культурных растений и сельскохозяйственных животных, направляемые человеком.

По Н. И. Вавилову, селекция — это эволюция, направляемая волей человека. Повышение продуктивности сельскохозяйственного производства базируется на интенсивных технологиях сельскохозяйственных растений и животных — создании соответствующих условий среды, в которых данный генотип проявляется наиболее полно.

Основными задачами современной селекции являются повышение урожайности сортов культурных растений, увеличение продуктивности пород домашних животных и штаммов микроорганизмов; улучшение качества продукции (содержание белка и клейковины в зерне, жирность молока и др.); улучшение физиологических свойств (морозостойкость, скороспелость, стойкость к заболеваниям и др.); повышение интенсивности развития (у растений — реакция на подкормку, у животных — на питание и содержание).

Основными методами селекции являются гибридизация и искусственный отбор.

Этапы селекционной работы:

1. Подбор исходного материала с использованием комбинативной изменчивости, спонтанных мутаций и индуцированного мутагенеза. Кроме того, в качестве исходного материала могут использоваться ранее выведенные сорта и породы, но выращенные в различных условиях.

2. Применение различных систем скрещиваний — *гибридизация*. Выделяют:

- *имбридинг* (близкородственное скрещивание) — приводит гены в гомозиготное состояние, даёт возможность проявления положительных рецессивных мутаций;
- *аутбридинг* (неродственное скрещивание, отдалённая гибридизация) — позволяет объединить в одном генотипе полезные признаки различных родительских форм. Может быть *внутривидовым* (скрещивание особей одного вида) и *отдалённым* (при скрещивании организмов разных видов или даже родов). Неадаптивные рецессивные мутации при этом переходят в гетерозиготное состояние и не проявляются.

Отдалённая гибридизация осуществляется с трудом, и межвидовые гибриды, как правило, бесплодны, так как затруднена конъюгация хромосом в мейозе. Впервые преодолеть стерильность у межвидовых гибридов удалось Г. Д. Карпеченко в 1924 г. Он получил гибрид редьки и капусты с диплоидным набором хромосом: 9 «редечных» и 9 «капустных». Но гибрид был бесплоден. При удвоении числа хромосом каждого вида (полиплоидная форма гибрида, содержащая 18 хромосом редьки и 18 — капусты) была создана возможность конъюгации гомологичных хромосом: «редечных» с «редечными» и «капустных» с «капустными». Полученный межвидовой гибрид — рафанобрасика — стал плодовитым. Полиплоидизация, таким образом, стала способом восстановления плодовитости у межвидовых гибридов растений.

В хозяйственном отношении особенно ценны скрещивания между крупным рогатым скотом и яками, крупным рогатым скотом и зебу, домашними породами овец и диким бараном архаром. В результате были получены животные, сочетающие ценные качества исходных видов. Однако часто отдалённая гибридизация приводит к бесплодию гибридов вследствие нарушения нормального течения гаметогенеза. Примером может служить мул — гибрид между лошастью и ослом. И хотя мулы совершенно не дают потомства, во многих странах их широко используют из-за высокой выносливости.

3. *Искусственный отбор* — выбор человеком наиболее ценных в хозяйственном отношении растений, животных, микроорганизмов для получения от них потомства с необходимыми признаками. Он может быть как *массовым*, так и *индивидуальным*. Первый из них проводят по фенотипу, без проверки генотипа. Такие особи дают расщепление в потомстве, поэтому отбор приходится проводить в ряду поколений. При индивидуальном отборе оценивается потомство каждого организма в ряду поколений. Такой отбор приводит к созданию сорта, породы, штамма, представляющих собой *чистую линию* — потомство одной особи, сохраняющей постоянный генотип при скрещивании внутри себя (имбридинге).

В селекции, прежде всего, создают большое число самоопыляемых чистых линий, которые имеют желаемые качества. После этого их скрещивают между собой, отбирая комбинации, которые дают наилучший ожидаемый эффект. Такие растения имеют в первом поколении повышенную жизнеспособность

и плодовитость, которые постепенно ослабевают в последующих поколениях. Таким образом проявляется эффект **гетерозиса**.

Гетерозис можно объяснить устранением в гетерозиготном организме неадаптивного действия рецессивных генов, объединением благоприятных доминантных генов, присутствующих у родительских форм и объединяющихся в гибриде. Кроме того, некоторые гены более благоприятно проявляются, находясь в гетерозиготном состоянии.

Кукуруза была первым растением, у которого получение гетерозисных гибридов было поставлено на промышленную основу. Широко практикуют использование данного эффекта и в овощеводстве. Гетерозисный эффект можно сохранить благодаря вегетативному размножению в ряду поколений.

Особенности селекции растений, животных и микроорганизмов

Порода животных, сорт растений или штамм микроорганизмов являются совокупностью индивидов, искусственно созданных человеком и характеризующихся определёнными наследственными особенностями и морфологическими качествами. Все особи внутри сорта, породы или штамма имеют сходную наследственную организацию, внешние признаки и однотипную реакцию на влияние факторов окружающей среды. При этом имеются свои особенности селекции у растений, животных и микроорганизмов.

Селекция растений. Основная задача — повышение урожаев в растениеводстве путём создания высокопродуктивных сортов. Такие биологические особенности растений, как способность к самоопылению, вегетативному размножению, позволяют применять в селекционной работе с ними все методы селекции. В растениеводстве нередко применяют также отбор и гибридизацию.

При принудительном самоопылении, используемом при работе с перекрёстно опыляемыми растениями, получают чистые линии с необходимыми признаками. Затем, проводя скрещивание между линиями, имеющими различные адаптивные признаки, и искусственный отбор, получают высокопродуктивные межлинейные гибриды. Например, один сорт пшеницы имеет прочный стебель и устойчив к полеганию, но в то же время легко поражается ржавчиной. Другой сорт, обладая тонкой и слабой соломиной, отличается устойчивостью к ржавчине. При скрещивании этих двух сортов в потомстве обнаруживаются различные комбинации, в том числе у части растений сочетаются признаки устойчивости к полеганию и ржавчине. Такие гибриды отбирают и используют для посева. Кроме того, проводя межлинейную гибридизацию, у потомков может наблюдаться явление гетерозиса. Благодаря вегетативному размножению в ряду поколений этот эффект сохраняется.

Соединение ценных качеств родителей разных видов и родов получают благодаря *отдалённой гибридизации*. Так были получены гибриды пырея и пшеницы, редьки и капусты и др.

Многие сорта культурных растений по сравнению с их давними предшественниками являются полиплоидными (т. е. имеют набор хромосом, в два, четыре или более раз превышающий кариотип предка) и обычно высокопродуктивными. Таковы многие культурные сорта пшеницы, ржи, клевера, турнепса, картофеля,

некоторые сорта свёклы и т. д. В последнее время широко развёрнуты работы по экспериментальному получению полиплоидных форм.

В селекции часто используют и соматические мутации в вегетативных клетках. Новый сорт получают из той вегетативной части растения, которая обладает ценными соматическими мутациями.

Основные принципы селекции животных не отличаются от принципов селекции растений. Сущность селекции животных состоит в сохранении, усилении и комбинировании у потомства ценных и в устранении нежелательных качеств. Работа по созданию, поддержанию и усовершенствованию пород включает ряд методов разведения и организационных мероприятий, которые в совокупности представляют племенное дело. Оно имеет свои особенности. Домашние животные, в отличие от растений, размножаются только половым путём, а половая зрелость у некоторых из них наступает через несколько лет. Самка рождает только одного или нескольких детёнышей, что замедляет процесс селекции.

Отбор родительских пар совершается в зависимости от цели, которую поставил селекционер (повышение молочности, жирности молока, качества мяса и т. д.). Разводимые животные оцениваются по фенотипу, происхождению и качеству их потомства. Поэтому необходимо хорошо знать их родословную.

Все сельскохозяйственные животные раздельнополы. В то же время многие виды ценной животноводческой продукции создаются животными только одного пола (молоко, яйца). Поэтому оценка животных другого пола может быть осуществлена по их родословной и по качеству их потомства. Так, племенные качества быка-производителя могут быть оценены по молочной продуктивности его предков по материнской линии, его сестёр и особенно его дочерей.

Основной способ получения наследственного разнообразия при селекционной работе с животными — *скрещивание*. Оно может быть родственным или неродственным. Родственное скрещивание (инбридинг) между братьями и сёстрами или между родителями и потомством применяется, когда селекционер хочет большинство генов данной породы привести в гомозиготное состояние. Оно сопровождается строгим отбором по необходимым хозяйственным качествам и чаще всего приводит к ослаблению животных, уменьшению устойчивости к действию внешних факторов, к заболеваниям и т. д. Для устранения этих неблагоприятных последствий используется скрещивание различных линий и пород. Ценность родственного скрещивания заключается в том, что позволяет закрепить в породе полезные хозяйственные качества. Неродственное скрещивание в границах породы или между породами, сопровождаемое строгим отбором, ведёт к поддержанию полезных качеств и к их усилению в следующих поколениях.

У животных также наблюдается явление *гетерозиса*. Его сущность состоит в том, что в первом поколении гибриды имеют повышенную жизнеспособность и усиленное развитие. При последующих скрещиваниях гибридов между собой эти качества ослабевают, по-видимому, вследствие выщепления гомозигот. Гетерозис применяют в овцеводстве, молочном скотоводстве, свиноводстве. Примером особенно эффективного использования гетерозиса служит выведение гетерозисных цыплят — бройлерное производство. Оно широко применяется в птицеводстве многих стран.

В последнее время зародышей ценных пород крупного рогатого скота и других животных получают в искусственных условиях, а потом для дальнейшего

развития помещают в матку самки другой породы, что расширяет возможности селекционной работы и позволяет получить большее количество потомков с новыми или хозяйственно ценными признаками.

Селекция микроорганизмов имеет свои особенности. Микроорганизмы (бактерии, грибы, микроскопические водоросли) представляют большой интерес для человека. Они находят широкое применение в промышленности, сельском хозяйстве и медицине. В последнее время быстрыми темпами развивается микробиологическая промышленность. Она связана с производством жизненно важных продуктов: белков, аминокислот, ферментных препаратов, антибиотиков, спиртов, полисахаридов, бактериальных удобрений, гормонов и др. При этом в качестве питательной среды часто используются непищевые продукты: жидкие парафины нефти, синтетические спирты, отходы лесоперерабатывающей промышленности и др.

Характерные особенности микроорганизмов, важные в производстве:

1. Значительно меньшее число генов и более простые генные взаимодействия по сравнению с более высокоорганизованными видами.

2. Очень короткий жизненный цикл, который позволяет микроорганизмам очень быстро размножаться и давать огромное количество поколений за сравнительно короткое время.

3. Геном некоторых микроорганизмов гаплоидный, что даёт возможность фенотипического проявления любой мутации ещё в первом поколении. У микроорганизмов вероятность возникновения хозяйственно ценных мутаций очень высока.

Благодаря этим особенностям микроорганизмы служат удобным объектом для селекции.

Для создания новых штаммов в последнее время применяют *генную инженерию*. Так получены новые штаммы микроорганизмов, которые синтезируют ценные гормоны, ферменты, антибиотики, белки и др. Достижения микробиологии должны шире использоваться в целях повышения плодородия почв, увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, для консервации кормов, а в перспективе — для микробиологического производства продуктов питания.

2.2.3. Одноклеточные и многоклеточные организмы

Общая характеристика одноклеточных

К одноклеточным организмам относят практически всех прокариот (см. «Сравнительная характеристика строения клеток бактерий, растений, грибов и животных» и «Общая характеристика прокариот») и некоторые группы эукариот. Часть прокариот переходит к колониальному образу жизни (см. «Колониальные организмы»). Большинство же эукариот являются многоклеточными (см. «Общая характеристика многоклеточных организмов»).

К одноклеточным эукариотам относится множество очень отличающихся друг от друга организмов, которых объединяет один признак — их единственная

клетка является в то же время и целым организмом. Хотя в целом они устроены как типичная эукариотическая клетка (см. «Строение и типы организации клеток»), однако зачастую могут иметь дополнительные органеллы.

Строение. *Поверхностный аппарат* клетки, отделяющий организм одноклеточного от окружающей среды, зачастую устроен очень сложно. Как и у других клеток, его главная часть — плазмалемма. *Надмембранный аппарат* может быть представлен гликокаликсом, клеточными стенками различного химического состава, различными чешуйками и домиками (например, как у диатомовых водорослей). *Подмембранный комплекс* включает различные элементы цитоскелета, именно с ним связано передвижение одноклеточных эукариот. В состав подмембранного комплекса входят основания ресничек и жгутиков, с помощью трансформации элементов цитоскелета происходит движение псевдоподий (ложноножек). С цитоскелетом подмембранного комплекса связаны особые органеллы, которые характерны только для одноклеточных, — *экструсомы*. Это окружённые мембраной органеллы, которые служат для нападения и защиты. К ним относятся трихоцисты инфузорий, гаптоцисты сосущих инфузорий и др.

Ядро у одноклеточных эукариот имеет типичное строение, но у некоторых организмов на протяжении всей жизни или на определённых этапах жизненного цикла в клетке содержится несколько (иногда до сотни) ядер. У инфузорий имеются ядра двух типов: небольшой *микронуклеус* (генеративное ядро), хранящий генетическую информацию и участвующий в половом процессе, и *макронуклеус* (вегетативное ядро) — крупное ядро, отвечающее за все процессы жизнедеятельности.

В цитоплазме некоторых одноклеточных эукариот (преимущественно пресноводных) имеются *сократительные вакуоли*, служащие для осморегуляции. Это одномембранные органеллы, снабжённые выводным каналом, выходящим на поверхность клетки. У инфузорий в состав сократительной вакуоли входит центральный резервуар и радиально расходящиеся каналы. В сократительную вакуоль поступает жидкость, которая при периодическом сокращении вакуоли выводится наружу.

Питание. По типу питания среди одноклеточных эукариот имеются как автотрофы, так и гетеротрофы. У автотрофов имеются хлоропласты различной формы (например, чашевидные, лентообразные). Кроме хлорофилла, хлоропласты могут содержать другие пигменты, служащие для лучшего улавливания солнечного света. Гетеротрофные организмы питаются различными органическими частицами или небольшими организмами (бактериями, другими одноклеточными и т. д.). Частицы захватываются при помощи ложноножек в ходе заглатывания частиц (*фагоцитоза*) или капель (*пиноцитоза*). У некоторых одноклеточных эукариот имеется особый участок клетки — клеточный рот (*цитостом*), в котором происходит захват пищевых частиц. Переваривание осуществляется в содержащих пищеварительные ферменты пищеварительных вакуолях (*лизосомах*). Тип питания некоторых организмов зависит от образа жизни и среды обитания. Так, эвглена на свету питается автотрофно, производя органические вещества в ходе фотосинтеза, а в темноте переходит к гетеротрофному питанию, поглощая растворённые в воде питательные вещества.

Среда обитания. Одноклеточные эукариоты обитают практически повсеместно, уступая в этом отношении только бактериям. Они распространены в пресных

и солёных водоёмах, в почве, иногда живут на суше, хотя обычно для них необходима капельная влага. Также часто протисты (другое название одноклеточных эукариот) населяют другие организмы.

В водоёмах они входят в состав планктона и бентоса, являются пищей для многих водных организмов. Однако планктонные водоросли, размножаясь в огромных количествах, могут вызывать «цветение» воды, вызывающее гибель многих водных организмов.

Жизнь почвенных одноклеточных обычно имеет две стадии: *активную* (во время которой происходит питание, рост и размножение) и *период покоя*. Период покоя наступает вследствие различных причин: недостатка питательных веществ или кислорода, слишком высокой плотности популяции, сухости, накопления различных химических веществ, низкой температуры и др. Хотя существует мнение, что для некоторых видов стадия покоя в жизненном цикле является обязательной. Почвенные одноклеточные принимают участие в почвообразовании и повышают плодородие почв.

В теле многих губок, коралловых полипов, некоторых плоских червей и моллюсков могут обитать водоросли, дающие своим хозяевам кислород и питательные вещества и получающие от них убежище. Такая группа организмов, как лишайники, представляет собой сожительство гриба и водоросли. Обитая в кишечнике различных организмов (термитов и жвачных парнокопытных), они помогают хозяину переваривать пищу.

При паразитизме хозяину наносится вред. Паразитизм среди одноклеточных эукариот распространён довольно широко: они могут вызывать множество заболеваний животных и растений.

Колониальные организмы

Одноклеточные организмы могут объединяться в некое подобие многоклеточного организма, т. е. образовывать колонии. Отдельные особи в колонии могут быть неотличимы друг от друга (некоторые виды зелёных водорослей или инфузорий) или иметь достаточно сильные отличия и даже выполнять различные функции. Колонии образуются в результате бесполого размножения: при делении дочерняя клетка не отделяется от материнской, а остаётся связанной с ней.

Наиболее сложно устроены колонии **вольвокса** — представителя зелёных водорослей (рис. 2.26). Это полые шары величиной до 2 мм, они могут включать до 60 тыс. отдельных клеток. По краям колонии находятся двужгутиковые клетки, обеспечивающие передвижение. Кроме них имеются более крупные неподвижные репродуктивные клетки, которые, размножаясь, дают новые колонии. Дочерние колонии развиваются внутри материнской, а затем выходят из неё.

Полагают, что колониальные организмы являются связующим звеном между одноклеточными и многоклеточными организмами, и возникновение многоклеточности происходило через колониальность, причём в разных группах организмов

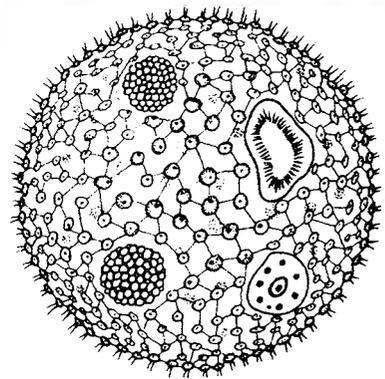


Рис. 2.26. Вольвокс

неоднократно. Например, воротничковые клетки губок (хоаноциты) сильно напоминают воротничковых жгутиконосцев, которые могут образовывать колонии.

Общая характеристика многоклеточных организмов

Тело многоклеточных организмов во взрослом состоянии состоит из множества клеток и их производных (межклеточное вещество). Их клетки различаются по строению и выполняемым функциям, т. е. проявляется дифференциация клеток. Клетки, сходные по строению и происхождению, объединяются в *ткани*. Грибы, однако, не имеют настоящих тканей, поэтому некоторыми учёными они не включаются в состав многоклеточных организмов. Из различных тканей образуются *органы*, которые у многоклеточных животных объединяются в *системы органов*, выполняющие определённую функцию (дыхание, выделение, пищеварение и т. д.).

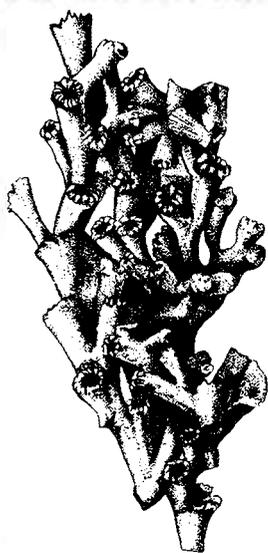


Рис. 2.27. Коралловые полипы — пример многоклеточных организмов, объединённых в колонии

Для многоклеточных организмов характерен сложный процесс индивидуального развития (*онтогенез*). Он начинается в большинстве случаев (за исключением вегетативного размножения) с деления одной клетки — *зиготы* (оплодотворённой яйцеклетки) — или споры.

Многоклеточность возникала в ходе эволюции неоднократно, она развивалась параллельно у разных групп организмов. Существует несколько гипотез возникновения многоклеточного организма, но все они сходятся в том, что многоклеточность возникла из колониальности.

Многоклеточные организмы могут образовывать колонии, которые образуются в результате вегетативного (бесполого) размножения, когда дочерняя особь остаётся связанной с материнской (рис. 2.27). Особи в колонии могут быть связаны в разной степени, зачастую их объединяет общее пищеварение. Между отдельными организмами колонии может происходить разделение функций.

2.2.4. Ткани растений и животных

Ткани растений

Растительная ткань — группа клеток, имеющих общее происхождение, строение и приспособления к выполнению одной или нескольких функций. Классификация растительных тканей основана на анатомо-физиологических признаках.

Различают пять типов растительных тканей: *образовательные*, *покровные*, *механические*, *проводящие* и *основные* (табл. 2.10).

Тип ткани	Функции	Примеры тканей и их расположение	Характеристика
Образовательная (<i>меристема</i>)	Обеспечивает рост и регенерацию растений	<i>Верхушечные</i> (зародыш, конусы нарастания побегов и корней). <i>Вставочные</i> (в основаниях междоузлий). <i>Боковые</i> (камбий в многолетних побегах)	Состоят из мелких, плотно сомкнутых клеток с тонкими оболочками и крупными ядрами, другие оргanelлы на стадии формирования, вакуоли мелкие или вообще отсутствуют. Клетки постоянно делятся путём митоза. Дифференцируясь и специализируясь, они превращаются в клетки других тканей
Покровные	Защищают растение от внешних неблагоприятных факторов: излишнего испарения, колебаний температуры, проникновения микроорганизмов, механических повреждений и др.	Эпидермис (покрывает однолетние органы растений)	Клетки живые, плотно сомкнутые, с утолщёнными наружными стенками; обычно располагаются в один слой. Выделяют на поверхность жироподобное вещество — <i>кутин</i> , формирующее кутикулу, которая защищает клетку от потерь влаги. Для регуляции газообмена и транспирации служат <i>устьица</i> — специализированные образования, состоящие из двух полулунных замыкающих клеток и устьичной щели между ними
	Пробка (меняет по мере роста растения эпидермис)	Корка (покрывает старые ветки, стволы и корни)	Вторичная покровная ткань. Состоит из слоёв плотно сомкнутых мёртвых клеток с утолщёнными стенками, пропитанными жироподобными веществами. Для газообмена и транспирации в пробке присутствуют чечевички, заполненные рыхлой тканью из живых тонкостенных клеток. Пробка имеет малую теплопроводность и обеспечивает большую защиту растения от излишнего испарения и микроорганизмов Комплекс мёртвых тканей, включающий слои пробки и иных отмерших между ними тканей. Для газообмена служат чечевички, расположенные на дне трещин. Является надёжной защитой от перегрева и ожогов

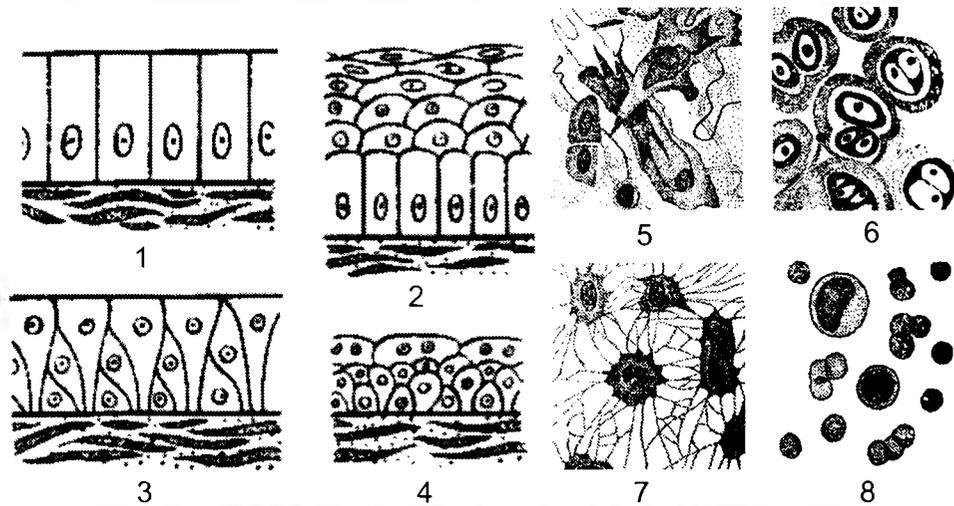
Тип ткани	Функции	Примеры тканей и их расположение	Характеристика
Механические	Придают растениям прочность, образуют каркас, поддерживающий все живающие органы	Колленхима (расположена под эпидермисом в виде тяжей вдоль жилки листьев)	Состоит из живых, вытянутых клеток с неравномерно утолщёнными стенками. Не мешает росту растения, т. к. сама способна расти
		Склеренхима (луб, древесина)	Представлена волокнами вытянутых мёртвых клеток с равномерно утолщёнными стенками. Наиболее важными являются лубяные и древесные волокна, которые формируют основной каркас растения
		Склерейды (встречаются в плодах)	Сферические клетки с равномерно утолщёнными стенками
Проводящие	Служат для транспорта веществ по растению	Ксилема (древесина) — осуществляет восходящий ток веществ по растению	Состоит из трахеид и сосудов, которые построены из расположенных друг над другом мёртвых клеток с неравномерно утолщёнными стенками и отверстиями в боковых частях
		Флоэма (луб) — осуществляет нисходящий ток веществ по растению	Состоит из ситовидных трубок, которые образованы живыми клетками, расположенными одна над другой. Их поперечные стенки продырявлены в виде сита, через которое проходят тяжёлые цитоплазмы, ядра и другие органеллы разрушаются. Рядом с ними лежат живые клетки-спутницы, которые содержат ядра и участвуют в транспорте
Основная ткань (паренхима)	Занимает наибольший объём в организме растения, составляя основу органов	Ассимиляционная, или <i>хлоренхима</i> (расположена под эпидермисом в листьях, молодых зелёных стеблях и плодах)	Фотосинтезирующая ткань, содержащая много хлоропластов. Различают <i>столбчатую</i> (осуществляет фотосинтез) и <i>губчатую</i> (отвечает за газообмен и транспирацию) ткань
		Запасная (запасяющие органы — корнеплоды, клубни, плоды и т. п.)	Состоит из тонкостенных клеток, заполненных углеводами (крахмалом), белками и жирами. Растения засушливых мест обитания имеют водоносную паренхиму, запасящую воду
	Воздухоносная (характерна для водных растений, испытывающих недостаток кислорода)		Ткань из тонкостенных клеток с большими водоносными межклетниками, сообщающимися с атмосферой через устьица или чечевички

У некоторых растений также выделяют своеобразные выделительные ткани: *внутренней секреции* — млечники, смоляные ходы хвойных, эфирно-масляные ходы цитрусовых; *наружной секреции* — железистые волоски, нектарники.

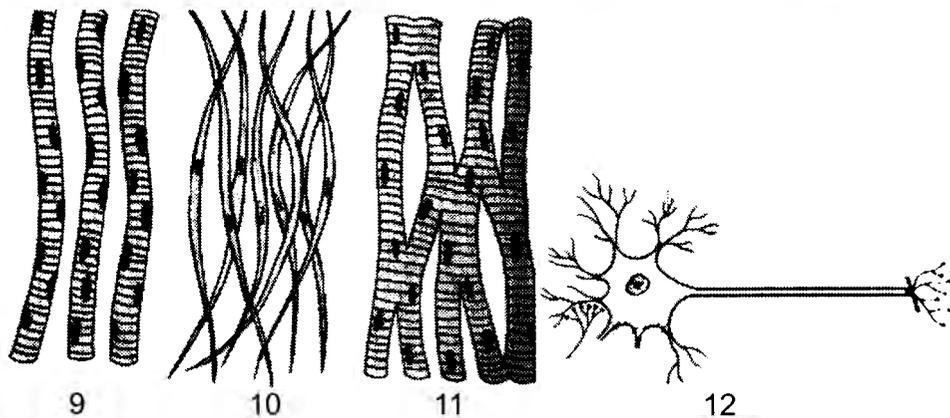
Ткани животных

Ткани животных — системы клеток и неклеточных структур (межклеточное вещество), сходных по происхождению, строению и функциям (рис. 2.28).

У животных различают четыре основных типа тканей: *эпителиальные*, *внутренней среды*, *мышечную*, *нервную* (табл. 2.11 на с. 68).



1—4 — различные типы эпителия;
ткани внутренней среды: 5 — рыхлая соединительная ткань;
6 — костная ткань; 7 — хрящевая ткань; 8 — кровь



9—11 — различные типы мышечной ткани (9 — скелетная поперечнополосатая;
10 — гладкая; 11 — сердечная поперечнополосатая);
12 — структурная единица нервной ткани — нейрон

Рис. 2.28. Ткани животных

Тип ткани	Примеры	Функции	Характеристика
Эпителиальные	Однослойные и многослойные, однослойные и многослойные	Разграничение, защита, всасывание (кишечник), газообмен (жабры, легкие, кожа), выделение (почки, кожа), увлажнение поверхности (эпителий полых органов, кожи и т. п.); синтез, накопление и выведение секретов (железистые клетки)	Состоят из плотно прилегающих друг к другу клеток, образующих сплошные слои, с малым количеством межклеточного вещества. Нижний слой клеток всегда располагается на базальной мембране. Клетки могут иметь на своей поверхности микроворсинки, жгутики, реснички и другие выросты. Обладают высокой способностью к <i>регенерации</i> (восстановлению). Клетки могут выделять вещества, образующие кутикулу (круглые и кольчатые черви, членистоногие), раковину (моллюски), роговые чешуи (пресмыкающиеся), перья (птицы), волосы (млекопитающие) и другие защитные структуры
Ткани внутренней среды	Кровь и лимфа	Осуществляют транспорт веществ по организму. Вместе с тканевой жидкостью других тканей образуют внутреннюю среду организма, а также выполняют иммунные функции	Ткани, образованные жидким межклеточным веществом (<i>плазмой</i>) и отдельными клетками или их остатками (<i>форменные элементы</i>). Они циркулируют по кровеносной и лимфатической системам
Ткани внутренней среды	Рыхлая соединительная ткань	Составляет основу многих органов (жировые отложения, кровеносные органы, органы иммунной системы). Разрастается на месте любой погибшей ткани (образуется рубец)	В состав этой ткани входят различные клетки (фибробласты, макрофаги и др.) и волокна
Ткани внутренней среды	Плотная соединительная ткань	Выполняют механические функции	Включает большое число волокон, которые зачастую расположены упорядоченно (в определенном направлении). Сухожилы мышц и связки суставов образованы соединительной тканью, богатой коллагеновыми волокнами (<i>фиброзная ткань</i>); эластическая ткань состоит в основном из эластических волокон

Тип ткани	Примеры	Функции	Характеристика
Ткани внутренней среды	Хрящевая ткань	Участие в построении скелета, формирование поверхностей суставов	Состоит из хрящевых клеток и упругого межклеточного вещества (<i>хондрина</i>), находящегося в состоянии геля и несущего коллагеновые волокна. По мере откладывания межклеточного вещества клетки хряща оказываются замурованными в небольшие полости и переходят в неактивное состояние. Клетки хрящевой ткани не взаимодействуют друг с другом. В основном вещество хряща не проходит кровеносные сосуды, и обмен веществ осуществляется за счёт диффузии. Выделяют <i>гиалиновый, волокнистый и эластический хрящи</i>
	Костная ткань	Формирование опорной части скелета многих позвоночных животных	Состоит из клеток и плотного межклеточного вещества, содержащего коллаген (<i>оссеин</i>) и минеральные компоненты. Активные клетки костной ткани (<i>остеобласты</i>) выделяют вокруг себя вещество кости и постепенно оказываются замурованными. Такие клетки переходят в неактивное состояние и называются <i>остеоцитами</i> . Они контактируют друг с другом с помощью длинных цитоплазматических выростов, проходящих по каналам, которые пронизывают вещество кости. По этим же каналам проходят и кровеносные сосуды. В случае необходимости перестройки кости остеоциты могут переходить в активное состояние. Третий тип клеток, встречающийся в костной ткани, — <i>остеокласты</i> (клетки, разрушающие кость и хрящ)
Мышечные ткани	Поперечно-полосатая мышечная скелетная ткань	Изменение положения частей тела животных в пространстве	Состоит из крупных (1—40 мм) мышечных волокон с поперечной исчерченностью. Цитоплазма этих волокон содержит большое количество ядер, митохондрий и миофибрилл (сократимых нитей). Основную часть миофибриллы составляют толстые нити (состоят из белка — <i>миозина</i>), расположенные между тонкими нитями (состоят из <i>актина</i>) и связанные с ними поперечными мостиками. Сокращение мышечного волокна связано с вдвиганием тонких нитей между толстыми, происходит оно при поступлении на волокно нервного импульса

Тип ткани	Примеры	Функции	Характеристика
Мышечные ткани	<p>Поперечно-полосатая сердечная мышечная ткань</p> <p>Гладкая мышечная ткань</p>	<p>Обеспечение сокращения сердца</p> <p>Входит в состав стенок полых органов (сосудов, желудка, кишечника, мочевого пузыря и т. п.), обеспечивая движение их содержимого (например, перистальтика кишечника)</p>	<p>Образует сердечную мышцу (<i>миокард</i>). Клетки этой ткани (<i>кардиомиоциты</i>) — вытянутой прямоугольной формы, содержат одно ядро и плотно соединены между собой. В цитоплазме кардиомиоцитов содержатся поперечнополосатые миофибриллы</p> <p>Состоит из веретеновидных одноядерных клеток (<i>миоцитов</i>), в цитоплазме которых расположены актиновые, миозиновые и другие сократительные нити. Нервные окончания есть лишь на некоторых клетках мышечного пучка, тогда как на остальные они передаются через клеточные контакты. Сокращение гладких мышц непроизвольно; они способны длительное время оставаться в частично сокращённом состоянии</p>
Нервная ткань		<p>Нервная ткань выполняет регуляцию всех жизненных процессов в организме, обеспечивая согласованность работы различных органов и приспособление организма к изменяющимся условиям внешней среды благодаря возбудимости и проводимости</p>	<p>Состоит из нервных клеток (<i>нейронов</i>) и клеток глии (<i>глияцитов</i>). Нейрон имеет цитоплазматические отростки: <i>аксон</i> (единственный длинный, обычно неразветвлённый, отросток) и <i>дендриты</i> (многочисленные разветвлённые отростки). По дендритам нервные импульсы передаются на тело нейрона, по аксону — к другим клеткам. Серое вещество мозга состоит из тел нейронов и дендритов, а белое — из аксонов; нервы образованы аксонами и глией. Клетки глии меньше по размерам и имеют несколько отростков. Глиоциты выполняют опорную и защитную функции, образуют межклеточное вещество нервной ткани, обеспечивают питание и выделение нейронов, их частичное восстановление</p>

2.2.5. Организм растений (на примере покрытосеменных)

Строение тела растений

Важнейшее событие в эволюции растений — выход многоклеточных растительных организмов на сушу, где их однородное практически нерасчленённое тело попало в новую почвенно-воздушную среду. Под влиянием среды произошло разделение тела растения на подземную и надземную части, которые специализировались на выполнение различных функций, возникли ткани и органы. Подземная часть растений дифференцировалась в корень, надземная — в стебель и листья. Строение этих органов тесно связано с выполняемыми ими функциями.

Органы растений — части высших растений, приспособленные для выполнения определённых функций.

Органы состоят из нескольких типов тканей. Различают органы *вегетативные* (выполняют основные функции питания и обмена веществ с внешней средой) и *генеративные* (функции полового размножения).



Корень. Строение и видоизменения

Корень — осевой орган высших споровых и семенных растений, растёт верхушкой, может ветвиться; имеет положительный геотропизм.

Функции корня:

1. *Механическая* — закрепление растения в почве.
2. *Питательная* — поглощение воды и минеральных веществ.
3. *Проводящая* — транспорт воды и растворов веществ.
4. *Запасная* — «депо» запасных веществ.
5. *Синтезирующая* — синтез органических веществ (гормонов).
6. *Связующая* — взаимодействие с корнями других растений, грибами и бактериями.

Дополнительные функции — дыхательная у водных растений, «подпорочная» (закрепление на опоре у лиан) и др.

Части (зоны) корня:

1. *Зона деления*. Корни растут верхушкой (кончиком), в которой расположен конус нарастания. Для защиты меристемы от повреждения служит *корневой чехлик*, состоящий из нескольких слоёв живых клеток. Наружные клетки корневого чехлика погибают и слущиваются, а внутри нарастают новые.

2. *Зона растяжения, или роста.* Происходит формирование тканей корня из прекративших делиться клеток меристемы.

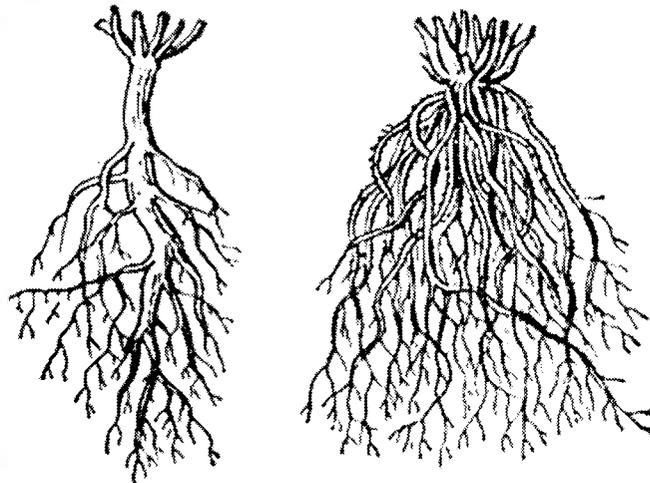
3. *Зона всасывания.* Зона, эпидермис которой богат *корневыми волосками* — выростами клеток, увеличивающими всасывающую поверхность корня. На поперечном срезе этой зоны видны эпидермис с корневыми волосками, под ним — основная ткань (*паренхима*), в центре — проводящая ткань.

4. *Зона проведения.* Составляет большую часть корня, здесь он утолщается и разветвляется, снаружи формируется *перидерма*.

Различают несколько типов корней.



Совокупность всех корней растения образует его **корневую систему**. Она бывает *стержневая* (главный корень развит лучше остальных (двудольные растения)) и *мочковатая* (главный корень мало отличается от остальных (однодольные растения)) (рис. 2.30).



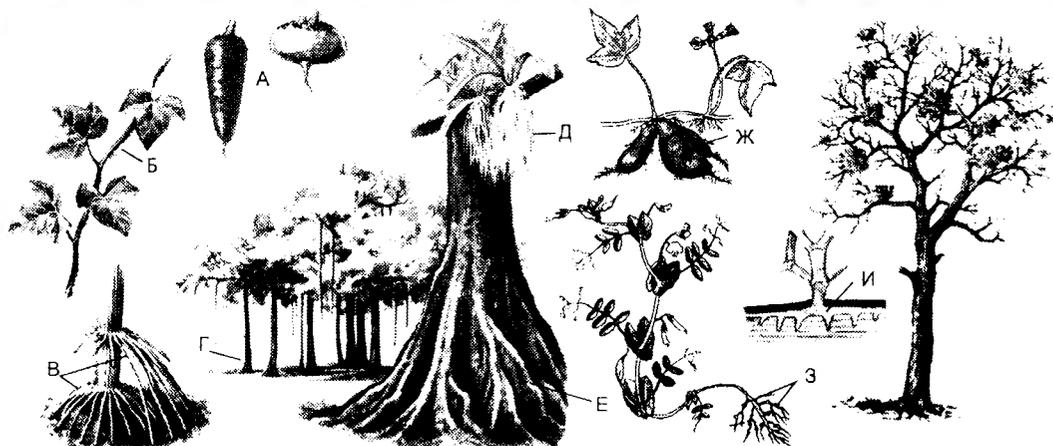
а — стержневая

б — мочковатая

Рис. 2.30. Типы корневых систем

Видоизменения корней (рис. 2.31) служат для выполнения различных дополнительных функций: *корнеплоды* — видоизменения главного корня, служат для запасаания веществ (морковь); эту же функцию выполняют *корневые клубни* и *корневые шишки* — утолщённые придаточные (боковые) корни; *втягивающие корни* (луковичные) втягивают побег в почву при уменьшении своей длины;

воздушные корни эпифитов поглощают влагу из воздуха; корни-присоски растений-паразитов позволяют им закрепляться в теле хозяина и т. д.



А — корнеплоды; Б — корни-прицепки плюща; В — корни-подпорки кукурузы; Г — корни-подпорки баньяна; Д — воздушные корни орхидей; Е — досковидные опорные корни; Ж — корнеклубни; З — клубеньки на корнях гороха; И — корни-присоски омелы

Рис. 2.31. Видоизменения корней

Побег. Строение и видоизменения

Надземная часть растения представляет собой систему ветвящихся побегов.

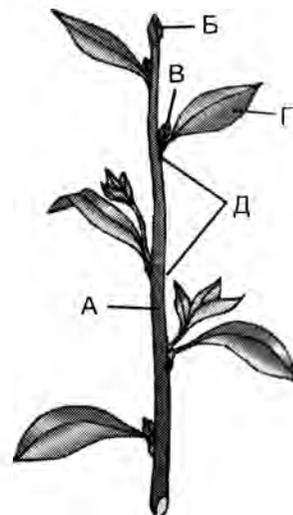
Побег — орган высших растений, состоящий из оси — стебля и отходящих от него листьев и почек (рис. 2.32).

Первый (главный) побег образуется из зародышевого побега, а побеги второго, третьего и т. д. порядка — из почек.

Стебель — осевая часть побега растений, состоящая из узлов и междоузлий.

По направлению роста выделяют стебли *прямостоячие*, *ползучие* (стелятся по земле и укореняются в узлах); *вьющиеся* (поднимаются вверх, обвивая опору); *лазающие* (поднимаются вверх, цепляясь за опору усиками или придаточными корнями). По степени развития механической ткани выделяют стебли *древесневшие* и *травянистые*, по форме сечения — *цилиндрические*, *трёхгранные*, *плоские*, *многогранные* и др.

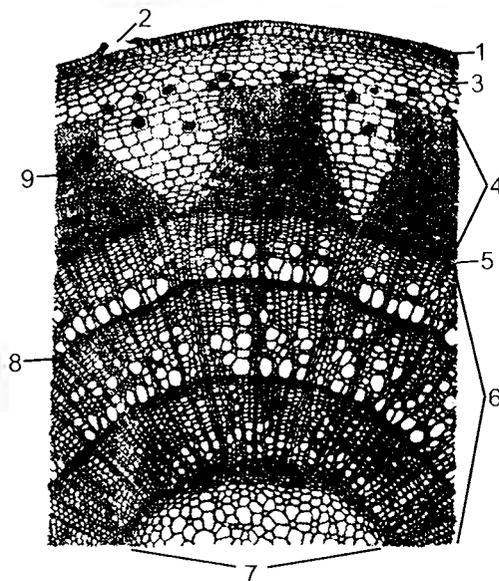
На поперечном срезе стебля древесного растения можно выделить несколько слоёв (рис. 2.33). Наружный слой — *кора*. Молодые стебли покрыты кожей, сменяющейся затем пробкой. В состав коры, кроме покровных и основных тканей, входит *луб* (*флоэма*),



А — стебель; Б — верхушечная почка; В — пазушная почка (располагается в узле стебля); Г — лист; Д — междоузлие

Рис. 2.32. Строение побега

состоящий из лубяных волокон и ситовидных трубок. По флоэме осуществляется нисходящий ток веществ (органические вещества двигаются от листьев). Под ней расположен плотный широкий слой *древесины (ксилемы)*, составляющей основную часть стебля. По сосудам ксилемы вода с растворёнными в ней веществами поднимается вверх. Между корой и древесиной лежит *камбий* (образовательная ткань). Делясь, камбий образует новые слои флоэмы и ксилемы и обеспечивает рост стебля в толщину. Камбий начинает делиться весной (образуются крупные тонкостенные клетки) и заканчивает осенью (образуются мелкие толстостенные клетки). На срезе ствола хорошо видна граница между осенними и весенними клетками. Зона прироста древесины за год называется *годи́чным кольцом*, по числу годичных колец можно определить возраст дерева. В центре стебля находится сердцевина, состоящая из паренхимных клеток; в ней накапливаются питательные вещества.



- 1 — перидерма (вторичная покровная ткань) с остатками кожицы; 2 — чечевички;
 3 — первичная кора; 4 — луб; 5 — камбий; 6 — древесина; 7 — сердцевина;
 8 — годичное кольцо; 9 — сердцевинный луч

Рис. 2.33. Поперечный срез трёхлетней ветки липы

Функции стебля:

1. Связывает органы растения.
2. Обеспечивает восходящий и нисходящий токи веществ, ориентацию растения в пространстве.
3. Несёт листья, цветы, плоды.
4. Служит местом запасаания веществ.
5. Орган вегетативного размножения.

Лист — вегетативный орган зелёного растения, расположенный на стебле.

Лист имеет двустороннюю симметрию и ограниченный рост.

В строении листа (рис. 2.34) выделяют плоскую *листовую пластинку*, в которой идут процессы фотосинтеза, газообмена и транспирации; *основание листа*

для прикрепления к стеблю и стеблевидный *черешок*, соединяющий листовую пластинку с основанием и ориентирующий лист по отношению к солнечному свету (листья без черешка называются *сидячими*). У основания листа иногда образуются *прилистники* — чешуевидные выросты, которые развиваются до образования листовой пластинки и защищают листья в почке; обычно они опадают, но иногда сохраняются. У однодольных растений основание листа образует *влагалище* — трубку, охватывающую стебель.

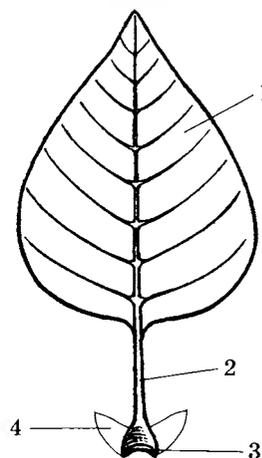
По форме листовой пластинки различают листья *округлые, овальные, ланцетные, игольчатые, сердцевидные* и др. Край листовой пластинки бывает *зубчатым, выемчатым, цельным* и др.

По количеству листовых пластинок листья делятся на *простые* (одна листовая пластинка) и *сложные* (несколько листовых пластинок, осенью они опадают по частям).

Важным признаком является *жилкование* листьев — расположение сосудисто-волокнистых пучков (элементы проводящей системы листа, проводящие питательные вещества и придающие прочность). У двудольных жилкование обычно *перисто-сетчатое* или *пальчато-сетчатое*, у однодольных — *параллельное* или *дугвое*.

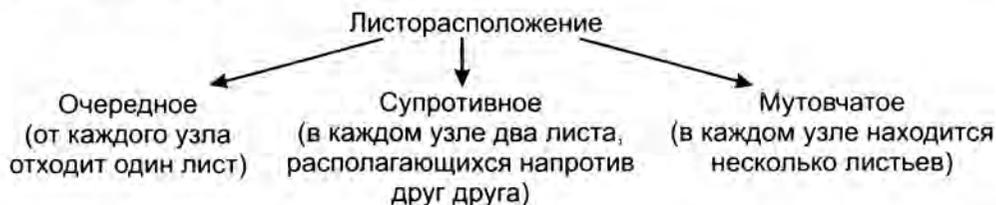
Листья расположены не по всей поверхности стебля, а лишь на определённых его участках — *узлах*. Промежуток между соседними узлами называется *междоузлием*. Угол между стеблем и отходящим от него листом называется *пазухой листа*.

Листорасположение — порядок размещения листьев на стебле — обычно является систематическим признаком и зависит от заложения листовых зачатков на конусе нарастания.



- 1 — листовая пластинка;
- 2 — черешок;
- 3 — основание листа;
- 4 — прилистник

Рис. 2.34. Строение листа



Функциональное строение (рис. 2.35) листа связано с тканями, которые входят в его состав. Сверху и снизу лист покрыт однослойным прозрачным *эпидермисом* (кожицей), защищающим его от высыхания, повреждения, проникновения микроорганизмов. На нижней поверхности находятся *устьица*. У некоторых растений (водные, хвойные) они расположены с обеих сторон листа. Замыкающие клетки устьиц способны изменять свою форму, открывая или закрывая устьичную щель. Устьица регулируют транспирацию, обеспечивают транспорт раствора веществ от корня к листьям, охлаждение, защиту от перегрева.

Под эпидермисом расположена основная ткань листа — *ассимилирующая паренхима*. Она представлена клетками двух типов: перпендикулярно к верхнему эпидермису в один или два слоя плотно расположены клетки *столбчатой*

паренхимы (они содержат много хлоропластов и осуществляют только фотосинтез), а над нижним эпидермисом находится *рыхлая (губчатая) паренхима* с большими межклетниками. Межклетники совместно с устьицами осуществляют газообмен. Между клетками ассимилирующей паренхимы расположены сосудисто-волокнистые пучки (жилки), в состав которых входят ксилема и флоэма, окружённые механической тканью.



Рис. 2.35. Внутреннее строение листа



Рис. 2.36. Видоизменения листа

Функции листа:

1. **Фотосинтез** (образование из углекислого газа и воды органических веществ с использованием солнечной энергии). Фотосинтез осуществляется в хлоропластах ассимилирующей паренхимы. Образовавшиеся в результате этого процесса органические вещества поступают во флоэму сосудисто-волокнистых пучков.

2. **Газообмен.** В листьях происходит дыхание — образование энергии при разложении с использованием кислорода органических веществ до углекислого газа и воды.

3. **Транспирация** — физиологическое испарение воды. Излишки воды в виде водяного пара проходят по межклетникам и удаляются через устьица, которые регулируют этот процесс. Транспирация вместе с корневым давлением обеспечивает постоянный ток воды через растение (от корней к листьям); кроме того, она регулирует водный и температурный режимы растений, предотвращает их перегрев. Скорость транспирации зависит от факторов окружающей среды (освещения, температуры, влажности, ветра и др.).

Дополнительные функции — «депо» запасных веществ, вегетативное размножение.

Видоизменения листьев: *листовые колючки* (кактусы, барбарис) выполняют защитную функцию; *усики* (горох) обеспечивают поддержку и закрепление стебля на опоре; *мясистые листья* (лука) служат «депо» воды и питательных веществ; *ловчий аппарат* (у хищных растений) и др. (рис. 2.36).

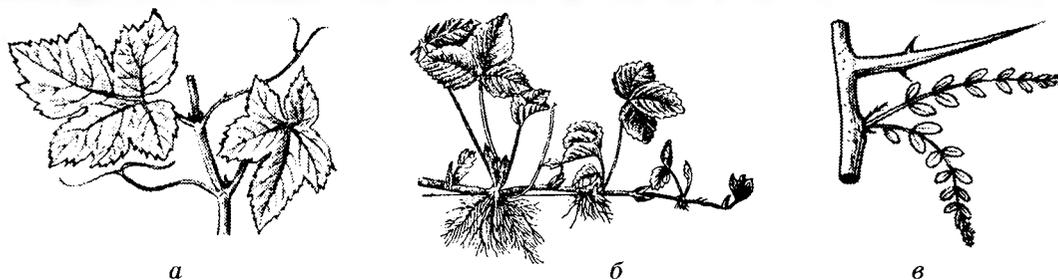
Почка — зачаточный укороченный побег, из которого могут развиваться новые побеги (вегетативные почки) или цветки (генеративные почки).

Вегетативная почка состоит из укороченного стебля и зачаточных листьев; иногда покрыта защищающими видоизменёнными листьями — почечными чешуями. Выделяют верхушечные и боковые (пазушные) вегетативные почки. **Верхушечная почка** находится на верхушке стебля и состоит из

клеток конуса нарастания и обеспечивает рост побега в длину, а также формирование листьев и боковых почек. *Боковые почки* образуются в пазухах листьев. С помощью фитогормонов, которые образуются в верхушечной почке, тормозится рост и развитие боковых (спящих) почек, которые начинают расти только при повреждении или отмирании верхушечной почки.

Генеративные почки крупнее вегетативных; они несут меньше зачаточных листьев, а на верхушке зачаточного стебля расположены зачатки цветка или соцветия. Генеративная почка, заключающая один цветок, называется *бутоном*. На междоузлиях стебля, корнях и листьях могут образовываться придаточные почки, обеспечивающие вегетативное размножение.

Видоизменения побега: *клубни* — верхушечные утолщения подземного побега (характерный признак — наличие почек (глазков), служат запасом питательных веществ и органом вегетативного размножения); *корневище* напоминает корень, однако растёт горизонтально (несёт почки и придаточные корни, служит для запаса веществ и вегетативного размножения); *луковица* — укороченный подземный побег (стеблевая часть — донце, к которому крепятся сочные листья-чешуи с запасом воды и питательных веществ; наружные листья образуют сухую чешую, выполняющую защитную функцию); *клубнелуковица* (запасные вещества располагаются в донце, листья превращены в сухие чешуи); *усики* (виноград, огурец); *стеблевые колючки* (тёрн, облепиха) и др. (рис. 2.37).



а — усы земляники; б — усы винограда; в — шипы рабинии

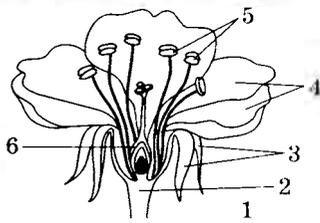
Рис. 2.37. Видоизменения побега

Цветок

Цветок — орган покрытосеменных растений, специализированный для выполнения генеративных функций. Он развивается из генеративной почки и является видоизменённым укороченным побегом.

Цветок соединён со стеблем *цветоножкой*; она может быть короткой, длинной или отсутствовать (у сидячих цветков (рис. 2.38)). На цветоножке расположены 1—2 видоизменённых листочка (остатки почечных чешуй) — это *прицветники*. Ближе к цветку цветоножка постепенно расширяется и переходит в *цветоложе* — ось цветка, на котором расположены все его части: чашелистики, лепестки, тычинки и пестики. Части цветка могут располагаться по спирали или окружности. Наружные части цветка (чашелистики и лепестки) образуют покровы цветка и вместе называются *околоцветником*. Цветки, не имеющие околоцветника, называются «голыми цветками». Чашелистики, образующие *чашечку*, напоминают листья (имеют зелёный цвет, содержат хлорофилл, участвуют в фотосинтезе), их функция — защита внутренних частей цветка от повреждений

в стадии бутона. Совокупность лепестков (зачастую ярко окрашенных) образует *венчик*, основная функция которого — привлечение насекомых-опылителей, а также механическая защита тычинок и пестиков в стадии бутона. Околоцветник, состоящий из чашечки и венчика, называется *двойным*, а состоящий только из одного элемента — *простым*.



- 1 — цветоножка;
- 2 — цветоложе;
- 3 — чашолисточки;
- 4 — лепестки;
- 5 — тычинки;
- 6 — пестик

Рис. 2.38. Строение цветка

Чашелистики и лепестки могут срастаться, образуя сростнolistную чашечку и/или сростнolistный венчик. Венчик определяет тип симметрии цветка. Через *актиноморфные (правильные)* цветки можно провести несколько плоскостей симметрии (вишня); через *зигоморфные* — только одну (горох, львиный зев); через *асимметричные* невозможно провести ни одной оси симметрии.

Тычинка — мужской генеративный орган цветка, состоит из тычиночной нити и пыльника. Совокупность всех тычинок цветка называется **андроцей**.

Внутри пыльников образуется пыльца (*микроспоры*), развивающиеся в пыльцевых мешках (*микроспорангиях*), сами же тычинки — *микроспорофиллы*. Каждая микроспора имеет две клетки под общей оболочкой: *вегетативную*, формирующую

пыльцевую трубку, и *генеративную*, из которой образуются два спермия (мужские гаметы). Оболочки зрелых пыльцевых зёрен имеют особые приспособления, облегчающие их распространение насекомыми и ветром.

Пестик — женский генеративный орган цветка, образован одним или несколькими сросшимися плодолистиками. Совокупность пестиков называется **гинецейем**.

Пестик состоит из *рыльца*, образованного воспринимающей пыльцу тканью, *столбика*, приподнимающего рыльце, и *завязи*, несущей семязачатки. Закрытая завязь пестика защищает семязачатки от неблагоприятных условий среды. *Семязачаток* — видоизменённый мегаспорангий, защищённый покровами. В покровах есть отверстие — *пыльцевход*. В центре семязачатка располагается *зародышевый мешок* (женский гаметофит). Он содержит семь клеток: ближе к пыльцевходу расположены гаплоидные яйцеклетка и две клетки-спутницы (*синергиды*), у противоположного полюса — гаплоидные клетки-антиподы; в центре — диплоидное центральное ядро.

Цветки, содержащие один тип генеративных органов, называются *однополыми*: в мужских (тычиночных) цветках редуцирован пестик, в женских (пестичных) цветках развиты только пестики. Цветки с тычинками и пестиками называют *обоеполыми*. Если на растении есть и мужские, и женские однополые цветки, его называют *однодомным* (огурец, кукуруза). Если мужские и женские цветки расположены на разных растениях, то растения называются *двудомными* (тополь, ива).

Для отражения числа расположения частей цветка, наличия или отсутствия сростаний, строения завязи используют схематическую запись, называемую **формулой цветка**. Это условное обозначение строения цветка с помощью букв, символов и цифр: О — околоцветник, Ч — чашечка, Л — лепестки (венчик), А — андроцей или Т — тычинки, Г — гинецей или П — пестик, * — актиноморфный цветок, † — зигоморфный цветок, ♂ — мужской цветок, ♀ — женский

цветок, () — сростания, черта под цифрой, означающей число плодолистиков (З) — верхняя завязь, черта над цифрой (ЗШ), — нижняя завязь. Формулы цветков, характерных для разных семейств покрытосеменных, будут приведены в разделе «Семенные растения».

Соцветия

Крупные цветки обычно располагаются по одному, а мелкие собраны в **соцветия** — группы цветков, расположенных определённым образом (рис. 2.39). Соцветия улучшают опыление цветков: у насекомоопыляемых растений мелкие цветки, собранные в соцветие, более заметны издали; у ветроопыляемых — соцветия находятся на концах ветвей и не прикрыты листьями, чем облегчается отдача и улавливание пыльцы.

По степени разветвлённости осей различают соцветия *простые* (цветки расположены на главной оси) и *сложные* (главная ось ветвится или состоит из простых соцветий). Основные характеристики различных типов соцветий приведены в табл. 2.12.



Рис. 2.39. Типы соцветий

Таблица 2.12

Тип соцветия	Описание	Пример
Простые соцветия		
Кисть	Боковые цветки на коротких цветоножках сидят на длинной главной оси	Черёмуха
Простой колос	На длинной оси расположены сидячие цветки	Подорожник
Початок	Подобен колосу, но имеет мясистую утолщённую ось	Аир
Серёжка	Имеет свисающую главную ось	Ива

Тип соцветия	Описание	Пример
Простой зонтик	Главная ось короткая, боковые цветки выходят из одной точки на ножках разной длины	Вишня
Головка	Цветки сидячие, главная ось укорочена	Клевер
Корзинка	Многочисленные цветки сидят на сильно расширенном конце укороченной оси; вогнутая, плоская или выпуклая форма; снаружи защищена зелёными листьями — <i>обёрткой</i>	Подсолнечник
Щиток	Цветоножки нижних цветков длиннее, в результате все они расположены в одной плоскости	Груша
Сложные соцветия		
Сложная кисть (метёлка)	Главная длинная ось представляет собой кисть, а боковые — простые кисти	Сирень
Сложный щиток	Главная ось — щиток, а боковые — корзинки или щитки	Рябина
Сложный колос	На главной ветвящейся оси расположены оси простых колосков	Пшеница
Сложный зонтик	Боковые оси соцветия — простые зонтики	Морковь

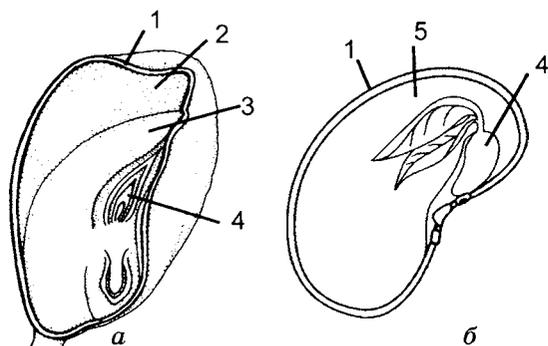
Семена и плоды

Семя — орган полового размножения растений, развивающийся из семязачатка, расположенного в завязи пестика.

Обычно семя состоит из *семенной кожуры* (образовавшейся из покровов семязачатка), *зародыша* и *эндосперма* (рис. 2.40).

Поверхность семенной кожуры обычно гладкая, но может быть шероховатой, с шипами, волосками и другими приспособлениями для распространения семян. На поверхности семени заметны *рубчик* — след от семяножки, прикреплявшей семя к стенке завязи, и *пыльцевход* — маленькое отверстие в кожуре семени. Под семенной кожурой находится *зародыш*, который состоит из зародышевого корешка, семядоля (первые видоизменённые листья растения) и почечки.

У однодольных растений зародыш асимметричный, с одной семядолью, занимающей верхушечное положение, почечка находится сбоку, семядоля при прорастании не выносятся на поверхность. У двудольных растений зародыш имеет две семядоли, расположенные по бокам от оси зародыша, почечка занимает верхушечное положение, зародыш симметричный. Источником питания зародыша служит *эндосперм*; он может полностью поглощаться зародышем в ходе его развития (тогда питательные вещества переходят в семядоли) или сохраняться. Запасными веществами семени служат различные минеральные и органические вещества (белки, крахмал, жиры), в нём также содержится запас воды.



1 — кожица; 2 — эндосперм;
3 — щиток (семядоля); 4 — зародыш;
5 — семядоля двудольных (вторая удалена)

Рис. 2.40. Строение семени одно- (а) и двудольных (б) растений

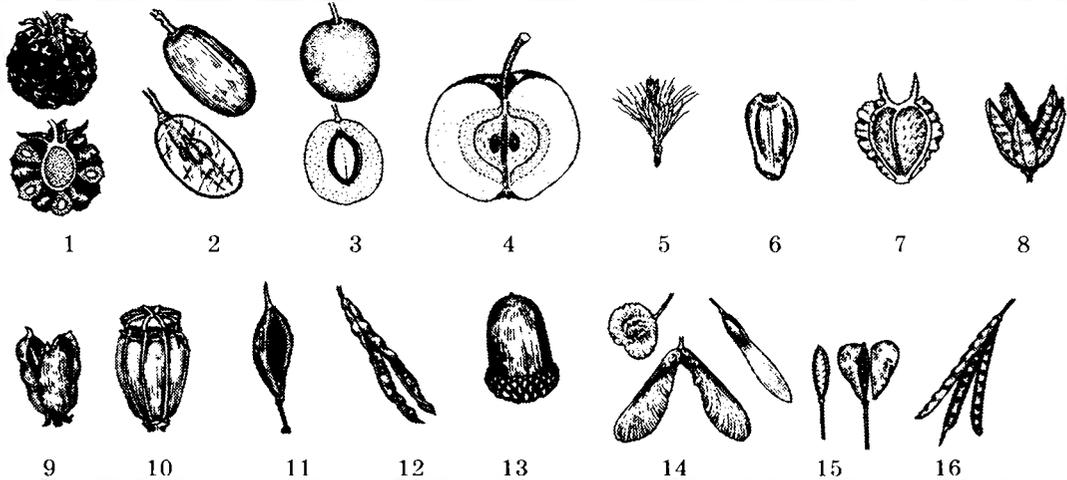
Для покрытосеменных растений характерно наличие **плода** — органа размножения, развивающегося из цветка и заключающего семени (рис. 2.41).

Функции плода — формирование, защита и распространение семян. Основу плода составляет *завязь пестика*, однако в его формировании могут принимать участие и другие части цветка (разросшееся цветоложе, основания чашелистиков, лепестков и тычинок). Из стенки завязи образуется трёхслойный *околоплодник* — стенка плода. Плоды делят на *сочные* (костянка, многокостянка, ягода, тыква, померанец, яблоко) и *сухие* (листовка, боб, стручок, коробочка, орех, семянка, зерновка), подробнее см. табл. 2.13. Плоды следует отличать от *соплодий* — совокупности плодов одного соцветия, срастающихся вместе и выполняющих функцию плода (шелковица, ананас).

Таблица 2.13

Тип плода		Название плода	Растение
по консистенции околоплодника	по числу семян		
Сухой	односемянный	Семянка (семя не срастается с околоплодником)	Подсолнечник, одуванчик
		Орех (околоплодник жёсткий, деревянистый)	Лещина, дуб, гречиха
		Зерновка (околоплодник срастается с семенной кожурой)	Пшеница, рожь
	многосемянный	Боб (имеет две створки, на которых расположены семена)	Фасоль, горох, акация
		Стручок (имеет две створки, семена располагаются на перегородке)	Капуста, репа, редис, редька
		Коробочка (семена созревают внутри и высыпаются через специальные отверстия)	Хлопчатник, лён, табак, тюльпан

Тип плода		Название плода	Растение
по консистенции околоплодника	по числу семян		
Сочный	односемянный	Костянка (семя внутри деревянистого околоплодника, окружённого мякотью)	Вишня, абрикос, черёмуха
	многосемянный	Ягода (мелкие семена находятся внутри мякоти плода)	Смородина, виноград, арбуз, томат



1 — многокостянка; 2 — ягода; 3 — костянка; 4 — яблоко; 5—7 — семянки;
8—10 — коробочки; 11 — листянка; 12 — боб; 13 — жёлудь; 14 — крылатка;
15 — стручочек; 16 — стручок

Рис. 2.41. Типы плодов

Плоды играют важную роль в распространении семян. Иногда семена распространяются саморазбрасыванием при активном вскрытии плодов (бешеный огурец). Некоторые плоды имеют приспособления для распространения потоками ветра — имеющие хохолки (одуванчик) или крыловидные придатки (клён); при помощи воды расселяются плавучие семена водных растений (кувшинка). При распространении животными плоды и семена съедобны или снабжены прицепками. Часто распространению семян способствует человек.

Организм растения как целостная система

Растение — целостная система, её отдельные составляющие (ткани и органы) взаимосвязаны и воздействуют друг на друга. Повреждение и нарушение структуры и функций одной части растения воздействует на все остальные. Если у древесного растения содрать кору (в которой располагается луб), то к корню перестанут поступать органические вещества из листьев. Лишённый питательных веществ корень погибнет и перестанет поставлять в листья воду и минеральные вещества, и вслед за этим наступит гибель всего растения. Однако и не столь значительные повреждения могут вызывать изменения всего организма

растения. Так, при повреждении конуса нарастания активизируются боковые меристемы. При повреждении верхушечной почки активизируются «спящие» боковые почки и растение начинает ветвиться; при удалении конуса нарастания главного корня у растения образуется больше придаточных и боковых корней. Эти приёмы используются в садоводстве и овощеводстве.

Организм растения объединяют в единое целое **системы регуляции**:

- *электрофизиологическая* — связана с передачей электрического импульса. Медленные изменения разности потенциалов между частями растения могут оказывать влияние на его физиологические процессы и рост;
- *гуморальная* — осуществляется при помощи *фитогормонов* — веществ, вырабатываемых специализированными тканями растений и действующими в ничтожно малых количествах на процессы роста и развития. Фитогормоны переносятся по проводящей системе растения.

Растениям свойственна **раздражимость** — способность живых систем реагировать на внешние и внутренние факторы. Иногда она проявляется в виде двигательных реакций, обусловленных характером их роста (ростовые движения).

Тропизмы — ростовая реакция, вызывающая изгибание растения в сторону внешнего стимула (*положительный тропизм*) или от него (*отрицательный тропизм*). Происходит вследствие ускоренного роста клеток на одной стороне стебля, корня или листа под воздействием фитогормона *ауксина*. Побеги обычно растут в сторону света (*положительный фототропизм*), а корни направлены вниз (*положительный геотропизм*).

Настии — более быстрые движения растений, их направление не зависит от направления воздействия. Причина настий — изменения внутриклеточного давления, приводящие к изменению формы клеток. Настические движения могут вызываться электрическими импульсами или фитогормонами. Примеры настий: складывание листьев бобовых на ночь, закрывание цветков, устьиц, обвивание вьющихся растений вокруг опоры, складывание листьев мимозы стыдливой при прикосновении, движения насекомоядных растений и др.

2.2.6. Организм животных

Органы и системы органов животных

Орган животного — морфологически обособленная часть тела, выполняющая или участвующая совместно с другими органами в выполнении какой-либо функции.

В состав органа входят разные ткани, из которых одна, как правило, преобладает и определяет его основную функцию. Например, в организме человека органами являются отдельные кости и мышцы, сердце, печень, лёгкое и т. д.

У высокоорганизованных животных какую-либо функцию выполняет не один, а несколько органов, объединённых в систему органов.

Система органов (физиологическая система) — это совокупность органов, совместно участвующих в выполнении какой-либо функции.

Основные системы органов многоклеточных животных представлены в табл. 2.14 (строение и особенности функционирования систем органов человека см. раздел 4).

Таблица 2.14

Система органов	Характеристика
Покровы	Отделяют организм от окружающей среды и помогают поддерживать постоянство внутренней среды
Опорно-двигательная	Обеспечивает все виды движения. Состоит из скелетных (опорных) элементов, к которым прикреплены мышцы. У некоторых животных возможны органы и способы движения, связанные с мышцами опосредованно (реактивное движение медуз и головоногих моллюсков; некоторые плоские черви могут передвигаться благодаря работе ресничек, покрывающих их тело)
Пищеварительная	Обеспечивает организм питательными веществами, необходимыми для процессов жизнедеятельности. Объединяет органы, ответственные за поступление пищи в организм, обеспечивающие её механическую и химическую обработку, а также выводящие наружу непереваренные остатки
Дыхательная	Осуществляет газообмен между организмом и окружающей средой. У некоторых животных может отсутствовать (если газообмен осуществляется непосредственно через покровы или организм является анаэробным)
Транспортная	Обеспечивает доставку питательных веществ и кислорода к клеткам организма и удаление конечных продуктов обмена веществ. У просто организованных животных может отсутствовать — вещества перемещаются от клетки к клетке. У высокоорганизованных животных состоит из сосудов, по которым перемещается кровь — жидкая соединительная ткань
Выделительная	Выводит из организма конечные продукты обмена веществ, функции выделения выполняют также пищеварительная, дыхательная системы и покровы. Специализированные органы выделения обеспечивают выведение из организма токсичных азотистых веществ, образующихся преимущественно в ходе распада белков
Репродуктивная (половая)	Обеспечивает воспроизведение себе подобных, непрерывность и преемственность жизни. Для большинства животных характерно половое размножение, хотя некоторые могут размножаться и частями тела (почкование и др.). Среди организмов, размножающихся половым путём, есть раздельнополые организмы и гермафродиты, у некоторых возможно половое размножение без оплодотворения (<i>партеногенез</i>)
Системы регуляции	Обеспечивают согласованную работу всех систем органов и делают организм единым целым

Регуляция деятельности организмов животных

Важнейшую роль в функционировании организма животного как единого целого играют системы регуляции, обеспечивающие взаимодействие отдельных частей организма и его адекватную реакцию на внешние воздействия. В постоянно меняющейся среде системы регуляции позволяют организму сохранять относительное постоянство большинства своих внутренних параметров (*саморегуляция*).

В организме животного существуют как *местные* системы регуляции, обеспечивающие передачу информации между отдельными клетками, так и *общие* (*центральные*), передающие информацию по всему организму. Все эти системы основаны на двух механизмах передачи информации:

- *электрофизиологической*, которая заключается в передаче электрического импульса;
- *гуморальной*, обеспечивающейся за счёт переноса растворённых химических веществ.

Центральные системы регуляции в организме животных: *нервная, эндокринная и иммунная*.

Тренировочные тестовые задания к разделу 2

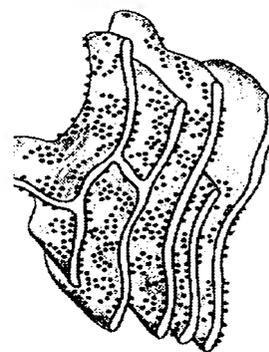
Часть 1

При выполнении заданий с выбором ответа обведите кружком номер правильного ответа.

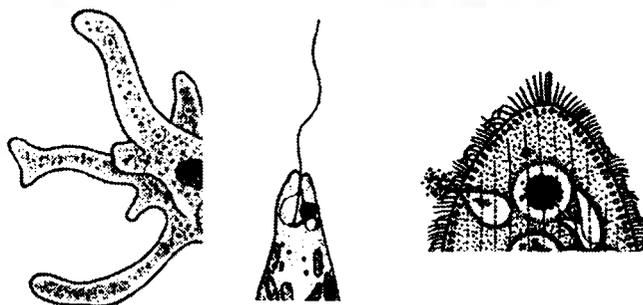
1. Какой неорганический ион является составляющей многих органических веществ (нуклеиновых кислот, фосфолипидов и т. д.)?
 - 1) PO_4^3
 - 2) Cl
 - 3) Ca^{2+}
 - 4) K⁺
2. К полимерам НЕ относятся
 - 1) белки
 - 2) липиды
 - 3) углеводы
 - 4) нуклеиновые кислоты
3. Клеточная теория была создана
 - 1) М. Шлейденем и Т. Шванном
 - 2) А. Уоллесом
 - 3) С. Прюзинером
 - 4) Дж. Уотсоном и Ф. Криком

4. Укажите, какое положение клеточной теории было сформулировано Р. Вирховым.
- 1) все живые организмы состоят из клеток
 - 2) клетки животных и растений имеют общие принципы строения, так как образуются одинаковыми путями
 - 3) каждая отдельная клетка является самостоятельной, а жизнедеятельность организмов является суммой жизнедеятельности всех его клеток
 - 4) новые клетки происходят только из материнских клеток («клетка от клетки»)
5. Какие клетки можно увидеть невооружённым глазом?
- 1) палочка Коха
 - 2) яйцеклетка рыб
 - 3) сперматозоид человека
 - 4) стволовые клетки
6. К прокариотам относятся
- 1) грибы
 - 2) животные
 - 3) растения
 - 4) бактерии
7. Наименьший размер клеток имеют
- 1) вирусы
 - 2) микоплазмы
 - 3) одноклеточные водоросли
 - 4) простейшие животные
8. Генетический материал прокариот представлен
- 1) нуклеоидом
 - 2) плазмидой
 - 3) линейной хромосомой
 - 4) хроматофором
9. Основой всех биологических мембран является
- 1) мембранные белки
 - 2) углеводы клеточной стенки
 - 3) фосфолипиды
 - 4) неорганические вещества

10. Немембранные органеллы, состоящие из двух субъединиц и являющиеся основой построения веретена деления и цитоскелета, — это
- 1) клеточный центр
 - 2) рибосомы
 - 3) аппарат Гольджи
 - 4) ядро
11. Позеленение клубней картофеля на солнце связано с
- 1) накоплением зелёного пигмента в покровных тканях клубней
 - 2) преобразованием пропластид в хлоропласты
 - 3) накоплением зелёного пигмента в центральных вакуолях клеток покровных тканей
 - 4) преобразованием лейкопластов в хлоропласты
12. Какая органелла изображена на рисунке?

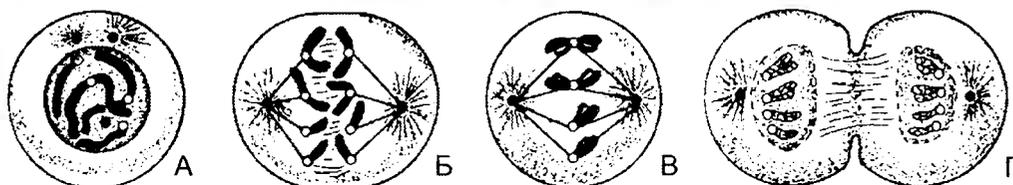


- 1) аппарат Гольджи
 - 2) шероховатая ЭПС
 - 3) гладкая ЭПС
 - 4) ядерная оболочка
13. Что объединяет части клеток, показанных на рисунке?



- 1) структуры, отвечающие за поглощение веществ
 - 2) защитные структуры
 - 3) органеллы, отвечающие за протекание полового процесса
 - 4) структуры, отвечающие за движение клеток
14. Какое из определений соответствует понятию «клеточный цикл»?
- 1) последовательность событий клеточной жизни от образования до гибели
 - 2) последовательность событий клеточной жизни от деления до деления
 - 3) последовательность событий клеточной жизни от деления до следующего деления или гибели
 - 4) последовательность событий клеточной жизни между делениями

15. Компоненты цитоплазмы, представляющие собой отложения веществ, временно выведенных из обмена или конечных его продуктов, —
- 1) продукты метаболизма
 - 2) включения
 - 3) отходы
 - 4) запасные вещества
16. Составляющей ассимиляции является
- 1) фотосинтез
 - 2) гликолиз
 - 3) брожение
 - 4) кислородное дыхание
17. Процесс захвата клеткой твёрдых питательных частиц —
- 1) пиноцитоз
 - 2) фагоцитоз
 - 3) эндоцитоз
 - 4) экзоцитоз
18. Надмембранный комплекс животной клетки —
- 1) клеточная стенка
 - 2) плазмалемма
 - 3) гликокаликс
 - 4) цитоскелет
19. Какой буквой обозначена на схеме митоза митофаза?



- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г

20. Назовите простейшее животное, у которого подмембранный комплекс вместе с плотным поверхностным слоем цитоплазмы формирует эластичную оболочку — пелликулу, которая поддерживает постоянную форму клетки.
- 1) амёба
 - 2) малярийный плазмодий
 - 3) хламидомонада
 - 4) инфузория-туфелька

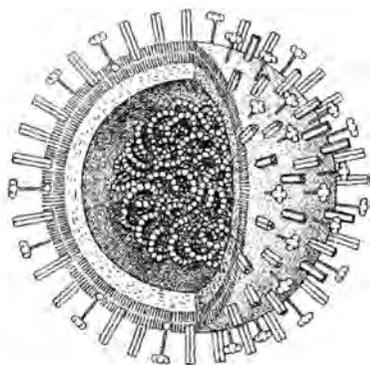
21. Почему вирусы называют неклеточными формами жизни?
- 1) могут проявлять все свойства жизни вне других организмов
 - 2) не имеют клеточного строения, но способны размножаться
 - 3) являются внутриклеточными паразитами
 - 4) способны проявлять свойства жизни только в клетках живых организмов

22. Болезнь, вызываемая вирусом, —

- 1) краснуха
- 2) туберкулёз
- 3) сальмонеллёз
- 4) ангина

23. Укажите, какой вирус изображён на рисунке.

- 1) бактериофаг
- 2) вирус гриппа
- 3) вирус ВИЧ
- 4) вирус табачной мозаики



24. Между объектами и процессами, указанными в столбцах приведённой ниже таблицы, имеется определённая связь.

Объект	Процесс
гладкая ЭПС	синтез углеводов и липидов
...	синтез белков

Какое понятие следует вписать на место пропуска в этой таблице?

- 1) шероховатая ЭПС
- 2) аппарат Гольджи
- 3) лизосомы
- 4) пластиды

25. Верны ли следующие суждения?

- А. Под наследственностью понимают способность организмов передавать признаки, особенности функционирования и развития из поколения в поколение.
- Б. Изменчивость — это способность приобретать отличия от других особей своего вида.

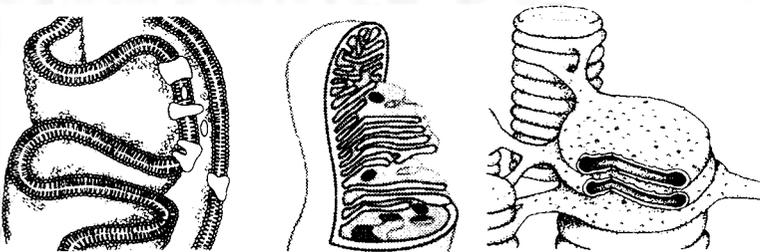
- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

При выполнении заданий с кратким ответом запишите ответ так, как указано в тексте задания.

26. Выберите три верных утверждения относительно методов генетических исследований и запишите цифры, под которыми они указаны.
- 1) при гибридологическом анализе учитывается не весь комплекс признаков у родителей и гибридов, а анализируется наследование по отдельным альтернативным признакам
 - 2) биохимические методы основаны на изучении химического организмов
 - 3) цитогенетический метод заключается в изучении особенностей кариотипа: количества, формы и размеров хромосом
 - 4) близнецовый метод заключается в изучении наследования какого-либо признака в ряду поколений у возможно большего числа родственников
 - 5) популяционно-статистический метод позволяет изучать частоты встречаемости аллелей в популяциях организмов, а также генетическую структуру популяции
 - 6) генеалогический метод основан на изучении однояйцовых близнецов с одинаковым генотипом и их родственников

Ответ: _____.

27. Установите соответствие между признаками и свойствами и описываемыми органеллами. Для этого к каждому элементу первого столбца подберите позицию из второго столбца. Впишите в таблицу цифры выбранных ответов

<p>А) энергетические станции клеток Б) характерны только для растений В) место протекания фотосинтеза Г) в одной клетке их количество может составлять несколько тысяч Д) строение внутренней мембраны Е) строение внутренней мембраны</p>	<p>1) митохондрии 2) хлоропласты</p>
	

Ответ:

	А	Б	В	Г	Д	Е

28. Расположите в правильном порядке этапы клеточного цикла, начиная от одного митоза до следующего.

- 1) хромосомы перемещаются к экватору клетки и прикрепляются к микротрубочкам веретена деления
- 2) период между двумя делениями, в который происходит удвоение генетического материала и накопление веществ, необходимых для деления
- 3) происходит деление центромер и хроматиды расходятся к полюсам материнской клетки
- 4) начинается с разборки ядерной оболочки, хромосомы начинают спирализоваться; исчезает ядрышко. Разбираются микротрубочки цитоскелета, это приводит к распаду аппарата Гольджи и ЭПС на микропузырьки и равномерному распределению органелл в цитоплазме клетки
- 5) разошедшиеся к полюсам материнской клетки хромосомы деконденсируются; вокруг них формируется поверхностный аппарат ядра, к которому они прикрепляются

Ответ: _____.

29. Вставьте в текст «Основные закономерности наследования признаков, установленные Менделем» пропущенные термины из предложенного перечня, используя для этого цифровые обозначения. Запишите в текст цифры выбранных ответов, а затем получившуюся последовательность цифр (по тексту) впишите в приведённую ниже таблицу.

**Основные закономерности наследования признаков,
установлённые Менделем**

При скрещивании _____ (А) растений все гибриды первого поколения единообразны и характеризуются доминантным вариантом признака. При скрещивании гибридов _____ (Б) поколения между собой в их потомстве наблюдается расщепление в соотношении — 3 части растений с _____ (В) вариантом признака: 1 часть растений с рецессивным вариантом.

Отдельные признаки наследуются _____ (Г) друг от друга.

Перечень терминов:

- 1) первого
- 2) второго
- 3) аллельным
- 4) чистых линий
- 5) доминантным
- 6) рецессивным
- 7) сцепленно
- 8) независимо

Ответ:

А	Б	В	Г

Часть 2

Для ответов на задания используйте отдельный лист. Запишите сначала номер задания, а затем ответ к нему.

30. Всегда ли работают закономерности наследования, которые были установлены Г. Менделем?
31. Заполните в таблице «Сравнительная характеристика митоза и мейоза» графы, обозначенные цифрами 1, 2, 3.
При выполнении задания перерисовывать таблицу не обязательно. Достаточно записать номер графы и содержание пропущенного элемента.

Сравнительная характеристика митоза и мейоза

Вопросы для сравнения	Митоз	Мейоз
Количество делений	одно	1
Для каких клеток характерны	соматических	2
Какой набор генетического материала находится в дочерних клетках	3	гаплоидный

32. Поясните, почему вирусные заболевания не лечат антибиотиками.

Раздел 3. Система, многообразие и эволюция живой природы

- Знать:**
- признаки биологических объектов: живых организмов (растений, животных, грибов и бактерий); популяций, экосистем, агроэкосистем, биосферы;
 - обмен веществ и превращение энергии, питание, дыхание, выделение, транспорт веществ, рост, развитие, размножение, наследственность и изменчивость, регуляция жизнедеятельности организма, раздражимость.
- Уметь:**
- объяснять родство, общность происхождения и эволюцию растений и животных (на примере сопоставления отдельных групп);
 - объяснять роль различных организмов в жизни человека и собственной деятельности;
 - объяснять взаимосвязи организмов и окружающей среды;
 - распознавать и описывать на рисунках (фотографиях) органы и системы органов человека; на рисунках (фотографиях) органы цветковых растений;
 - растения разных отделов; на рисунках (фотографиях) органы и системы органов животных; животных отдельных типов и классов; культурные растения и домашних животных, съедобные и ядовитые грибы, опасные для человека растения и животные;
 - сравнивать биологические объекты (клетки, ткани, органы и системы органов, представителей отдельных систематических групп) и делать выводы на основе сравнения;
 - определять принадлежность биологических объектов к определённой систематической группе (классификация);
 - проводить самостоятельный поиск биологической информации: находить в научно-популярном тексте необходимую биологическую информацию о живых организмах, процессах и явлениях; работать с терминами и понятиями.

3.1. Царство Бактерии. Роль бактерий в природе, жизни человека и собственной деятельности. Бактерии — возбудители заболеваний растений, животных, человека

3.1.1. Общая характеристика прокариот

В надцарство Прокариоты объединяются одноклеточные организмы с прокариотическим типом строения клетки. Это древнейшие известные организмы; они появились на Земле около 3,5 млрд лет назад.

В настоящее время прокариоты очень многочисленны, они населяют все среды обитания (воздух, воду, почву и другие организмы). В атмосфере они присутствуют в каплях воды и частичках пыли; встречаются на высоте до 8 км. Прокариоты населяют все водоёмы Земли: горячие кислотные источники (с температурой выше 90 °С), океанические разломы (при температуре выше 360 °С). Они найдены во льдах Антарктики, взятых с глубины более 430 м. Огромное число бактерий обитает в почве, они играют важную роль в круговороте различных

химических элементов. Обитая в других организмах, они могут быть возбудителями различных заболеваний (см. «Бактериальные инфекции») или помогать организму хозяина переваривать пищу (жвачные животные и термиты).

Некоторые прокариоты — автотрофы, осуществляющие фото- или хемосинтез, другие — гетеротрофы.

Прокариот принято делить на два царства: царство Эубактерии и царство Архебактерии. В школьной литературе принято называть эубактерий просто бактериями.

3.1.2. Общая характеристика представителей царства Эубактерии

Эубактерии — большая группа организмов, к которой относятся бактерии, цианобактерии и микоплазмы.

На сегодня описано около 10 000 видов и предполагается, что их существует свыше миллиона. Обычно имеют небольшие размеры, прокариотический тип организации клетки (см. «Сравнительная характеристика клеток прокариот и эукариот»).

По **форме клетки** (рис. 3.1) бактерии делятся на *кокки* — более или менее сферические, *бациллы* — палочки или цилиндры с закруглёнными концами, *спириллы* — спиралевидные; *вибрионы* — короткие палочки, изогнутые в виде запятой. Бактерии относятся к одноклеточным организмам, но иногда после деления могут оставаться вместе, скрепляясь при помощи клеточных стенок или слизистых капсул. Кокки могут образовывать пары (*диплококки*), цепочки (*стрептококки*) или грозди (*стафилококки*); бациллы — нити. Цианобактерии могут образовывать нити длиной до 1 м, иногда собранные в округлые колонии.



а — кокки, б — бациллы, в — вибрионы, г — спириллы

Рис. 3.1. Разнообразие формы клеток бактерий

Среди эубактерий есть автотрофы (как фото-, так и хемотрофы) и гетеротрофы. Фотосинтез осуществляют цианобактерии, пурпурные и зелёные бактерии. К хемосинтезирующим относятся нитрифицирующие бактерии, водородные бактерии, серобактерии и др. Но подавляющее большинство эубактерий относятся к гетеротрофам, которые делятся на три группы по **образу жизни**:

- *сапротрофы* — питаются мёртвыми организмами и их остатками (наряду с грибами участвуют в минерализации органических остатков);
- *паразиты* — питаются за счёт живых организмов, причиняя им вред (болезнетворные бактерии);
- *эндосимбионты* — живут в других организмах и участвуют в их нормальном обмене веществ.

По реакции бактерий на наличие или отсутствие в среде кислорода выделяются:

- *строгие аэробы* — могут развиваться лишь при наличии свободного кислорода;
- *анаэробы* — развиваются без доступа свободного кислорода, присутствие которого угнетает их жизнедеятельность;
- *факультативные анаэробы* — развиваются как в кислородной, так и в бескислородной среде.

Кислород используется для дыхания или хемосинтеза; в бескислородной среде бактерии получают энергию за счёт брожения.

Размножение и половой процесс прокариот

Размножаются бактерии бесполом путём — *бинарным делением*. Иногда разделившиеся клетки не расходятся — образуются цепочки. Бактерии способны очень быстро размножаться. Так, при благоприятных условиях кишечная палочка делится каждые 20—30 мин, и за сутки из одной клетки может образоваться $472 \cdot 10^{19}$ клеток. Такое быстрое размножение связано с тем, что репликация ДНК и транскрипция у бактерий могут проходить одновременно.

При неблагоприятных условиях многие зубактерии превращаются в стойкие к действию внешних факторов *споры*. При образовании споры нуклеоид уплотняется и окружается мембраной, на поверхности которой образуется оболочка споры. Оставшаяся снаружи часть клетки отмирает. Спора может долго сохраняться в окружающей среде, ожидая благоприятных условий для своего существования. При появлении воды и источников энергии спора вновь превращается в функционирующую бактерию. У цианобактерий образуются *акинеты* — увеличенные клетки, целиком покрытые плотной оболочкой.

Половой процесс — обмен генетическим материалом между двумя клетками одного вида; обычно клетки обмениваются небольшим участком ДНК. Половой процесс необходим для рекомбинации генетического материала (повышения изменчивости) у организмов, размножающихся бесполом путём.

Типы полового процесса у бактерий:

1. При *трансформации* бактерия поглощает из окружающей среды свободную ДНК, попавшую туда при разрушении других бактерий (или, в условиях эксперимента, введённую исследователем).

2. При *трансдукции* фрагменты ДНК могут также переноситься от бактерии к бактерии вирусами (бактериофагами).

3. При *конъюгации* бактерии соединяются друг с другом временными трубчатыми выростами (копуляционными фимбриями), через которые ДНК переходит из «мужской» клетки в «женскую».

Почти все бактерии содержат мелкие добавочные хромосомы — *плазмиды*, которые могут встраиваться в нуклеоид. Зачастую плазмиды содержат гены, обуславливающие устойчивость к антибиотикам. Обмен плазмидами (в результате конъюгации) может происходить между различными видами и даже родами бактерий.

Роль прокариот в экосистемах и их значение для человека

Прокариоты всегда играли важную роль в функционировании экосистем и биосферы в целом. Фотосинтезирующие цианобактерии осуществили «кислородную революцию» и определили дальнейшую эволюцию жизни на Земле.

В нынешнее время две важнейшие экологические функции прокариот — это *фиксация азота* и *минерализация органических остатков*. Различные группы бактерий связывают молекулярный азот воздуха (N_2) с образованием аммиака (NH_3), а затем окисляют его до нитрита (NO_2^-) и нитрата (NO_3^-) — соединений, усваиваемых растениями.

Многие бактерии вызывают болезни животных, грибов, растений, нанося значительный ущерб (например, от бактериальных болезней сельскохозяйственных растений гибнет 1/8 урожая).

Бактерии служат классическим объектом генетики, биохимии, биофизики; широко используются в биотехнологии (в частности, в генной инженерии).

В пищевой промышленности бактерии применяются для производства сыров и других кисломолочных продуктов и уксуса. Некоторые бактерии применяются для извлечения металлов, нефти из различных горных пород. Бактерии применяются при переработке отходов, очистке сточных вод. Ряд бактерий используется в производстве антибиотиков, в частности стрептомицина.

Бактериальные инфекции

Болезнетворные бактерии вызывают различные заболевания животных и растений. В большинстве случаев они проникают в клетки и разрушают их, используя содержащиеся в клетках вещества. Симптомы болезней часто связаны с выделением бактериями токсических веществ. В организм человека бактерии обычно проникают через повреждения кожи (раны) и слизистые оболочки.

Попавшие в организм человека бактерии поглощаются макрофагами и обезвреживаются иммунной системой. Для профилактики многих инфекционных заболеваний применяют вакцинацию. Лечение бактериальных инфекций проводят при помощи антибиотиков и сульфаниламидных препаратов.

Характеристика некоторых бактериальных заболеваний человека представлена в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Болезнь	Возбудитель	Органы поражения	Пути заражения	Состав вакцины
Дифтерия	Дифтерийная палочка	Верхние дыхательные пути (глотка); токсин разносится по всему телу, поражает сердце	Капельная инфекция	Анатоксин
Туберкулёз	Туберкулёзная палочка (палочка Коха) (актиномицеты)	Различные органы, главным образом лёгкие	Капельная инфекция, молоко больных животных	Живые ослабленные бактерии
Коклюш	Палочка Борде-Жангу	Верхние дыхательные пути, вызывает мучительные приступы кашля	Капельная инфекция	Убитые бактерии

Болезнь	Возбудитель	Органы поражения	Пути заражения	Состав вакцины
Гонорея	Гонококк	Половые органы (слизистая оболочка мочеполового тракта)	Половой путь	
Сифилис	Бледная спирохета	Половые органы, затем глаза, кости, суставы, ЦНС, сердце и кожа	Половой путь	
Сыпной тиф	Риккетсия Провачека	Внутренние стенки кровеносных сосудов (вызывает образование тромбов), сыпь на коже	Передаётся через переносчика (вши)	Убитые бактерии
Столбняк	Столбнячная палочка	Кровь; образуемый токсин поражает двигательные нервы спинного мозга; часто заканчивается летальным исходом	Раневая инфекция	Анатоксин
Холера	Холерный вибрион	Пищеварительный тракт (тонкий кишечник)	Через загрязнённые фекалиями воду, продукты, предметы; также переносят мухи	Убитые бактерии
Брюшной тиф	Брюшно-тифозная палочка	Пищеварительный тракт, затем лимфа, кровь, лёгкие, костный мозг, селезёнка	Через загрязнённые фекалиями воду, продукты, предметы; также переносят мухи	Убитые бактерии
Бактериальная дизентерия	Шигелла	Пищеварительный тракт (подвздошная и толстая кишки)	Через загрязнённые фекалиями воду, продукты, предметы; также переносят мухи	Вакцины нет
Сальмонеллёз	Сальмонелла	Пищеварительный тракт	Через продукты, полученные от больных животных (мясо, яйца)	Вакцины нет

Бактериальным инфекциям подвержены также многие растения. К ним относятся: пятнистость различных частей растений, бактериальный ожог (быстро развивающиеся некрозы различных частей растений), мягкая гниль (поражает плоды, клубни, луковицы); вилт (увядание), при котором поражаются проводящие ткани; галлы.

Антибиотики — химические вещества, выделяемые бактериями и грибами для угнетения других микроорганизмов.

Открытие антибиотиков (пенициллина) в 1929 г. А. Флемингом обусловило значительный прогресс в лечении бактериальных инфекций (пенициллин начали применять в медицине с 1941 г.). Механизм их действия различен: часть антибиотиков (пенициллины) нарушает синтез клеточной оболочки; другие (тетрациклин, стрептомицин и др.) нарушают синтез белка, инактивируя бактериальные рибосомы. Сульфаниламидные препараты подавляют синтез фолиевой кислоты в бактериальных клетках. Большинство антибиотиков получают в культурах микроорганизмов, и лишь небольшое число — путём химического синтеза. На основе природных антибиотиков получено большое число синтетических (например, ампициллин, цефалексин и др.).

У бактерий достаточно быстро развивается устойчивость к определённым антибиотикам (часто она передаётся с плазмидами), поэтому постоянно разрабатываются новые, всё более мощные антибиотики. Антибиотики способствуют возникновению бактерий, лишённых клеточной стенки. Эти бактерии менее болезнетворны, но способны длительное время сохраняться в поражённом организме. Применение антибиотиков нарушает нормальную микрофлору кожи и кишечника. По этой причине лечение антибиотиками допустимо только по назначению врача, с соблюдением всех его рекомендаций.

3.1.3. Цианобактерии

Цианобактерии (синезелёные водоросли) — фотосинтезирующие эубактерии, выделяющие молекулярный кислород (рис. 3.2). Ранее их рассматривали в составе низших растений.

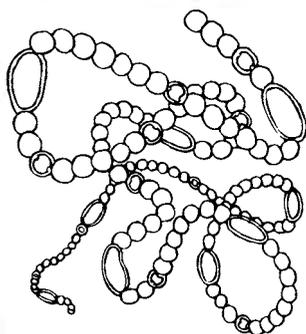


Рис. 3.2. Цианобактерия

Цианобактерии могут образовывать длинные нити, иногда округлые колонии (*носток*). У некоторых нитчатых форм есть *гетероцисты* — крупные клетки, снабжённые дополнительными слоями клеточной стенки и системой внутриклеточных мембран. Они служат для фиксации молекулярного азота. Некоторые цианобактерии способны к движению: они скользят по опорной поверхности и вращаются вдоль продольной оси. Их движению способствует выделение слизи.

Среда обитания цианобактерий очень разнообразна. В морях и пресных водоёмах они входят в состав планктона, могут быстро наращивать биомассу и вызывать «цветение» воды, приводящее к гибели других организмов. Среди цианобактерий большое число наземных видов, живущих в капельной

влаге; они также широко распространены в почве, в том числе и в пустынях. Цианобактерии вступают в симбиоз с некоторыми грибами, губками, простейшими, водорослями, мхами, не имеющими хлорофилла (при этом они теряют клеточную стенку и функционируют как хлоропласты).

3.1.4. Микоплазмы

Микоплазмы — мельчайшие бактерии (0,1 мкм) (рис. 3.3). От остальных эубактерий отличаются отсутствием клеточной стенки и связанной с этим изменчивостью формы, малым размером генома и неподвижностью.

Микоплазмы широко распространены в природе; некоторые из них ведут сапротрофный образ жизни, другие — паразитируют в организме животных и растений. У человека микоплазмы вызывают заболевания дыхательных путей, в том числе воспаление лёгких (пневмонию), а также воспалительные заболевания мочеполовой системы. Микоплазмы нечувствительны к антибиотикам (например, к пенициллину), которые подавляют рост бактерий, воздействуя на их клеточную стенку.

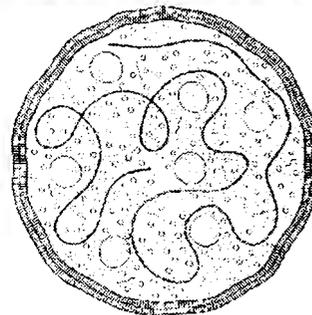


Рис. 3.3. Строение микоплазмы

3.1.5. Царство Архебактерии

Выделение архебактерий в отдельное царство связано с существенными отличиями от эубактерий. В их клеточной стенке отсутствуют пептидогликаны. Генетический материал содержит многократно повторяющиеся последовательности, гены содержат *интроны* (участки, не кодирующие белок) — это сближает их с эукариотами. Процессы хранения и реализации генетической информации у архебактерий и эукариот также похожи. По-видимому, архебактерии — древнейшая группа клеточных организмов, родственная предкам эукариот.

Архебактерии зачастую обитают в условиях, непригодных для жизни других организмов: в солёных (до 32% NaCl) и горячих (75—90 °C) источниках, вечной мерзлоте, на больших глубинах океанов и земной коры и т. п. Например, метанообразующие бактерии (анаэробные организмы) обитают в желудочно-кишечном тракте жвачных животных, в сточных водах, в болотах, в глубине морей. С их деятельностью связано накопление запасов природного газа.

3.2. Царство Грибы. Роль грибов в природе, жизни человека и собственной деятельности. Роль лишайников в природе, жизни человека и собственной деятельности

3.2.1. Общая характеристика грибов

Грибы — царство эукариотических организмов, представители которого имеют ряд особенностей (мицелиальное строение, наличие ложной ткани и др.).

Наука о грибах называется **микология**. Количество видов грибов до сих пор точно не определено. По оценкам разных учёных, оно колеблется от 100—300 тысяч до нескольких миллионов.

К. Линней классифицировал грибы как 24-й класс растений, и лишь относительно недавно они были выделены в отдельное царство. Однако сейчас некоторыми учёными грибы рассматриваются в качестве группы более высокого ранга, чем царство.

Особенности грибов. Грибам присущи типичные черты как животных, так и растений. С растениями их сближает осмотрофный характер поглощения питательных веществ, наличие клеточной стенки и неограниченный тип роста. С животными — гетеротрофность, схожесть запасаемых питательных веществ и наличие мочевины в продуктах обмена. Но есть ещё целый ряд признаков, который характерен только лишь для грибов: мицелиальная организация тела, хитиновая клеточная стенка, наличие ложной ткани, особые типы спор и продукты метаболизма. Клетка грибов имеет типично эукариотическое строение с рядом особенностей (см. «Сравнительная характеристика строения клеток бактерий, растений, грибов и животных»).

Питание. Грибы — осмотрофы, т. е. поглощают необходимые вещества из окружающей среды всей поверхностью грибницы. Прочная клеточная стенка грибов препятствует поглощению пищи частицами. Поэтому грибы переваривают пищу внеклеточно, выделяя для этого в среду широкий спектр ферментов и органических кислот. Именно это свойство грибов и позволяет им поселяться на огромном количестве различных субстратов. Они живут и на стекле, и на пластмассе, и даже были обнаружены в рабочем пространстве ядерных реакторов.

Строение. Грибы представлены одноклеточными, многоклеточными и колониальными организмами.

К одноклеточным грибам традиционно относят почвенные микромицеты, а также дрожжи. Бесполое размножение дрожжей происходит путём почкования, причём отпочковывающиеся дочерние клетки часто не отделяются от материнской, образуя таким образом ложный мицелий. Большая площадь поверхности клеток позволяет активно всасывать вещества из окружающей среды, а также активно выделять в неё ферменты и прочие продукты обмена веществ.

Собственно мицелиальные грибы образуют развитую *грибницу*, или *мицелий*. Он состоит из переплетения длинных нитевидных структур, называемых *гифами*. Гифа — структурная единица мицелия — представляет собой трубку, которая может быть разделена на отдельные отсеки перегородками (*септами*), однако может и не содержать этих перегородок (рис. 3.4, 3.5). У некоторых грибов тело вообще представлено голым *протопластом* (живое содержимое клетки, лишённое клеточной стенки). Интересно, что септы могут иметь поры различных типов, через которые из клетки в клетку переливается её цитоплазма, а иногда и ядра. Гриб, который многие называют «чёрной плесенью» — мукор, вообще представляет собой по сути одну гигантскую многоядерную клетку.

Есть грибы с немиецелиальной организацией таллома. К ним относятся, например, слизевики. Тело этих удивительных организмов представлено *плазмодием* — скоплением множества лишённых клеточной стенки комочков цитоплазмы с ядрами. На отдельных стадиях жизненного цикла он распадается на отдельные «комочки», называемые *миксамёбами* (название происходит от латинского названия слизевиков — миксомицеты). Кроме того, они способны

передвигаться. Организмы из этой группы вызывают такие опасные заболевания растений, как кила капусты и порошистая парша картофеля. Как и актиномицеты, слизевики в данный момент как грибы уже не рассматриваются.

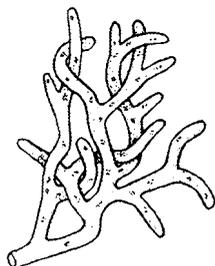


Рис. 3.4. Неклеточный мицелий

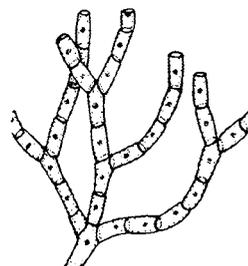


Рис. 3.5. Клеточный мицелий

При формировании плодовых тел плотные переплетения гиф формируют ложную ткань, или *плектенхиму*. Её клетки образуются делением гиф только в одном направлении, в отличие от настоящих тканей других эукариот, клетки которых делятся во всех направлениях.

Несмотря на отсутствие дифференциации на ткани, клетки способны менять форму, размеры и содержимое в зависимости от выполняемой функции. Значительно отличаются от всех других клетки полового и бесполого размножения грибов.

Размножение. Выделяют три основных типа размножения грибов (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Типы размножения	Примеры	Характеристика
Вегетативное	Фрагментация	Осуществляется частями мицелия. Гифы могут распадаться на отдельные клетки, каждая из которых затем может стать целым организмом
	Почкование	Почка образуется в виде выпячивания на материнской клетке, будущая клетка может в дальнейшем сохранять с ней связь, образуя цепочку клеток, либо отделяться от неё (например, дрожжи)
Бесполое		Осуществляется при помощи спор. Эти клетки могут образовываться как в специальных местах — <i>спорангиях</i> , так и снаружи. Первые носят название <i>спорангиоспоры</i> , другие — <i>конидии</i> . Конидии лишены органов передвижения. Их распространение осуществляется пассивно — по воздуху, воде, человеком и другими животными. У некоторых встречаются зооспоры, имеющие жгутик, который служит для передвижения
Половое		Необычайно разнообразно в разных группах. В большинстве случаев грибы — разнополые, причём часто различить их можно лишь генетически или биохимически

Многие грибы имеют разнообразные по форме плодовые тела, несущие органы бесполого размножения, образованные ложной тканью (рис. 3.6). Они хорошо развиты у шляпковых грибов и состоят из ножки и шляпки, на нижней поверхности которой располагаются спорангии — *гименофор*. Его по форме разделяют на *трубчатый* (подберёзовики, белый гриб) и *пластинчатый* (мухомор, шампиньоны).



Рис. 3.6. Размножение грибов спорами

Главная функция плодовых тел — распространение спор гриба. Именно поэтому, собирая грибы, их плодовые тела стараются аккуратно срезать ножом, не выдёргивая из земли. Если при сборе не повредить мицелий гриба, то он сможет образовать новое плодовое тело.

3.2.2. Роль грибов в природе и жизни человека

Роль грибов в природе связана с их деятельностью как одного из важнейших разрушителей (редуцентов) органического вещества в почве. Они разрушают отмершие организмы и возвращают вещества, входившие в их состав, в природный круговорот, а также делают почву плодородной.

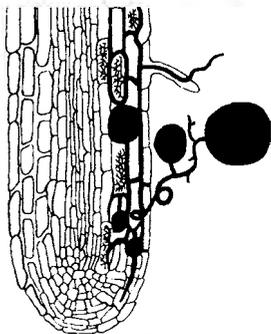


Рис. 3.7. Микориза

Микориза (от греч. «микос» — гриб и «ризон» — корень, дословно можно перевести как «грибокорень») представляет собой симбиотические отношения между корнями высших растений и мицелием гриба (рис. 3.7). При этом гриб поставляет растению воду и минеральные вещества, а также, возможно, некоторые специфические продукты своего метаболизма, а растение грибу — органические вещества.

Гифы гриба могут проникать под ризодерму, образуя разветвлённую сеть в межклетниках корня. Такую микоризу называют *эндомикоризой*. Возможно образование гифами своеобразного чехла вокруг корня, хотя при этом массовое проникновение гиф в корень отсутствует — это *эктомикориза*. Возможны и промежуточные варианты. Образование микоризы не является редким — 60% высших растений образуют подобный союз с грибами. Именно поэтому некоторые грибы встречаются только в местах массового произрастания своих «партнёров». Например, все попытки вырастить белый гриб в искусственных условиях долгое время заканчивались провалом, и лишь когда выяснилось, что он микоризообразователь, причина неудачи была объяснена. Некоторые грибы образуют микоризу сразу с несколькими растениями.

Роль грибов в жизни человека преувеличить сложно. Это ценнейший пищевой продукт. В пищу употребляются как сами плодовые тела (шампиньон, вешенка, маслята, опята, белые грибы), необычайно богатые белком, так и продукты «работы» микромицетов. Дрожжи давно уже стали основой хлебопечения, пивоварения и виноделия. А деликатесные французские сыры «Рокфор» и «Камамбер» приобретают свои уникальные вкусовые качества благодаря плесневому

грибу пенициллу. Грибы в качестве источника недорогого белка рассматриваются сейчас как один из возможных вариантов «пищи будущего».

Однако их плодовые тела, как губка, впитывают и накапливают в себе множество вредных веществ из среды, в которой растут. Если они произрастают вдоль дороги, то это соли тяжёлых металлов — свинца, кадмия, ртути, если в радиоактивно загрязнённой местности — радионуклиды, если возле химических предприятий — соли металлов, канцерогенные вещества. Но даже растущие в безопасных местах грибы — тяжёлая для переваривания пища. Хитин их клеточных стенок не переваривается, и поэтому детям есть любые грибы не рекомендуется. При старении плодовых тел в них накапливаются продукты распада различных органических веществ, что делает их опасными и для взрослых.

Грибы являются источником антибиотиков, которые помогают бороться со многими бактериальными заболеваниями. Первый антибиотик пенициллин был получен А. Флемингом почти сто лет назад из плесневого гриба пеницилла. Сейчас выделены уже десятки «грибных» антибиотиков (стрептомицин, циклоспорин и т. д.).

Грибы выделяют множество и иных ценных для человека продуктов обмена веществ. Это лимонная и другие пищевые кислоты, витамины, а также ферменты, применяемые в медицине, производстве бумаги и сыроделии.

Огромный ущерб сельскому хозяйству наносят грибы — возбудители заболеваний культурных растений. На одно растение может приходиться до десятка опаснейших грибов-паразитов. Основными вредителями злаковых культур являются ржавчинные и головнёвые грибы, способные превратить налитый зерном колос в чёрный бесполезный порошок. Этот порошок является спорами гриба, которые, разносясь ветром, заражают сотни других растений. Если из зерна, поражённого спорыньей, смолоть муку, а затем выпечь хлеб (его называют «пьяным»), то его употребление приведёт к возникновению тяжёлого заболевания. Оно сопровождается расстройством сознания и нервной деятельности, которое вызывается алкалоидами гриба. Во избежание подобных случаев зерно, поражённое грибом, закладывают в бункеры на многолетнее хранение. Картофель, томаты страдают от увяданий, гнилей, фитофтороза, мучнистой росы, которые поражают растения, снижают урожайность, а также делают непригодными к употреблению в пищу уже собранные плоды. Яблони, груши, сливы поражаются мучнистой росой, пятнистостью, курчавостью, «ожогом» листьев. Очень часто их плоды загнивают, покрываются паршой, и виной тому опять-таки грибы. Подвергаются поражению грибами и готовые пищевые продукты. Наверняка многие из вас видели зеленоватый или черноватый налёт на залежавшихся мучных изделиях.

Болеет «грибными» болезнями — микозами и микогенными аллергиями — и человек. Микозы вызываются собственно грибами, а аллергии — продуктами их жизнедеятельности, частями их клетки, спорами.

3.2.3. Лишайники

Лишайники — это разнородная группа грибов, для которых характерно сожительство (симбиоз) с микроскопическими зелёными водорослями (либо цианобактериями).

Наука, изучающая лишайники, называется лихенологией.

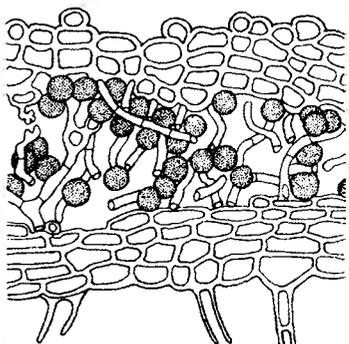


Рис. 3.8. Поперечный срез гетеромерного лишайника

Строение. Слоевище (таллом) лишайника на 90% состоит из гиф гриба, между которыми находятся клетки водорослей (рис. 3.8). Водоросль (*фикобионт*) поставляет грибу органические вещества, образованные путём фотосинтеза. Гриб (*микобионт*) обеспечивает водоросль элементами минерального питания и защищает её от воздействия неблагоприятных условий среды. Сожительство гриба с водорослью не всегда гармонично: при нехватке питательных веществ микобионт часто паразитирует на фикобионте и даже уничтожает его. Биохимические системы гриба и водоросли взаимодействуют, и, как результат, лишайник в целом может синтезировать такие вещества, которых нет ни у водоросли, ни у гриба. Многие из этих веществ используются в медицине и парфюмерии.

По форме и характеру прикрепления к субстрату различают три группы лишайников (рис. 3.9):

- *накипные формы* — имеют вид корки или налёта, плотно прирастающего к субстрату;
- *листоватые формы* — имеют вид пластинок с рассечёнными, ветвящимися лопастями; их сходство с листьями весьма отдалённое;
- *кустистые лишайники* — прямостоячие или свисающие кустики.



а — накипные; б — листоватые; в — кустистые

Рис. 3.9. Группы лишайников по форме и характеру прикрепления к субстрату

Среда обитания и образ жизни. Лишайники растут на стволах и ветвях деревьев, на земле и камнях, на столбах, стенах построек человека. Воду и минеральные вещества они получают из воздуха (главным образом с осадками), а субстрат используют только для прикрепления (лишайник, растущий на дереве, не высасывает из него соки).

Растут лишайники очень медленно, по несколько миллиметров в год. Они на удивление устойчивы к колебаниям температуры и переносят почти полное высыхание. В природе они первыми заселяют бесплодные места и играют большую роль на первых этапах почвообразования. Однако лишайники очень чувствительны к загрязнению воздуха, поэтому в крупных городах их сравнительно немного. Лишайники живут до 100 лет и более, размножаясь кусочками слоевища либо специальными «шариками» из водорослей и гиф гриба — *соредиями* и *изидиями*. Кроме того, микобионт и фикобионт могут размножаться по отдельности.

Разнообразие в природе. На стволах деревьев часто можно встретить листоватые лишайники: золотисто-жёлтую *ксанторию*, серую *пармелию*, бледно-

зелёную *эврнию*. На пнях, земле, поваленных деревьях растёт кладония (этот лишайник легко узнать по торчащим «рожкам»). Наземный кустистый лишайник *ягель* («олений мох») — основная пища северных оленей.

3.2.4. Роль лишайников в природе и жизни человека

Роль лишайников в природе сложно переоценить. Они являются «пионерами» в формировании растительных сообществ. Выделяя органические кислоты, лишайники разрушают материнскую породу, а при отмирании их органика вместе с ней формирует первичную почву, на которой могут поселиться растения. Лишайники служат кормом для многих животных (олений мох или ягель), являются местообитанием для многих беспозвоночных.

Роль в жизни человека. Лишайники служат индикаторами загрязнённости воздуха. Некоторые виды используются человеком в пищу (лишайниковая манна). Также лишайники используются в промышленности (изготовление лакмуса), в парфюмерии (получение ароматических веществ), в фармацевтической промышленности (получение препаратов против туберкулёза, фурункулёза, эпилепсий и др.). Лишайниковые кислоты обладают также антибиотическими свойствами.

3.3. Царство Растения. Роль растений в природе, жизни человека и собственной деятельности

3.3.1. Отличительные признаки царства Растения

Растения — это царство эукариотических организмов, которое насчитывает 350 000 видов.

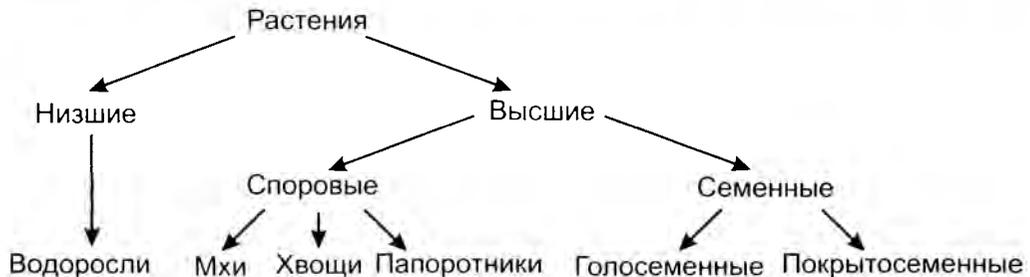
Общая характеристика. Отличительные признаки представителей царства Растения приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Признаки	Характеристика
Тип питания	Автотрофы. Способны к <i>фотосинтезу</i> (синтезу органических веществ при помощи солнечного света)
Особенности строения клетки	Имеют пластиды и крупные вакуоли, окружены клеточной стенкой из полисахарида <i>целлюлозы</i> (см. «Сравнительная характеристика строения клеток бактерий, растений, грибов и животных»)
Особенности строения тела	Поверхность их тела очень велика по отношению к его объёму: они ветвятся, образуют плоские листья и тем самым увеличивают площадь взаимодействия с окружающей средой

Признаки	Характеристика
Способность к перемещению в пространстве	Могут совершать движения, но, как правило, не способны к перемещению с одного места на другое (локомоции); ведут прикрепленный образ жизни и расселяются на стадии споры или семена (см. «Организм растения как целостная система»)
Особенности роста	Растут в течение всей жизни

Царство Растения иногда делят на две группы: *низшие* и *высшие*. Раньше этим группам придавали систематическое значение, но теперь их считают условными.



Тело низших растений представляет собой одну клетку, либо колонию клеток, либо многоклеточное слоевище (таллом), не разделённое на ткани и органы. Многоклеточное тело высших растений, как правило, имеет обособленные ткани и органы (стебель, лист, корень).

Основные уровни таксонов систематики растений приведены в разделе «Биологическая классификация».

Комплекс биологических наук о растениях называется **ботаникой**. Это неотъемлемая часть науки о сельском хозяйстве — *агрономии*. Знания, накопленные ботаникой, широко используются в медицине и фармакологии (фитотерапия), криминалистике (ботанические экспертизы), городском хозяйстве (озеленение улиц, создание парков и скверов), лесном хозяйстве.

Значение растений в жизни человека огромно. Прежде всего, растения или их части употребляются в пищу как самим человеком, так и домашними животными.

Из некоторых растений (хлопок, лён) делают натуральные ткани. Из хлопка также получают вату. Волокна конопли идут на производство пеньки (верёвки).

Лесное хозяйство обеспечивает человека древесиной. Она используется для производства мебели, в строительстве, некогда широко употреблялась в судостроении. Из древесины делают бумагу. Кое-где дрова всё ещё используют для обогрева помещений.

Из коры пробкового дуба получают пробку; из дерева гевеи — натуральный каучук.

Огромное количество растений обладает лекарственными свойствами. Используются кора (дуб, крушина), почки (берёза, тополь, сосна), побеги, т. е. «трава» (зверобой, череда), листья (мята, подорожник, эвкалипт), цветки (ромашка, пижма), плоды (шиповник, тмин), корни (солодка, валериана), корневища (аир).

Многие растения используют для эстетических (декоративных) целей. Это цветы дикорастущие, или полевые (мак, ландыш, василёк), и окультуренные (розы, тюльпаны, астры, гвоздики, гладиолусы), а также комнатные растения (фиалки, агавы, восковики, драцены, кактусы, спатифиллум). В городах высаживают цветочные клумбы, парки и скверы, аллеи из декоративных деревьев.

В парфюмерии часто используют эфирные масла растений. В мыло, шампунь и другие моющие средства также добавляют отдушки с растительным запахом.

3.3.2. Растения и факторы окружающей среды

Вода необходима практически для всех процессов жизнедеятельности растений. Основным источником воды для растений являются осадки, хотя некоторые виды добираются корнями до грунтовых вод. В табл. 3.4 представлены экологические группы растений, растущих в условиях разной обеспеченности водой.

Таблица 3.4

Экологические группы растений и их местообитание		Примеры
Ксерофиты	Обитают в засушливых местах	Полынь, шалфей, саксаул
Мезофиты	Растут при умеренном увлажнении	Клевер, томат
Гигрофиты	Обитают во влажных местах	Ольха, мхи
Гидрофиты	Растут на берегах водоёмов	Тростник, камыш
Гидатофиты	Частично или полностью погружены в воду	Кувшинка (водяная лилия)

Воздух — это источник необходимых растению углекислого газа и кислорода. Движение воздуха (ветер) также важно и имеет как позитивное значение (при опылении, распространении плодов и семян), так и негативное (буреломы, засыпание растений почвой или песком, выдувание почвы с обнажением корней).

Из **почвы** растения получают воду и минеральные вещества для питания. При этом имеют значение консистенция почвы, её увлажнённость, уровень кислотности, минеральный состав. Зачастую растения являются показателями наличия в почве определённых веществ. Так, щавель, хвощ свидетельствуют о повышенной кислотности почвы; солерос — о повышенном содержании солей хлоридов; карликовость растений, посинение их цветков — о чрезмерном количестве меди. Растения-индикаторы являются ориентирами во время поисков ряда полезных ископаемых и воды в пустынях.

Для фотосинтеза растениям необходим **свет**. *Светолюбивым* растениям, таким как сосна, нужно много света, тогда как *теневыносливые* (растения полога леса) могут обходиться светом меньшей интенсивности. Велика роль света и как биологического сигнала: изменение продолжительности светового дня обуславливает сезонные явления в жизни растений.

Температура оказывает влияние на скорость фотосинтеза, дыхания, транспирации и многих других процессов, протекающих в растениях. *Теплолюбивые*

растения (хлопок, апельсины) могут расти лишь при тёплом климате. *Холодостойкие* виды (огурец), наоборот, способны переносить низкие положительные и даже отрицательные температуры. Более того, низкие температуры даже необходимы для нормального развития многих видов, например озимой пшеницы.

3.3.3. Жизненные формы растений

Жизненная форма растения — это его внешний облик, отражающий комплекс приспособлений к условиям окружающей его среды.

Часто растения, не являющиеся родственниками, очень похожи друг на друга, потому что они приспособивались к сходным условиям среды сходными путями, т. е. имеют одну и ту же жизненную форму.

Существует несколько классификаций жизненных форм растений, основанных на различных признаках. Ниже приведена наиболее простая из них (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Жизненные формы	Характеристика	Примеры
Деревья	Имеют один или несколько многолетних одревесневающих стволов. Как правило, большие по размеру и долго живут	Дуб, ель, финиковая пальма
Кустарники	Несколько многолетних одревесневающих стеблей, причём главный среди них, как правило, не выделяется	Калина, сирень, шиповник, бузина
Кустарнички	Меньше кустарников и сильнее ветвятся	Клюква, черника
Полукустарники и полукустарнички	Одревесневает только нижняя часть стеблей, а верхняя ежегодно отмирает и отрастает заново	Полынь, тимьян
Травы	Не имеют многолетних надземных побегов. Побег и корни <i>однолетних</i> трав каждый год полностью отмирают, они перезимовывают в виде семян. <i>Двулетние</i> развиваются в течение двух лет — в первый год они перезимовывают в виде подземных частей (корнеплодов, луковиц), а во второй год цветут, плодоносят и отмирают. <i>Многолетние</i> травы растут на протяжении многих лет, у них имеются многолетние подземные органы (корневища, клубни, луковицы)	Пшеница, клевер, томат Морковь, свёкла, лук Одуванчик, тюльпан, картофель

Жизненные формы	Характеристика	Примеры
Стланики	Деревья и кустарники, стебли которых прижимаются к почве или стелются	Карликовая берёза
Эфемеры	Завершают свой жизненный цикл за очень короткий период (1—2 месяца, иногда меньше) и большую часть времени существуют в виде семян	Бурачок пустынный, рогозавник серповидный
Эфемероиды	Большую часть жизни существуют в виде подземных органов (корневиц, луковиц). Их листья и цветы появляются лишь на короткое время	Подснежники, пролески, хохлатки
Суккуленты	Запасают в своих тканях большое количество воды — это приспособление к жизни в засушливых местах	Алоэ, кактусы, баобаб
Эпифиты	Растения, растущие на других растениях (обычно на стволах и ветвях деревьев) и использующие другое растение только для прикрепления	Бромелии, некоторые орхидеи
Лианы	Обвивают стволы деревьев, но, как правило, сохраняют связь с почвой	Виноград, плющ, хмель, монстера

3.3.4. Низшие споровые растения

Водоросли — сборная группа фотосинтезирующих автотрофных эукариот, которая насчитывает около 21 000 видов.

Общая характеристика. Выделяют несколько отделов (красные, бурые, золотистые, жёлтые, диатомовые, зелёные и др.), которые отличаются организацией клеток, набором пигментов, запасных веществ, строением жгутиков (при их наличии) и т. д. (табл. 3.6). Среди водорослей есть одноклеточные, многоклеточные и колониальные формы. Тело водорослей называется *слоевищем (таллом)*.

Таблица 3.6

Отдел, количество видов	Характеристика	Примеры
Зелёные, 20 000 видов	Основной фотосинтезирующий пигмент — <i>хлорофилл</i> , запасное вещество — <i>крахмал</i> , включают организмы, различные по строению слоевища	Хламидомонада, хлорелла, спирогира, улотрикс, ульва, вольвокс

Отдел, количество видов	Характеристика	Примеры
Диатомовые, 40 000 видов	Группа микроскопических, преимущественно одноклеточных водорослей. Населяют пресные и солёные водоёмы, образуя значительную часть планктона и бентоса	Пинулярия, навикула, мелозира
Бурые, 15 000 видов	Исключительно морские многоклеточные организмы, в основном макроскопические — до 60 м в длину. В холодных морях образуют вдоль берегов большие заросли. Таллом окрашен в различные оттенки бурого цвета. Наиболее высокоорганизованные имеют трёхмерную структуру (имеется подобие тканей). Запасное вещество — <i>ламинарин</i>	Саргассум, ламинария, макроцистис, фукус
Красные, 10 000 видов	Преимущественно морские высокоорганизованные водоросли. Слоевище имеет сложное строение, цвет варьируется от розово-красного до голубовато-зелёного и жёлтого	Порфира, калитамнион, делессерия, батрахоспермум

Среда обитания. Обитают в разных водоёмах (ближе к поверхности распространены водоросли с зелёной окраской, а на глубинах — бурые и красные), ряд видов встречается на суше (на почве, камнях, коре деревьев). Могут жить в снегах, льдах, на известняковых субстратах. Могут вступать в симбиотические отношения с представителями других царств (лишайники).

Размножение. Многие водоросли способны к вегетативному размножению фрагментами таллома. Одноклеточные способны к простому делению пополам. Бесполое размножение осуществляется с помощью спор, служащих для размножения и расселения. Половое размножение заключается в слиянии двух гамет с образованием зиготы. Жизненные циклы состоят из чередования полового и бесполого поколений.

Значение в природе и жизни человека. Водоросли являются основными продуцентами в водоёмах, они выделяют кислород, необходимый для дыхания водных организмов. Некоторые водоросли участвуют в процессах естественного очищения вод. Многие из них являются индикаторами загрязнения среды. Почвенные водоросли участвуют в почвообразовании.

Водоросли используют как корм для многих промысловых рыб. Белки, углеводы и другие вещества, полученные из искусственно культивируемых одноклеточных водорослей, используют для производства комбикормов. Некоторые водоросли употребляют в пищу (ламинария или морская капуста).

Из морских водорослей получают агар-агар, который применяется в пищевой, бумажной, фармацевтической, текстильной отраслях, в биологических исследованиях при культивировании организмов. Возможности практического использования водорослей далеко не исчерпаны.

3.3.5. Высшие споровые растения

Жизненный цикл высших растений

В жизненном цикле растений имеет место чередование поколений. При этом на смену друг другу приходят:

- *гаметофит* — половое поколение, размножается половым путём, т. е. с образованием половых клеток (гамет) и последующим оплодотворением. Гаметы образуются в органах полового размножения: мужских — *антеридиях* (производят сперматозоиды) и женских — *архегониях* (производят яйцеклетки). Гаметы сливаются с образованием диплоидной *зиготы* (происходит оплодотворение). Из зиготы вырастает спорофит;
- *спорофит* — бесполое поколение, размножается бесполом путём, т. е. с образованием спор. Споры образуются путём мейоза в спорангиях, они гаплоидны. Из спор прорастают гаметофиты.

Спорофит и гаметофит совершенно непохожи друг на друга. Как правило, одно из этих поколений существенно преобладает над другим — растения этого поколения больше, сложнее устроены, дольше живут и т. п. У мхов преобладает половое поколение (гаметофит), а у других групп высших растений, напротив, преобладает спорофит, а гаметофит сильно уменьшен.

Отдел Мохообразные

Мохообразные — группа высших споровых растений, широко распространённых во влажных местообитаниях. Количество видов составляет около 25 000.

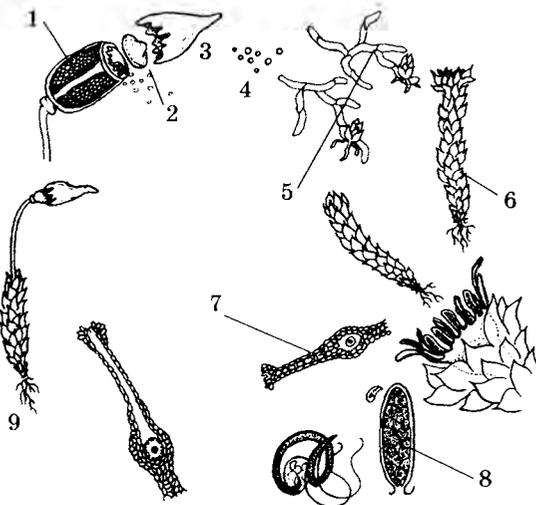
Наука, изучающая мхи, называется **бриологией**.

Мохообразные лишены механической (а иногда и проводящей) ткани, поэтому их размеры, как правило, составляют от 1 мм до 3 см, редко они достигают 20–25 см. Растут группами (куртинками) либо образуют сплошной покров на земле, камнях или стволах деревьев.

В жизненном цикле мохообразных доминирует гаметофит (он фотосинтезирует, осуществляет поглощение воды и минеральное питание). Корней у мхов нет, их заменяют волосковидные выросты покровов стебля — ризоиды. Спорофит, представляющий собой коробочку (*спорангий*) на ножке, развивается прямо на гаметофите и получает от него питательные вещества и воду. Его роль ограничивается спорообразованием.

Основные черты строения мохообразных демонстрируют представители листостебельных и сфагновых мхов.

Листостебельный зелёный мох **кукушкин лён** (рис. 3.10) растёт во влажных лесах и на кочках болот. Его гаметофит — миниатюрные зелёные растеньица, на котором располагаются буроватые коробочки на ножках (*спорофит*). Каждая коробочка выбрасывает до 50 миллионов спор.



- 1 — коробочка;
- 2 — крышечка;
- 3 — колпачок;
- 4 — споры;
- 5 — протонемы;
- 6 — гаметофиты;
- 7 — архегоний с яйцеклеткой;
- 8 — антеридий со сперматозоидами;
- 9 — гаметофит со спорофитом

Рис. 3.10. Схема жизненного цикла моховидных (на примере кукушкина льна)

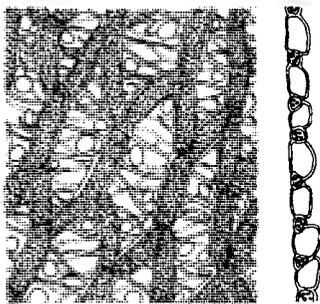


Рис. 3.11. Строение листа сфагнома

Сфагновые мхи (рис. 3.11) образуют обширные торфяные болота. Это желтовато-зелёные растения, с пучковидно расположенными ветвями, не прикреплённые к субстрату (нижние части отмирают). В их листьях находятся «бочковидные» мёртвые клетки, накапливающие во время дождя большое количество воды, поэтому почва, на которой растут эти мхи, переувлажняется и заболачивается.

Отдел Плаунообразные

Плауны — многолетние растения, густо покрытые мелкими листьями, похожими на заострённые чешуйки. Число видов составляет около 400.

Часто это наземные формы со стелющимся стеблем, на котором развиваются настоящие дополнительные корни, реже — эпифиты (растут на стволах деревьев) либо водные растения. В основном плауны — жители тропиков, в умеренных широтах они встречаются в хвойных и смешанных лесах, реже — на заболоченных лугах.

Примером является плаун булавовидный (рис. 3.12). Его главный побег стелется по земле, а боковые веточки поднимаются вертикально вверх. На концах вертикальных побегов располагаются *стробилы* — спороносные колоски. Стробилы состоят из листочков (*спорофиллов*), на которых расположены органы бесполого размножения (*спорангии*), образующие споры. В них созревают споры, они высыпаются и прорастают в мелкие (2—3 мм)



Рис. 3.12. Схема жизненного цикла плауна булавовидного

бесцветные гаметофиты. Гаметофиты не могут фотосинтезировать и медленно (в течение 10—20 лет) развиваются под землёй за счёт микоризы.

Плауны ядовиты и употребляются в качестве лекарственных растений. Их споры используются в качестве присыпок, а также при формовом (фасонном) отливании металлических деталей.

Отдел Хвощеобразные

Хвощи — небольшие (до 1 м) травянистые растения с многолетним корневищем, от которого отходят тонкие, ветвящиеся корни и членистые (состоящие из узлов и междузлий) надземные побеги.

Количество видов составляет около 30. Растут обычно во влажных местах, на кислых почвах, встречаются в разных климатических условиях — от тропиков до полярных областей (кроме Австралии).

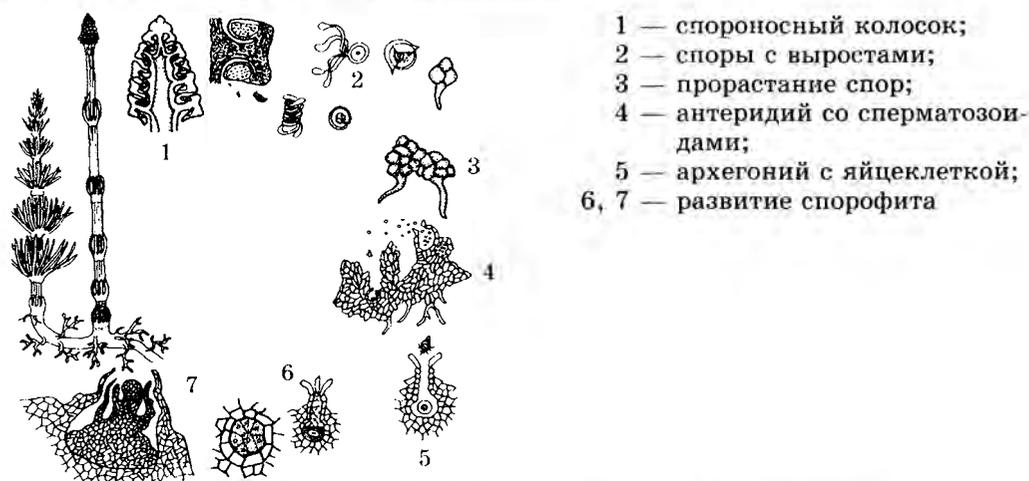


Рис. 3.13. Схема жизненного цикла хвоща полевого

Примером жизненного цикла является цикл **полевого хвоща** (рис. 3.13). Весной из корневища вырастают бурые неветвящиеся спороносные побеги, на которых развиваются спорангии, собранные в стробилы. После высыпания спор эти побеги отмирают, а им на смену вырастают летние побеги, зелёные и ветвистые. Из спор же прорастают мужские и женские гаметофиты — небольшие зелёные пластиночки, с ризоидами на нижней стороне (мужские гаметофиты мельче женских).

Хвощи часто селятся там, где нарушен естественный растительный покров. Некоторые из них — трудноискоренимые сорняки, несъедобные и даже ядовитые для скота. Зелёные побеги хвощей применяются в народной медицине как мочегонное и кровоостанавливающее средство. Надземные побеги хвощей содержат кремнезём. Это позволяет использовать их в быту как полировочный материал.

Отдел Папоротникообразные

Папоротники — травянистые растения с крупными перистыми (точнее, двоякоперистыми) листьями; реже — деревья (в тропиках) или плавающие водные растения. Количество видов составляет около 10 000.

Наиболее обычны во влажных местах, хотя заселили и многие другие местобитания: пустыни, сухие сосновые леса, болота, озёра, солоноватые водоёмы. Широко распространёнными являются орляк, щитовник мужской, страусник, водный папоротник сальвиния.

Листья папоротников называются *вайи*, они нарастают верхушкой. Надземных стеблей у многих видов папоротников нет.



- 1 — сорусы;
- 2 — высыпание и прорастание спор;
- 3 — заросток;
- 4 — антеридии;
- 5 — архегонии;
- 6 — развитие спорофита

Рис. 3.14. Жизненный цикл папоротника

В жизненном цикле преобладает спорофит (рис. 3.14). Летом на нижней стороне вай появляются бурые *сорусы* (группы спорангиев), в которых образуются и созревают споры. Споры разносятся ветром и прорастают в *гаметофит* — крошечную (2—4 мм) сердцевидную пластинку. На нижней стороне гаметофита образуются архегонии и антеридии. Созревают половые клетки, и при наличии капельной влаги (дождь, обильная роса) происходит оплодотворение. Из полученной зиготы развивается зародыш с первичным корешком, стебельком и листом. Вначале он прикреплен к гаметофиту и получает от него питательные вещества, а затем укрепляется в почве и даёт начало взрослому растению.

Папоротники способны размножаться и бесполом путём — при помощи выводковых почек, образующихся на корнях.

Папоротники используют как декоративные растения. Отвары и настойки корневищ применяют в медицине как болеутоляющие, противовоспалительные, противоглистные средства, для лечения рахита, желудочных расстройств.

3.3.6. Семенные растения

Особенности жизненного цикла семенных растений

У семенных растений в жизненном цикле присутствует спорообразование. Но споры семенных растений не рассеиваются в окружающую среду — из них прорастают гаметофиты прямо на породивших их растениях спорофитах. Из более мелких микроспор вырастают мужские гаметофиты, а из более крупных

мегаспор — женские. Они сильно упрощены — это группы клеток, фактически слившиеся со спорофитом в единое целое.

Мужской гаметофит — это *пыльца* (не вся целиком, а каждая пылинка в отдельности), женский — *семязачаток* (вернее, 7 клеток зародышевого мешка) (см. также «Цветок»). Все семенные растения, которые нас окружают, бесполое. Но их бесполое размножение скрыто от наших глаз, замаскировано половым размножением их потомков — гаметофитов.

Семя — это зародыш спорофита (образуется из зиготы и даёт начало взрослому растению), укрытый защитной оболочкой и снабжённый запасом питательных веществ.

Ещё одним преимуществом семенных растений является независимость при оплодотворении от условий внешней среды. Споровым растениям необходима капельно-жидкая среда. Семенные растения эту преграду преодолели. Их мужские половые клетки — *спермии* — транспортируются в составе пыльцы по воздуху. А через ткани спорофита (внутри которого находится женский гаметофит с яйцеклеткой) они проходят по пыльцевой трубке (её образует одна из вспомогательных клеток пыльцы).

Характеристика отдела Голосеменные

Голосеменные — это семенные растения, не имеющие настоящих цветков и плодов. Их семена — «голые», они открыто лежат на чешуях женских шишек.

Особенности строения и размножения. Шишки — это спороносные колоски (стробилы). На них формируются споры, из которых развиваются гаметофиты (пыльца — в мужских шишках, а зародышевые мешки — в женских). В женских шишках происходит оплодотворение (образование зиготы) и формирование семян (рис. 3.15).

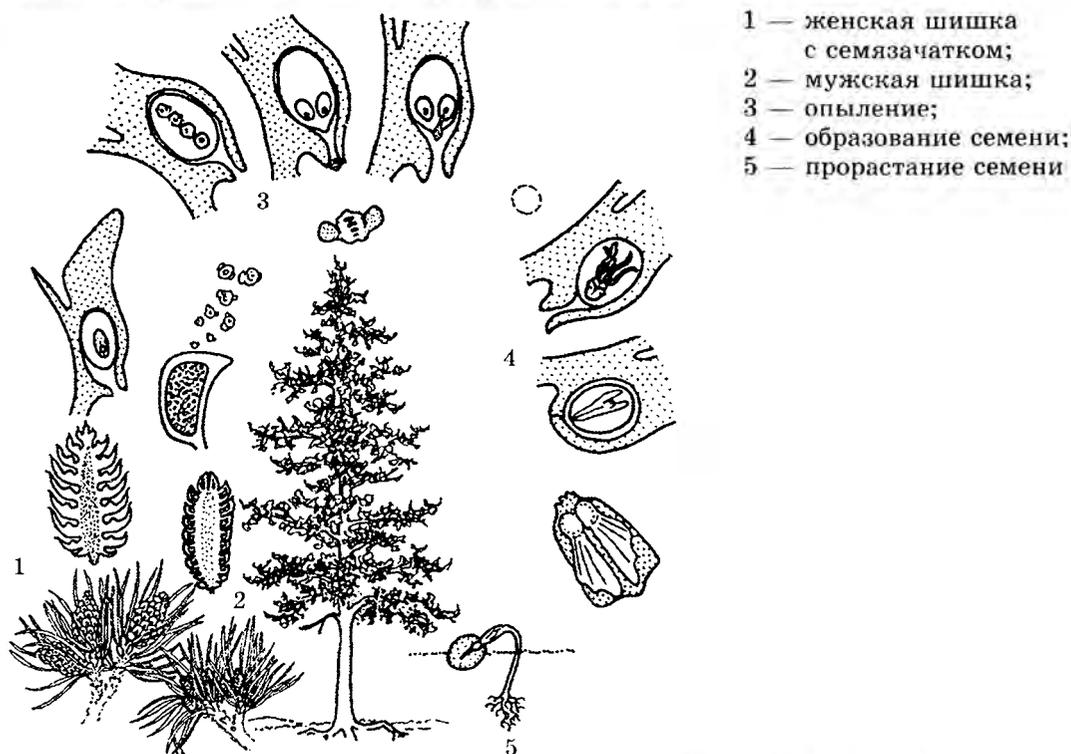
Стебель голосеменных нарастает в толщину за счёт камбия. Большая часть его толщины приходится на древесину (ксилему). Примечательно, что настоящих сосудов (трахей) в ксилеме нет. Вода транспортируется по *трахеидам* — отдельным веретенообразным клеткам, соединяющимся своими концами.

Разнообразие голосеменных довольно велико. Тропические *саговники* напоминают пальмы, но с гигантской (до 1—2 м) шишкой на верхушке. *Гинкго двулопастный* — высокое (до 30 м) дерево, его семена имеют мясистый придаток серебристо-оранжевого цвета. *Вельвичия удивительная* выглядит как небольшой пенёк, от вершины которого отходят два лентовидных листа огромных размеров (до 9—10 м), изорванные на полоски ветром. Американские *секвойи* (в том числе *мамонтво дерево*) — долгожители (достигают возраста до 3—4 тыс. лет). Это одни из самых высоких современных деревьев (до 120 м).

Самая многочисленная группа голосеменных — *хвойные* (около 560 видов). Деревья и кустарники особенно широко распространены в умеренных и полярных зонах. Своё название эти растения получили за *хвою* — жёсткие игловидные, реже чешуйчатые (у можжевельника, туи) листья с плотной кутикулой и погружёнными вглубь устьицами (для уменьшения испарения воды). Как правило, это вечнозелёные растения, но некоторые из них, например лиственницы, сбрасывают хвою на зиму.

Корневая система хвойных обычно стержневая. Короткие боковые корни образуют микоризу. В коре и древесине есть *смоляные ходы* — каналы для

межклетников, заполненных эфирными маслами и смолой, которые защищают растение от проникновения микроорганизмов и насекомых.



- 1 — женская шишка с семязачатком;
- 2 — мужская шишка;
- 3 — опыление;
- 4 — образование семени;
- 5 — прорастание семени

Рис. 3.15. Схема жизненного цикла голосеменного растения (на примере сосны обыкновенной)

Хвойные леса покрывают огромную территорию суши. Это своего рода «лёгкие планеты». Флора и фауна хвойных лесов беднее, чем в лиственных. Одной из причин тому являются выделяемые хвойными особые вещества — *фитонциды*, которые обладают не только антибактериальным действием, но и угнетают рост других растений.

Хвойные широко используются в хозяйственной деятельности человека. Древесина используется как строительный материал, для изготовления мебели и производства бумаги; часто её используют как топливо. Из хвои получают каротин и витамин С. Смола используется для получения скипидара и камфары, лаков, канифоли, сургуча. Семена сосны сибирской (кедровые орешки) используются в пищу, из них также получают пищевое масло. Шишки можжевельника применяют в качестве лекарственного средства. Многие хвойные культивируют как декоративные растения и выращивают в парках и скверах.

Общая характеристика Покрытосеменных, или Цветковых

Покрытосеменные, или цветковые — это наиболее распространённая группа растений, количество видов — около 350 000.

Цветковые доминируют во всех наземных экосистемах (кроме тайги). Они образуют основную массу растительного вещества биосферы и являются важнейшими продуцентами органики на суше. Это довольно молодая и наиболее

высокоорганизованная группа среди растений, обладающая большой эволюционной гибкостью и большими возможностями приспособления к различным условиям среды. Некоторые виды освоили пресные и морские воды. Небольшое количество видов лишены хлорофилла и являются сапрофитами (подъельник) или паразитами (повилика).

Особенности покрытосеменных растений, обусловившие их процветание:

1. Максимальная редукция (упрощение строения) гаметофитов, полностью отсутствуют архегонии и антеридии.

2. Наличие особого генеративного органа — *цветка* (см. «Цветок»), гомологичного стробилам голосеменных; специальные приспособления позволяют «использовать» для опыления различных животных (насекомых, птиц, летучих мышей и др.), а также потоки воздуха и воды.

3. Процесс полового размножения сопровождается *двойным оплодотворением*, в результате чего образуется диплоидная зигота и закладывается триплоидная питательная ткань — *эндосперм*.

4. Семязачатки защищены стенками *завязи* (отсюда и название — покрытосеменные); расселение осуществляется при помощи семени, расположенного внутри плода, помогающего распространять семена.

5. Вегетативные органы достигают наибольшей сложности и разнообразия.

6. Хорошо развита проводящая система (см. «Ткани растений»), у большинства ксилема представлена сосудами, а не трахеидами; ситовидные элементы флоэмы имеют клетки-спутницы.

7. Фотосинтезирующий аппарат устойчив к действию прямых лучей света и позволяет заселять открытые, сильно освещённые места.

8. Большое разнообразие жизненных форм — древесные, полудревесные, травянистые и др., для некоторых характерно быстрое протекание процессов развития и роста (однолетние формы и эфемеры).

9. Могут образовывать сложные многоярусные сообщества.

Основываясь на строении цветка, а также на количестве семядолей выделяют *однодольные* и *двудольные* растения. Основные различия между представителями этих классов представлены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Признаки	Двудольные	Однодольные
Листья	С сетчатым жилкованием	С параллельным или дуговым жилкованием
	Разделены на пластинку и черешок	Ланцетовидные, не расчленены на черешок и пластинку, часто с влагалищем
	Опадающие	Неопадающие (отделительный слой не развивается)
Проводящие пучки	Расположены кольцами	Расположены почти равномерно
	Содержат камбий, поэтому могут вторично нарастать	Обычно без камбия

Признаки	Двудольные	Однодольные
Корневая система	Стержневая (первичный корень сохраняется в виде центрального стержневого корня, от которого отходят вторичные корни)	Мочковатая (придаточные корни, отходящие от основания стебля, не отличаются от первичного корня)
Семя	У зародыша две семядоли. Почечка занимает верхушечное положение	У зародыша одна семядоля. Почечка располагается сбоку
Цветок	Число частей в основном кратно 4 и 5	Число частей кратно 3
	В околоцветнике отчётливо различимы чашелистики и лепестки (разделение на чашечку и венчик)	Части околоцветника одинаковые, нет явного деления на чашечку и венчик
	Чаще всего опыляются насекомыми	Чаще всего опыляются ветром
Жизненные формы	Все жизненные формы	В основном травянистые растения, реже древесные формы. Есть также луковичные формы

Двудольные считаются более древней группой. Однодольные же произошли от примитивных двудольных и развивались параллельно с ними.

Класс Двудольные

К этому классу относится около 2/3 всех видов цветковых растений. Характеристики некоторых семейств рассмотрены в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Семейство, количество видов	Особенности строения вегетативных органов	Особенности строения генеративных органов	Представители
Крестоцветные, или Капустные, 3000 видов	Преимущественно однолетние и двулетние травы. Листья расположены очередно или образуют прикорневую розетку. Иногда образуют корнеплоды (редька, редис)	Цветки насекомоопыляемые, часто белого или жёлтого цвета. Имеют 4 чашелистика и 4 лепестка, расположенные крест-накрест, 2 короткие и 4 длинные тычинки, 1 пестик. Соцветие — кисть. Плод — стручок или стручочек	Капуста, репа, редька, редис, брюква, турнепс, рапс, горчица, сурепка, пастушья сумка

Семейство, количество видов	Особенности строения вегетативных органов	Особенности строения генеративных органов	Предста- вители
Розоцветные, 3000 видов	Представлены разными жиз- ненными фор- мами. Листья простые или сложные, распо- лагаются оче- редно и имеют прилистники	Цветки одиночные или собраны в соцветия: кисть, щиток, зонтик. Цветки имеют 5 лепест- ков, много тычинок, 1 или много пестиков. Плод — яблоко, ко- стянка, сборная костян- ка, орешек. У ложных ягод земляники и клуб- ники разрастается яр- кое и сочное цветоложе, в которое погружены мелкие плоды	Груша, рябина, черёмуха, шиповник, малина, боярыш- ник, зем- ляника
Бобовые, или Мотыльковые, 12000 видов	Одно- и много- летние травяни- стые растения, кустарники и деревья. Ли- стья очередные, с прилистни- ками, перисто- или пальчатос- ложные, реже простые	Цветки одиночные или собраны в соце- тия кисть или голов- ка. В строении имеют 5 сросшихся чашелис- тиков. Венчик состоит из 5 лепестков: верхний (парус), 2 боковых (вёсла), 2 сросшихся нижних (лодочка). Внутри лодочки находится 1 пестик, окружённый 10 ты- чинками (9 сросшихся, 1 свободная). Плод — боб	Горох, дон- ник, фа- соль, соя, чечевица, арахис, клевер
Паслёновые, 2000 видов	В основном травянистые растения. Листья простые, с цельной или изрезанной листовой пластинкой, без прилистни- ков	Цветки одиночные, правильной формы, име- ют 5 сросшихся чаше- листиков, 5 сросшихся лепестков, 5 тычинок, приросших к лепесткам, и 1 пестик. Плод — яго- да или коробочка	Томат, картофель, паслён, табак, петуния, белена

Семейство, количество видов	Особенности строения вегетативных органов	Особенности строения генеративных органов	Представители
Сложноцветные, или Астровые, 70 000 видов	В основном травы и полукустарники. Листья чаще простые, очередные либо супротивные, без прилистников, различные по форме, рассечённости и опушению	Цветки разного строения, собраны в соцветие корзинка. Чашечка не развивается или представлена щетинками, волосками. По форме венчика выделяют следующие виды цветков: <ul style="list-style-type: none"> • <i>трубчатые</i> (ромашка, бодяк) — 5 сросшихся лепестков венчика образуют длинную трубочку, чашечка представлена волосками, прирастающими к завязи, 5 тычинок срастаются в общую трубочку, а их свободные нити прикрепляются к трубке венчика, в центре находится пестик с раздвоенным рыльцем; • <i>воронковидные</i> (краевые цветки василька) — венчик имеет вид косо срезанной воронки с краевыми зубчиками, тычинки и пестик отсутствуют, служат для привлечения насекомых; • <i>настоящие язычковые</i> (одуванчик, осот) — венчик сростнолепестный в виде язычка с пятью зубчиками по краю (по количеству лепестков), 5 тычинок окружают 1 пестик; • <i>ложноязычковые</i> (краевые цветки подсолнечника и ромашки) — венчик в виде плоского язычка с тремя зубчиками, тычинки всегда отсутствуют, могут иметь пестик и тогда дают плоды. Плод — семянка 	Подсолнечник, астра, одуванчик, осот, пижма, хризантема, ромашка

Класс Однодольные

К однодольным относятся семейства, рассмотренные в табл. 3.9, а также пальмы, алоэ и агавы, многие околоводные растения (тростник, рогоз, камыш) и осоковые.

Таблица 3.9

Семейство, количество видов	Особенности строения вегетативных органов	Особенности строения генеративных органов	Представители
Лилейные, 4000 видов	Многолетние травянистые растения, часто с видоизменёнными подземными побегами (луковицами или корневищами). Листья крупные, цельные, по форме ланцетные или линейные	Цветки собраны в соцветия (зонтик, кисть) или одиночные, обычно крупные, ярко окрашенные. Цветок имеет 6 свободных или сросшихся лепестков (3 наружных и 3 внутренних), 6 тычинок, расположенных по 3 в два круга, и 1 пестик. Насекомо- или ветроопыляемые. Плод — ягода или коробочка	Лук, чеснок, лилия, ландыш, тюльпан
Луковые, около 650 видов	В основном травянистые многолетники, большинство которых имеют луковицу или корневище. Листья простые сидячие, по форме ланцетные или линейные, расположены поочередно	Цветки собраны в соцветие зонтик. Цветок имеет невзрачный околоцветник из 3 лепестков, 6 тычинок, расположенных в два круга, и 3 пестика. Насекомоопыляемые. Плод — коробочка, раскрывающаяся по гнёздам	Лук, нарцисс, чеснок
Злаковые, 10000 видов	Большинство являются травянистыми с узкими линейными листьями. Стебель — соломина, состоит из плотных узлов и полых междоузлий, закрытых влагалищем и плёнчатым выростом — <i>язычком</i> . Сильно развито подземное ветвление	Цветки невзрачные, ветроопыляемые, собраны в соцветия: сложный колос (пшеница), метёлка (просо), початок (кукуруза). Цветок имеет 2 колосковые и 2 цветковые (плёночные) чешуи, от 2 до 6 (иногда до 40) тычинок и 1 пестик с 2 перистыми рыльцами. Ветроопыляемые. Плод — зерновка	Пшеница, рожь, ячмень, овёс, кукуруза, рис, тимофеевка, овсянницы, мятлики

3.4. Царство Животные. Роль животных в природе, жизни человека и собственной деятельности

3.4.1. Зоология — наука о животных

Зоология как наука

Зоология — наука о животных, один из разделов биологии, изучающий разнообразие животного мира, строение и жизнедеятельность животных, их распространение, связь со средой обитания, закономерности индивидуального и исторического развития.

Зоология — один из древнейших разделов биологии: описания животных известны с древнейших времён. Родоначальником зоологии считают Аристотеля, который различал около 500 видов животных и сделал первую попытку их классификации.

По задачам исследования зоология делится на *морфологию животных* (изучает строение), *физиологию животных* (изучает процессы жизнедеятельности), *эмбриологию животных* (изучает индивидуальное развитие), *экологию животных* (изучает взаимоотношения животных с окружающей средой), *генетику животных* (изучает закономерности наследственности и изменчивости), *зоогеографию* (изучает особенности распространения животных), *палеозоологию* (изучает вымерших животных), *систематику животных* (изучает разнообразие).

По объекту исследования зоологию делят на *зоологию беспозвоночных* и *зоологию позвоночных*. Они, в свою очередь, делятся на более мелкие отрасли: *гельминтологию* (паразитические черви), *малакологию* (моллюски), *карцинологию* (ракообразные), *энтомологию* (насекомые), *ихтиологию* (рыбы), *герпетологию* (земноводные и пресмыкающиеся), *орнитологию* (птицы), *териологию* (млекопитающие) и т. д.

Зоология имеет важное теоретическое и практическое значение. Она тесно связана с медициной, сельским хозяйством, ветеринарией.

Общая характеристика царства Животные

Царство Животные — одно из царств живого мира, в настоящее время описано около 1,5 млн видов (вероятно, их в 2—3 раза больше). Животные — гетеротрофные организмы, т. е. они питаются готовыми органическими веществами, причём поглощают их фаготрофно (поглощая пищевые частички).

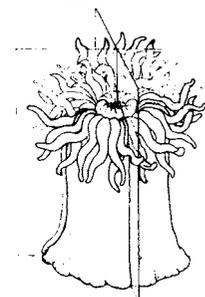
У многоклеточных животных происходит разделение функций между различными тканями и органами, образуются функциональные системы органов и высоко развиты системы регуляции. Клетка животных лишена клеточной стенки.

Для животных обычно характерна подвижность всего организма или отдельных его частей. Рост животных чаще всего ограниченный (они растут до определённого размера, а потом рост замедляется или останавливается).

Большинство многоклеточных животных характеризуется двумя типами симметрии (рис. 3.16). У животных с *лучевой (радиальной) симметрией* через тело можно провести несколько плоскостей симметрии. Это обычно сидячие, малоподвижные животные или животные, обитающие в толще воды. У *двусторонне (билатерально) симметричных* животных можно провести одну плоскость симметрии, разделяющую правую и левую половины тела. Это преимущественно подвижные животные.

Важной характеристикой многоклеточных животных является количество зародышевых листков — слоёв тела зародыша, дающих начало разным органам и тканям. По этому признаку многоклеточные животные делятся на *двухслойных*, которые имеют два зародышевых листка (эктодерму и энтодерму), и *трёхслойных*, имеющих также мезодерму.

К царству Животные принадлежит вид *Ното sapiens* (Человек разумный), представителями которого являются все населяющие Землю люди.



Радиальная



Билатеральная

Рис. 3.16. Типы симметрии животных

Разнообразие животных

Царство Животные — наиболее многочисленное царство живых организмов. Животные населяют все среды обитания: водную, воздушную, почвенную, а также другие организмы. Животные многих групп приобрели способность к полёту, однако они всё равно сохраняют связь с поверхностью земли или водоёмами. В почве обитает множество животных, некоторые из них участвуют в разложении отмершей органики и в почвообразовании. Отдельные виды и даже крупные систематические группы животных ведут паразитический образ жизни. Некоторые из них являются возбудителями паразитарных заболеваний человека, различных животных и растений. Ряд животных служит переносчиками возбудителей инфекционных заболеваний.

Наблюдаемое нами разнообразие животных возникло в ходе эволюции. На протяжении всей истории Землю населяли различные группы животных (многие вымерли, и сейчас мы можем судить о них лишь по ископаемым остаткам). Процессы видообразования и вымирания животных идут и в настоящее время. Особенно повлияло на вымирание животных усиливающееся воздействие человека на природу. Уже к 1600 г. по вине человека исчезло не менее 150 видов высших позвоночных. Ныне темпы исчезновения видов животных составляют, по некоторым оценкам, до одного вида в день.

3.4.2. Общая характеристика простейших

Простейшие, или одноклеточные — подцарство царства Животные. Насчитывается около 40 000 видов простейших.

Строение. Размеры простейших составляют обычно от 0,05 до 0,15 мм, однако некоторые из них могут достигать 6 см. Клетка — эукариотическая, иногда имеет очень сложное строение. На поверхности клетки могут располагаться панцирь или раковина, клетки обычно подвижны и имеют органы передвижения (реснички, жгутики, ложноножки). Простейшие — преимущественно гетеротрофные организмы: захваченные пищевые частички они переваривают в пищеварительных вакуолях (лизосомах).

Раздражимость. В ответ на действие определённых раздражителей (света, температуры, химических веществ и др.) простейшие могут проявлять двигательные реакции — *таксисы*, причём движение может быть направлено или к источнику стимуляции (*положительный таксис*), или от него (*отрицательный таксис*). Это проявление *раздражимости* — способности реагировать на изменения во внешней среде.

Размножение. Простейшие могут размножаться бесполом путём (делением клетки на две или более дочерних), а также половым, иногда чередуя эти способы на разных стадиях жизненного цикла. При половом размножении сливаются две гаметы (половые клетки), также к нему относится *конъюгация* — временное соединение двух обычных клеток, ведущее к обмену между ними наследственного материала. Жизненные циклы простейших весьма разнообразны и иногда очень сложны: могут включать несколько поколений с различными типами размножения, у паразитических простейших — иногда со сменой хозяев. Неблагоприятные условия простейшие переносят в виде *цисты* — покоящейся клетки, покрытой плотной оболочкой. При наступлении благоприятных условий клетка опять переходит в активное состояние.

Разнообразие в природе. Простейшие — очень разнородная группа организмов, они не обладают единым планом строения и в целом характеризуются больше различиями, чем единством. В связи с этим подцарство Простейшие делят на несколько типов (табл. 3.10).

Таблица 3.10

Тип, количество видов	Класс	Особенности	Представители
Саркомастигофоры (Саркожгутиковые), 15 000	Саркодовые	Покрываются плазмалеммой, не имеют плотной оболочки. Форма тела непостоянна. Образуют ложноножки. Некоторые имеют раковины или внутренний скелет	Амёба протей, дизентерийная амёба, радиолярии, форамениферы
	Жгутиковые	Имеют один или несколько жгутиков. Растительные — автотрофы, животные — гетеротрофы	Эвглена зелёная, трипаносомы, лейшмании

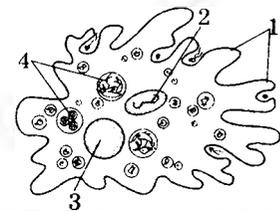
Тип, количество видов	Класс	Особенности	Представители
Споровики, 3500		Имеют сложные жизненные циклы с чередованием полового и бесполого размножения	Малярийный плазмодий
Инфузории, 7500		Покрывают ресничками и пелликулой. Обычно два ядра	Инфузория-туфелька

Далее рассмотрим в общих чертах типичных представителей каждого типа.

Амёба-протей (рис. 3.17) — микроскопическое животное, населяющее пресные водоёмы и почву. Передвигается при помощи ложноножек, «перетекая» с одного места на другое (амебоидное движение), со скоростью около 1 см в час. Питается бактериями, одноклеточными водорослями, мелкими простейшими. Амёбы размножаются делением надвое. При неблагоприятных условиях образуют цисты.

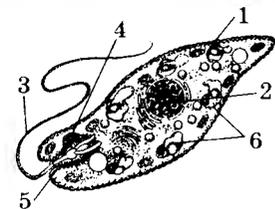
Эвглена зелёная (рис. 3.18) имеет веретенообразную клетку длиной 0,05—0,2 мм, форма которой поддерживается благодаря упругой оболочке. На переднем конце есть углубление (глотка), из которого выходят два жгутика: короткий и длинный. С помощью длинного жгутика эвглена перемещается, «ввинчивается» в воду. В клетке есть крупные хроматофоры (хлоропласты), содержащие хлорофилл, поэтому она может питаться автотрофно (фотосинтезировать). При длительном содержании эвглены в темноте она переходит к гетеротрофному питанию. Такой смешанный тип питания называется *миксотрофным*. Размножается эвглена делением надвое. При неблагоприятных условиях образует цисту.

Малярийный плазмодий (рис. 3.19) вызывает опасную болезнь — малярию. Это заболевание чаще встречается во влажных и тёплых регионах Земли. Для малярии характерны периодически повторяющиеся (раз в три—четыре дня) приступы лихорадки с высокой температурой; болезнь постепенно обессиливает человека и может привести к смерти. Переносчик малярийного плазмодия — малярийный комар.



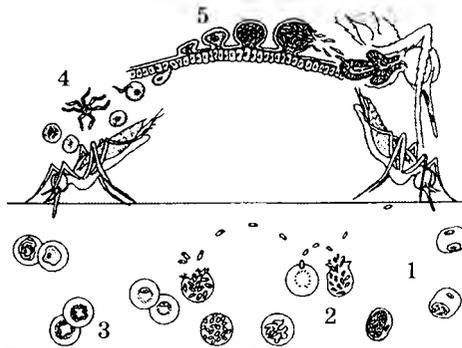
- 1 — ложноножки;
- 2 — ядро;
- 3 — сократительная вакуоль;
- 4 — пищеварительные вакуоли

Рис. 3.17. Амёба-протей



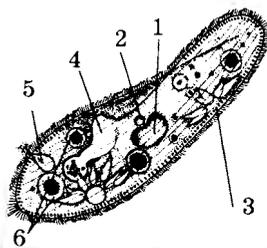
- 1 — пелликула;
- 2 — ядро;
- 3 — жгутик;
- 4 — «глазок»;
- 5 — клеточный рот;
- 6 — хлоропласты

Рис. 3.18. Эвглена зелёная



- 1 — бесполое размножение в клетках печени;
 2 — бесполое размножение в эритроцитах;
 3 — образование половых клеток;
 4 — оплодотворение; 5 — развитие новых плазмодиев

Рис. 3.19. Жизненный цикл малярийного плазмодия



- 1 — вегетативное ядро;
 2 — генеративное ядро;
 3 — сократительные вакуоли;
 4 — клеточная глотка;
 5 — порошица;
 6 — пищеварительные вакуоли

Рис. 3.20. Инфузория-туфелька

Характерная форма инфузории-туфельки (рис. 3.20) поддерживается благодаря упругой *пелликуле*. Снаружи инфузория покрыта множеством (10—20 тысяч) подвижных ресничек, слаженная работа которых продвигает инфузорию вперёд со скоростью 2—4 мм в секунду. Движением ресничек управляют сократительные нити. Между ними под плазмалеммой располагаются *трихоцисты* — органеллы, которые могут выстреливаться наружу, превращаясь в ядовитую тонкую нить. Питается инфузория-туфелька бактериями, одноклеточными водорослями, загоняя их при помощи ресничек в клеточный рот. Пищеварительные вакуоли перемещаются в цитоплазме по определённому пути, который заканчивается в порошице. В цитоплазме есть две сократительные вакуоли, состоящие из резервуара и 5—7 приводящих каналцев. Жидкие

продукты и вода из цитоплазмы поступают в приводящие каналцы, при их одновременном сокращении попадают в резервуар, а при его сокращении выбрасываются наружу. Клетка инфузории-туфельки содержит два ядра: крупное вегетативное с многократно умноженным набором хромосом, регулирующие процессы обмена веществ и движения, и более мелкое генеративное с диплоидным набором хромосом, участвующее в половом процессе.

3.4.3. Тип Кишечнополостные

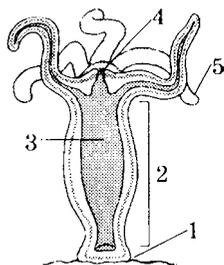
Кишечнополостные — самые древние и примитивно организованные животные из многоклеточных. Сейчас известно примерно 9000 видов.

Краткая характеристика кишечнополостных представлена в табл. 3.11.

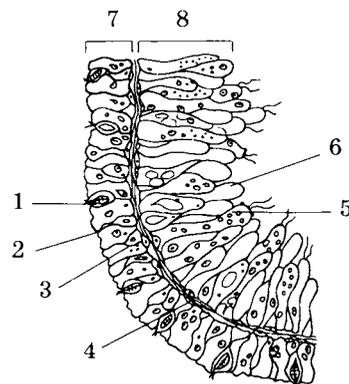
Тип, количество видов	Особенности	Класс, количество видов	Особенности	Представители
Кишечно-полостные, более 10000	Радиальная (лучевая) симметрия. Двуслойные: <i>эктодерма</i> (наружный слой) и <i>энтодерма</i> (внутренний слой). Тело бокаловидное. Формы — прикрепленный полип, плавающая медуза. Характерны стрекательные клетки	Гидроидные, 3000	Чередование медуз и полипов, иногда одна из стадий теряется	Гидра, физалия (португальский кораблик)
		Сцифоидные, 200	Почти все морские. Преобладают медузы, тело которых напоминает зонтик	Аурелия, корнерот, цианея
		Коралловые полипы, 6000	Морские, чаще колониальные, полипы	Конская актиния, благородный коралл

Далее рассмотрим более детально типичных представителей типа Кишечно-полостные.

Гидра — небольшой полип (до 3 см), обитающий на водных растениях. На одном конце тела расположен рот, окруженный 4—20 длинными щупальцами, на другом — подошва, которой гидра прикрепляется к субстрату. Гидра способна передвигаться, «шагая» через голову. Стадия медузы у гидр отсутствует. Летом гидра размножается почкованием, а осенью, с наступлением неблагоприятных условий, переходит к половому размножению. В половых железах (яичниках и семенниках) формируются половые клетки, образующие зиготу, которая покрывается плотными оболочками и зимует. Весной зигота развивается в молодую гидру.



1 — подошва;
2 — стебелёк (тело);
3 — кишечная полость;
4 — рот; 5 — щупальца
Рис. 3.21. Схема строения гидры



1 — стрекательная клетка;
2 — эпителиально-мускульная клетка;
3 — промежуточная клетка; 4 — мезоглея;
5 — пищеварительная клетка; 6 — железистая клетка; 7 — эктодерма; 8 — энтодерма
Рис. 3.22. Клеточное строение стенки тела гидры

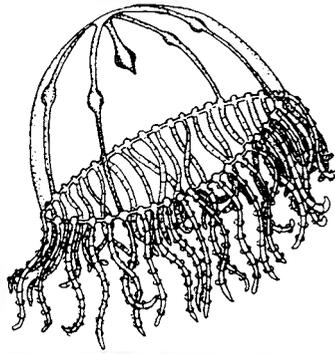
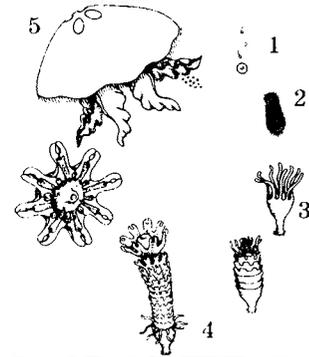


Рис. 3.23. Сцифоидная медуза обелия



- 1 — оплодотворение;
2 — личинка; 3 — полип;
4 — деление полипа;
5 — взрослая медуза

Рис. 3.24. Жизненный цикл медузы аурелии

Коралловые полипы, или кораллы. В тёплых тропических морях широко распространены богатые видами подводные экосистемы — коралловые рифы, основу которых составляют кораллы с мощным известковым скелетом. Рифообразующие кораллы растут только на небольшой глубине, так как живущим внутри них одноклеточным водорослям необходим солнечный свет. Кораллы обеспечивают водоросли пристанищем и углекислым газом, а водоросли дают им кислород и питательными вещества. Типичное место развития рифов — мелководье близ островов, где со временем образуется береговой риф. При опускании острова и поднятии уровня воды (происходящих за счёт геологических процессов) кораллы постоянно достраивают свои колонии до поверхности воды, и береговой риф превращается в барьерный. Если остров полностью исчезает под водой, образуется *атолл* — коралловый остров.

3.4.4. Плоские, круглые и кольчатые черви

Черви — широко распространённые в природе животные, среди которых есть как свободноживущие, так и паразитические.

Строение. Черви, как и все следующие типы животных, — трёхслойные животные. В процессе их эмбрионального развития закладывается не два, а три зародышевых листка (слоя) — *экто-*, *энто-* и *мезодерма*. Мезодерма формирует замкнутый целомический эпителий, внутри которого образуется вторичная полость — *целом*. Большинство червей — билатерально (двустороннесимметричные) животные, тело которых состоит из симметричной правой и левой половин. Круглые черви имеют первичную полость тела и сквзную пищеварительную систему с анальным отверстием. Кольчатые черви приобрели вторичную полость, сегментированное тело и замкнутую кровеносную систему. Первичная полость тела образуется как просвет между покровами и пищеварительной системой, а вторичная является производной мезодермы.

Краткая характеристика типа приведена в табл. 3.12.

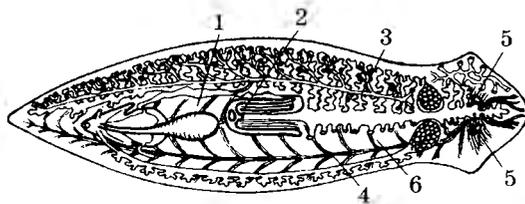
Таблица 3.12

Тип, количество видов	Особенности	Класс, количество видов	Особенности	Представители
Плоские черви, 18500	Кожно-мускульный мешок. Слепозамкнутая пищеварительная система. Гермафродиты. Нервная система — продольные стволы	Ресничные черви, 3000	Свободноживущие хищные черви	Планария (рис. 3.25)
		Сосальщики, 10000	Паразиты листовидной формы, удерживаются в тканях с помощью присосок	Печёночный сосальщик (рис. 3.26)
		Ленточные черви, 3500	Кишечные паразиты без своей пищеварительной системы. Тело длинное, состоит из отдельных члеников	Бычий цепень (рис. 3.27), свиной цепень, эхинококк
Первичнополостные, примерно 20 000	Тело веретенообразное, покрыто плотной кутикулой. Растут, периодически линяя. Первичная полость тела заполнена жидкостью под давлением. Пищеварительная система — трубка с анальным отверстием. Раздельнополые. Нервная система — околوجلочное кольцо, продольные нервные стволы (рис. 3.28)	Круглые черви, или Нематоды	Свободноживущие (почвенные), паразиты растений и животных	Человеческая аскарида, острица, стеблевая нематода картофеля, свекловичная нематода

Тип, количество видов	Особенности	Класс, количество видов	Особенности	Представители
Кольчатые черви, 12 000	Тело поделено на кольцеобразные сегменты. Кожно-мускульный мешок. Вторичная полость тела. Замкнутая кровеносная система. Сквозная пищеварительная система. Нервная система — окологлоточное кольцо и брюшная нервная цепочка (рис. 3.30, 3.31)	Многощетинковые черви, 8 000	На сегментах находятся <i>параподии</i> — органы движения. Морские, свободноживущие. Раздельнополые, развитие с личинкой	Нереис, пескожил
		Малощетинковые черви, 3 500	Почвенные и пресноводные, <i>параподий</i> нет, есть щетинки. Гермафродиты, развитие прямое	Дождевые черви, трубочники
		Пиявки, 500	Уплощённые хищники и наружные паразиты, с присосками на концах тела. Гермафродиты, развитие прямое	Медицинская пиявка, большая ложноконская пиявка

Далее приведём более подробную характеристику представителей этих типов.

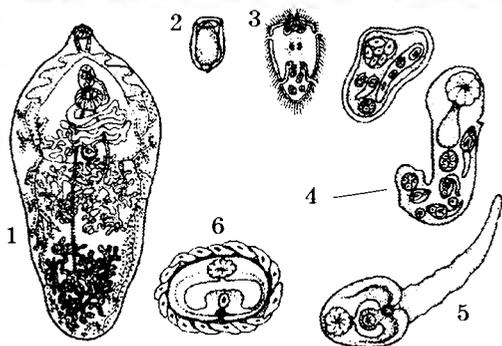
Печёночный сосальщик (рис. 3.26) обитает в жёлчных протоках печени крупного и мелкого рогатого скота (окончательные хозяева), питаясь жёлчью и кровью. Он может приводить к закупорке жёлчных протоков, сопровождающейся жаром, болью, желтухой, расстройствами пищеварения. Больные животные становятся вялыми, худеют, особенно опасно заражение этим паразитом для молодняка. Взрослый червь производит огромное количество яиц, которые выводятся наружу с калом. Если яйцо попадает в воду, из него выходит ресничная личинка, проникающая в промежуточного хозяина — улитку малого прудовика. В прудовике происходит развитие личинки и смена двух поколений паразита, размножающихся без оплодотворения (партеногенетически). Третье поколение (хвостатые личинки) снова оказывается в воде. Личинки прикрепляются к прибрежным растениям и покрываются оболочкой. Скот проглатывает личинок сосальщика с травой. Личинка выходит из оболочки и проникает в печень животного, где превращается во взрослого паразита. Употребляя сырую воду из естественных водоёмов или растения с заливных лугов, этим паразитом может заразиться и человек (а вот съев печень, поражённую сосальщиком, заразиться нельзя).



- 1 — рот;
- 2 — глотка;
- 3 — ветвь кишечника;
- 4 — выделительная система;
- 5 — надглоточные нервные узлы;
- 6 — нервный столб

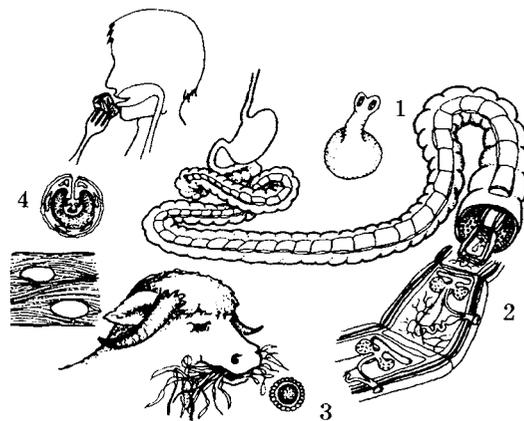
Рис. 3.25. Внутреннее строение планарии

Крупный (длиной 4—10 м) бычий цепень живёт в кишечнике плотоядных животных, в том числе и человека, прикрепляясь четырьмя присосками. Бычий цепень вызывает тошноту, рвоту, боли в животе, неустойчивый стул; отравление выделениями этого паразита вызывает раздражительность, бессонницу, нервные припадки. Взрослый червь ежедневно производит до 5 млн яиц, которые в составе зрелых члеников выделяются во внешнюю среду. Яйца, попавшие на траву, может съесть промежуточный хозяин — корова. В её кишечнике из яйца выходит личинка, которая просверливает стенку кишечника и с током крови проникает в другие органы (обычно в печень или мышцы). Там она превращается в финну (пузырь с головкой цепня внутри), которая сохраняет жизнеспособность в течение нескольких лет. Заражение человека происходит при поедании недостаточно проваренной или прожаренной говядины с жизнеспособными финнами. В кишечнике человека оболочка финны растворяется, головка выворачивается и прикрепляется присосками к слизистой оболочке кишечника. После этого цепень начинает расти, образуя новые членики (рис. 3.27).



- 1 — взрослый сосальщик;
- 2 — яйцо; 3 — личинка с ресничками;
- 4 — стадии развития в моллюске;
- 5 — хвостатая личинка у воды;
- 6 — личинка в защитной оболочке на траве

Рис. 3.26. Жизненный цикл печёночного сосальщика

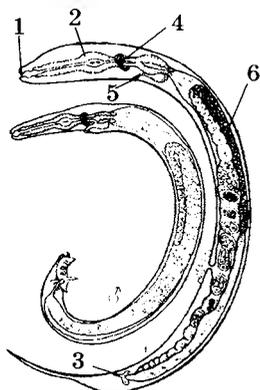


- 1 — выход червя из финны в кишечнике;
- 2 — зрелые членики; 3 — яйцо;
- 4 — финна в мышцах животных

Рис. 3.27. Жизненный цикл ленточного червя

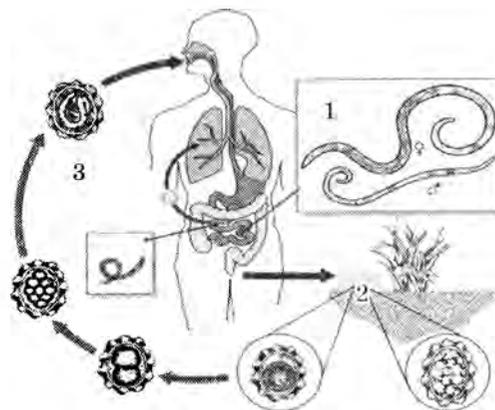
Аскарида человеческая (рис. 3.29) обитает в тонком кишечнике, питается полупереваренной пищей. Длина самки — 20—40 см, самца — 15—20 см. Жизненный цикл проходит без смены хозяев. Самки откладывают яйца (до 240 тыс. в сутки), попадающие в окружающую среду вместе с калом. Заразиться можно, если съесть немытые овощи и фрукты или выпить грязной воды. Личинки, вышедшие из попавших в организм яиц, внедряются в кровяное русло и с током крови мигрируют

в лёгкие, минуя печень и сердце. Здесь они развиваются до определённого уровня и только потом мигрируют обратно в кишечник, где и живут около года во взрослом состоянии. Симптомы заражения аскаридой — боль в животе, ухудшение аппетита, отравление выделениями червей. Для профилактики заражения аскаридами необходимо придерживаться гигиенических правил: тщательно мыть руки, фрукты и овощи, бороться с мухами и тараканами, переносящими на себе яйца аскарид.



- 1 — рот; 2 — кишечник;
3 — анальное отверстие;
4 — окологлоточное нервное кольцо;
5 — выделительное отверстие;
6 — половая система

Рис. 3.28. Внутреннее строение круглых червей

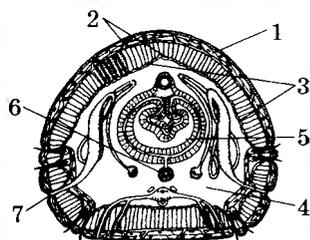


- 1 — взрослые черви в тонком кишечнике;
2 — яйца;
3 — развитие личинки в яйце

Рис. 3.29. Жизненный цикл аскариды человеческой

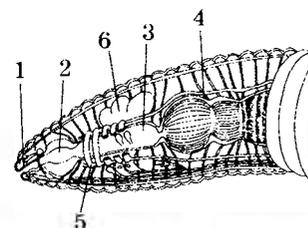
Острица — мелкий червь (длиной 3—10 мм), чаще паразитирующий у детей. Острицы живут в кишечнике и питаются обитающими там бактериями. Самки остриц откладывают яйца вокруг анального отверстия; это вызывает зуд, заставляющий человека расчёсывать участок вблизи заднего прохода. Яйца могут попасть на руки, а затем — на пищу или в рот. Даже без лечения острицы гибнут в течение 39 дней, однако несоблюдение правил личной гигиены может привести к повторному заражению.

Типичным представителем кольчатых червей является **дождевой червь**, строение которого показано на рис. 3.30 и 3.31.



- 1 — кутикула; 2 — мышцы; 3 — эпителий;
4 — вторичная полость тела; 5 — кишка;
6 — кровеносные сосуды; 7 — метанефридии

Рис. 3.30. Внутреннее строение кольчатого червя (поперечный срез)



- 1 — рот; 2 — глотка; 3 — пищевод;
4 — желудок; 5 — кровеносные сосуды;
6 — половые железы

Рис. 3.31. Внутреннее строение кольчатого червя (продольный разрез)

3.4.5. Тип Членистоногие

Членистоногие — самый многочисленный тип животных, насчитывает около 1,5 млн видов.

Внешнее строение. Животные мелких и средних размеров, водные и сухопутные. Тело двусторонне-симметричное, сегментированное; сегменты тела несут по одной паре членистых конечностей (откуда и происходит название типа). Сегменты тела неодинаковы и сгруппированы в отделы.

Наиболее типично подразделение тела на *голову, грудь и брюшко*. Голова служит для приёма пищи; на ней расположена также большая часть органов чувств. Конечности головы видоизменены и преобразованы в ротовые придатки. У ряда членистоногих в процессе питания принимают участие также конечности грудного отдела, однако в основном грудь снабжена *ногами* — конечностями для передвижения. Брюшко содержит основную часть внутренних органов; его конечности утрачены или же преобразованы в разного рода придатки. Возможны и иные варианты деления тела на отделы (например, слияние головы и груди в единую головогрудь).

Снаружи тело покрыто плотной хитиновой *кутикулой*, выполняющей защитную функцию и одновременно служащей наружным скелетом. Плотные участки покровов закономерно чередуются с эластичными, что обеспечивает животному гибкость и подвижность. Прочный наружный скелет препятствует росту, поэтому рост возможен только путём периодических линек со сбрасыванием старой и образованием новой кутикулы. Кожно-мускульного мешка нет. Напротив, мышцы образуют пучки, объединяющиеся в отдельные функциональные группы (мышцы конечностей, мышцы ротового аппарата и др.), крепящиеся к обращённым внутрь выростам наружного скелета.

Кровеносная система незамкнутая (кровь из кровеносных сосудов изливается в полость тела и смешивается с полостной жидкостью). Движение крови обеспечивает пульсирующий орган — трубчатое *сердце*; кровь попадает в него через отверстия в стенке — *остии*. Жидкость, циркулирующую в кровеносной системе и состоящую из клеток крови и полостной жидкости, называют *гемолимфой*.

Дыхание. Газообмен самых мелких форм осуществляется через поверхность тела. У более крупных имеются специальные органы дыхания: *жабры* (у водных), *лёгочные мешки* или воздухоносные трубочки — *трахеи* (у наземных).

Нервная система представлена *брюшной нервной цепочкой*, ганглии которой часто сливаются между собой, образуя крупные нервные узлы. Передний из них, находящийся в голове, называют *головным мозгом*. Остальные узлы в какой-то мере подчинены ему, однако сохраняют значительную самостоятельность.

Органы чувств удивительно разнообразны. Это чувствительные *волоски* (механо- и хеморецепторы), *усики* (антенны), *глаза* (простые глазки и сложные фасеточные глаза, состоящие из множества глазков), различные *органы слуха* и др.

Гормоны, вырабатываемые **железами внутренней секреции**, регулируют рост, развитие, линьку, размножение и другие процессы жизнедеятельности.

Размножение. Большинство членистоногих раздельнополы, часто выражен половой диморфизм. Оплодотворение чаще внутреннее. Развитие обычно с превращением; личинка может сильно отличаться от взрослой особи по строению и образу жизни.

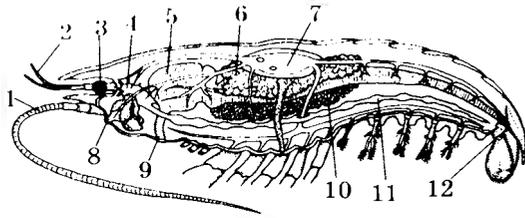


Рис. 3.32. Внутреннее строение ракообразного

- 1 — антенна; 2 — антеннула;
- 3 — глаз; 4 — головной мозг;
- 5 — желудок; 6 — печень;
- 7 — сердце;
- 8 — почка (зелёная железа);
- 9 — рот;
- 10 — половая железа;
- 11 — брюшная нервная цепочка;
- 12 — анальное отверстие

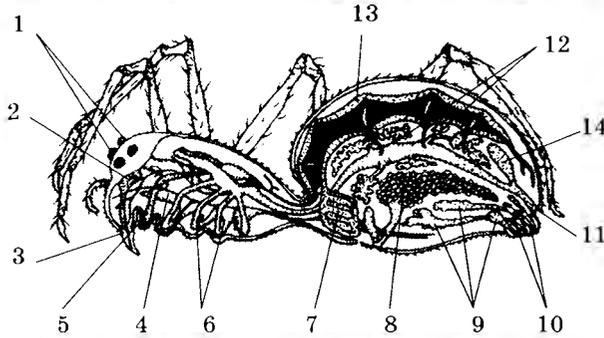


Рис. 3.33. Внутреннее строение паука

- 1 — глазки;
- 2 — ядовитая железа;
- 3 — хелицера;
- 4 — головной мозг;
- 5 — рот;
- 6 — выросты средней кишки;
- 7 — лёгкое;
- 8 — яичник;
- 9 — паутинные железы;
- 10 — паутинные бородавки;
- 11 — анальное отверстие;
- 12 — печень;
- 13 — сердце;
- 14 — мальпигиевы сосуды

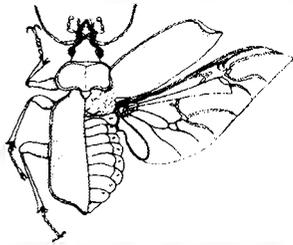
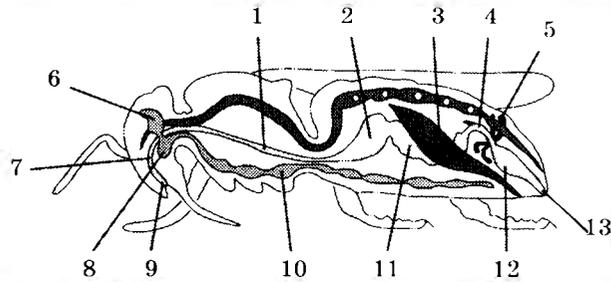


Рис. 3.34. Строение тела насекомого (на примере жука-красотела)



- 1 — пищевод; 2 — желудок; 3 — яичник; 4 — задняя кишка;
- 5 — мальпигиевы сосуды; 6 — надглоточный нервный узел;
- 7 — глотка; 8 — подглоточный нервный узел; 9 — рот;
- 10 — брюшная нервная цепочка; 11 — средняя кишка;
- 12 — задняя кишка; 13 — анальное отверстие

Рис. 3.35. Внутреннее строение насекомого

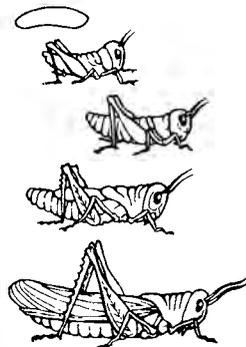


Рис. 3.36. Развитие с неполным превращением

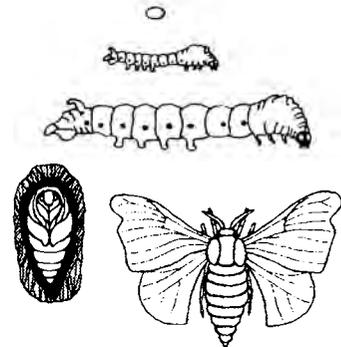


Рис. 3.37. Развитие с полным превращением

Характеристика основных классов приведена в табл. 3.13.

Таблица 3.13

Класс, количество видов	Особенности	Отряд, количество видов	Особенности	Представители
Ракообразные, 45 000	В основном водные животные. Тело разделено на голову, грудь и брюшко. Имеют 2 пары усиков, 3 пары челюстей, ногочелюсти, ноги (рис. 3.32)	Ветвистоусые, 400	Планктонные фильтраторы. Тело защищено карапаксом в виде двустворчатой раковины. Плавают, взмахивая ветвистыми антеннами	Дафнии
		Десятиногие, 10 000	Имеют 5 пар ног, передняя — часто с клешнями. Голова и грудь прикрыта карапаксом	Речной рак, крабы, креветки
Паукообразные, 75 000	Тело состоит из головогруды и брюшка. Усиков нет. На головогруды 6 пар конечностей: хелицеры, педипальпы и 4 пары ходильных ног (рис. 3.33)	Клещи, 30 000	Туловище часто цельное, хелицеры грызущие или сосущие. Мелкие, свободноживущие и паразиты	Иксодовый клещ, чесоточный зудень
		Пауки, 36 000	Хищники. Наружное пищеварение, паутинные железы	Паук-крестовик
Насекомые, 1 500 000	Голова, грудь, брюшко. Есть 1 пара усиков. На груди 3 пары ног (и обычно 2 пары крыльев). Органы дыхания — трахеи; выделения — мальпигиевы сосуды. (рис. 3.34, 3.35) Раздельнополы. Развитие с <i>неполным превращением</i> (яйцо — личинка — имаго) или с <i>полным превращением</i> (яйцо — личинка — куколка — имаго)	Прямokрылые, 20 000	Неполное превращение. Грызущий ротовой аппарат. Задние ноги — прыгательные. Надкрылья кожистые, задние крылья веерообразно сложены под ними	Кузнечики, саранча, сверчки
		Полужесткокрылые (клопы), 35 000	Неполное превращение. Колюще-сосущий хоботок. Полунадкрылья, под ними сложены задние крылья	Постельный клоп, клопы-черепашки, водомерки
		Вши, 300	Неполное превращение. Колюще-сосущий ротовой аппарат. Тело сплющено в спиннобрюшном направлении, крыльев нет	Головная, платяная и лобковая вши

Класс, количество видов	Особенности	Отряд, количество видов	Особенности	Представители
Насекомые, 1 500 000		Жесткокрылые (жуки), 350 000	Полное превращение. Грызущий ротовой аппарат. Жёсткие надкрылья, под ними сложены задние крылья, служащие для полёта	Жук-олень, колорадский жук, жужелицы, навозники, плавунцы
		Чешуекрылые (бабочки), 160 000	Полное превращение, личинка — гусеница. Две пары крыльев покрыты чешуйками, образующими узор	Капустница, тутовый шелкопряд, моли
		Перепончатокрылые, 200 000	Полное превращение. Ротовой аппарат — грызуще-лижущий. Задние крылья меньше передних	Пчёлы, осы, муравьи, наездники
		Двукрылые, 100 000	Полное превращение. Сохраняются только передние крылья, задние — жужжальца. Лижущий или колюще-сосущий ротовой аппарат	Домовая муха, дрозofiла, слепни, комары
		Блохи, 2 000	Полное превращение. Сжатое с боков тело, прыгательные задние ноги. Наружные паразиты	Человеческая блоха, кошачья блоха

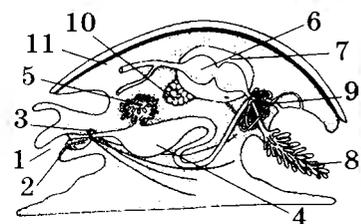
3.4.6. Тип Моллюски

Моллюски — один из немногих типов, успешно освоивших и воду, и сушу. Они насчитывают около 100 000 видов.

Внешнее и внутреннее строение (рис. 3.38). В типичном случае имеют три отдела тела: *туловище, голову и ногу*. Рот и большинство органов чувств находятся на голове (у двустворчатых она отсутствует). Мускулистая нога служит для передвижения (плавания или ползания); у головоногих она превращена в особый орган передвижения — *воронку и щупальца*. Все внутренние органы моллюска расположены в туловище, покрытом особой кожной складкой — *мантией*. Между мантией и туловищем находится *мантийная полость*, в которой располагаются органы дыхания, некоторые органы чувств, открываются наружные отверстия половых и выделительных органов, а также анальное отверстие. Клетки мантии образуют поверх себя защитный покров — *раковину*; иногда в ней

помещается всё тело животного. Как правило, раковина трёхслойна: наружный слой образован органическими веществами, средний — известковый, а внутренний — перламутровый. У некоторых моллюсков раковина скрыта под кожей (слизни, некоторые головоногие моллюски) или исчезает совсем. Мускулатура моллюсков на первый взгляд напоминает кожно-мускульный мешок червей, однако мышцы моллюсков объединяются в пучки, обеспечивающие выполнение сложных движений. Нервная система состоит из 5 пар связанных между собой *нервных узлов*, расположенных в голове, ноге и жабрах.

Характеристика основных классов приведена в табл. 3.14.



- 1 — рот; 2 — тёрка;
3 — нервная система;
4 — желудок; 5 — печень;
6 — сердце; 7 — остаток целома; 8 — жабра;
9 — почка; 10 — половые железы; 11 — раковина

Рис. 3.1. Внутреннее строение брюхоногого моллюска

Таблица 3.14

Класс, число видов	Особенности	Представители
Брюхоногие моллюски, 90 000	Морские, сухопутные и пресноводные. На голове — 2 пары щупалец. Во рту — тёрка (<i>радула</i>), позволяющая соскрести разнообразную пищу. Типична спирально закрученная раковина (может отсутствовать)	Виноградная улитка, большой прудовик, слизни
Двустворчатые моллюски, 7 000	Морские и пресноводные. Голова отсутствует. Тело с боков охвачено двустворчатой раковиной. Фильтраторы	Беззубки, мидии, устрицы, жемчужницы
Головоногие моллюски, 6 000	Морские. Высокоорганизованные хищники. Нога образует щупальца, способны к реактивному движению. У большинства раковина упрощается или отсутствует	Каракатицы, осьминоги, кальмары

3.4.7. Тип Хордовые

Трёхслойные, двустороннесимметричные животные, имеющие вторичную полость тела (*целом*). Крайне многообразны, сильно различаются по внешнему и внутреннему строению, размерам и образу жизни. Имеют упругий осевой скелет — *хорду*; более примитивные представители сохраняют её всю жизнь, а у более высокоорганизованных она имеется только на ранних стадиях развития, и затем замещается *позвоночным столбом*.

Нервная система. Над хордой располагается *нервная трубка*, имеющая полость (*невроцель*); у позвоночных она отчётливо разделяется на *головной* и *спинной мозг*; от нервной трубки отходят многочисленные *нервы*.

Органы дыхания развиваются из передней части пищеварительной системы. *Глотка* водных форм пронизана открывающимися наружу *жаберными щелями*; наземные и вторичноводные хордовые во взрослом состоянии лишены жаберных щелей, но имеют лёгкие, образующиеся из выпячиваний задней стенки глотки.

В замкнутой **кровеносной системе**, как правило, имеется *сердце*, располагающееся (в отличие от большинства беспозвоночных) на брюшной стороне.

Мускулатура сохраняет метамерное (сегментарное) строение, особенно чётко выраженное у более примитивных представителей (рис. 3.39).

Наиболее примитивные хордовые — ланцетники (класс Головохордовые) — не имеют головного мозга, соответственно и черепа у них также нет; их относят к подтипу Бесчерепные. Большая же часть хордовых, имеющие череп и позвоночник, объединяются в подтип Черепные, или Позвоночные.



Рис. 3.38. Классификация хордовых

Класс Головохордовые

Головохордовые обладают всеми основными признаками хордовых животных: имеется внутренний скелет (заходящая в головной конец *хорда*), *нервная трубка* и *глотка* с большим количеством *жаберных щелей*.

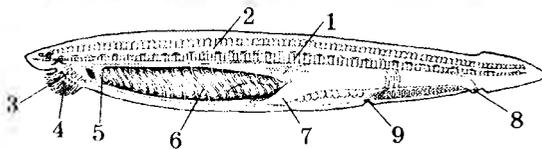
Внешнее и внутреннее строение (рис. 3.40). Мелкие (до 10 см) полупрозрачные морские животные, тело которых напоминает по форме старинный хирургический нож — ланцет. Имеют лентообразные спинной и хвостовой *плавники*. На переднем конце тела помещается *предротовая воронка*, окружённая небольшими щупальцами. В их строении есть много примитивных черт — нет головного мозга и черепа, хорда сохраняется во взрослом состоянии, мускулатура — метамерная, много органов выделения — *нефридиев* (до 90 пар), нет сердца (есть лишь пульсирующий *брюшной сосуд*). Плавают ланцетники, изгибаясь всем телом: сгибают тело метамерные мышцы, а разгибается оно за счёт упругости хорды.

Ланцетники проводят большую часть времени, зарывшись в песок на мелководье, пропускают воду через глотку и отфильтровывают из воды мельчайшие пищевые частички, используя жаберные щели как цедильный аппарат и одновременно как орган газообмена. Жаберные щели открываются не во внешнюю среду, а в *жаберную (атриальную) полость*, имеющую единственное отверстие — *атриопор*.

Пищеварительная трубка ланцетника практически не образует изгибов и расширений, зато имеет *печёночный вырост*, выделяющий пищеварительные ферменты.

Органы чувств развиты довольно слабо, это *светочувствительные клетки* вдоль нервной трубки, *обонятельная ямка* на переднем конце тела, *рецепторы осязания* на щупальцах.

Размножение. Ланцетники раздельнополы. Их половые железы не имеют выводных протоков, и половые клетки выводятся наружу через жаберную полость. Развитие не прямое, имеется стадия свободноплавающей личинки, осуществляющей расселение.



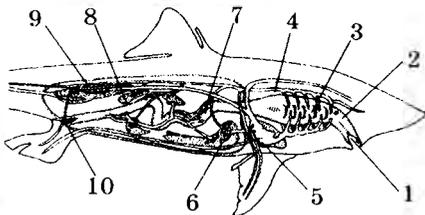
- 1 — хорда;
- 2 — нервная трубка;
- 3 — рот;
- 4 — щупальца;
- 5 — глотка;
- 6 — жаберная щель;
- 7 — печёночный вырост;
- 8 — анальное отверстие;
- 9 — жаберная пора

Рис. 3.39. Внутреннее строение ланцетника

Надкласс Рыбы

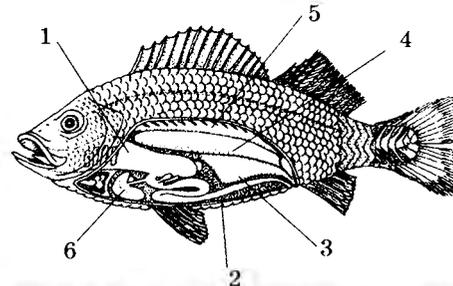
Надкласс Рыбы объединяет классы Хрящевые рыбы и Костные рыбы.

Строение (рис. 3.41, 3.42). Рыбы — это первичноводные животные, использующие для передвижения *плавники*. К парным плавникам относят грудные и брюшные, к непарным — спинной и хвостовой плавники. Парные плавники крепятся к своим поясам. Имеется замещающий хорду *позвоночник*, состоящий из туловищного и хвостового отделов. Дышат рыбы при помощи *жабр*. Имеется скелет жаберного аппарата — *жаберные дуги* и их производные — захватывающие пищу *челюсти*. Тело большинства видов покрыто *чешуёй*. Имеют двухкамерное *сердце* (предсердие и желудочек), гонящее кровь по *одному кругу кровообращения*. Специфичный орган чувств — *боковая линия*, воспринимающая колебания воды.



- 1 — рот; 2 — глотка; 3 — жабра;
- 4 — кровеносные сосуды;
- 5 — сердце; 6 — печень;
- 7 — желудок; 8 — кишечник;
- 9 — почка; 10 — клоака

Рис. 3.40. Внутреннее строение акулы



- 1 — желудок; 2 — кишечник; 3 — яичник;
- 4 — плавательный пузырь;
- 5 — почки; 6 — сердце

Рис. 3.41. Внутреннее строение костной рыбы

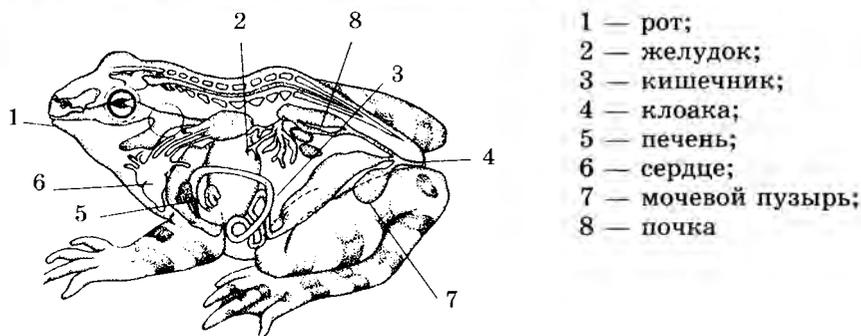
Класс, число видов	Особенности	Отряд (надотряд), число видов	Особенности	Представители
Хрящевые рыбы, 750	Скелет хрящевой. Жаберные щели (обычно открывается каждая самостоятельно). Чешуи плакоидные (зубоподобные). Оплодотворение внутреннее	Надотряд Акулы, 350	Обычно хищники толщи воды с удлинённым телом. Крупнейшие акулы — фильтраторы	Китовая акула, белая акула, акула катран
		Надотряд Скаты, 350	Уплощённые донные рыбы. Движение осуществляется широкими грудными плавниками. Крупнейшие скаты — фильтраторы	Морской кот, манта, электрический скат
Костные рыбы, 20 000	В скелете есть кость. Типична костная чешуя. Жаберные щели прикрыты жаберными крышками. Многие имеют плавательный пузырь. Оплодотворение обычно наружное	Отряд Двоякодышца, 6	Имеют одно или два лёгких, позволяющих дышать воздухом	Протоптер
		Осетрообразные, 25	Сохраняют хорду и хрящевой череп, имеют покровные костные пластины. Хищники. Проходные рыбы (на нерест заходят из морей в реки)	Белуга, стерлядь
		Сельдеобразные, 300	Морские стайные рыбы, питаются планктоном	Сельди, кильки
		Карпообразные, 3 000	Большинство — всеядные пресноводные рыбы. Глоточные зубы растирают пищу в глотке	Карп (одомашненный сазан), линь, карась
		Окунеобразные, 6 000	Колючие лучи в плавниках, грудные плавники — под брюшными. Большинство — морские и пресноводные хищники	Речной окунь, тунец, меч-рыба

Надкласс Четвероногие

Этот подкласс объединяет несколько классов: Земноводные, или Амфибии, Пресмыкающиеся, или Рептилии, Птицы и Млекопитающие, или Звери.

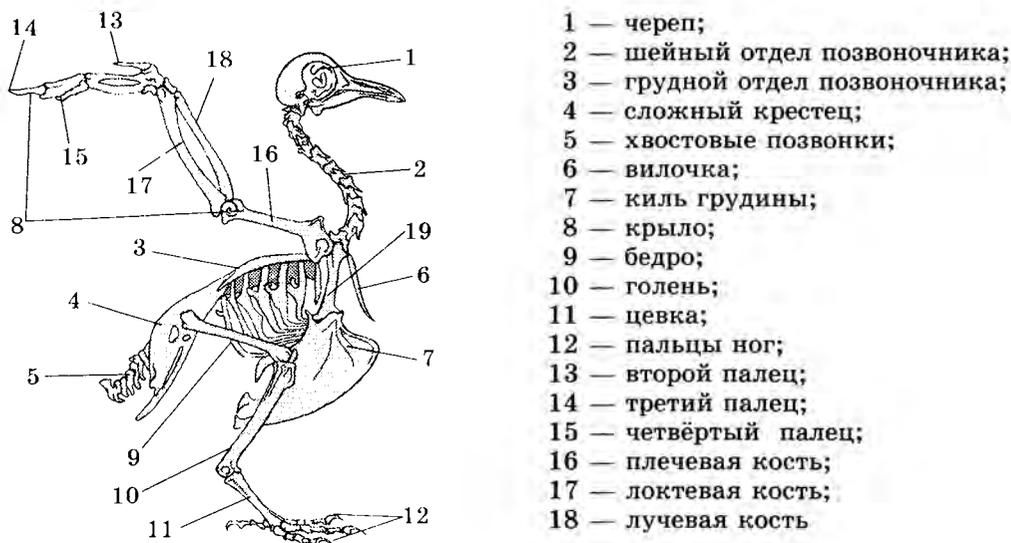
Строение. Полуназемные, наземные и вторичноводные животные с четырьмя шарнирными (т. е. состоящие из костей, подвижно соединённых суставами) конечностями, связанными с осевым скелетом через плечевой и тазовый пояса. В позвоночнике четвероногих появляются новые отделы: *шейные позвонки* позволяют поворачивать голову, не поворачиваясь при этом всем телом, а *крестцовые* — лучше выдерживать вес тела в наземных условиях. Дышат четвероногие атмосферным воздухом при помощи *лёгких*; у них развивается второй, *малый (лёгочный) круг кровообращения*.

Основные характеристики приведены в табл. 3.16 (с. 143—146).



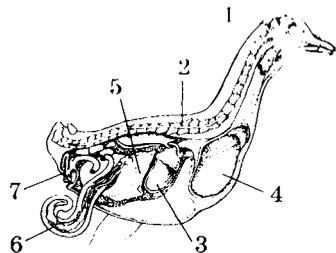
- 1 — рот;
- 2 — желудок;
- 3 — кишечник;
- 4 — клоака;
- 5 — печень;
- 6 — сердце;
- 7 — мочевой пузырь;
- 8 — почка

Рис. 3.42. Внутреннее строение земноводных



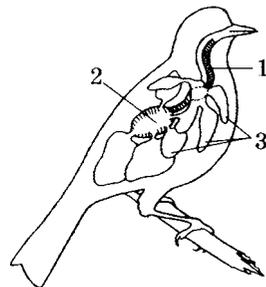
- 1 — череп;
- 2 — шейный отдел позвоночника;
- 3 — грудной отдел позвоночника;
- 4 — сложный крестец;
- 5 — хвостовые позвонки;
- 6 — вилочка;
- 7 — киль грудины;
- 8 — крыло;
- 9 — бедро;
- 10 — голень;
- 11 — цевка;
- 12 — пальцы ног;
- 13 — второй палец;
- 14 — третий палец;
- 15 — четвёртый палец;
- 16 — плечевая кость;
- 17 — локтевая кость;
- 18 — лучевая кость

Рис. 3.43. Скелет птицы



- 1 — головной мозг;
 2 — спинной мозг;
 3 — сердце; 4 — пищевод;
 5 — желудок; 6 — кишечник;
 7 — клоака

Рис. 3.44. Внутреннее строение птиц



- 1 — трахея;
 2 — лёгкие;
 3 — воздушные мешки

Рис. 3.45. Дыхательная система птиц

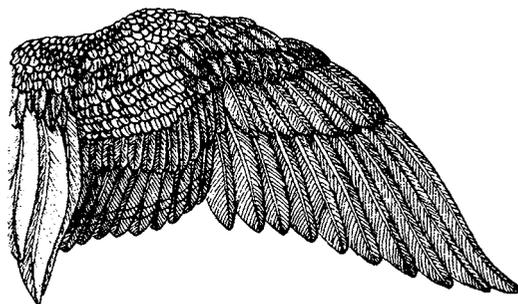


Рис. 3.46. Крыло птицы

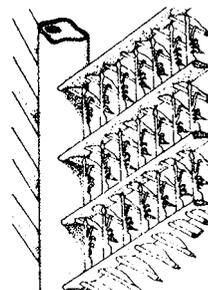
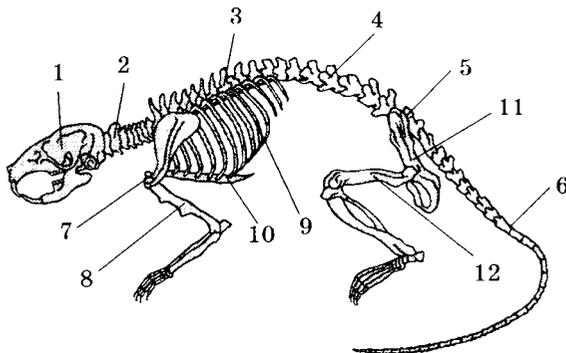
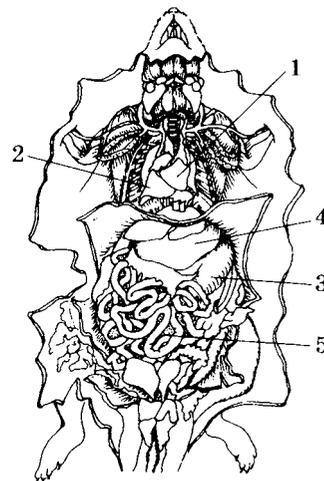


Рис. 3.47. Структура пера



- 1 — череп;
 2 — шейный отдел позвоночника;
 3 — грудной отдел позвоночника;
 4 — поясничный отдел позвоночника;
 5 — крестцовый отдел позвоночника;
 6 — хвостовой отдел позвоночника;
 7 — плечевой пояс;
 8 — скелет передней конечности;
 9 — рёбра; 10 — грудина;
 11 — тазовый пояс;
 12 — скелет задней конечности

Рис. 3.48. Скелет млекопитающего



- 1 — сердце;
 2 — лёгкое;
 3 — желудок;
 4 — печень;
 5 — кишечник

Рис. 3.49. Внутреннее строение млекопитающего

Таблица 3.16

Класс, число видов	Особенности	Отряд, число видов	Особенности	Представители
Земноводные (Амфибии), 7 000	Имеют 1 шейный, 1 крестцовый позвонок. Плечевой пояс не связан с осевым скелетом. Дыхание — лёгочное и кожное, кожа влажная. Вентиляция лёгких с помощью подязычного аппарата. Сердце трёхкамерное. Типично водное развитие. Появляется среднее ухо	Хвостатые, 700	Удлиненное тело, есть хвост. Личинка похожа на взрослых, но имеет наружные жабры. Оплодотворение внутреннее	Тритоны, саламандры
		Бесхвостые, более 6 000	Укороченное, «лягуобразное» тело. Задние конечности удлинённые, прыгательные; из предплюсны образуется дополнительный отдел конечности (<i>вторичная голень</i>). Хвостовые позвонки сливаются в <i>уростиль</i> . Личинка — головастик. Самцы привлекают самок пением	Озёрная лягушка, травяная лягушка, зелёная жаба, обыкновенная квакша
Пресмыкающиеся (Рептилии), 8 000	Наземные или вторичноводные. Туловищный отдел делится на грудной и поясничный. Кожа сухая, с роговыми чешуями; дыхание лёгочное. Вентиляция лёгких с помощью грудной клетки. Сердце трёхкамерное с неполной перегородкой в желудочке. Оплодотворение внутреннее, развитие прямое, зародыш развивается внутри зародышевых оболочек	Черепашки, 250	Уплощённое и расширенное тело покрыто костным панцирем и роговыми щитками. Позвоночник и рёбра срастаются с панцирем	Болотная черепаха, суповая черепаха, слоновая черепаха
		Чешуйчатые, более 7 000	<i>Подотряд Ящерицы</i> характеризуется удлинённым телом, обычно с четырьмя конечностями. Насекомоядные, хищные, изредка растительноядные. <i>Подотряд Змеи</i> — удлинённое тело, отсутствуют конечности, высовывающийся язык, используемый для обоняния. Ядовитые змеи имеют ядовитые зубы для введения яда	Прыткая ящерица, комодский варан, веретеница, обыкновенный уж, обыкновенная гадюка, сетчатый питон

Класс, число видов	Особенности	Отряд, число видов	Особенности	Представители
Пресмы- кающиеся	Передние конечности — крылья, покрыты перьями. Челюсти лишены зубов и покрыты роговым чехлом (клювом). Кости облегчённые, но очень прочные. Грудной, поясничный и крестцовый отделы соединены в единую прочную структуру. Хвост укорочен. Шея очень подвижна. Грудина обычно с килем. В нижней конечности — дополнительный отдел (цевка). Сердце четырёхкамерное, лёгкое связано с воздушными мешками. Поддерживают постоянную температуру тела. Яйцекладущие	Крокодилы, 25	Крупные полуводные хищники. Вторичное костное нёбо позволяет дышать под водой. Сердце четырёхкамерное, однако круги кровообращения разделены не полностью	Нильский крокодил, миссипсипский аллигатор
Птицы, 9600	Передние конечности — крылья, покрыты перьями. Челюсти лишены зубов и покрыты роговым чехлом (клювом). Кости облегчённые, но очень прочные. Грудной, поясничный и крестцовый отделы соединены в единую прочную структуру. Хвост укорочен. Шея очень подвижна. Грудина обычно с килем. В нижней конечности — дополнительный отдел (цевка). Сердце четырёхкамерное, лёгкое связано с воздушными мешками. Поддерживают постоянную температуру тела. Яйцекладущие	Куруобразные, 270	Наземные или наземно-древесные птицы характерного облика. Клюв короткий, выпуклый; крылья широкие; зоб объёмистый. Питаются растительностью и беспозвоночными	Глухарь, тетерев, павлин, домашняя курица
		Гусеобразные, 150	Большинство — водоплавающие, с перепонками на лапах и уплощённым клювом	Домашняя утка, лебедь, серый гусь
		Аистообразные (Голенастые), 120	Птицы мелководий и заболоченных местностей. Имеют длинные ноги, длинную шею и сильный клюв	Белый аист, серая цапля
		Соколообразные, 290	Клюв с загнутым концом, острые когти. Дневные хищники	Ястребы, соколы, орлы
		Совообразные, 145	Ночные хищники. Характерен лицевой диск, крупные глаза. Мягкое оперение обеспечивает бесшумный полёт	Филин, болотная сова, полярная сова, домовый сыч
Воробьинообразные, 5100	Мелкие и средние птицы, самая разнообразная группа. 4-й палец ноги противопоставлен первым трём. Многие имеют сложный голосовой аппарат	Домовой воробей, скворец, серая ворона, соловей, большая синица		

Класс, число видов	Особенности	Отряд, число видов	Особенности	Представители		
Млекопитающие (Звери), 5 000	Поддерживают постоянную температуру тела. Покровы шерстью, кожа с кожными железами. Мягкие губы, костное нёбо. Зубы разделены на резцы, клыки, коренные. В вентиляции лёгких участвует диафрагма. Сердце четырёхкамерное, эритроциты безъядерные. Самки выкармливают детёнышей молоком. Большинство животных рожают. Сложное поведение	Однопроходные, 4	Откладывают яйца, но кормят вылупляющихся детёнышей молоком. Сохраняют клоаку, куда открываются выделительные и половые отверстия	Утконос, ехидна		
		Сумчатые, 250	Рождают маленьких червеобразных детёнышей, которых донашивают в сумке (кожной складке на брюхе)	Кенгуру, опосумы		
		Рукокрылые, 1200	Мелкие и средние по размерам, крылья образованы кожей с перепонкой. Активны ночью, многие способны к эхолокации			Рыжая вечерница, летающая лисица
		Грызуны, 2000			Клыков нет, вместо них — промежуток (<i>диагема</i>). Резцы растут всю жизнь. Растительоядные	Обыкновенная белка, обыкновенный бобр, домовая мышь, крыса пасюк
		Хоботные, 3			Крупнейшие наземные звери. Расщепленные губы образуют хобот. Верхние резцы — бивни	Африканский слон, индийский слон
		Китообразные, 80			Крупные водные животные. Задних конечностей нет, передние — ласты. Зубатые киты — хищники, способны к эхолокации. Зубы мелкие, однородные. Усатые киты — фильтраторы. Они фильтруют воду с помощью роговых пластин китового уса	Черноморская афалина, кашалот, синий кит

Класс, число видов	Особенности	Отряд, число видов	Особенности	Представители
Млекопитающие (Звери), 5 000		Непарнокопытные, 16	Растительные пальцеходящие животные, копытные. Пальцев 3 (носороги и тапиры) или 1 (лошади)	Домашняя лошадь, осёл, белый носорог
		Парнокопытные, 220	Растительные пальцеходящие животные, копытные. Пальцев 4 или 2. У многих — сложный же- лудок, рога	Домашний бык, домашний козёл, кабан, бегемот, лось, жираф
		Хищные, 250	Обычно плотоядные. Первый ко- ренной — «хищный» зуб, предна- значенный для разрезания мяса и костей <i>Соба́чы</i> — стайные охотники <i>Коша́чы</i> — одиночные засадники <i>Медве́жьи</i> — всеядные стопоходя- щие хищники	Домашняя собака, волк, обыкновенная лисица Домашняя кошка, лев, тигр Бурый медведь, белый медведь
		Приматы, 200	В основном древесные. Зрение хорошее, глаза направлены вперёд. Вместо когтей — ногти, на груди — два соска	Лемуры, ма- каки, шим- панзе, оран- гутаны, <i>Но́мо sapiens</i> — Чело- век разумный

3.5. Учение об эволюции органического мира.

Ч. Дарвин — основоположник учения об эволюции.

Усложнение растений и животных в процессе эволюции.

Биологическое разнообразие как основа устойчивости биосферы и результата эволюции

3.5.1. Значение эволюционной биологии

Разнообразие организмов Земли чрезвычайно высокое. Кроме изучения его отдельных особенностей, важно понять и его причины. Почему нашу планету населяет такое большое количество видов? Почему эти виды имеют такие, а не какие-то иные свойства? Ответы на эти вопросы даёт **эволюционная биология** — наука о закономерностях изменений организмов и биосферы.

Из повседневного опыта мы знаем, что любая из окружающих нас вещей кем-то сделана. Вполне логично предположить, что кто-то создал и окружающий нас мир, и населяющие его организмы. Изучение разнообразия жизни начиналось тогда, когда люди были склонны предполагать, что она была создана тем или иным Творцом. Такие взгляды называются *креационизмом*.

По мере развития научного подхода становилось ясно, что гипотетическое Сотворение наблюдать невозможно. Наука изучает естественные процессы, а Сотворение, по мнению его сторонников, является чудом — нарушением естественных законов причинности. Возникает вопрос: можно ли объяснить существование и разнообразие живых организмов, не прибегая к чуду? Современная эволюционная биология ответила на этот вопрос утвердительно, приводя такие аргументы. Важнейшим свойством живых организмов является способность к размножению и изменчивости. Следствием этого является естественный отбор, сохраняющий те организмы, которые соответствуют своей среде обитания. Само разнообразие организмов носит следы общего происхождения их групп, в их строении и функционировании отражаются последствия тех этапов, через которые они прошли в своём историческом развитии.

Слово «эволюция» (от лат. *evolution* — «развёртывание») сходно с русским словом «развитие», но используются эти слова в разных смыслах. **Развитие** (индивидуальное развитие) — это онтогенез, изменения, происходящие из поколения в поколение. **Эволюция** (историческое развитие) — изменение в ряду поколений, которое приводит к чему-то новому. К характерным её особенностям можно отнести возникновение новых признаков и новых видов, необратимость изменений, их прогрессивный характер или выработку новых приспособлений.

Эволюционная биология (как наука вообще) не пытается доказать отсутствие Бога и не может это сделать; она просто находит естественные причины наблюдаемых фактов и тем самым делает ненужными ссылки на чудеса и Бога для их объяснения. Поэтому предметом изучения эволюционной биологии являются механизмы исторического развития жизни. Следы этого развития — предмет науки **палеонтологии**. Определяет пути развития отдельных групп, устанавливает их родство наука **филогенетика**, тесно связанная с **систематикой** — наукой о современном разнообразии жизни.

На нынешнем этапе развития науки то, что эволюция имело место, и то, что населяющие Землю виды являются её результатом, — точно установленный факт. Однако механизмы этого процесса изучены ещё не до конца. Поэтому в рамках эволюционной биологии продолжают споры о конкретных деталях этого процесса, но не о том, имел ли он место как таковой.

3.5.2. Три синтеза в истории эволюционной биологии

Проблема эволюции — центральная проблема биологии, однако сам подход к трактовке этого понятия неодинаковый в разных теориях.

Для периодизации истории эволюционной биологии мы используем принцип, предложенный известным российским эволюционистом Н. Н. Воронцовым (1934—2000). В истории эволюционной биологии, согласно Н. Н. Воронцову, можно выделить этапы, соответствующие подготовке и становлению трёх эволюционных «синтезов». Дело в том, что эволюционная теория оказывается пригодной для объяснения накопленных фактов только в том случае, если она объединяет результаты, полученные во многих других областях биологии.

Период, предшествовавший первому эволюционному синтезу. Взгляды Ж.-Б. Ламарка

Первые попытки объяснить целесообразность животных были сделаны ещё в античности. Так, Аристотель пришёл к выводу о том, что строение плавника рыбы отражает свойства воды, а строение крыла птицы — свойства воздуха. Однако чаще всего такие соответствия рассматривались как результат предусмотрительности Творца.

К началу XIX в. биология накопила множество фактов, косвенно и прямо говоривших о феномене эволюции. С одной стороны, к этому времени было собрано много данных о разнообразии живых организмов. С другой — стало известно об их глубоком сходстве (например, на клеточном уровне, в связи с развитием клеточной теории). Так, *систематика* показала, что разнообразие видов не хаотично, поскольку они образуют группы, связанные глубоким сходством. *Морфология* (наука о строении) показала, что каждая группа характеризуется своим планом строения и что планы строения разных групп можно вывести друг из друга в результате некоторых преобразований. *Биогеография* (наука о распространении организмов по поверхности Земли) свидетельствовала, что для разных частей света характерны разные виды. Вполне закономерно возникла необходимость собрать все свидетельства об этих фактах и рассмотреть их в рамках единой теории.

Первая попытка обобщить объяснения изменений организмов во времени принадлежит французскому учёному Ж.-Б. Ламарку (1744—1829), опубликованному в 1809 г. труд «Философия зоологии». Он утверждал, что все живые организмы под воздействием окружающей среды приобретают полезные изменения. Низшие организмы, не имеющие нервной системы, изменяются непосредственно под влиянием факторов внешней среды (к примеру, листья водных растений удлиняются под влиянием течения воды и т. п.). Высшие организмы (в первую очередь животные) вырабатывают приспособления, тренируя опреде-

лённые органы (например, вытягивание шеи жирафа, тянущегося за листьями на деревьях). Органы, которые не тренируются, со временем исчезают.

Факторами эволюции Ламарк считал наследование каких-либо изменений организмом (в том числе и изменений, происшедших в ходе жизни самой особи, — приобретённых признаков) и внутреннее стремление организмов к прогрессу. Сам эволюционный процесс учёный рассматривал как закономерную смену — градацию, которая идёт от низших стадий развития к высшим. При этом наличие низших форм жизни он объяснял непрерывным самозарождением.

Первый эволюционный синтез — дарвинизм

Классический дарвинизм стал I синтезом в эволюционной биологии.

Вряд ли кто-либо из учёных оказал большее влияние на историю биологии, чем Ч. Дарвин (1809—1882). В 1831—1836 гг. молодой Дарвин в качестве натуралиста принял участие в кругосветном путешествии на исследовательском судне «Бигль». Богатый материал, собранный им во время путешествия, знакомство с традицией трансформизма (в изложении его деда Э. Дарвина), склонность к методическим размышлениям привели Дарвина к эволюционным идеям. В 1859 г. Дарвин представил на заседании научного общества свой доклад и статью английского натуралиста А. Р. Уоллеса, в которой тот, независимо от Дарвина, сформулировал подобные выводы. В том же году была опубликована наиболее известная книга Дарвина «Происхождение видов путём естественного отбора, или сохранение избранных пород в борьбе за жизнь». Основные положения этой книги таковы.

Единицей эволюции является отдельная особь. Особи одного вида отличаются друг от друга множеством признаков. Организмы размножаются в геометрической прогрессии, и любой из видов может быстро превысить свою предельную возможную численность.

Ограниченность ресурсов порождает **борьбу за существование** — выживание одних особей и гибель других. Дарвин выделял *межвидовую* и *внутривидовую* борьбу, а также *борьбу с факторами неживой природы*. Эволюция происходит на основе наследственной изменчивости. Изменчивость, которая служит основой для эволюции, не направлена в сторону большей приспособленности и идёт по всем направлениям. Механизм, обеспечивающий приспособление организмов к условиям окружающей среды, — **естественный отбор**, который заключается в преимущественном выживании и размножении особей, более соответствующих среде. Этот термин Дарвин ввёл как аналог искусственного отбора, используемый в селекции. Одной из форм естественного отбора является половой отбор (соперничество и преимущество одних особей перед другими в спаривании с особями другого пола).

Естественный отбор изолированных видов ведёт к *дивергенции* (расхождению) их признаков и, в конце концов, приводит к видообразованию. Внешне противоположным процессом является *конвергенция* — уподобление друг другу неродственных форм в результате их приспособления к сходным условиям.

В 1871 г. Дарвин публикует вторую по важности из числа своих произведений книгу «Происхождение человека и половой отбор». В ней, кроме детального обсуждения доказательств происхождения человека от общих предков с современными человекообразными обезьянами, выдвинута *концепция полового отбора*. Согласно этой концепции, если какие-то признаки самцов способствуют их привлекательности для самок, степень выраженности этих признаков в ряду

поколений усиливается, даже если они снижают шансы каждой отдельной особи на выживание. Так, хвост самцов павлинов, хоть и делает их менее защищёнными от хищников, должен эволюционировать благодаря тому, что самки охотнее спариваются с длиннохвостыми партнёрами.

Развитие и кризис первого эволюционного синтеза. Подготовка второго синтеза

Дарвинизм встретил сопротивление не только сторонников буквальной трактовки священных книг христианства, но и ряда серьёзных специалистов, которые были сторонниками креационизма — представлений о неизменности видов и создании их Богом. Дарвинизму было сложно объяснить механизмы наследования благоприятных отклонений, возникновение принципиально новых признаков и эволюцию в определённом направлении. Эти и другие трудности привели к кризису эволюционной биологии.

Период кризиса I синтеза пришёлся на конец XIX в. — начало XX в. В это время происходит переоткрытие менделевских законов наследственности. А. Вейсман (1834—1914) доказал, что полученные в течение жизни особи изменения тела не наследуются, и назвал свою концепцию неodarвинизмом. В. Л. Иогансен (1857—1927) показал, что без генетической изменчивости естественный отбор неэффективен. Появились разнообразные альтернативы классическому дарвинизму: сальтационизм (теория о скачкообразном характере эволюции) Г. де Фриза (1848—1935), номогенез (теория о закономерном характере эволюции) Л. С. Берга (1876—1950) и др.

В то же время дарвинизм получил серьёзные подтверждения. Развитие палеонтологии доказало существование ныне вымерших организмов, сочетающих признаки ныне живущих групп. Эволюционная идея позволила пересмотреть и дополнить положения биологии индивидуального развития, систематики, сравнительной анатомии. Например, Э. Геккелем и Ф. Мюллером независимо друг от друга был открыт **биогенетический закон**, суть которого заключается в том, что онтогенез определённого организма повторяет основные этапы филогенеза (эволюционной истории) данного вида (рис. 3.51). Этот закон наблюдается в сходстве строения эмбрионов позвоночных животных.

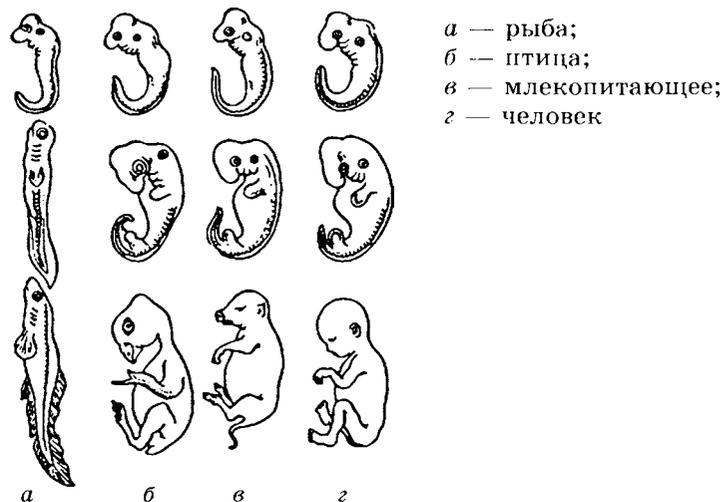


Рис. 3.50. Сравнение стадий эмбрионального развития представителей разных классов позвоночных

Благодаря работам Т. Гексли, А. О. Ковалевского, К. Гегенбауэра и др. были введены следующие понятия, описывающие разницу и сходство в строении и функциях органов разных систематических категорий.

Аналогичные органы — органы, имеющие различное строение и происхождение, но выполняющие одинаковые функции (крыло птицы и бабочки) (рис. 3.52).

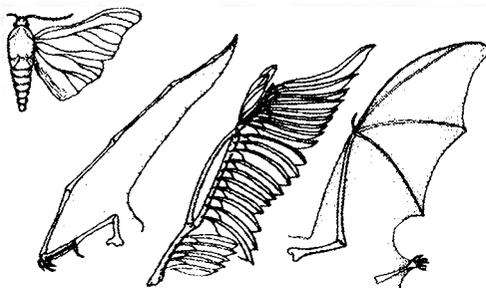


Рис. 3.51. Аналогичные органы

Гомологичные органы — органы, имеющие общее происхождение, но разные функции (рука человека, крыло летучей мыши, плавник кита) (рис. 3.53).

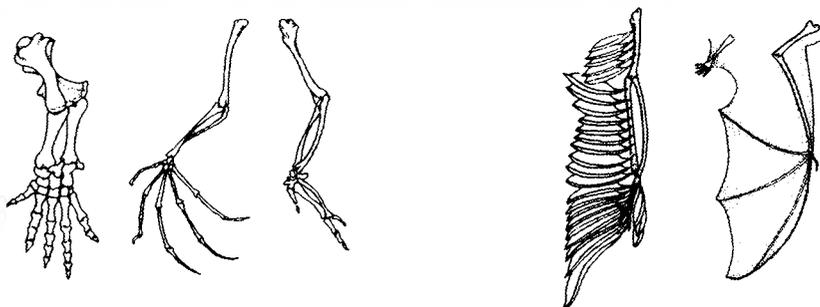


Рис. 3.52. Гомологичные органы

Рудименты — органы с упрощённым строением по сравнению с формой предков вследствие потери в филогенезе своих функций (тазовый пояс китообразных, околоцветник злаков и т. п.).

Атавизмы — проявления у отдельных особей признаков, присущих их предкам (хвост у человека, недоразвитые конечности у веретеницы).

Биология накопила множество данных о приспособлениях организмов. Например, животные с защитной окраской и формой тела могут эффективно маскироваться под предметы окружающей среды (палочники). Яркая предупредительная окраска служит для информирования потенциальных хищников о наличии защитных механизмов (яд у божьей коровки, жалящие структуры у ос). Демонстрационная окраска и поведение служат для отпугивания хищников или конкурентов, а привлекательная окраска — для привлечения опылителей или особей противоположного пола.

Особой категорией подобных приспособлений является **мимикрия** — способность плохо защищённого организма к подражанию окраске и форме хорошо защищённых организмов. Вид, которому подражают, называется *моделью*, а тот, который подражает, — *имитатором*.

Второй эволюционный синтез — синтетическая теория эволюции

Начало II синтеза в эволюционной биологии, который получил название синтетической теории эволюции (СТЭ), было положено работой «О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения генетики» (1926 г.) российского учёного С. С. Четверикова (1880—1959), который показал, что учения о естественном отборе и генетике не противоречат друг другу. В работе утверждалось, что внешне нормальные особи из природных местообитаний являются носителями значительного генетического разнообразия. Это разнообразие может проявляться в результате скрещивания особей и служить материалом для естественного отбора.

В дальнейшем в серии работ ряда других авторов была выделена концепция эволюции как следствия отбора генов. Важнейший вклад в эту концепцию внёс Д. Хаксли (1887—1975), опубликовавший в 1942 г. монографию «Эволюция. Новый синтез».

Согласно СТЭ, эволюция — следствие комплексного процесса, рекомбинации генов и отбора носителей определённых генотипов. Единицей эволюции является *популяция*. Элементарное эволюционное событие с этой точки зрения — изменение аллельных частот в популяции. Именно это переводит популяцию в новое, по сравнению с её историей, состояние. Создатели СТЭ предполагали, что мутации и рекомбинации носят произвольный характер, и только отбор придаёт эволюции определённое направление. Изменять соотношение аллелей в популяциях (по СТЭ) могут и случайные события, во-первых, дрейф генов (случайные события) и популяционные волны, во-вторых, эффект основателя (сокращение генетического разнообразия в популяциях, основанных небольшим количеством особей).

Важным условием для того, чтобы эволюция привела к принципиально новому событию — возникновению нового вида, является изоляция между популяциями.

Формы изоляции:

1. *Географическая* — наличие между популяциями одного вида географических преград (река, иной тип биогеоценоза и т. п.).

2. *Экологическая* — формирование совокупностей особей с различными требованиями к условиям окружающей среды (предпочтение определённого типа пищи, уровня влажности и т. п.), которые оказываются разделены друг с другом.

3. *Сезонная (временная)* — наблюдается при размножении особей одного вида в разное время.

4. *Этологическая (поведенческая)* — зависит от особенностей поведения особей (к примеру, различная песня самцов птиц).

5. *Генетическая* — несовместимость гамет и, следовательно, невозможность оплодотворения или образования плодovитого потомства.

Факторами эволюции, согласно СТЭ, являются мутации, рекомбинации, отбор, дрейф генов и эффект основателя, поток генов, изоляция и естественный отбор.

С точки зрения СТЭ, единственным источником наследственной изменчивости является *мутагенез*. *Мутации* — изменения генотипа, которые вызывают формирование *фенов* — элементарных наследственных изменений фенотипов как приспособлений к условиям окружающей среды, направляемых естественным отбором. В этом заключается творческая роль естественного отбора.

В зависимости от направления адаптивных изменений выделяют отбор *стабилизирующий* (направлен на поддержание постоянства определённого фенотипа и проявляется в относительно постоянных условиях среды), *движущий*, или *направлённый* (способствует изменению в определённом направлении), и *разрывающий*, или *дизруптивный* (направляет изменчивость в двух или более направлениях, подавляя проявление средних состояний признаков) (рис. 3.54).

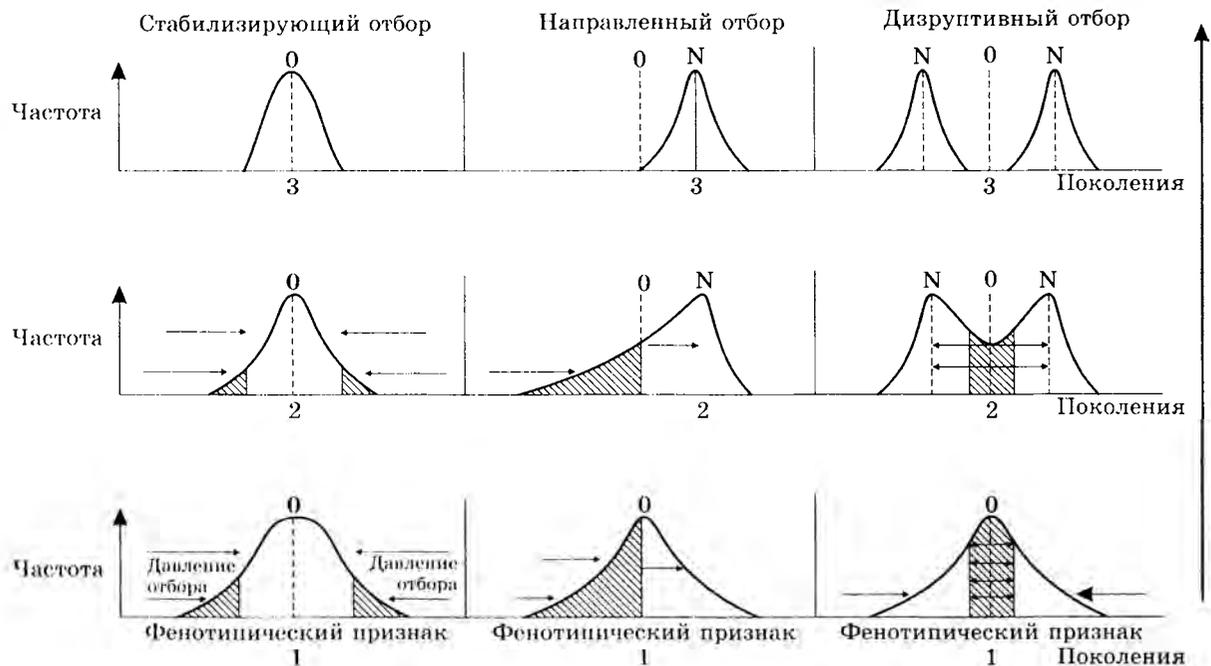


Рис. 3.53. Формы естественного отбора

Микроэволюция — эволюционные процессы, протекающие в популяциях определённого вида. Пластичность видов заключается в существовании подвидов, особи которых отличаются от других подобных совокупностей приспособлениями к конкретным условиям среды.

Видообразование — эволюционный процесс образования новых видов. Имеет необратимый характер. Выделяют *географическое* и *экологическое* видообразование. Видообразование является результатом соответствующей формы изоляции.

Макроэволюция включает эволюционные процессы, приводящие к возникновению надвидовых групп (родов, семейств и т. д.).

Считается, что виды одного рода, роды одного семейства и т. д. имеют единого общего предка (*принцип монофилии*). Разнообразие же видов, которое возникает при приспособлении к условиям среды, называется *адаптивной радиацией*.

Дальнейшее развитие теории эволюции

Кризис II синтеза, связанный с накоплением противоречащих ему фактов, начался ещё в эпоху формирования СТЭ. Например, ещё в 1930-е гг. Дж. Б. С. Холдейн (1892—1964), один из создателей СТЭ, показал, что естественный отбор по многим парам аллелей одновременно оказывается неэффективным.

Критика СТЭ достигла значительной остроты в конце XX в. Развитие биологии привело к существенному пересмотру практически всех положений этой

теории. В противовес СТЭ развивается целый ряд альтернативных теорий эволюции. В числе важнейших следует назвать неосальтационизм Р. Гольдшмидта (1878—1958), экосистемную теорию эволюции В. А. Красилова, теорию нейтральной эволюции М. Кимуры (1924—1994), теорию прерывистого равновесия С. Гулда (1941—2002) и других американских палеонтологов, эпигенетическую теорию эволюции (ЭТЭ) М. А. Шишкина и др.

Совершенствование теории эволюции далеко не закончено. За последние два десятилетия значительно возросло количество отечественных и зарубежных публикаций, в которых отмечается, что синтетическая теория не до конца адекватна современным знаниям о ходе эволюционного процесса.

Наряду с закономерностями, описываемыми СТЭ, сохраняются проблемы, требующие объяснения. К ним относится, например, проблема ускорения выработки морфологических приспособлений с ходом эволюции. В их числе быстрые эволюционные изменения, вызванные гибридизацией и «горизонтальным» переносом генетической информации (т. е. передачей информации между неродственными группами организмов), ролью симбиоза и эндосимбиоза в эволюции.

Другой пример связан с концепцией «прерывистого равновесия». Она основана на простом палеонтологическом наблюдении: продолжительность периодов видовой неизменности на несколько порядков превышает длительность переходов из одного состояния в другое. Судя по имеющимся данным, это правило в общем справедливо для всей ископаемой истории многоклеточных животных и имеет достаточное количество подтверждений.

Вероятно, интеграция новых данных в новой теории — дело ближайшего будущего. Возможно, конец XX — начало XXI в. впоследствии назовут периодом, когда формировался III синтез в эволюционной биологии.

Усложнение растений и животных в процессе эволюции. Биологическое разнообразие как основа устойчивости биосферы и результата эволюции

На протяжении истории Земли и земной биосферы происходило постепенное, но ускоряющееся развитие и усложнение земной жизни.

Земля и Солнечная система возникли около 4,6 млрд лет назад. Земля образовалась из фрагментов космического «мусора», возникшего при уплотнении космической туманности. Компоненты, вошедшие в состав Земли, собрала вместе сила тяготения. Под действием притяжения произошло перераспределение масс молодой Земли: металлические компоненты собрались в ядро планеты, а более лёгкие соли были вытеснены на поверхность и образовали мантию. Самые лёгкие горные породы образовали кору на поверхности планеты.

Вследствие такого перераспределения масс Земля сильно разогрелась. Из горных пород в атмосферу поступило значительное количество водного пара. После того как Земля остыла ниже определённого уровня, этот пар выпал на поверхность планеты с дождями и образовал океаны.

С появлением на планете океанов в них начали образовываться осадочные породы. И в самых первых осадочных породах, известных науке, были найдены следы жизни. Их возраст составляет около 3,7 млрд лет.

подавляющую часть истории Земли жизнь на ней была представлена прокариотами и эволюционировала достаточно медленно. Около 2,5 млрд лет назад

произошёл серьёзный перелом в истории Земли. До него атмосфера Земли носила восстановительный характер. Кислород, который выделяли фотосинтезирующие прокариоты (цианобактерии) в ходе фотосинтеза, окислил все восстановители на поверхности планеты и, в конце концов, накопился в свободном состоянии в атмосфере. Это событие называется *кислородной революцией*. Конечно, оно произошло не одновременно: в течение длительного времени на планете существовали участки, носившие восстановительный и окислительный характер.

История Земли началась с *архейской эры* (4—2,5 млрд лет). Кислородная революция произошла примерно на границе архейской и *протерозойской* (2,5—0,57 млрд лет) эр. На протяжении протерозойской эры Землю населяли всё более сложные бактериальные экосистемы. В конце протерозойской эры появились первые крупные гетеротрофные организмы, напоминавшие животных. Их появление, вероятно, было связано с тем, что кислородные условия распространились до дна водоёмов.

Палеозойская эра началась 570 млн лет назад и закончилась 245 млн лет назад. С начала эры в океане находят представителей многих современных типов животных. В середине палеозоя сушу осваивают сосудистые растения, многие типы беспозвоночных и, наконец, позвоночные (четвероногие). В конце палеозоя Земля была покрыта мощными лесами с разнообразной фауной, самыми крупными животными в которой были амфибии и рептилии.

Мезозойская эра (245—66 млн лет назад) была временем господства рептилий. В начале мезозоя возникают млекопитающие и динозавры, несколько позже — птицы. Динозавры стали преобладающей группой рептилий на суше, другие их группы заселили море и даже освоили полёт. Однако разнообразие млекопитающих и птиц постепенно увеличивалось. К концу мезозоя на суше широко распространились покрытосеменные растения. Конец эры ознаменовался острым биосферным кризисом (нарушением устойчивого механизма функционирования биосферы).

Кайнозойская эра началась 66 млн лет назад и стала временем расцвета млекопитающих и птиц. На протяжении её большей части на планете преобладали леса. Жизнь в кроне деревьев сформировала особенности отряда Приматы. Позже значительная часть суши оказалась занята открытыми экосистемами, где преобладали травы. В Африке, при освоении приматами жизни в саванне, возникли представители семейства Люди.

На «последнем» в геологическом времени этапе происходят чередования похолоданий (ледниковых периодов) и потеплений (межледниковый). Изменения климата привели к относительно быстрому перемещению зон, занятых разными типами экосистем, а также к разрывам ареалом когда-то единых видов, что в результате способствовало видообразованию. Сейчас на планете обитает большее количество видов, чем когда бы то ни было.

В Африке 200 тысяч лет назад возник наш вид, Человек разумный. Около 70 тысяч лет назад он начал осваивать другие континенты и с тех пор расселился практически по всему земному шару.

Рассматривая историю жизни на Земле как единое целое, мы можем убедиться, что на всём её протяжении, несмотря на кризисы, разнообразие жизни росло, а наземные экосистемы усложнялись.

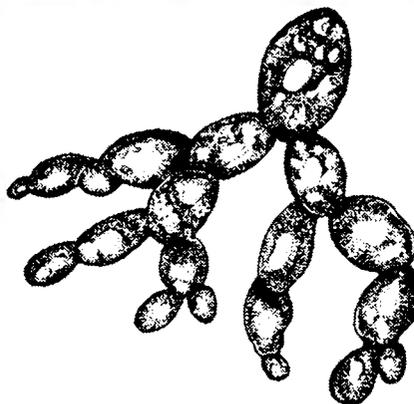
Тренировочные тестовые задания к разделу 3

Часть 1

При выполнении заданий с выбором ответа обведите кружком номер правильного ответа.

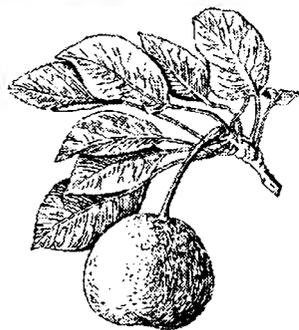
1. Какая из приведённых болезней относится к бактериальным?
 - 1) корь
 - 2) ветрянка
 - 3) туберкулёз
 - 4) ВИЧ
2. Ложная ткань грибов называется
 - 1) плектенхима
 - 2) паренхима
 - 3) меристема
 - 4) колленхима
3. К царству Эубактерии НЕ относятся
 - 1) бактерии
 - 2) цианобактерии
 - 3) архебактерии
 - 4) микоплазмы
4. Первый антибиотик пенициллин был выделен
 - 1) Г. Менделем
 - 2) С. Навашиным
 - 3) А. Флемингом
 - 4) Р. Вирховым
5. Палочка Борде-Жангу вызывает
 - 1) крапивницу
 - 2) корь
 - 3) краснуху
 - 4) коклюш
6. При наличии отдельно существующих полового и бесполого поколений высшие растения делят на две группы
 - 1) Голосеменные и Цветковые
 - 2) Споровые и Семенные
 - 3) Хвощевидные и Папоротникообразные
 - 4) Мохообразные и Плауновидные

7. К постоянным тканям растений НЕ относятся
- 1) покровные
 - 2) проводящие
 - 3) механические
 - 4) образовательные
8. Листья папоротника называются
- 1) сложные листья
 - 2) вайи
 - 3) прилистники
 - 4) хвоя
9. Отметьте голосеменное растение, хвоя которого опадает ежегодно.
- 1) лиственница
 - 2) пихта
 - 3) ель
 - 4) саговник
10. Лишайники образованы
- 1) животным и бактериальным компонентами
 - 2) бактериальным и водорослевым компонентами
 - 3) грибным и водорослевым компонентами
 - 4) грибным и животным компонентами
11. Какой тип размножения дрожжевых грибов показан на рисунке?



- 1) бинарное деление
- 2) почкование
- 3) мейоз
- 4) фрагментация

12. Какой тип плода показан на рисунке?

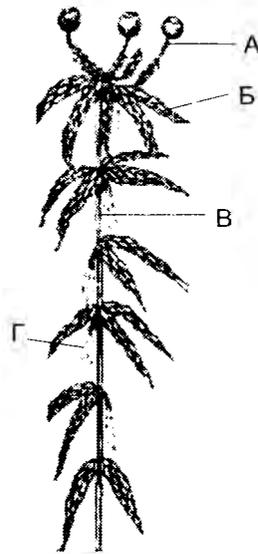


- 1) ягода
 - 2) костянка
 - 3) яблоко
 - 4) померанец
13. Укажите, какие жизненные формы характерны для простейших.
- 1) одноклеточные
 - 2) многоклеточные
 - 3) колониальные
 - 4) одноклеточные и колониальные
14. К пресноводным губкам относится
- 1) гидра
 - 2) бодяга
 - 3) лошадиная актиния
 - 4) португальский кораблик
15. К отделу Зелёные водоросли относится
- 1) порфира
 - 2) улотрикс
 - 3) ламинария
 - 4) пинулярия
16. Для какого растения характерно такое видоизменение побега?



- 1) томат
- 2) соя
- 3) картофель
- 4) батат

17. Какой буквой на рисунке обозначен спорофит?



- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г

18. Какое из приведённых растений имеет весенние и летние побеги?

- 1) плаун булавовидный
- 2) сальвиния
- 3) хвощ полевой
- 4) сосна

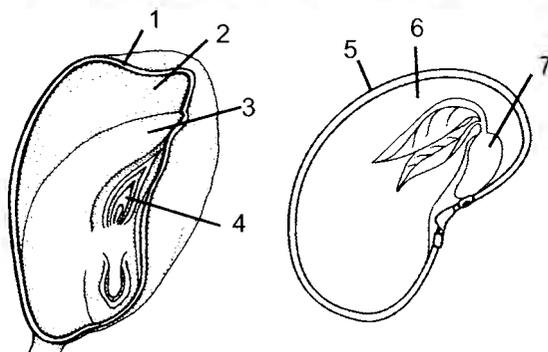
19. Чем представлен мужской гаметофит у семенных растений?

- 1) тычинкой
- 2) пыльником
- 3) пыльцевым зерном
- 4) пылинкой

20. Какая особенность подорожника сближает его с однодольными растениями?

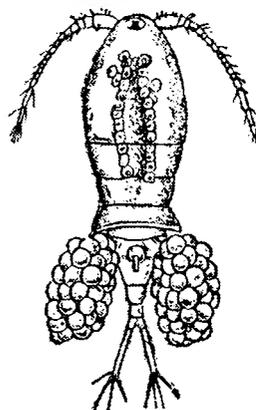
- 1) мочковатая корневая система
- 2) дуговое жилкование
- 3) соцветие початок
- 4) трёхчленный цветок

21. Какой цифрой на рисунке обозначены семядоли одно- и двудольных?



- 1) 1 и 5
- 2) 2 и 6
- 3) 4 и 7
- 4) 3 и 6

22. К какому классу членистоногих относится приведённое животное?



- 1) ракообразные
- 2) паукообразные
- 3) насекомые
- 4) многоножки

23. Для какого животного характерен сложный жизненный цикл?

- 1) белка
- 2) бычий цепень
- 3) речной рак
- 4) ланцетник

24. Между видами насекомых и типом размножения, указанными в столбцах приведённой ниже таблицы, имеется определённая связь.

Тип развития	Вид
прямое	...
непрямое	колорадский жук

Какой вид следует вписать на место пропуска в этой таблице?

- 1) махаон 2) божья коровка 3) саранча 4) блоха

25. Верны ли следующие суждения?

А. Бесполое размножение путём почкования характерно только для одноклеточных животных.

Б. Половое размножение характерно только для животных.

- 1) верно только А
 2) верно только Б
 3) верны оба суждения
 4) оба суждения неверны

При выполнении заданий с кратким ответом запишите ответ так, как указано в тексте задания.

26. Выберите три верных утверждения относительно анатомии и физиологии позвоночных животных и запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) у акул зубы могут сменяться в течение всей жизни
 2) у амфибий сердце четырёхкамерное
 3) болотная черепаха зимует под водой, а газообмен происходит через слизистую рта и клоаки (лёгкие не работают)
 4) у всех костных рыб скелет полностью построен из костной ткани
 5) продуктом выделения у птиц является мочевины
 6) жвачные млекопитающие имеют сложный желудок, состоящий из нескольких отделов

Ответ: _____.

27. Установите соответствие между видами покрытосеменных и семействами, к которым они относятся. Для этого к каждому элементу первого столбца подберите позицию из второго столбца. Впишите в таблицу цифры выбранных ответов.

Вид	Семейство
А) помидор Б) яблоня В) шиповник Г) картофель Д) паслён чёрный Е) миндаль	1) Паслёновые 2) Розоцветные

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

28. Установите соответствие между видами животных и их признаками, к которым они относятся. Для этого к каждому элементу первого столбца подберите позицию из второго столбца. Впишите в таблицу цифры выбранных ответов.

Признак	Вид
А) внешний скелет Б) внутренний скелет В) в коже много желёз Г) имеют два типа усов Д) питается отмершей органикой Е) выделительная система представлена почками	1) речной рак 2) зелёная лягушка

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

29. Установите соответствие между видами животных и таксонами, к которым они относятся. Для этого к каждому элементу первого столбца подберите позицию из второго столбца. Впишите в таблицу цифры выбранных ответов.

Вид	Семейство
А) болотная черепаха Б) водяной уж В) зелёная лягушка Г) чесночница Д) огненная саламандра Е) прыткая ящерица	1) Амфибии 2) Рептилии

Ответ:	А	Б	В	Г	Д	Е

Часть 2

Для ответов на задания используйте отдельный лист. Запишите сначала номер задания, а затем ответ к нему.

30. Существует ли забота о потомстве у костных рыб?
31. Заполните в таблице «Сравнительная характеристика однодольных и двудольных» графы, обозначенные цифрами 1, 2, 3.
При выполнении задания перерисовывать таблицу не обязательно. Достаточно записать номер графы и содержание пропущенного элемента.

Сравнительная характеристика однодольных и двудольных

Вопросы для сравнения	Однодольные	Двудольные
Корневая система	мочковатая	1
Тип жилкования	2	Сетчатая
Жизненные формы	3	Все

Ответ:	1	2	3

32. Поясните суть стабилизирующего отбора.

Раздел 4. Человек и его здоровье

- Знать:**
- обмен веществ и превращение энергии, питание, дыхание, выделение, транспорт веществ, рост, развитие, размножение, наследственность и изменчивость, регуляция жизнедеятельности организма, раздражимость;
 - особенности организма человека, его строения, жизнедеятельности, высшей нервной деятельности и поведения.
- Уметь:**
- объяснять роль различных организмов в жизни человека и собственной деятельности;
 - объяснять взаимосвязи организмов и окружающей среды;
 - объяснять родство человека с млекопитающими животными, место и роль человека в природе;
 - объяснять взаимосвязи человека и окружающей среды;
 - объяснять зависимость собственного здоровья от состояния окружающей среды;
 - объяснять причины наследственности и изменчивости, проявления наследственных заболеваний, иммунитета у человека;
 - объяснять роль гормонов и витаминов в организме;
 - распознавать и описывать на рисунках (фотографиях) органы и системы органов человека;
 - анализировать и оценивать воздействие факторов окружающей среды, факторов риска на здоровье, последствий деятельности человека в экосистемах;
 - проводить самостоятельный поиск биологической информации: находить в научно-популярном тексте необходимую биологическую информацию о живых организмах, процессах и явлениях; работать с терминами и понятиями;
 - использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для соблюдения мер профилактики: заболеваний, вызываемых растениями, животными, бактериями, грибами и вирусами; травматизма; стрессов; ВИЧ-инфекции; вредных привычек (курение, алкоголизм, наркомания); нарушения осанки, зрения, слуха; инфекционных и простудных заболеваний;
 - использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для оказания первой помощи при отравлениях ядовитыми грибами, растениями, укусах животных; при простудных заболеваниях, ожогах, обморожениях, травмах, спасении утопающего;
 - использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для рациональной организации труда и отдыха, соблюдения правил поведения в окружающей среде.

4.1. Сходство человека с животными и отличие от них. Общий план строения и процессы жизнедеятельности человека

4.1.1. Сходство человека с животными и отличие от них

Человек (*Homo sapiens* Linneus, 1758) является животным, т. е. принадлежит к земным многоклеточным эукариотическим организмам, которые питаются

другими организмами или их частями, поедая их в виде отдельных частиц. С биологической точки зрения корректно говорить и писать не «человек и животные», а «человек и другие животные». Современные методы реконструкции эволюции позволили описать основные этапы эволюции нашего вида. Нам свойственны все характерные особенности типа Хордовые, надкласса Четвероногие, класса Млекопитающие, отряда Приматы. Ещё недавно человека и, к примеру, шимпанзе было принято относить к разным зоологическим семействам: человека — к семейству *Hominidae* (Люди), а человекообразных обезьян — к семейству *Pongidae*. По недавнему решению ведущих приматологов (специалистов по изучению отряда *Primates*), шимпанзе, горилл и орангутанов следует относить к семейству *Hominidae*. Генетические и палеонтологические данные подтверждают, что эволюционные ветви человека и шимпанзе разошлись 6—7 млн лет назад. Мы являемся более близкими родственниками шимпанзе, чем гориллы. Последний общий предок шимпанзе и человека жил позже, чем последний предок гориллы и шимпанзе (вместе с человеком) и гориллы.

Генетически, физиологически и биохимически человек и его ближайшие родственники чрезвычайно сходны. Однако, как любой вид, наш вид имеет ряд биологических особенностей.

Особенности строения человека:

1. Чрезвычайно высокий (по сравнению с другими видами) размер головного мозга, обеспечивающего сложное поведение.

2. Прямохождение и связанные с ним изменения (расширенный тазовый пояс, имеющий чашеобразную форму; колоннообразный позвоночник с функциональными изгибами, формирующимися по мере освоения способности к поддержанию вертикального положения тела; крупные ягодицы, способствующие поддержанию вертикального положения тела).

3. Продолжительный период детства, обеспечивающий постепенное развитие крупного мозга и способствующий обучению.

4. Перестройка функционирования цикла женской половой системы: переход от эстрального цикла (когда момент овуляции и способности к оплодотворению хорошо заметен) к менструальному (со скрытой овуляцией).

5. Уменьшение волосяного покрова на большей части тела, способствующее его эффективному охлаждению при длительных нагрузках с помощью потовых желёз; функция сохранения тепла передаётся подкожному жировому слою, находящемуся глубже потовых желёз.

6. Строение гортани, обеспечивающее широкие возможности для издавания звуков.

В целом этот комплекс особенностей способствовал тесному взаимодействию в семьях человека, сложные связи между членами человеческих групп и исключительно высокие способности к обучению (культурному наследованию; см. «Биологическая природа и социальная сущность человека»).

4.1.2. Науки, изучающие человека

С середины XX в. развивается комплекс дисциплин, объединённых под названием «Биология человека». В западной литературе все науки о человеке объединяют в **антропологию** — единую универсальную науку, изучающую все

стороны человеческого бытия (особенности физической организации человека, его материальной и духовной культуры, психологию, язык и т. д.). Зачастую термин «биология человека» употребляется в качестве синонима понятия «антропология», однако правильнее считать биологию человека разделом антропологии, изучающим влияние физиологических, биохимических и генетических факторов на вариации строения и развития человеческого организма.



4.2. Нейро-гуморальная регуляция процессов жизнедеятельности организма. Нервная система. Рефлекс. Рефлекторная дуга. Желёзы внутренней секреции. Гормоны

4.2.1. Системы регуляции

Функционирование организма как единого целого обеспечивается системами регуляции, которые обеспечивают взаимодействие отдельных частей организма и его реакцию на внешние воздействия.

Центральными системами регуляции в организме человека являются *нервная, гуморальная (эндокринная) и иммунная*. Все системы регуляции в организме тесно связаны между собой и влияют друг на друга, их взаимодействие обеспечивает слаженную работу организма.

4.2.2. Нервная регуляция

Основные принципы устройства нервной системы

Нервная система — совокупность различных структур нервной ткани, которые регулируют деятельность всех органов и систем организма, осуществляют связь органов между собой и организма в целом с внешней средой.

Нервная система осуществляет нервную регуляцию функций организма, участвуя в поддержании гомеостаза; обеспечивает психические процессы (обучение, речь, память, мышление и др.), позволяющие не только познавать, но и менять внешнюю среду.

Основной структурный и функциональный элемент нервной системы — *нейрон* (нервная клетка). Состоит из тела и отходящих от него отростков: *дендритов* и *аксона*, которые образуют *нервные волокна* (см. «Ткани животных»). Дендриты (короткие древовидно ветвящиеся отростки) обеспечивают восприятие раздражения и передачу возбуждения к телу нейрона. Аксон — самый мощный и длинный (до 1 м) неветвящийся отросток, проводящий нервное возбуждение от тела нейрона к другим нервным клеткам или различным органам.

Нейроны делятся на:

- *чувствительные (рецепторные, афферентные)*, которые передают возбуждение от рецепторов в центральной нервной системе (ЦНС);
- *вставочные (промежуточные)*, которые передают возбуждения в пределах ЦНС, соединяют нервные клетки между собой, составляют основную массу ЦНС;
- *двигательные (эффекторные, эфферентные)*, которые передают импульсы на рабочие органы.

Скопления тел нейронов за пределами ЦНС называются *нервными узлами*.

Нервы — это выходящие за пределы ЦНС и дающие многочисленные ответвления ко всем органам пучки нервных волокон, заключённые в общую соединительнотканную оболочку. Их делят на *чувствительные, двигательные и смешанные*.

Нервные окончания — это терминальные (концевые) части нервных волокон. Чувствительные нервные волокна заканчиваются в органах *рецепторами*, воспринимающими раздражения из внешней или внутренней среды организма, преобразующими их в нервное возбуждение, а затем передающими его в ЦНС. Двигательные нервные волокна заканчиваются *эффекторами*, передающими возбуждение на рабочий орган (мышцу, железу).

Синапсы — специализированные контакты между возбудимыми клетками, служащие для передачи и преобразования нервного импульса (рис. 4.1). В синапсе различают *пресинаптическую часть* (окончание аксона), *синаптическую щель* и *постсинаптическую часть* (участок нейрона, мышечной или секреторной клетки). Передача сигнала осуществляется электрическим (*электрические синапсы*), гуморальным (*химические синапсы*, более распространённые) механизмом или их сочетанием. В химических синапсах пресинаптическая часть содержит синаптические пузырьки с медиаторами (норадреналин, ацетилхолин, серотонин, гамма-аминомасляная кислота и др.). Приходящий нервный импульс

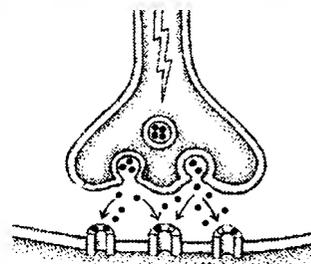


Рис. 4.1. Синапс

вызывает возбуждение пресинаптической мембраны и вызывает высвобождение медиатора. Попавший в синаптическую щель медиатор достигает постсинаптической мембраны, вызывает в ней образование импульса. Через синапсы нервные импульсы передаются только в одном направлении.

Регуляторная деятельность нервной системы основывается на рефлексах.

Рефлекс — ответная реакция организма на раздражение, осуществляемая и контролируемая нервной системой.

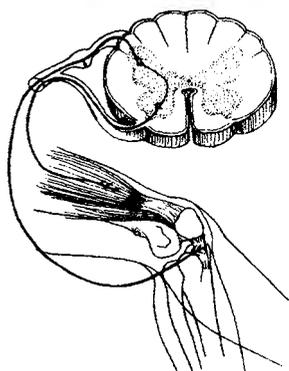


Рис. 4.2. Рефлекторная дуга коленного рефлекса

Рефлексы важны для поддержания функциональной целостности организма и постоянства его внутренней среды (*гомеостаз*), они также обеспечивают эффективное взаимодействие организма с внешней средой. Рефлексы делятся на *безусловные* (врождённые, генетически закреплённые) и *условные* (индивидуально приобретённые).

Осуществление рефлекса связано с **рефлекторной дугой** — путём, по которому проходит возбуждение при рефлексе (рис. 4.2). Рефлекторная дуга состоит из *рецептора* (нервного окончания, воспринимающего раздражение); *чувствительного нервного волокна* (передаёт импульс от рецепторов в ЦНС); расположенного в ЦНС *нервного центра* (совокупность вставочных нейронов, обеспечивающих переключение возбуждения с чувствительных нейронов на двигательные); *двигательного нервного волокна* двигательных нейронов (передают импульс от ЦНС к рабочим органам); *рабочего органа* (мышцы, железы и др.) Обязательным условием осуществления рефлекса является целостность всех отделов рефлекторной дуги.

Анатомически нервная система подразделяется на *центральную* (ЦНС) и *периферическую*. Центральная нервная система состоит из головного и спинного мозга; периферическая образована нервами и нервными узлами.

Функционально нервная система делится на *соматическую*, иннервирующую поперечнополосатые мышцы и органы чувств, и *вегетативную* (*автономную*), иннервирующую внутренние органы.

Центральная нервная система

Спинной мозг — часть ЦНС, представляет собой расположенную в позвоночном канале белую трубку диаметром около 1 см; имеет центральный канал, заполненный спинномозговой жидкостью. Спинной мозг окружён прочными оболочками (твёрдой, паутинной и мягкой). Имеющая форму бабочки внутренняя часть спинного мозга образована *серым веществом*, состоящим из тел вставочных и двигательных нейронов. Наружный слой — *белое вещество* — состоит из миелиновых нервных волокон. Они образуют *проводящие пути* — пучки нервных волокон, связывающие и обеспечивающие функционирование всех отделов ЦНС (рис. 4.3). От спинного мозга отходит 31 пара смешанных спинномозговых нервов. В местах выхода нервов, иннервирующих конечности, имеются шейное и позвоночное утолщения спинного мозга.

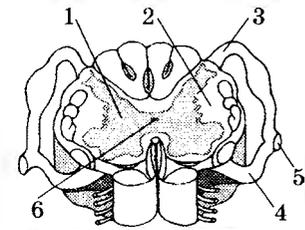
Спинальный мозг выполняет рефлекторную и проводниковую функции. Он осуществляет рефлексы, связанные с сокращением скелетных мышц и регуляцией функций внутренних органов. Головной мозг может регулировать многие спинномозговые рефлексы. По проводящим путям возбуждение от рецепторов передаётся в головной мозг, а идущие от головного мозга импульсы поступают к двигательным нейронам спинного мозга и далее к рабочим органам.

Головной мозг расположен в черепной коробке. Снаружи он покрыт мозговыми оболочками (рис. 4.4). Масса головного мозга у взрослых составляет 1400—1600 г. *Отделы головного мозга*: продолговатый мозг, задний мозг (варолиев мост и мозжечок), средний мозг, промежуточный мозг и конечный мозг (большие полушария). Все отделы головного мозга (за исключением мозжечка и больших полушарий) составляют *ствол мозга*, являющийся продолжением спинного. Полости (желудочки) различных отделов заполнены мозговой жидкостью и сообщаются между собой. Серое вещество образует *кору* больших полушарий и мозжечка; отдельные его скопления (*ядра*) — центры различных рефлекторных актов, расположены в белом веществе. Находящиеся в белом веществе ствола головного мозга и больших полушарий проводящие пути связывают все части головного мозга друг с другом и со спинным мозгом, что обеспечивает функционирование ЦНС как единого целого.

Далее более подробно рассмотрим строение отделов головного мозга и их функции.

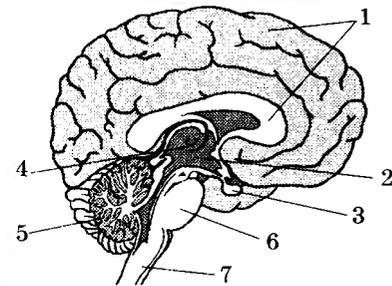
Продолговатый мозг — жизненно важный отдел ЦНС, продолжение спинного мозга. В ядрах продолговатого мозга расположены центры дыхания и сердечной деятельности, сосудодвигательный центр, центры пищеварительных (слюноотделения, отделения желудочного и поджелудочного соков, глотания и др.) и защитных (кашель, рвота и др.) рефлексов. Вместе со средним мозгом обеспечивает рефлексы позы и выпрямительные рефлексы.

Задний мозг включает в себя *варолиев мост* и *мозжечок*. Варолиев мост — утолщение выше продолговатого мозга. Состоит из множества волокон, образующих проводящие пути, и лежащих среди них ядер V—VIII пар черепно-мозговых нервов. Мозжечок расположен в затылочной части головного мозга; его поверхность покрыта многочисленными бороздами. Состоит из двух полушарий и соединяющего их червя. Наружный слой мозжечка образован корой (серым веществом), под ней располагается белое вещество с ядрами. Мозжечок регулирует и координирует сокращение мышц тела; при нарушении его работы понижается тонус мышц, исчезают точность и направленность движений.



- 1 — серое вещество;
- 2 — белое вещество;
- 3 — задний корешок;
- 4 — передний корешок;
- 5 — спинномозговой нерв;
- 6 — спинномозговой канал

Рис. 4.3. Поперечный срез спинного мозга



- 1 — передний мозг;
- 2 — гипоталамус;
- 3 — гипофиз;
- 4 — таламус;
- 5 — мозжечок;
- 6 — мост;
- 7 — продолговатый мозг

Рис. 4.4. Строение головного мозга

Деятельность мозжечка связана с безусловными рефлексами и контролируется корой больших полушарий.

Средний мозг расположен между варолиевым мостом и промежуточным мозгом и обеспечивает их функциональную связь. Состоит из *четверохолмия* и *ножек мозга*. Через него осуществляется связь отделов мозга. Находящиеся в среднем мозге ядра (подкорковые центры зрения, слуха, мышечного тонуса) обеспечивают быструю ориентировку при внезапных световых и звуковых раздражениях, а также участвуют в регуляции тонуса мышц (действуя на продолговатый мозг).

Промежуточный мозг — конечный отдел ствола мозга. Состоит из *зрительных холмов (таламуса)*, *гипоталамуса* и *шишковидного тела (эпифиза)*. В таламусе концентрируются все чувствительные пути, проводящие импульсы от рецепторов тела к коре больших полушарий; он участвует в возникновении ощущений температуры, боли, прикосновения и др. Гипоталамус — высший центр регуляции вегетативных функций: обмена веществ, температуры тела, кровяного давления и дыхания, гомеостаза. Он морфологически связан с гипофизом (важнейшей железой внутренней секреции) и регулирует его деятельность.

Конечный мозг (большие полушария) составляет 80 % массы головного мозга и прикрывает собой все отделы головного мозга (кроме части продолговатого мозга и мозжечка). Он состоит из двух симметричных половинок, соединённых *мозолистым телом* из белого вещества. Наружный слой серого вещества образует кору больших полушарий (содержит около 14 млрд нейронов); центральная часть состоит из белого вещества. Поверхность коры складчатая: многочисленные глубокие борозды делят её на сложную систему *извилин* — тем самым значительно увеличивается площадь коры (2000—2500 см²). Каждое полушарие разделено глубокими бороздами на четыре крупные доли: *лобную*, *теменную*, *височную* и *затылочную*. В белом веществе расположены подкорковые ядра, обеспечивающие передачу возбуждений в кору и из неё.

Функционально в коре различают *чувствительные (сенсорные)*, *двигательные* и *ассоциативные зоны* (объединяющие деятельность сенсорных и двигательных зон, с ними связаны память, речь, мышление). Зона кожной и суставно-мышечной чувствительности расположена позади центральной борозды; зона зрительных восприятий — в затылочной доле; слуховая зона — в коре височной доли. Спереди от центральной борозды располагается двигательная зона, регулирующая деятельность мышц. Речь и мышление осуществляются при участии всей коры.

Деятельность каждого органа находится под контролем коры больших полушарий. Через неё проходят все дуги условных рефлексов, посредством которых организм приспособливается к постоянно меняющимся условиям внешней среды.

Периферическая нервная система

Периферическая нервная система состоит из 12 пар черепно-мозговых нервов (отходят от головного мозга) и 31 пары спинномозговых нервов (отходят от спинного мозга), а также нервных узлов.

Каждый спинномозговой нерв отходит от спинного мозга двумя корешками: *задним (чувствительным)* и *передним (двигательным)*. На задних корешках расположены нервные узлы. Затем оба корешка соединяются в один ствол,

выходящий из позвоночного канала через межпозвоночное отверстие. Благодаря этому спинномозговые нервы являются *смешанными* (чувствительными и двигательными). Они иннервируют кожу, внутренние органы и скелетную мускулатуру.

Вегетативная нервная система

Автономная (вегетативная) нервная система регулирует деятельность внутренних органов, желёз, кровеносных сосудов, гладких мышц и процессы обмена веществ. Её деятельность не подчинена воле человека.

Анатомически в неё входят элементы как центральной, так и периферической нервных систем. Центры вегетативной нервной системы находятся в сером веществе среднего, продолговатого и спинного мозга. Передающееся в рабочий орган возбуждение проходит по двум нейронам: тела первых нейронов лежат в ЦНС, а тела вторых — в лежащих за её пределами нервных узлах. По вегетативным нервам возбуждение проводится намного медленнее. Вегетативная нервная система состоит из двух отделов — *симпатического* и *парасимпатического*.

Симпатический отдел начинается в центральных отделах спинного мозга, в которых расположены тела первых нейронов. Их отростки заканчиваются в симпатических нервных узлах, лежащих по бокам позвоночника и образующих цепочки. Внутри узлов расположены тела вторых нейронов, отростки которых идут к рабочим органам.

Парасимпатический отдел начинается в продолговатом мозге и крестцовом отделе спинного мозга (в них находятся тела первых нейронов). Отростки нейронов направляются в парасимпатические узлы (сосредоточение тел вторых нейронов), расположенные около органов или непосредственно в тканях иннервируемого органа.

Практически все внутренние органы имеют *двойную иннервацию* — симпатическую и парасимпатическую, которые оказывают противоположное влияние на физиологические функции. Согласованная деятельность обоих отделов вегетативной нервной системы обеспечивает тонкую регуляцию работы внутренних органов и её приспособление к потребностям организма в меняющихся условиях среды.

4.2.3. Эндокринная регуляция

Желёзы и их секреты

Желёзы — специальные органы человека, вырабатывающие и выделяющие специфические вещества (*секреты*) и участвующие в различных физиологических функциях.

Желёзы внешней секреции (слюнные, потовые, печень, молочные и др.) снабжены выводными протоками, через которые выделяют секреты в полость тела, различных органов или во внешнюю среду.

Желёзы внутренней секреции (гипофиз, эпифиз, паращитовидные, щитовидная, надпочечники) лишены протоков и выделяют свои секреты (гормоны) непосредственно в омывающую их кровь, которая разносит их по всему организму.

Гормоны — биологически активные вещества, вырабатываемые железами внутренней секреции и оказывающие целенаправлённое влияние на другие органы. Они участвуют в регуляции всех жизненно важных процессов — роста, развития, размножения и обмена веществ.

По химической природе выделяют *белковые гормоны* (инсулин, пролактин), *производные аминокислот* (адреналин, тироксин) и *стероидные гормоны* (половые гормоны, кортикостероиды). Гормоны обладают специфичностью действия: каждый гормон влияет на определённый тип обменных процессов, на деятельность определённых органов или тканей.

Железы внутренней секреции находятся в тесной функциональной взаимозависимости, составляя целостную *эндокринную систему*, осуществляющую гормональную регуляцию всех основных процессов жизнедеятельности. Эндокринная система функционирует под контролем нервной системы, связующим звеном между ними служит гипоталамус.

Железы *смешанной секреции* (поджелудочная, половые) одновременно выполняют функции внешней и внутренней секреции.

Нарушения работы эндокринных желёз проявляются или в повышении секреции (*гиперфункция*), или в понижении (*гипофункция*), или в отсутствии секреции (*дисфункция*). Это может привести к разнообразным специфическим эндокринным заболеваниям. Причинами нарушения работы желёз являются их заболевания или нарушение регуляции со стороны нервной системы, особенно гипоталамуса.

Железы внутренней секреции

■ **Эндокринная система** — гуморальная система регуляции функций организма посредством гормонов (рис. 4.5).

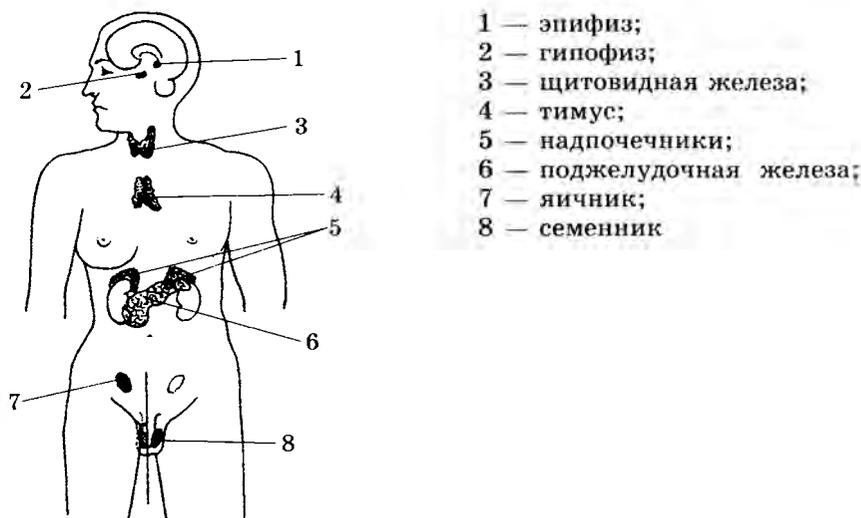


Рис. 4.5. Эндокринная система человека

Гипофиз — центральная железа внутренней секреции. Его удаление приводит к смерти. Передняя доля гипофиза (*аденогипофиз*) связана с гипоталамусом и вырабатывает тропные гормоны, стимулирующие деятельность других желёз

внутренней секреции: щитовидной — *тиреотропный*, половых — *гонадотропный*, надпочечников — *адренокортикотропный*. Гормон роста оказывает воздействие на рост молодого организма: при избыточной продукции этого гормона человек растёт слишком быстро и может достичь роста 2 м и более (*гигантизм*); его недостаточное количество вызывает задержку роста (*карликовость*). Его избыток у взрослого человека приводит к разрастанию плоских костей лицевой части черепа, рук и ног (*акромегалия*). В задней доле гипофиза (*нейрогипофиз*) образуются два гормона: антидиуретический (или *вазопрессин*), регулирующий водно-солевой обмен (усиливает реабсорбцию воды в канальцах нефрона, уменьшает выделение воды с мочой), и *окситоцин*, вызывающий сокращение беременной матки при родах и стимулирующий секрецию молока в период лактации.

Эпифиз (шишковидная железа) — небольшая железа, являющаяся частью промежуточного мозга. В темноте вырабатывает гормон *мелатонин*, влияющий на функцию половых желёз и половое созревание.

Щитовидная железа — крупная железа, расположенная спереди гортани. Железа способна извлекать из омывающей её крови йод, входящий в состав её гормонов — *тироксина*, *трийодтиронина* и др. Гормоны щитовидной железы влияют на обмен веществ, процессы роста и дифференцировки тканей, функционирование нервной системы, регенерацию. Недостаточность тироксина вызывает тяжёлое заболевание — *микседему*, для которой характерны отёки, выпадение волос, вялость. При недостаточности гормона в детском возрасте развивается *кретинизм* (задержка физического, умственного и полового развития). При избытке гормонов щитовидной железы развивается *базедова болезнь* (резко возрастает возбудимость нервной системы, усиливаются процессы обмена веществ, несмотря на большое количество потребляемой пищи, человек худеет). При отсутствии в воде и пище йода развивается *эндемический зоб* — гипертрофия (разрастание) щитовидной железы. Для предотвращения этого йодируют кухонную соль.

Паращитовидные железы — четыре небольшие железы, расположенные на щитовидной железе или погружённые в неё. Вырабатываемый ими *паратиреоидный гормон* регулирует обмен кальция в организме и поддерживает его уровень в плазме крови (повышает его всасывание в почках и кишечнике, высвобождает его из костей). Одновременно он воздействует и на обмен фосфора в организме (усиливает его выведение с мочой). Недостаточность этого гормона приводит к усилению нервно-мышечной возбудимости, появлению судорог. Его избыток приводит к разрушению костной ткани, усиливается также склонность к камнеобразованию в почках, нарушается электрическая активность сердца, возникают язвы в желудочно-кишечном тракте.

Надпочечники — парные железы, расположенные на верхушке каждой почки. Состоят из двух слоёв — *наружного (коркового)* и *внутреннего (мозгового)*, представляющих собой самостоятельные (отличающиеся по происхождению, строению и функциям) эндокринные железы. В корковом слое образуются гормоны, участвующие в регуляции водно-солевого, углеводного и белкового обмена (*кортикостероиды*). В мозговом слое — *адреналин* и *норадреналин*, обеспечивающие мобилизацию организма в стрессовых ситуациях. Адреналин повышает систолическое давление, ускоряет частоту сердечных сокращений, увеличивает кровоток в сердце, печени, скелетных мышцах и мозге, способствует превращению гликогена печени в глюкозу и увеличивает уровень сахара в крови.

К железам внутренней секреции относится и *тимус*, в котором синтезируются гормоны *тимозин* и *тимопоэтин*.

Железы смешанной секреции

Поджелудочная железа секретирует содержащий ферменты поджелудочный сок, участвующий в пищеварении, и два гормона, регулирующие углеводный и жировой обмен, — *инсулин* и *глюкагон*. Инсулин снижает содержание глюкозы в крови, задерживая распад гликогена в печени и увеличивая использование его мышечными и другими клетками. Глюкагон вызывает распад гликогена в тканях. Недостаточность секреции инсулина приводит к повышению уровня глюкозы в крови, нарушению липидного и белкового обмена, развитию сахарного диабета. Для лечения диабета используют инсулин, получаемый из поджелудочных желёз скота.

Половые железы (яички и яичники) образуют половые клетки и половые гормоны (женские — *эстрогены* и мужские — *андрогены*). Оба типа гормонов имеются в крови любого человека, поэтому половые признаки определяются их количественным соотношением. У зародышей половые гормоны контролируют развитие половых органов, а во время полового созревания обеспечивают развитие вторичных половых признаков: низкий голос, прочный скелет, развитая мускулатура тела, рост волос на лице — у мужчин; отложение жира в определённых частях тела, развитие молочных желёз, высокий голос — у женщин. Половые гормоны делают возможным оплодотворение, развитие зародыша, нормальное протекание беременности и родов. Женские половые гормоны поддерживают менструальный цикл.

Регуляция деятельности эндокринной системы

Особое место в эндокринной системе занимает *гипоталамо-гипофизарная система* — нейроэндокринный комплекс, регулирующий гомеостаз организма. Гипоталамус воздействует на гипофиз при помощи нейросекретов, которые высвобождаются из отростков нейронов гипоталамуса и по кровеносным сосудам поступают в переднюю долю гипофиза. Эти гормоны стимулируют или тормозят выработку тропных гормонов гипофиза, которые, в свою очередь, регулируют функцию периферических желёз внутренней секреции (щитовидной железы, надпочечников и половых желёз).

4.3. Питание. Система пищеварения. Роль ферментов в пищеварении

4.3.1. Питание человека и необходимые вещества

Человек употребляет в пищу продукты как растительного, так и животного происхождения. Здоровье человека, его трудоспособность и качество жизни в значительной мере зависят от рационального питания. **Рациональное питание** — это питание, достаточное в количественном отношении и полноценное в качественном. Основа рационального питания — *сбалансированность*, т. е. оптимальное соотношение компонентов пищи (незаменимых и заменимых

аминокислот, различных групп липидов, углеводов, витаминов, минеральных веществ и т. д.). В среднем соотношение углеводов, белков и липидов должно соответственно составлять 4:1:1. Суточная потребность человека в разных солях невелика и полностью обеспечивается за счёт разнообразной пищи. В пищу следует добавлять лишь поваренную соль.

В пищевой рацион человека обязательно должны входить витамины в достаточном количестве. Большинство из них не синтезируется в организме человека (малая их часть синтезируется микрофлорой толстого кишечника) и поэтому поставляется в организм с пищей. Суточная потребность в витаминах составляет несколько миллиграммов. Нарушение поступления в организм витаминов может проявляться в трёх формах:

- *авитаминоз* — полное отсутствие поступления в организм какого-либо витамина, основная причина — нарушение его всасывания в кишечнике;
- *гиповитаминоз* — недостаточное поступление какого-либо витамина с пищей;
- *гипервитаминоз* — избыток витамина.

В табл. 4.1 приведены источники и функции основных витаминов, необходимых человеку.

Таблица 4.1

Название и обозначение витамина	Основные источники	Функции	Признаки недостаточности
Жирорастворимые витамины			
А (ретинол)	Рыбий жир, сливочное и топленое масло, желток яиц, молоко, печень, почки, икра рыб; в растениях (морковь, шпинат, абрикосы, красный перец, крапива, люцерна) имеется <i>провитамин А</i> — каротин, превращающийся в организме человека в витамин А	Составная часть зрительных пигментов; играет важную роль в поддержании нормального состояния кожи и слизистых оболочек	Сухость и повреждение кожи, развиваются сухость роговицы и дегенерация слизистых оболочек. Нарушается сумеречное зрение (<i>куриная слепота</i>) — неспособность видеть при ослабленном освещении)
D (кальциферол)	Печень рыб и морских млекопитающих, сливочное масло, икра, яичный желток и др.; образуется при облучении кожи солнцем	Способствует удержанию солей кальция и фосфора в организме и отложению их в костной ткани	У детей при недостатке витамина D в пище или в случае длительного отсутствия солнечного света развивается <i>рахит</i> — размягчение и искривление костей в результате снижения содержания минеральных веществ

Название и обозначение витамина	Основные источники	Функции	Признаки недостаточности
Е (токоферол)	Растительные масла (подсолнечное, кукурузное и др.), печень, зелёные овощи	Участвует в функциональной активности мышц и половой системы, препятствует гемолизу эритроцитов	Его отсутствие вызывает перерождение мышечной ткани, бесплодие, анемию
К (филлохинон)	Шпинат, белокочанная капуста, брюссельская капуста; синтезируется также микрофлорой толстого кишечника	Является незаменимым фактором свёртываемости крови	Нарушение свёртываемости крови, обильные кровотечения
Водорастворимые витамины			
В ₁ (тиамин)	Цельное зерно злаков, печень, почки, экстракт дрожжей	Участвует в реакциях тканевого дыхания	Заболевание бери-бери (симптомы — похудание, нарушение движений, паралич конечностей, атрофия мышц); сердечная недостаточность, отёки, замедление роста у детей
В ₂ (рибофлавин)	Молоко, дрожжи, яичный белок, овощи	Играет важную роль в некоторых ферментных системах, обеспечивая использование клетками питательных веществ	Задержка роста молодого организма, поражение глаз, слизистой оболочки рта
В ₆ (пиридоксин)	Цельное зерно, печень, дрожжи; синтезируется также микрофлорой кишечника	Кофермент в обмене аминокислот и жирных кислот	Дерматиты на коже лица, потеря аппетита, сонливость или повышенная раздражительность, анемия, диарея
В ₃ (пантотеновая кислота)	Широко распространён во всех пищевых продуктах	Входит в состав кофермента А, активизирующего карбоновые кислоты в клеточном метаболизме	Нарушение нервно-мышечной координации, утомляемость, мышечные судороги

Название и обозначение витамина	Основные источники	Функции	Признаки недостаточности
B_5 (PP) (никотиновая кислота)	Печень, дрожжи, зародыши пшеницы, хлеб грубого помола, мясо	Входит в состав кофермента А, НАД и НАДФ	Пеллагра (поражение кожи), нарушения пищеварения, ослабление памяти, апатия
B_{12} (фолиевая кислота)	Печень, белая рыба, зелёные овощи; синтезируется также микрофлорой кишечника	Участвует в синтезе нуклеопротеинов и эритроцитов	Нарушение кроветворения, желудочно-кишечные расстройства
B_{12} (цианкобаламин)	Мясо, молоко, яйца, рыба, сыр	Участвует в синтезе РНК	Злокачественная анемия
H (биотин)	Дрожжи, печень, почки; синтезируется также микрофлорой кишечника	Участвует в синтезе белка	Дерматиты, мышечные боли
C (аскорбиновая кислота)	Сырые овощи, плоды и ягоды; им богаты шиповник, чёрная смородина, помидоры, лук, капуста, лимоны, апельсины	Участвует в метаболизме соединительной ткани и в образовании здоровой кожи, необходим для синтеза коллагеновых волокон	Цинга (дёсны становятся слабыми и кровоточат, не заживают раны); не образуются волокна соединительной ткани

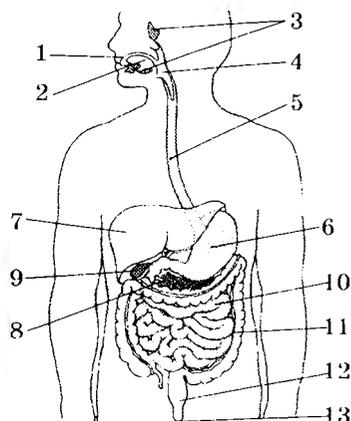
4.3.2. Пищеварительные органы

Пищеварительная система — это физиологическая система, обеспечивающая поступление питательных веществ из окружающей среды в кровь.

Основные функции пищеварительной системы:

1. *Секреторная* — образование и отделение (секреция) соков пищеварительными железами.
2. *Двигательная* — захватывание пищи, её механическое измельчение и увлажнение в ротовой полости, продвижение вдоль пищеварительного канала благодаря волнообразным (перистальтическим) движениям его стенок и удаление неиспользованных остатков.
3. *Всасывательная* — обеспечивает переход продуктов расщепления питательных веществ пищи через стенку кишечника в кровь и лимфу.

Система органов пищеварения состоит из *пищеварительного канала* (трубки длиной 8—10 м) и *пищеварительных желёз* (печень, поджелудочная железа и др.).



- 1 — ротовое отверстие;
- 2 — язык;
- 3 — слюнные железы;
- 4 — глотка;
- 5 — пищевод;
- 6 — желудок;
- 7 — печень;
- 8 — поджелудочная железа;
- 9 — жёлчный пузырь;
- 10 — тонкий кишечник;
- 11 — толстый кишечник;
- 12 — прямая кишка;
- 13 — анальное отверстие

Рис. 4.6. Пищеварительная система человека

Пищеварительный канал человека делится на следующие *отделы*: ротовая полость, глотка, пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечник, заканчивающийся прямой кишкой с анальным отверстием (рис. 4.6).

Стенки пищеварительного канала состоят из трёх основных слоёв: *внутреннего* — слизистой оболочки с подслизистой основой, *среднего* — мышечного и *внешнего* — соединительнотканного. Слизистая оболочка содержит железы, выделяющие ферменты и слизь; подслизистая основа образует складки, увеличивающие поверхность пищеварительного канала. Мышечный слой большинства отделов пищеварительного канала образован гладкими мышцами, расположенными в два слоя: в наружном — продольно, а во внутреннем — кольцеобразно (поперечно). Этот слой осуществляет перистальтические движения. Мелкие пищеварительные железы находятся в слизистой оболочке стенки пищеварительного канала, а крупные обособлены и соединяются с ним протоками, в них образуются пищеварительные соки, содержащие ферменты.

Органы ротовой полости

Ротовая полость — начальный отдел пищеварительного тракта. Спереди она ограничена губами и щеками, а сзади сообщается с полостью глотки через зев. В ротовой полости определяется вкус и температура пищи, происходит её первоначальная обработка. Стенки ротовой полости покрыты слизистой оболочкой, снабжённой большим количеством рецепторов и мелких слюнных желёз. Три пары крупных слюнных желёз расположены за пределами ротовой полости и соединены с ней протоками.

Зубы — костные органы, расположенные в ротовой полости в ячейках (альвеолах) верхней и нижней челюстей; они служат для измельчения пищи и участвуют в членораздельной речи. Молочные зубы (их 20) закладываются в период внутриутробного развития и прорезаются в период с 6 месяцев до 2—3 лет. Постоянные зубы (их 32) закладываются в первые месяцы после рождения, а начинают прорезываться в 6—7 лет, полностью сменяя молочные к 10—12 годам. Последними прорезываются зубы мудрости — к 25 годам.

В каждом зубе различают выступающую над десной *коронку*, погружённую в ткани десны *шейку* и *корень* (иногда два или три), располагающийся в альвеоле челюстной кости (рис. 4.7). Внутренняя полость зуба заполнена зубной мякотью —

соединительнотканной *пульпой*, содержащей кровеносные сосуды и нервы, которые проникают в полость зуба через отверстие на верхушке корня. Основная масса зуба состоит из *дентина* — костеподобной ткани. В области коронки дентин снаружи покрыт твёрдой и прочной *эмалью*, выполняющей защитную функцию; в области корня и шейки — *цементом*, с помощью которого зуб крепится к челюстной кости.

Различают следующие типы зубов: *резцы*, *клыки*, *коренные*. Плоские резцы, расположенные в средней части верхней и нижней челюстей, служат для захватывания и откусывания пищи. Находящиеся сбоку от резцов заострённые клыки служат для дробления и разрывания пищи. За клыками расположены коренные зубы (по два малых и по три больших) с бугристыми жевательными поверхностями; они служат для перетирания и перемалывания пищи.

Язык — мышечный орган, расположенный в нижней части ротовой полости (рис. 4.8). Участвует в перемешивании пищи со слюной и формировании пищевого комка, проталкивании его при глотании. Язык выполняет важные функции. Прежде всего он является органом вкуса: в его слизистой оболочке содержатся вкусовые рецепторы. Язык — один из органов, обеспечивающих членораздельную речь.

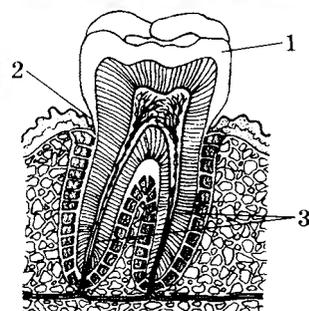
Слюна и слюнные железы

Слюна — продукт секреции слюнных желёз, служащий для увлажнения сухой пищи и начальных этапов переваривания пищи. Она представляет собой прозрачную жидкость со слабощелочной реакцией, состоящую из воды (98,5—99%), органических и неорганических веществ (1—1,5%). Входящий в состав слюны белок *муцин* (тягучее слизистое вещество) обволакивает пищу, превращая её в пищевой комок, который легко проглатывается. Содержащиеся в слюне ферменты расщепляют крахмал до глюкозы. Слюна содержит также бактерицидное вещество — *лизоцим*, способствующее заживлению повреждений слизистой оболочки рта.

Слюна выделяется тремя парами крупных слюнных желёз (*околоушной*, *подчелюстной* и *подъязычной*) и мелкими железками, расположенными в слизистой оболочке ротовой полости. За сутки у человека образуется 0,5—2 л слюны. Слюна выделяется рефлекторно.

Глотание и продвижение пищевого комка

Образовавшийся в ротовой полости пищевой комок (пережёванная и смоченная слюной пища) с помощью языка и щёк проталкивается к глотке. Глотание происходит рефлекторно: раздражение нервных рецепторов мягкого нёба вызывает сокращение мышц рта, глотки и начала пищевода, продвигающих пищевой



1 — коронка;
2 — шейка;
3 — корень

Рис. 4.7. Строение зуба

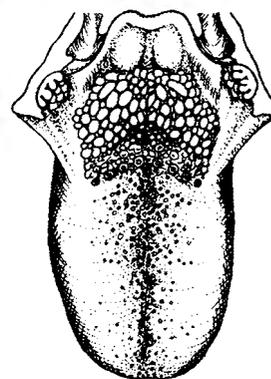


Рис. 4.8. Язык

комков в глотку, и далее в пищевод. При этом надгортанник опускается, закрывая вход в гортань, а мягкое нёбо поднимается, преграждая путь в носоглотку. Глотание — безусловный рефлекс; центр глотания расположен в продолговатом мозге.

Глотка имеет вид воронкообразной трубки длиной 11—12 см; в ней перекрещиваются пищеварительный и дыхательный пути. Полость глотки делится на три части: *носоглотку*, *ротоглотку* и *гортанную часть глотки*. Мышечный слой стенки глотки состоит из поперечнополосатой мускулатуры. На уровне 7-го шейного позвонка глотка переходит в пищевод.

Пищевод — цилиндрическая трубка длиной 22—30 см, которая проходит через диафрагму и в брюшной полости переходит в желудок. Мышечный слой стенки пищевода в верхней части образован поперечнополосатыми мышцами, а в нижней — гладкими. Мышцы обеспечивают постоянный тонус пищевода и перемещение пищевого комка в желудок.

Желудок

Желудок — мешкообразно расширенная часть пищеварительного канала. Он расположен в брюшной полости под диафрагмой. Его ёмкость меняется в зависимости от наполнения пищей (1,5—4 л) (рис. 4.9).

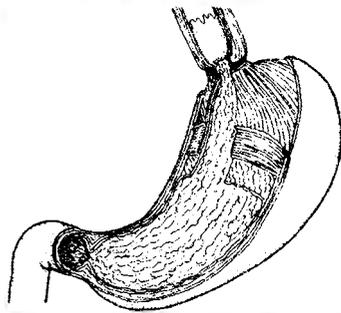


Рис. 4.9. Строение желудка человека

Слизистая оболочка желудка образует складки; в ней расположены многочисленные мелкие железы, выделяющие слизь и желудочный сок. Желудок служит резервуаром для проглоченной пищи, перемещает пищу и перемешивает её с желудочным соком, осуществляет химическую обработку пищи, всасывание некоторых веществ (сахара, соли, воды); производит некоторые биологически активные вещества. Выход из желудка снабжён *кольцевой мышцей (сфинктером)*, позволяющей его перекрывать. Пища в желудке переваривается 4—8 ч (в зависимости от состава). Из желудка пища в виде кашицы поступает отдельными порциями в передний отдел тонкого кишечника — *двенадцатиперстную кишку*.

Желудочный сок — прозрачная жидкость, выделяемая железами слизистой оболочки желудка и содержащая ферменты и соляную кислоту. За сутки у взрослого человека образуется 1,5—2 л желудочного сока. Пищеварительные ферменты — *пепсин* и *гастрин* — расщепляют белки, желудочная *липаза* расщепляет эмульгированные жиры на жирные кислоты и глицерин. Соляная кислота активизирует пепсин, способствует перевариванию белков (вызывает их денатурацию и набухание), стимулирует двигательную активность желудка и обладает антибактериальным действием. Толстый слой слизи (*муцина*), вырабатываемой особыми железами слизистой оболочки, защищает желудок от действия соляной кислоты и пищеварительных ферментов.

Тонкий кишечник

Тонкий кишечник — отдел пищеварительного канала длиной 5—6 м, в котором завершается процесс переваривания пищи и происходит всасывание продуктов расщепления, а также осуществляется эндокринная функция.

В слизистой оболочке тонкого кишечника находится множество трубчатых желёз, производящих кишечный сок (включает более 20 ферментов). Для увеличения поверхности всасывания слизистая оболочка образует складки и имеет многочисленные ворсинки (рис. 4.10). Стенки ворсинок образованы однослойным эпителием. Внутри каждой ворсинки имеются лимфатический сосуд и маленькая артерия, распадающаяся на капилляры.

Тонкий кишечник делится на три отдела: двенадцатиперстную, тощую и подвздошную кишки. *Двенадцатиперстная кишка* — начальный отдел тонкого кишечника длиной 25 см; в него открываются протоки печени и поджелудочной железы. В этом отделе на пищу воздействует максимальное количество ферментов поджелудочной железы и кишечный сок. В *тощей* и *подвздошной* кишке под влиянием кишечного сока заканчивается процесс расщепления всех питательных веществ пищи и происходит всасывание — переход продуктов расщепления питательных веществ из пищеварительного канала в кровь или лимфу.

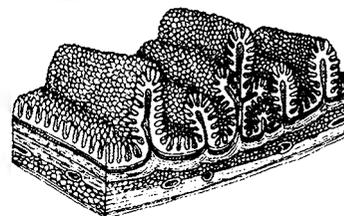


Рис. 4.10. Строение стенки тонкого кишечника

Всасывание — сложный физиологический процесс, осуществляемый за счёт активного транспорта веществ через мембрану, диффузии, фильтрации и осмоса. Через стенки ворсинок в кровь попадают растворимые продукты расщепления питательных веществ — аминокислоты, образующиеся в результате расщепления белков пищи, глюкоза (продукт расщепления углеводов), и глицерин (продукт расщепления жиров). Нерастворимые в воде жирные кислоты, взаимодействуя с щелочами, проникают в эпителий ворсинок. Там, взаимодействуя с глицерином, они образуют специфичный для человека жир, который в виде мельчайших капелек поступает в лимфу.

Печень и поджелудочная железа

Печень — самая крупная железа человеческого тела. Она расположена в брюшной полости непосредственно под диафрагмой и участвует в различных процессах обмена веществ (рис. 4.11).

Вырабатываемая клетками печени жёлчь накапливается в *жёлчном пузыре*, по мере необходимости она поступает по жёлчному протоку в двенадцатиперстную кишку. Желчь эмульгирует (дробит) жиры на мельчайшие капли и повышает растворимость жирных кислот, облегчая переваривание и всасывание жиров пищи. Кроме того, печень выполняет барьерную функцию в организме, обезвреживая ядовитые вещества, образующиеся в процессе обмена веществ (так, аммиак, образовавшийся при расщеплении аминокислот, превращается здесь в мочевины) или поступившие извне. В клетках печени синтезируется и запасается *гликоген* (животный крахмал).

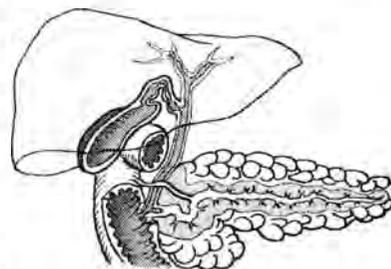


Рис. 4.11. Печень и поджелудочная железа

Поджелудочная железа — железа смешанной секреции, расположенная под желудком между двенадцатиперстной кишкой и селезёнкой (рис. 4.11). Железистые клетки поджелудочной железы вырабатывают поджелудочный сок (500—700 мл в сутки), который по протоку попадает в двенадцатиперстную кишку. Поджелудочный сок содержит ферменты, расщепляющие все питательные вещества: *трипсин* заканчивает начавшийся ещё в желудке распад белков до аминокислот, *липаза* обеспечивает расщепление жиров на глицерин и жирные кислоты, *амилаза* расщепляет сложные углеводы до дисахаридов. Ферменты поджелудочной железы сохраняют активность в щелочной среде при температуре тела человека.

Толстый кишечник

Толстый кишечник отличается от тонкого большим диаметром и меньшей длиной (1,5—2 м).

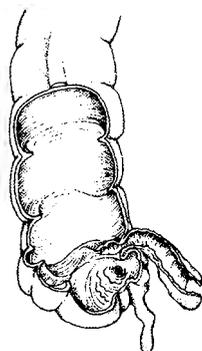


Рис. 4.12. Участок толстого кишечника с червеобразным отростком

Слизистая оболочка толстого кишечника имеет более развитый мышечный слой, она формирует складки полулунной формы, но, в отличие от тонкого кишечника, ворсинки здесь отсутствуют. Для функционирования толстого кишечника (и организма в целом) очень важна населяющая его нормальная микрофлора (полезные бактерии). Кишечник новорождённого не содержит бактерий, они появляются в течение первых дней жизни.

Отделы толстого кишечника: слепая кишка с червеобразным отростком (аппендиксом) (рис. 4.12), ободочная, сигмовидная и прямая кишки. В толстый кишечник поступают непереваренные остатки пищи, которые под воздействием населяющих толстый кишечник бактерий, а также в результа-

те всасывания воды и минеральных веществ превращаются в каловые массы. Слизь, содержащая небольшое количество ферментов и вырабатываемая железами слизистой оболочки, способствует их прохождению по толстому кишечнику.

Сформированные в толстом кишечнике каловые массы поступают в **прямую кишку**. В районе анального отверстия расположены внутренний (непроизвольный) и наружный (произвольный) сфинктеры, которые замыкают анальное отверстие и открываются при акте дефекации.

Дефекация — рефлекторный процесс, проходящий при участии диафрагмы и мышц живота; центр расположен в спинном мозге. Он регулируется отделами головного мозга, поэтому возможна произвольная задержка акта дефекации.

4.4. Дыхание. Система дыхания

4.4.1. Воздухоносные пути

Система органов дыхания (газообмена) состоит из **воздухоносных (дыхательных) путей** и **парных лёгких**, в которых собственно и происходит газообмен (насыщение крови кислородом и выведение углекислого газа).

В зависимости от местоположения дыхательные пути делятся на *верхние* (носовая полость, носоглотка, ротоглотка) и *нижние* (гортань, трахея, бронхи). Их основная функция — проведение воздуха в лёгкие и выведение его обратно. Они имеют вид трубок, просвет которых сохраняется благодаря наличию хрящевого или костного скелета. Внутренняя поверхность дыхательных путей покрыта слизистой оболочкой с мерцательным эпителием и содержит многочисленные железы. Проходя через них, воздух согревается, очищается от различных частиц и увлажняется.

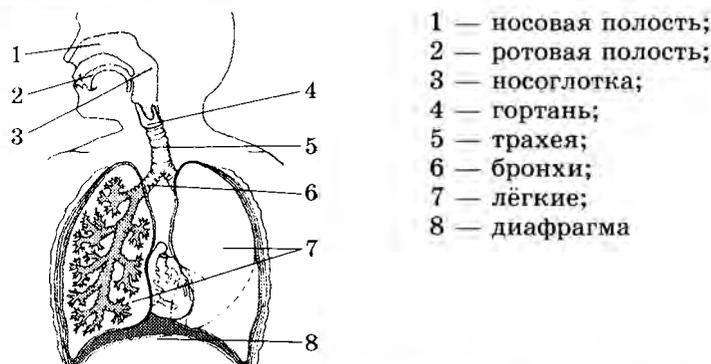


Рис. 4.13. Дыхательная система человека

Носовая полость разделена костно-хрящевой перегородкой на две половины, открывается наружу *ноздрями*. Тонкие спиралеобразные выросты (*носовые раковины*) делят носовую полость на три извилистых *носовых хода* (верхний, средний и нижний). В нижний носовой ход открывается *носослёзный канал*, в верхнем расположены рецепторы органа обоняния. Стенки носовой полости покрыты слизистой оболочкой с мерцательным эпителием и железами, выделяющими слизь. К слизи прилипают пылинки и микроорганизмы, которые затем направленными движениями ресничек перемещаются к выходу из носовой полости. В слизистой оболочке много кровеносных сосудов, за счёт которых вдыхаемый воздух нагревается или охлаждается.

Носовая полость соединяется с носоглоткой при помощи *хоан* (внутренних ноздрей). На боковых стенках носоглотки расположены *отверстия слуховых (евстахиевых) труб*. В глотке расположены *миндалины* — скопления лимфоидной ткани, служащие защитным барьером дыхательных путей.

Гортань — полый орган, расположенный на передней части шеи. Служит для дыхания и голосообразования. Основу гортани составляют несколько хрящей, подвижно соединённых между собою связками и суставами. Самый крупный из хрящей гортани — *щитовидный* — особенно заметен у мужчин и называется кадыком (адамовым яблоком); спереди него расположена *щитовидная железа*. При глотании вход в гортань закрывается хрящевым *надгортанником*.

Поперёк гортани натянуты две эластичные складки слизистой оболочки — **голосовые связки**, между которыми находится голосовая щель. К ним прикреплены мышцы, сокращение и расслабление которых меняет степень натяжения голосовых связок (голосовая щель сужается или расширяется).

Гортань переходит в **трахею** (дыхательное горло), имеющую вид трубки длиной 10—12 см. Трахея образована 16—20 хрящевыми полукольцами, соединёнными

с помощью связок, благодаря этому просвет трахеи всегда открыт. Задняя стенка трахеи состоит из соединительной ткани и гладкой мускулатуры, поэтому пищевой комок может легко передвигаться по пищеводу.

В грудной полости трахея делится на два *bronха*, которые входят в *левое* и *правое лёгкое*. Строение крупных бронхов сходно со строением трахеи. В лёгких бронхи ветвятся, их диаметр постепенно уменьшается, из стенок мелких бронхов (диаметром 1 мм) исчезают хрящи. В результате образуются тончайшие трубочки — *bronхиолы* (диаметром 0,5 мм).

4.4.2. Лёгкие

Лёгкие — парные органы губчатого строения, расположенные в грудной полости, их объём зависит от наполнения воздухом.

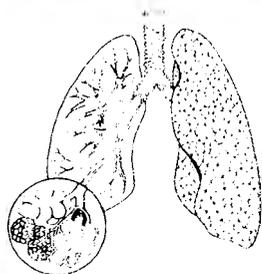


Рис. 4.14. Альвеолярное строение лёгких

Правое лёгкое больше и состоит из трёх частей, левое — из двух. Снаружи лёгкие покрыты тонкой оболочкой — *лёгочной плеврой*, срастающейся с тканью лёгких. По бокам она переходит в *пристеночную плевру*, срастающуюся с внутренней поверхностью грудной полости. В образующейся между ними плевральной полости находится жидкость, уменьшающая трение лёгких о стенки грудной полости при дыхании. К лёгким подходят бронхи, лёгочные артерии, лёгочные вены, нервы, лимфатические сосуды. Основу лёгочной ткани составляют заполненные воздухом мельчайшие

лёгочные пузырьки (*альвеолы*), расположенные гроздью на конце *bronхиолы* (конечный отдел воздухоносных путей). Диаметр альвеол — 0,2—0,3 мм, количество в обоих лёгких — 600—700 млн, суммарная поверхность — около 100 м². Стенки альвеол состоят из однослойного плоского эпителия и эластичных волокон, обеспечивающих их растяжимость. Внутренняя поверхность альвеолы покрыта веществом, не позволяющим альвеоле слипаться и обладающим бактерицидным действием. Лёгочные пузырьки оплетены густой сетью капилляров; через стенки альвеол и капилляров осуществляется газообмен (венозная кровь превращается в артериальную) (рис. 4.14).

Механизм вдоха-выдоха. Вентиляция лёгких обеспечивается ритмично сменяемыми вдохами и выдохами, происходящими в результате изменения объёма грудной полости. При вдохе объём грудной полости увеличивается благодаря сокращению наружных межрёберных мышц (приподнимают рёбра) и диафрагмы (становится плоской). В результате этого в плевральной полости возникает отрицательное давление и лёгкие «присасываются» к стенке грудной полости. Ткань лёгких растягивается, и воздух засасывается через воздухоносные пути в альвеолы. При выдохе объём грудной полости уменьшается в результате расслабления наружных межрёберных мышц (рёбра опускаются) и диафрагмы (поднимается её купол); лёгкие сжимаются, возросшее давление в них выталкивает воздух наружу. Частота дыхательных движений у взрослого здорового человека в спокойном состоянии составляет 16 раз в минуту, во время сна — 12 раз.

Газообмен в лёгких происходит вследствие диффузии газов через тонкие стенки альвеол и лёгочных капилляров. Направление и скорость диффузии определяются парциальным давлением O_2 и CO_2 (парциальное давление — это та часть давления, которую составляет данный газ из общей смеси газов).

В спокойном состоянии человек вдыхает и выдыхает около 0,5 л воздуха — это *дыхательный объём*. После спокойного вдоха при максимальном усилии можно вдохнуть ещё 1,5 л воздуха — *дополнительный объём*, а после спокойного выдоха — выдохнуть ещё 1,5 л воздуха (*резервный объём*). Даже после максимального выдоха в лёгких остаётся воздух (*остаточный объём*). Дыхательный, дополнительный и резервный объёмы воздуха в сумме составляют *жизненную ёмкость лёгких (ЖЁЛ)* — наибольшее количество воздуха, которое человек может выдохнуть после самого глубокого вдоха. У взрослого здорового человека она составляет примерно 3,5–4 л и зависит от возраста, пола (у мужчин несколько выше, чем у женщин), натренированности дыхательной мускулатуры. Это один из основных показателей физического развития человека. ЖЁЛ определяется с помощью специального прибора — спирометра.

4.4.3. Регуляция дыхания

Регуляция дыхания осуществляется ЦНС. Сокращения дыхательной мускулатуры обеспечивают двигательные нервы, ядра которых расположены в спинном мозге. Ритмичную смену вдоха и выдоха, координацию деятельности спинномозговых нервов обеспечивает *дыхательный центр*, расположенный в продолговатом мозге. В нём различают две части: центр вдоха и центр выдоха. Каждые 4 с в центре вдоха возникают возбуждения, проводящиеся к дыхательной мускулатуре и вызывающие её сокращение (*вдох*). Нервные импульсы от лёгочных рецепторов возбуждают центр выдоха и одновременно тормозят центр вдоха, приводя к расслаблению дыхательной мускулатуры (*выдох*). Концентрация CO_2 в крови — главный фактор регуляции дыхания (в сонных артериях есть рецепторы, чувствительные к изменениям газового состава крови); повышение его содержания ведёт к усиленным сокращениям дыхательной мускулатуры для удаления избыточного CO_2 из организма.

4.4.4. Защитные дыхательные рефлексы

Защитные дыхательные рефлексы возникают при попадании в дыхательные пути инородных тел; при их осуществлении дыхательные движения видоизменяются.

Чихание — сильный и очень быстрый выдох через ноздри, связанный с попаданием на слизистую оболочку носовой полости пыли или частиц с резким запахом (подобную реакцию вызывает накопившаяся во время насморка слизь).

Кашель возникает при раздражении рецепторов глотки, гортани, трахеи и бронхов; при этом после вдоха сильно сокращаются брюшные мышцы, повышается внутригрудное и внутрилёгочное давление, открывается голосовая щель, и воздух из дыхательных путей под большим напором высвобождается наружу и удаляет раздражающий агент.

4.5. Внутренняя среда организма: кровь, лимфа, тканевая жидкость. Группы крови. Иммуитет

4.5.1. Составляющие внутренней среды

Внутренняя среда организма — совокупность жидкостей (крови, лимфы, тканевой жидкости), связанных между собой и принимающих непосредственное участие в процессах обмена веществ.

Внутренняя среда организма осуществляет связь между всеми органами и клетками тела. Для внутренней среды характерно относительное постоянство химического состава и физико-химических свойств, которое поддерживается непрерывной работой многих органов.

Кровь — ярко-красная жидкость, циркулирующая в замкнутой системе кровеносных сосудов и обеспечивающая жизнедеятельность всех тканей и органов. В организме человека содержится около 5 л крови.

Бесцветная прозрачная **тканевая жидкость** заполняет промежутки между клетками. Она образуется из плазмы крови, проникающей через стенки кровеносных сосудов в межклеточные пространства, и из продуктов клеточного обмена веществ. Её объём составляет 15—20 л. Через тканевую жидкость осуществляется связь между капиллярами и клетками: путём диффузии и осмоса через неё передаются питательные вещества и O_2 из крови в клетки, а CO_2 , вода и другие продукты жизнедеятельности — в кровь.

В межклетниках начинаются лимфатические капилляры, которые собирают тканевую жидкость. В лимфатических сосудах она превращается в **лимфу** — желтоватую прозрачную жидкость. По химическому составу она близка к плазме крови, но содержит в 3—4 раза меньше белков, поэтому обладает небольшой вязкостью. В лимфе содержится *фибриноген*, и благодаря этому она способна свёртываться, хотя и гораздо медленнее, чем кровь. Среди форменных элементов преобладают лимфоциты и очень мало эритроцитов. Объём лимфы в организме человека составляет 1—2 л.

Основные функции лимфы:

1. *Трофическая* — в неё всасывается значительная часть жиров из кишечника (при этом она приобретает беловатый цвет за счёт эмульгированных жиров).
2. *Защитная* — в лимфу легко проникают яды и бактериальные токсины, нейтрализующиеся затем в лимфатических узлах.

4.5.2. Состав и функции крови

Кровь состоит из *плазмы* (55% объёма крови) — жидкого межклеточного вещества и взвешенных в ней *форменных элементов* (45% объёма крови) — *эритроцитов, лейкоцитов и кровяных пластинок (тромбоцитов)*.

Плазма — вязкая белковая жидкость жёлтого цвета, состоящая из воды (90—92%) и растворённых в ней органических и неорганических веществ. *Органические вещества плазмы:* белки (7—8%), глюкоза (0,1%), жиры и жироподобные

вещества (0,8%), аминокислоты, мочевины, мочевиная и молочная кислоты, ферменты, гормоны и др. Белки альбумины и глобулины участвуют в создании осмотического давления крови, транспортируют различные нерастворимые в плазме вещества, выполняют защитную функцию; фибриноген участвует в свёртывании крови. Кровяная сыворотка — это плазма крови, не содержащая фибриногена. *Неорганические вещества плазмы (0,9%)* представлены солями натрия, калия, кальция, магния и др. Концентрация различных солей в плазме крови относительно постоянна. Водный раствор солей, который по концентрации соответствует содержанию солей в плазме крови, называется *физиологическим раствором*. Он используется в медицине для восполнения недостающей в организме жидкости.

Эритроциты (красные кровяные клетки) — безъядерные клетки двояковогнутой формы (диаметр — 7,5 мкм). В 1 мм³ крови содержится примерно 5 млн эритроцитов. Основная функция — перенос O₂ от лёгких к тканям и CO₂ от тканей к органам дыхания. Окраска эритроцитов определяется *гемоглобином*, состоящим из белковой части — глобина и железосодержащего гема. Кровь, эритроциты которой содержат много кислорода, ярко-алая (*артериальная*), а кровь, отдавшая значительную его часть, — тёмно-красная (*венозная*). Эритроциты образуются в красном костном мозге. Срок их жизни — 100—120 дней, после чего они разрушаются в селезёнке.

Лейкоциты (белые кровяные клетки) — бесцветные клетки, имеющие ядро; их основная функция — защитная. В норме 1 мм³ крови человека содержит 6—8 тыс. лейкоцитов. Некоторые лейкоциты способны к *фагоцитозу* — активному захватыванию и перевариванию различных микроорганизмов или отмерших клеток самого организма. Лейкоциты образуются в красном костном мозге, лимфатических узлах, селезёнке и тимусе. Продолжительность их жизни — от нескольких дней до нескольких десятков лет. Лейкоциты делятся на две группы: *гранулоциты* (нейтрофилы, эозинофилы, базофилы), содержащие зернистость в цитоплазме, и *агранулоциты* (моноциты, лимфоциты).

Тромбоциты (кровяные пластинки) — мелкие (2—5 мкм в диаметре), бесцветные, безъядерные тельца округлой или овальной формы. В 1 мм³ крови насчитывается 250—400 тыс. тромбоцитов. Основная их функция — участие в процессах свёртывания крови. Тромбоциты образуются в красном костном мозге, разрушаются в селезёнке. Продолжительность их жизни — 8 дней.

Функции крови:

1. *Питательная* — доставляет тканям и органам человека питательные вещества.

2. *Выделительная* — удаляет через органы выделения продукты распада.

3. *Дыхательная* — обеспечивает газообмен в лёгких и тканях.

4. *Регуляторная* — осуществляет гуморальную регуляцию деятельности различных органов, разнося по организму гормоны и другие вещества, усиливающие или тормозящие работу органов.

5. *Защитная (иммунная)* — содержит способные к фагоцитозу клетки и антитела (специальные белки), препятствующие размножению микроорганизмов или нейтрализующие их ядовитые выделения.

6. *Гомеостатическая* — принимает участие в поддержании постоянной температуры тела, pH среды, концентрации ряда ионов, осмотического давления,

онкотического давления (часть осмотического давления, определяемого белками плазмы крови).

Свёртывание крови

Свёртывание крови — важное защитное приспособление организма, предохраняющее его от потери крови при повреждении сосудов.

Свёртывание крови — сложный процесс, состоящий из трёх этапов. На первом этапе вследствие повреждения стенки сосуда происходит разрушение тромбоцитов и высвобождение фермента *тромбопластина*. На втором этапе тромбопластин катализирует превращение неактивного белка плазмы протромбина в активный фермент *тромбин*. Это превращение осуществляется в присутствии ионов Ca^{2+} . На третьем этапе тромбин превращает растворимый белок плазмы фибриноген в волокнистый белок *фибрин*. Нити фибрина переплетаются, образуя густую сеть в месте повреждения кровеносного сосуда. В ней задерживаются клетки крови и формируется *тромб* (сгусток). В норме кровь свёртывается в течение 5—10 минут. У людей, страдающих гемофилией, кровь не способна свёртываться.

Группы крови и переливание крови

Деление крови человека на четыре группы (по системе АВ0) основано на содержании в крови особых белков: *агглютиногенов (антигенов) А и В* — в эритроцитах и *агглютининов (антител) α и β* — в плазме. При взаимодействии одноимённых антигенов и антител ($A+\alpha$ и $B+\beta$) происходит *агглютинация* (склеивание) эритроцитов.

Группы крови характеризуются следующим содержанием агглютиногенов и агглютининов:

Группа крови	Агглютиногены (антигены)	Агглюнины (антитела)
I (0)	отсутствуют	α и β
II (A)	A	β
III (B)	B	α
IV (AB)	A и B	отсутствуют

Группу крови определяют по реакции агглютинации, используя для этого стандартные сыворотки. Группы крови передаются по наследству и не изменяются в течение жизни.

В эритроцитах человека содержится белковый антиген *резус-фактор (Rh-фактор)* (название объясняется тем, что вначале он был обнаружен у макаки-резуса). По его наличию или отсутствию кровь делят на *резус-положительную (Rh⁺)* (встречается у 85% людей) и *резус-отрицательную (Rh⁻)* (встречается у 15% людей). При переливании Rh⁻-людям Rh⁺-крови происходит образование иммунных антител к резус-фактору. Повторное введение Rh⁺-крови вызывает разрушение эритроцитов (*гемотрансфузионный шок*). При резус-конфликтной беременности (мать — Rh⁻, плод — Rh⁺) возможно разрушение эритроцитов плода (гемолитическая болезнь новорождённых). Резус-фактор наследственно обусловлен и не меняется в течение жизни.

Значительные потери крови опасны для жизни, так как вызывают нарушение постоянства внутренней среды организма, падение давления и уменьшение количества гемоглобина. При больших кровопотерях (для восстановления объёма плазмы крови), а также при некоторых заболеваниях необходимо переливание крови. Для этого используется кровь взрослых здоровых людей — *доноров*. Перед переливанием крови определяют группу крови и резус-фактор *реципиента* (человка, которому будет переливаться кровь). Идеально совместимой является кровь той же группы. В случае необходимости возможно переливание и другой группы крови, но при этом учитывается, что одноимённые агглютиногены и агглютинины вызывают агглютинацию эритроцитов. Кровь I группы (эритромаасса) универсальна, её можно переливать реципиентам всех групп. Людям с кровью IV группы возможно переливание крови любой группы. При переливании крови следует также учитывать и резус-фактор. Так, людям с резус-отрицательным фактором нельзя переливать Rh⁺-кровь, а наоборот — можно.

Группа крови реципиента \ Группа крови донора	Группа крови донора			
	I (0)	II (A)	III (B)	IV (AB)
I (0)	+	—	—	—
II (A)	+	+	—	—
III (B)	+	—	+	—
IV (AB)	+	+	+	+

4.5.3. Иммуниет

Иммуниет — совокупность факторов и механизмов, обеспечивающих сохранение внутренней среды организма от болезнетворных микроорганизмов и других чужеродных для организма агентов, независимо от их происхождения (экзогенного или эндогенного); способность организма защищать собственную целостность и биологическую индивидуальность.

Общие закономерности и механизмы иммуниета изучает наука **иммунология**.

В поддержании иммуниета принимают участие неспецифические и специфические защитные механизмы. Неспецифические защитные механизмы лежат в основе врождённого видового иммуниета и естественной индивидуальной неспецифической устойчивости. К ним относится барьерная функция эпителия кожи и слизистых оболочек, бактерицидное действие выделений потовых и слюнных желёз, бактерицидные свойства желудочного и кишечного содержимого, лизоцим и др. Проникшие во внутреннюю среду микроорганизмы устраняются воспалительной реакцией.

Естественный и искусственный иммуниет

Различают два вида иммуниета — естественный и искусственный.

Естественный иммуниет подразделяется на:

- *врождённый* — наследуется организмом от родителей и обусловлен передачей антител через плаценту, грудное молоко. Обычно он обеспечивает лишь

кратковременную защиту (например, иммунитет новорождённых действует в первые месяцы жизни до тех пор, пока не сформируется полностью его собственная иммунная система);

- *приобретённый* — вырабатывается у человека в результате перенесения инфекционного заболевания (выработка организмом собственных антител). Благодаря клеткам иммунологической памяти может сохраняться в течение длительного времени. Это наиболее эффективный механизм иммунитета.

Искусственный иммунитет подразделяется на:

- *активный* — возникает в результате **вакцинации** — введения в организм небольшого количества антигена в виде вакцины, содержащей ослабленных или убитых микроорганизмов. В ответ на это вырабатываются специфические антитела. Вакцинация детей против кори, коклюша, дифтерии, полиомиелита, столбняка, оспы, туберкулёза обеспечивает значительное сокращение числа заболеваний;
- *пассивный* — связан с введением сывороток, содержащих «готовые» антитела против какого-либо заболевания. Сыворотки получают из крови человека или животных (обычно лошадей). Эта форма иммунитета весьма недолговечна (обычно около одного месяца), но действует очень быстро, обеспечивая успешную борьбу с тяжёлыми инфекционными заболеваниями (например, с дифтерией).

Иммунная система

Иммунная система организма защищает организм от генетически чужеродного (как внешнего, так и изменённого собственного) агента. Она служит для сохранения биологической индивидуальности организма. Иммунная система состоит из специализированных клеток и органов, в которых эти клетки созревают и встречаются с чужеродными агентами. Органы иммунной системы состоят из лимфоидной ткани, поэтому зачастую их рассматривают в составе лимфатической системы. Кроме того, иммунная система тесно связана с кровеносной, т. к. большинство её клеток образуется в кроветворных тканях и некоторое время находится в кровотоке, а Т-лимфоциты (о них будет сказано далее) постоянно циркулируют то в крови, то в лимфе.

Центральную роль в иммунной системе играют *лимфоциты*, которые благодаря рецепторам способны реагировать с антигенами. Именно они с помощью других клеток иммунной системы обеспечивают различные формы иммунного ответа. Образовавшись в красном костном мозге, незрелые лимфоциты попадают в *первичные (центральные) лимфоидные органы* (тимус (вилочковая железа) и костный мозг). В них лимфоциты подвергаются определённому отбору, и созревают только те из них, которые реагируют на чужеродные вещества (антигены), а не на нормальные ткани организма. Часть лимфоцитов завершает своё развитие в тимусе — это *Т-лимфоциты* (тимус-зависимые), а часть — в костном мозге (*В-лимфоциты*). Тимус, кроме того, координирует работу всей иммунной системы. Он состоит из двух долей и расположен за грудиной. Развитие тимуса происходит до полового созревания, после чего начинается его постепенная атрофия.

Созревшие лимфоциты мигрируют во *вторичные (периферические) лимфоидные органы*. К этим органам относятся лимфатические узлы, селезёнка, миндалины,

лимфоидные ткани кишечника и бронхов, а также скопления лимфоцитов, разбросанные во многих органах и тканях. Здесь происходит встреча лимфоцитов с антигеном и развивается иммунный ответ.

Бобовидные **лимфатические узлы** располагаются по ходу лимфатических сосудов (у человека их свыше 400, особенно многочисленны они в шейной, подмышечной и паховой областях). Лимфатические узлы фильтруют протекающую лимфу и осуществляют иммунологический контроль за её составом (любые частицы, попавшие в лимфу, задерживаются в узлах и сталкиваются с лимфоцитами).

Селезёнка — большой непарный орган красного цвета, расположенный в брюшной полости около желудка. Она делится на *красную пульпу* и *белую пульпу*. Красная пульпа представляет собой лакуны, заполненные кровью. Она является «депо» крови: в покое в ней находится около 16 % крови организма, которая может быть быстро выброшена в общее кровяное русло. Белая пульпа — это скопление лимфоцитов в ретикулярной ткани, она реагирует на чужеродные вещества, циркулирующие в крови. Кроме того, в эмбриональный период в селезёнке образуются эритроциты, в дальнейшем она является местом их распада.

Иммунный ответ

Антиген — вещество, воспринимающееся организмом как чужеродное и вызывающее иммунный ответ. Обычно антиген — это белок или полисахарид, расположенный на поверхности микроорганизма или в свободном виде.

Антитела — особые белки (иммуноглобулины), синтезируемые в ответ на внедрение антигенов и способные специфически связываться с ними. Антиген и антитело комплементарны (соответствуют друг другу как «ключ» и «замок»). В результате взаимодействия «антиген—антитело» образуется иммунный комплекс, который служит для связывания и обезвреживания антигена. Антитела обладают строгой специфичностью: они действуют только на тот тип антигена, который послужил причиной их образования.

Иммунологическая память — способность иммунной системы организма после первого взаимодействия с антигеном специфически отвечать на его повторное введение. При позитивной иммунологической памяти на повторное введение антигена наблюдается ускоренный и усиленный ответ. Она лежит в основе аллергии и гемолитической болезни новорождённых. При негативной иммунологической памяти иммунный ответ ослаблен или полностью отсутствует; при её нарушении могут развиваться некоторые аутоиммунные заболевания.

Аллергия (гиперчувствительность) — состояние повышенной чувствительности организма в ответ на действие определённых факторов (аллергенов); особый тип иммунологического ответа. *Аллергенами* (веществами, вызывающими аллергическую реакцию) могут быть различные продукты питания, лекарственные препараты, пыль, шерсть животных, пыльца растений и др., а также изменённые в результате патологических процессов собственные ткани организма. После первичного попадания аллергена в организме накапливаются специфические антитела — происходит *сенсibilизация*. При последующем контакте этот антиген распознается и атакуется уже имеющимися специфическими антителами с выделением активных веществ (*медиаторов*), вызывающих различные аллергические реакции (высыпания на коже, отёк дыхательных путей и др.).

4.6. Транспорт веществ. Кровеносная и лимфатическая системы

4.6.1. Сердечно-сосудистая система

Сердечно-сосудистая система образована системой кровообращения (кровеносной) и лимфатической системой.

Кровеносная система — физиологическая система, состоящая из сердца и кровеносных сосудов, обеспечивающая замкнутый круговорот крови.

Лимфатическая система состоит из сети капилляров, узлов и протоков, впадающих в венозную систему.

Основные функции сердечно-сосудистой системы:

1. Транспортировка питательных веществ, газов, гормонов и продуктов метаболизма к клеткам и из клеток.

2. Защита от вторгающихся микроорганизмов и чужеродных клеток.

3. Регуляция температуры тела.

Эти функции непосредственно выполняются жидкостями, циркулирующими в системе, — кровью и лимфой.

Строение сердца

Сердце — центральный орган кровеносной системы, его ритмические сокращения обеспечивают циркуляцию крови в организме (рис. 4.15). Это полый мышечный орган, расположенный преимущественно в левой половине грудной полости. Масса сердца взрослого человека — 250—350 г. Стенка сердца образована тремя оболочками: соединительнотканной (*эпикард*), мышечной (*миокард*) и эндотелиальной (*эндокард*). Сердце расположено в соединительнотканной околосердечной сумке (*перикард*), стенки которой выделяют жидкость, увлажняющую сердце и уменьшающую его трение при сокращениях.

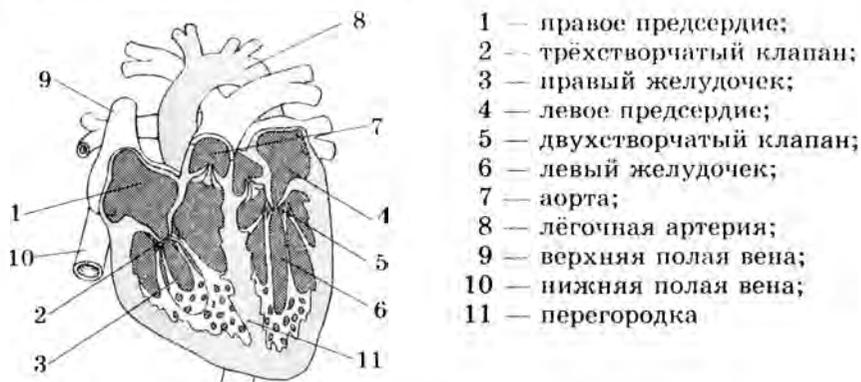


Рис. 4.15. Строение сердца

Сердце человека — четырёхкамерное: сплошная вертикальная перегородка делит его на левую и правую половины, каждая из которых при помощи поперечной перегородки со створчатым клапаном разделена на предсердие и желу-

чек. При сокращении предсердий створки клапанов провисают внутрь желудочков, обеспечивая переход крови из предсердий в желудочки. При сокращении желудочков кровь давит на створки клапанов, в результате они поднимаются и захлопываются. Натяжение сухожильных нитей, прикреплённых к внутренней стенке желудочка, предотвращает выворачивание створок в полость предсердий. Кровь выталкивается из желудочков в сосуды — *аорту* и *лёгочный ствол*. В местах выхода этих сосудов из желудочков находятся *полулунные клапаны*, имеющие вид кармашков. Прижимаясь к стенкам сосудов, они пропускают в них кровь. При расслаблении желудочков кармашки клапанов заполняются кровью и закрывают просвет сосудов для предотвращения обратного тока крови. В итоге обеспечивается односторонний ток крови: из предсердий в желудочки и из желудочков в артерии.

Для работы сердца необходимо значительное количество питательных веществ и кислорода. Кровоснабжение сердца начинается двумя *коронарными (венечными) артериями*, которые отходят от начальной расширенной части аорты (*луковичи аорты*). Они снабжают кровью стенки сердца. В сердечной мышце кровь собирается в сердечные вены. Они сливаются в *венечный синус*, впадающий в правое предсердие. Ряд вен открывается непосредственно в полость предсердия.

Работа сердца

Сердечная мышца обладает способностью ритмично сокращаться, отвечая на возникающие в самом сердце импульсы независимо от внешних раздражений, — **автоматизм сердца**. Сокращения сердечной мышцы вызываются электрическими импульсами возбуждений, возникающими в клетках проводящей системы сердца. Ритм сердечным сокращениям задаёт синусно-предсердный узел (однако другие элементы проводящей системы также способны генерировать импульсы), далее возбуждение распространяется в предсердия (и расположенные в них элементы проводящей системы), затем переходит на желудочки. Проводящая система обеспечивает сердечный цикл.

Сердечный цикл — согласованное сокращение (*систола*) и расслабление (*диастола*) отделов сердца. Он состоит из трёх фаз: *систола предсердий* (продолжительность — 0,1 с) — кровь поступает из предсердий в желудочки; *систола желудочков* (0,3 с) — выброс крови под большим давлением из желудочков в аорту и лёгочный ствол; *диастола желудочков* (0,4 с) — расслаблены одновременно и предсердия, и желудочки. В это время кровь свободно протекает из верхней и нижней полых вен в правое предсердие, а из лёгочных вен — в левое предсердие. Из предсердий кровь, благодаря открытым створчатым клапанам, свободно перетекает в желудочки (70 % общего объёма).

В спокойном состоянии сердце человека сокращается 60—80 раз в минуту, при физических нагрузках — 150—200 раз в минуту.

Частота и сила сердечных сокращений зависят от нервной и гуморальной регуляции. Сердце иннервируется автономной (вегетативной) нервной системой: регулирующие его деятельность центры находятся в продолговатом и спинном мозге. Парасимпатическая иннервация осуществляется *блуждающим нервом*, вызывающим урежение ритма и уменьшение силы сердечных сокращений (при достаточно сильном раздражении блуждающего нерва происходит остановка сердца). Возбуждение симпатических нервов вызывает учащение и усиление сердечных сокращений. В гипоталамусе и коре больших полушарий находятся

центры регуляции сердечной деятельности, обеспечивающие изменение частоты сердечных сокращений при эмоциональных реакциях. Гуморальная регуляция связана с действием некоторых веществ, содержащихся в крови. Так, гормоны надпочечников (адреналин и норадреналин) и ионы кальция учащают и усиливают работу сердца, а ацетилхолин (медиатор) и ионы калия обладают противоположным эффектом.

Кровеносные сосуды

Кровеносные сосуды делят на *артерии, капилляры и вены*.

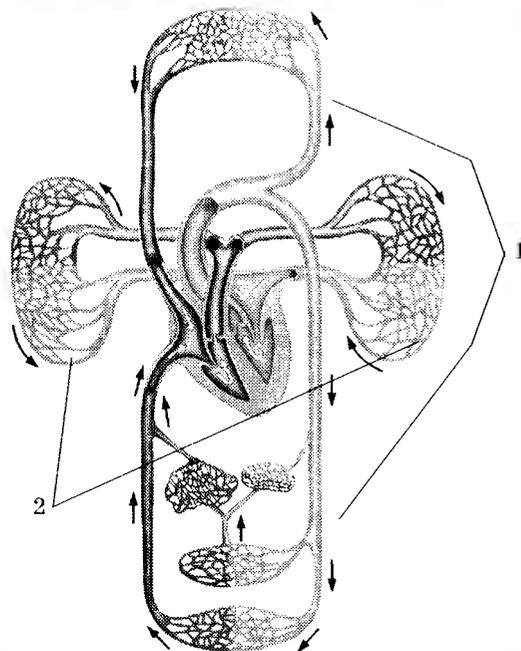
Артерии — сосуды, по которым кровь под давлением движется от сердца. Они имеют плотные эластичные стенки, состоящие из трёх оболочек: соединительнотканной (наружной), гладкомышечной (средней) и эндотелиальной (внутренней). По мере удаления от сердца артерии сильно ветвятся на более мелкие сосуды — *артериолы*, которые распадаются на тончайшие сосуды — капилляры.

Стенки **капилляров** очень тонкие, они образованы лишь слоем эндотелиальных клеток. Через стенки капилляров происходит газообмен между кровью и тканями: кровь отдаёт тканям большую часть растворённого в ней O_2 и насыщается CO_2 (превращается из артериальной в венозную); из крови в ткани переходят также питательные вещества, а обратно — продукты обмена веществ.

Из капилляров кровь собирается в **вены** — сосуды, по которым кровь под небольшим давлением переносится в сердце. Стенки вен снабжены клапанами в виде карманов, препятствующими обратному движению крови. Стенки вен состоят из тех же трёх оболочек, что и артерии, однако мышечная оболочка развита слабее.

Кровообращение

Кровеносная система человека — замкнутая (кровь движется только по сосудам) и включает два круга кровообращения (рис. 4.16).



- 1 — большой круг;
- 2 — малый круг

Рис. 4.16. Круги кровообращения

Большой круг кровообращения начинается в левом желудочке, из которого артериальная кровь выбрасывается в самую крупную артерию — *аорту*. Аорта описывает дугу и затем тянется вдоль позвоночника, разветвляясь на артерии, несущие кровь к верхним и нижним конечностям, голове, туловищу и внутренним органам. В органах расположены сети капилляров, пронизывающие ткани и доставляющие кислород и питательные вещества. В капиллярах кровь превращается в венозную. Венозная кровь по венам собирается в два крупных сосуда — *верхнюю полую вену* (кровь от головы, шеи, верхних конечностей) и *нижнюю полую вену* (остальные части тела). Полые вены открываются в правое предсердие.

Малый круг кровообращения начинается в правом желудочке, из которого венозная кровь по лёгочному стволу, распадающемуся на две лёгочные артерии, переносится к лёгким. В лёгких они распадаются на капилляры, оплетающие лёгочные пузырьки (альвеолы). Здесь происходит газообмен, и венозная кровь превращается в артериальную. Обогащённая кислородом кровь по лёгочным венам возвращается в левое предсердие. Таким образом, по артериям малого круга кровообращения течёт венозная кровь, а по венам — артериальная.

4.6.2. Лимфатическая система

Лимфатическая система — совокупность сосудов, собирающих лимфу из тканей и органов и отводящих её в венозную систему.

Из межклеточных пространств лимфа концентрируется в замкнутых окончаниях *лимфатических капилляров*. Из сетей лимфатических капилляров берут начало более крупные *лимфатические сосуды*, пронизывающие все ткани и органы. Их ход совпадает с ходом вен; подобно венам они снабжены клапанами, предотвращающими обратный ток лимфы. Лимфатические сосуды, сливаясь друг с другом, в конце концов, образуют два больших *лимфатических протока*, которые впадают в крупные вены шеи. Смешиваясь с венозной кровью, лимфа попадает в правое предсердие (так в вены возвращается жидкость, профильтрованная через стенки кровеносных капилляров в окружающие их ткани). По ходу лимфатических сосудов располагаются бобовидные *лимфатические узлы*.

Функции лимфатической системы:

1. Защитная (в лимфатических сосудах происходит размножение лимфоцитов и фагоцитирование болезнетворных организмов, а также вырабатываются анти-тела).
2. Дополнительная система оттока жидкости от органов.
3. Участвует в обмене веществ (всасывание продуктов расщепления жира).

4.7. Обмен веществ и превращение энергии в организме человека. Витамины

4.7.1. Обмен веществ в организме

Обмен веществ в организме включает сложную цепь превращений веществ, начиная с момента их поступления из внешней среды и заканчивая удалением продуктов распада.

Обмен веществ состоит из двух противоположенных процессов: *диссимляции* (расщепление органики с выделением энергии) и *ассимиляции* (синтез органики с поглощением энергии). Примерами первого процесса в организме человека являются гликолиз и клеточное дыхание, а второго — биосинтез основных классов органических молекул (см. также «Метаболизм клетки»).

Обмен органических веществ

Обмен белков. Белки пищи под действием пищеварительных ферментов расщепляются до аминокислот, которые в тонком кишечнике всасываются в кровь и доставляются ко всем клеткам тела. В клетках из аминокислот синтезируются специфические для человека белки. Одновременно с этим часть клеточных белков и аминокислоты, не использованные для синтеза белков, подвергаются распаду с освобождением 17,6 кДж энергии на 1 г вещества. *Конечные продукты распада белков* — вода, CO_2 , аммиак, мочевая кислота — удаляются из организма через почки, лёгкие и кожу. Ядовитое вещество аммиак предварительно обезвреживается в печени (превращается в мочевину). Белки в организме не откладываются в запас, их синтезируется ровно столько, сколько подвергается распаду. При недостатке белков в пище развивается белковое голодание, а при избытке они превращаются в жиры и гликоген. Большое количество белков содержится в продуктах животного происхождения и бобовых. Животные белки содержат незаменимые аминокислоты, не синтезируемые в организме человека.

Биосинтез белков происходит во всех клетках, обеспечивая их жизнедеятельность и выполнение основных функций.

Обмен углеводов. Углеводы — основной источник энергии для жизнедеятельности организма. В пищеварительном тракте углеводы пищи расщепляются до *глюкозы*, которая всасывается в тонком кишечнике в кровь и затем доставляется во все органы. В печени избыток глюкозы откладывается в виде *гликогена* — запасного материала, который при необходимости снова превращается в глюкозу. При расщеплении 1 г углеводов освобождается 17,6 кДж энергии. *Конечные продукты распада* — вода и CO_2 . Углеводы содержатся преимущественно в растительных продуктах, богатых крахмалом и сахарами. При избыточном поступлении углеводов в организм они превращаются в жиры, откладываемые в запас, при недостатке в пище — могут образовываться из белков и жиров.

Обмен жиров. Жиры — важный источник энергии для организма. В пищеварительном канале жиры пищи расщепляются на *глицерин* и *жирные кислоты*. В эпителиальных клетках ворсинок тонкого кишечника из них синтезируется жир, свойственный организму человека. Образовавшиеся капельки жира поступают в лимфу, вместе с которой попадают в кровь. Избыточное количество жиров откладывается под кожей в жировой клетчатке и между внутренними органами в качестве резервного энергетического материала. При недостаточном питании жиры могут переходить в кровь и доставляться в ткани, где они служат источником энергии для клеток организма и резервом органических веществ. При расщеплении 1 г жира выделяется 38,9 кДж энергии. *Конечные продукты распада жиров* — вода и CO_2 .

Обмен воды и минеральных солей

Вода и минеральные соли обеспечивают протекание важнейших физико-химических процессов. Вода составляет 2/3 массы тела человека, является рас-

творителем неорганических и органических соединений (все изменения веществ в клетках происходят только в водных растворах). Ежедневно организм человека теряет большое количество воды с мочой, потом и выдыхаемым воздухом (в виде пара). Восполняя эти потери, человек пьет воду или получает её с пищей; некоторое количество воды образуется при расщеплении веществ пищи в органах пищеварения.

Минеральные вещества поступают в организм с пищей, откладываются в виде солей и входят в состав сложных органических соединений, имеющих важное функциональное значение. *Основные минеральные элементы организма человека:* кальций и фосфор (входят в состав костной ткани), железо (участие в окислительных процессах и транспорте кислорода кровью), йод (требуется для синтеза гормона щитовидной железы), цинк (участие в синтезе гормона поджелудочной железы) и др. Минеральные соли выводятся из организма с мочой, калом и потом.

4.7.2. Регуляция обмена веществ

Непосредственно на обмен веществ влияют различные гормоны, выделяемые железами внутренней секреции. Например, гормоны щитовидной железы регулируют окислительные процессы, влияя на рост и развитие организма. Гормоны надпочечников контролируют углеводный, жировой и белковый обмен, способствуют превращению белков в углеводы, регулируют обмен солей и воды.

На железы внутренней секреции влияет гипофиз, вырабатывающий тропные гормоны, а на него в свою очередь воздействует гипоталамус. На обмен веществ воздействуют все регуляторные системы человеческого организма.

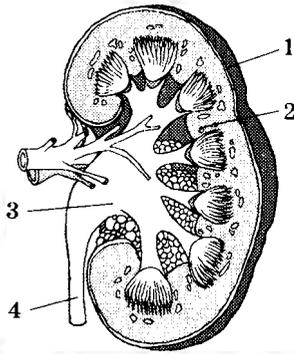
Регуляция основного обмена зависит и от условнорефлекторных факторов. Например, у спортсменов основной обмен оказывается несколько повышенным в дни тренировок и особенно во время соревнований. В целом же спортивная тренировка ведёт к снижению основного обмена.

4.8. Выделение продуктов жизнедеятельности. Система выделения

4.8.1. Органы выделения

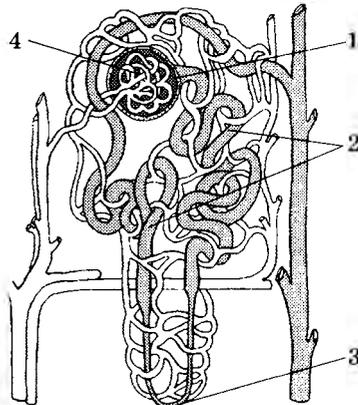
В ходе обмена веществ в клетках накапливаются конечные продукты метаболизма. Кровеносная система забирает их из клеток и переносит к специфическим органам выделения. Наиболее важными органами являются *почки*, которые регулируют содержание воды и солей в крови, а также обезвреживают и выводят из организма различные вещества (мочевину, некоторые гормоны и лекарства и др.). Вместе с мочевыводящими путями (предназначенными для выведения и временного накопления мочи) они образуют *мочевыделительную систему*.

Строение и функции почек



- 1 — корковое вещество;
- 2 — мозговое вещество;
- 3 — почечная лоханка;
- 4 — мочеточник

Рис. 4.17. Строение почки



- 1 — капсула Шумлянского—
Боумана;
- 2 — канальцы;
- 3 — петля Генле;
- 4 — капилляры

Рис. 4.18. Строение нефрона

Почки — парные органы бобовидной формы (масса — около 150 г), расположенные в брюшной полости по обеим сторонам позвоночника (рис. 4.17). Снаружи почка покрыта плотной оболочкой; внутри различимо корковое и мозговое вещество. Мозговое вещество образует пирамиды, обращённые верхушками к центру почки, над ними и между ними расположены слои коркового вещества — *почечные столбы*. В центре почки находится *почечная лоханка*, переходящая в *мочеточник*.

Основной структурной и функциональной единицей почки, осуществляющей образование мочи, является **нефрон** (в состав каждой почки входит около 1 млн нефронов) (рис. 4.18). Начальный отдел нефрона — *почечное тельце* (корковый слой) — состоит из сосудистого клубочка и окружающей его двустенной *капсулы Шумлянского—Боумана*. Между стенками капсулы находится узкая *щелевидная полость*, переходящая в полость извитого мочевого *канальца I порядка*. Выпрямляясь, каналец спускается в *пирамиду мозгового слоя*, где образует *петлю Генле*, и возвращается в корковый слой, переходя в извитый *каналец II порядка*. В последующем каналец вновь выпрямляется и впадает в *собирающую трубочку*. В мозговом слое почки трубочки группируются и открываются протоками на *почечных сосочках*, образованных слившимися между собой верхушками пирамид.

Функции почек:

1. **Мочеобразовательная** — поддержание постоянства концентрации осмотически активных веществ в жидкостях внутренней среды (*осморегуляция*), постоянства объёма этих жидкостей, их ионного состава и кислотно-щелочного равновесия (это обеспечивается удалением избытка воды, электролитов или ионов водорода).

2. **Выделительная** — удаление из организма конечных продуктов азотистого обмена, чужеродных и токсических соединений, избытка органических веществ (углеводов, аминокислот, витаминов и др.).

3. **Регуляторная** — синтез биологически активных веществ, влияющих на уровень артериального давления, образование эритроцитов; неактивная форма витамина D превращается в активную, секретируются простагландины, калликреин.

4. **Метаболическая** — превращение некоторых углеводов и белков, а также синтез некоторых биологически активных веществ.

Образование мочи

Процесс мочеобразования происходит в нефронах в две стадии. Вследствие повышенного давления в капиллярах сосудистого клубочка происходит выдавливание в полость капсулы плазмы крови с растворёнными в ней веществами (не могут пройти лишь крупные молекулы белков). Так образуется *первичная моча*, содержащая, помимо конечных продуктов метаболизма, аминокислоты, глюкозу и другие необходимые для организма вещества. За сутки образуется около 150—170 л первичной мочи. Из капсул первичная моча поступает в извитые канальцы нефрона, во время продвижения по которым происходит обратное всасывание в кровь воды и нужных для организма веществ. Полученная в результате *вторичная моча* (концентрированный раствор минеральных солей и мочевины; объём — 1—1,5 л в сутки) из нефронов по собирательным трубочкам стекает в почечные лоханки.

Вся кровь человека (5 л) за сутки фильтруется через почки более чем 300 раз. Это обеспечивает очистку крови от непрерывно поступающих в неё из клеток продуктов диссимиляции.

Работа почек регулируется вегетативной нервной системой: симпатическими волокнами (сужают кровеносные сосуды) от солнечного сплетения и парасимпатическими (расширяют кровеносные сосуды) от блуждающего нерва. Центры вегетативной нервной системы получают сигналы от промежуточного мозга. Антидиуретический гормон гипофиза, выделяемый в ответ на повышение концентрации солей в крови, уменьшает просвет кровеносных сосудов почек — в результате образуется более концентрированная вторичная моча. Подобным образом действует и адреналин.

Выведение мочи из организма

От почечных лоханок отходят **мочеточники** — тонкие трубки диаметром 4—7 мм и длиной около 30 см; по ним постоянно образующаяся моча стекает в мочевой пузырь.

Мочевой пузырь — резервуар для временного накопления мочи, его вместимость составляет 500—700 мл. Он расположен внизу живота за лобковыми костями. Внутренняя его поверхность покрыта слизистой оболочкой. Стенка мочевого пузыря образована тремя слоями гладких мышц, при сокращении которых его полость уменьшается и моча переходит в *мочеиспускательный канал*. В месте перехода мочевого пузыря в мочеиспускательный канал расположены внутренний (непроизвольный) сфинктер мочевого пузыря и наружный (произвольный) сфинктер мочеиспускательного канала.

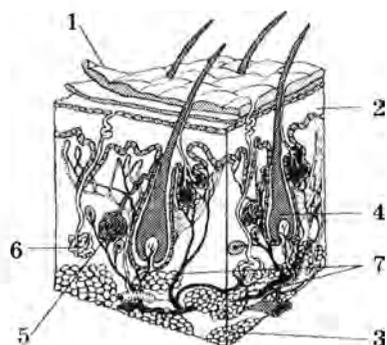
Мочеиспускание у человека происходит рефлекторно: при наполнении мочевого пузыря и растяжении его стенок происходит раздражение нервных окончаний. Дуга рефлекса проходит через крестцовый отдел спинного мозга.

4.9. Покровы тела и их функции

Кожа — внешний покров тела, отграничивающий его от внешней среды.

Кожа человека состоит из трёх слоёв: *эпидермиса*, собственно *кожи (дермы)* и *подкожной клетчатки* (рис. 4.19).

Эпидермис образован многослойным ороговевающим эпителием: наружный слой состоит из постепенно слущивающихся ороговевших мёртвых клеток, почти непроницаемых для микроорганизмов, жидкостей и газов. Однако кожа пропускает часть ультрафиолета для синтеза витамина D. Восполнение отмерших клеток происходит за счёт постоянного деления клеток внутреннего (росткового) слоя. Расположенный в клетках эпидермиса пигмент *меланин* определяет цвет кожи человека.



- 1 — эпидермис;
 2 — дерма;
 3 — подкожная жировая клетчатка; 4 — волос;
 5 — сальная железа;
 6 — потовая железа;
 7 — нервные окончания

Рис. 4.19. Строение кожи

Волосы и ногти — роговые производные эпидермиса. Волосами покрыта практически вся кожа человека, особенно многочисленны они на голове. В волосе различают ствол (образованный мёртвыми клетками) и корень, сидящий в волосяной сумке. Рост волоса обусловлен размножением живых клеток волосяной луковицы (нижней расширенной части корня). Окраска волос зависит от пигментов. Ногти (роговые пластинки) покрывают часть концевых фаланг пальцев и лежат на соединительнотканном ногтевом ложе и окружены кожной складкой — ногтевым валиком. Состоят из корня, тела и свободного края. Скорость роста ногтей — 0,1–0,2 мм в сутки.

Дерма состоит из волокнистой соединительной ткани, межклеточное вещество которой образовано эластичными волокнами. В ней расположены рецепторы, сальные и потовые железы, кровеносные и лимфатические сосуды, волосяные сумки.

Подкожная клетчатка, образованная жировой соединительной тканью, выполняет термоизоляционную функцию (предохраняет от переохлаждения) и смягчает ушибы.

Сальные железы имеют гроздьевидное строение; их протоки открываются в волосяные сумки. Жировой секрет сальных желёз смазывает волосы и поверхность кожи, смягчая их и препятствуя проникновению воды и вредных веществ в организм.

Потовые железы — тонкие трубочки, свёрнутые на конце в клубочек; выводной проток открывается отверстием на поверхности кожи или в волосяную сумку. Пот состоит из воды и растворённых в ней мочевины и солей. Потовые железы служат для охлаждения тела, выполняют выделительную функцию. Видоизменёнными потовыми железами являются *молочные железы*, в которых образуется молоко в период лактации.

Функции кожи:

1. **Защитная** — предохраняет внутренние органы от механических повреждений, задерживает испарение воды из организма, препятствует проникновению в организм бактерий, вирусов, вредных веществ.

2. **Чувствительная** — расположены различные рецепторы, воспринимающие раздражения внешней среды (прикосновения, боль, тепло и холод), это позволяет организму лучше приспосабливаться к среде.

3. **Терморегуляционная** — регуляция теплового обмена с окружающей средой.

4. *Выделительная* — осуществляет выделение воды и конечных продуктов метаболизма.

5. *Синтезирующая* — синтез биологически активных веществ (витамина D).

6. *Запасающая* — в подкожной клетчатке запасается много жиров — ценного источника энергии.

7. *Секреторная* — сальные железы кожи выделяют жир для смазывания кожи и волос, молочные — молоко для выкармливания детей.

4.10. Размножение и развитие организма человека.

Наследование признаков у человека.

Наследственные болезни, их причины и предупреждение

4.10.1. Женская половая система

Женская половая система состоит из *внутренних* (яичники, маточные трубы, матка, влагалище) и *наружных* (женская половая область и клитор) половых органов (рис. 4.20).

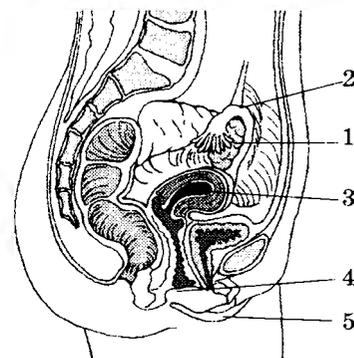
Яичники — парные органы, лежащие в брюшной полости. Они представляют собой железы смешанной секреции: образуют яйцеклетки (женские половые клетки) и половые гормоны.

Маточные (фаллопиевы) трубы — парные цилиндрические органы длиной 8—18 см, расширенный конец (воронка) которых открывается в полость тела вблизи яичника, а другой конец — в полость матки. Благодаря перистальтическим сокращениям мышц и движению ресничек мерцательного эпителия яйцеклетка перемещается в матку. В маточных трубах обычно происходит оплодотворение.

Матка — полый толстостенный орган грушевидной формы; имеет широкое выпуклое *тело*, в которое открываются маточные трубы, и узкую цилиндрическую *шейку*, соединяющуюся с влагалищем. В матке во время беременности развивается зародыш и плод, с ней связан менструальный цикл.

Влагалище (уплощённая трубка длиной 7—9 см) соединяет полость матки с наружными половыми органами. Эпителиальные клетки влагалища богаты гликогеном, который под действием бактерий превращается в молочную кислоту, обладающую бактерицидными свойствами.

Женская половая область включает: *лобковое возвышение*, *большие половые губы* (парные толстые складки кожи, состоящие преимущественно из жировой клетчатки), *малые половые губы* (более тонкие складки кожи), *преддверие влагалища* (щель между малыми половыми губами, в него открывается также мочеиспускательный канал и протоки некоторых желёз; преддверие отделяется от влагалища девственной плевой — плёнкой, разрушающейся после первых половых контактов), *клитор* — небольшой орган, способный к эрекции. К женским половым органам также относят *молочные железы*.



- 1 — яичник;
- 2 — маточная труба;
- 3 — матка;
- 4 — влагалище;
- 5 — половые губы

Рис. 4.20. Строение женской половой системы

Яйцеклетка (женская половая клетка) человека — неподвижная округлая (0,1 мм в диаметре) клетка. В цитоплазме яйцеклетки равномерно распределены желточные включения (запас питательных веществ), снаружи она окружена яйцевыми оболочками: желточной, прозрачной и наружной (состоящей из фолликулярных клеток, выполняющих функцию питания и защиты). Образование яйцеклеток происходит в результате *оогенеза*. Размножение первичных половых клеток происходит только в эмбриональном периоде. Новорождённая девочка имеет определённое число будущих яйцеклеток, их число постоянно уменьшается и к периоду полового созревания составляет около 400—500. Окончательное созревание яйцеклетки происходит после овуляции (выхода яйцеклетки из яичника).

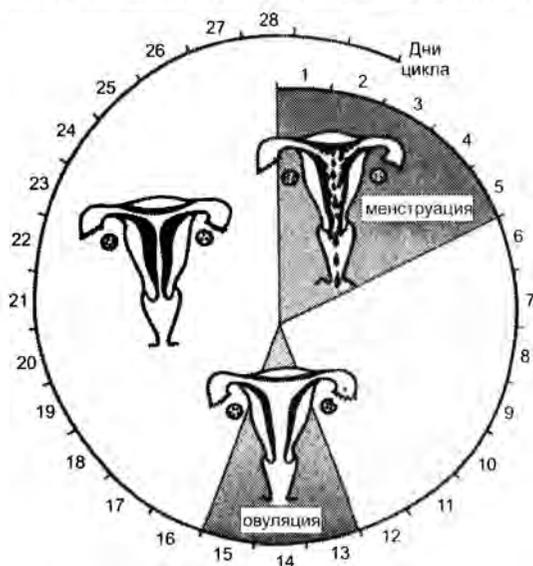


Рис. 4.21. Менструальный цикл

Размножение связано с циклическими процессами в органах женской половой системы: в яичниках (*овариальный цикл*) и матке (*менструальный цикл*) (рис. 4.21). Длительность овариально-менструального цикла — 21—32 (обычно 28) дней, он сопровождается кровотечениями (менструациями), происходящими вследствие отторжения внутренней слизистой оболочки матки. Продолжительность менструации — 3—6 дней. В первую (фолликулярную) фазу цикла (1—13-й день) в яичниках под влиянием фолликулостимулирующего гормона гипофиза растут фолликулы. Они выделяют гормон *эстроген*, вызывающий разрастание и утолщение стенок матки. На 14-й день фолликул разрывается и яйцеклетка выходит из яичника в полость тела — наступает овуляция. Во время второй фазы цикла (жёлтого тела) в пустом фолликуле формируется жёлтое тело, выделяющее в кровь гормон *прогестерон*. Под его действием тормозится развитие остальных фолликулов, стенки матки подготавливаются к имплантации зародыша. В случае оплодотворения яйцеклетки жёлтое тело продолжает функционировать в течение всей беременности и периода лактации. Если же оплодотворение не наступает, жёлтое тело деградирует и наступает следующая менструация.

4.10.2. Мужская половая система

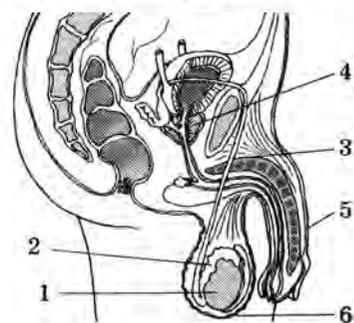
Мужская половая система состоит из *внутренних* (яички с оболочками и придатками, половые каналы, придаточные половые железы, мочеиспускательный канал) и *наружных* (мошонка и половой член) половых органов (рис. 4.22).

Яички — парные органы, располагающиеся в *мошонке* (кожном мешке). Они являются железами смешанной секреции: продуцируют сперматозоиды и половой гормон — *тестостерон*. Яички покрыты плотной оболочкой и состоят из извитых *семенных канальцев*, в которых образуются сперматозоиды. Сперматозоиды далее переходят в *придаток яичка* — систему канальцев, заполненных зрелыми сперматозоидами. От придатка отходит *семявыносящий проток*, который, соединяясь

с протоком семенного пузырька, образует *семявыбрасывающий проток*, открывающийся в мочеиспускательный канал. Сперматозоиды, смешиваясь с секретами придаточных половых желёз, образуют сперму. *Семенные пузырьки* — парные железы, густой желтоватый секрет которых разжижает сперму, питает и активизирует сперматозоиды. *Предстательная железа (простата)* расположена под мочевым пузырём и охватывает верхнюю часть мочеиспускательного канала, её беловатый жидкий секрет обеспечивает продвижение сперматозоидов по семявыносящим протокам. Вязкий секрет железы луковицы простаты предохраняет слизистую оболочку мочеиспускательного канала от раздражающего действия мочи.

Половой член (пенис) — орган, служащий для выведения мочи и совокупления (введения сперматозоидов во влагалище); состоит из корня, тела и головки. Тело пениса состоит из двух пещеристых и губчатого тел, пещеристые тела имеют большое количество сосудистых полостей, заполняемых при эрекции кровью. На вершине головки находится отверстие мочеиспускательного канала; головка прикрыта кожной складкой — крайней плотью.

Сперматозоиды (мужские половые клетки) — мелкие подвижные клетки, состоящие из *головки*, *шейки* и *хвоста*. В головке находится ядро с гаплоидным набором хромосом и акросома (часть комплекса Гольджи, содержащая ферменты для проникновения через оболочки яйцеклетки). В шейке расположен клеточный центр и множество митохондрий, обеспечивающих движения хвоста. Хвост состоит из микротрубочек. Образование сперматозоидов происходит в результате *сперматогенеза*. Первичные половые клетки закладываются в ранний период эмбрионального развития, в период полового созревания они размножаются и созревают, превращаясь в зрелые сперматозоиды. За сутки образуется несколько миллионов сперматозоидов.



- 1 — яичко;
- 2 — придаток яичка;
- 3 — семявыносящие пути;
- 4 — простата;
- 5 — половой член;
- 6 — мошонка

Рис. 4.22. Строение мужской половой системы

4.10.3. Оплодотворение и внутриутробное развитие

Слияние сперматозоида и яйцеклетки (*оплодотворение*) происходит обычно в маточной трубе. Сперматозоиды попадают во влагалище во время полового акта, они самостоятельно продвигаются по женской половой системе и через 1,5—2 ч попадают в маточные трубы. При встрече с яйцеклеткой сперматозоид прикрепляется к ней, акросомальные ферменты растворяют её оболочки, и гаплоидное ядро сливается с ядром яйцеклетки.

После проникновения сперматозоида образуется оболочка, препятствующая проникновению в яйцеклетку других сперматозоидов. Образовавшаяся диплоидная *зигота* продвигается по направлению к матке и делится, в результате чего возникает комочек из мелких, внешне недифференцированных клеток. Зародыш в течение 4—5 дней спускается по маточной трубе в матку, несколько дней остаётся в ней и на 7-й день внедряется в её богатую кровеносными сосудами слизистую оболочку. В этот период продолжается деление клеток зародыша, вокруг него образуются зародышевые оболочки и происходит дифференцирование кле-

ток в первичные ткани. Наружная зародышевая оболочка (*хорион*) несёт ворсинки, с помощью которых зародыш внедряется в слизистую оболочку стенки матки. На 9-й неделе внутриутробного развития образуется *плацента* (детское место) — дисковидный орган, осуществляющий связь между организмом матери и зародышем в период беременности. С этого момента развивающийся организм называется плодом. Через плаценту устанавливается тесный контакт между кровеносными системами плода и матери: через тонкие стенки капилляров питательные вещества и кислород поступают из крови матери в кровь зародыша, одновременно в кровь матери переходят продукты жизнедеятельности плода. В плаценте вырабатываются некоторые гормоны, влияющие на организм матери. Продолжительность внутриутробного развития (беременности) у человека составляет девять месяцев (270—280 дней). Во время беременности под действием прогестерона происходит подготовка молочных желёз к выкармливанию ребёнка.

По истечении срока внутриутробного развития плод изгоняется из матки в процессе *родов*. В подготовке и осуществлении родов участвуют центральная и периферическая нервные системы, гормоны и другие биологически активные вещества, нервно-мышечный аппарат самой матки. Роды начинаются схватками, в результате которых расширяется шейка матки, чтобы обеспечить прохождение через неё плода. При сокращении мышечных стенок матки плод продвигается по родовым путям и выталкивается наружу. С первым криком новорождённый ребёнок начинает дышать атмосферным воздухом. После прекращения пульсации сосудов пуповину, соединяющую ребёнка с плацентой, перевязывают и перерезают. Через 10—15 мин после рождения ребёнка в результате сокращений матки рождается *послед* — плацента с плодными оболочками.

Молоко у матери появляется приблизительно на 3-й день после родов, до этого молочные железы вырабатывают *молозиво* — желтоватую густую жидкость, содержащую питательные вещества и формирующую пассивный иммунитет новорождённых. Материнское молоко содержит все необходимые для жизни и развития ребёнка вещества. По мере роста ребёнка молочное питание заменяется разнообразной пищей.

4.10.4. Этапы постэмбрионального онтогенеза

Физиологи условно делят человеческую жизнь на большие возрастные периоды: *детский* — от рождения до начала периода полового созревания (примерно до 13 лет); *подростковый* — от начала полового созревания до 16 лет у девочек и до 18 лет у мальчиков; *юношеский* — до 25—26 лет; *взрослый* — до 40 лет у женщин и до 45 лет у мужчин; *зрелый* — до 55 лет у женщин и до 60 лет у мужчин; *пожилой* — до 75 лет у женщин и мужчин; *старческий* — свыше 75 лет. Такая периодизация основана частично на биологических и частично на социальных признаках. Большое влияние оказывают условия жизни и индивидуальные особенности человека. Поэтому «паспортный» возраст часто не соответствует биологическому.

Детский период подразделяется на *период новорождённости*, который продолжается от рождения до 4-х недель жизни; *грудной (младенческий) период* (до 1 года) — период максимально быстрого роста и развития. В *ясельный период (раннего детства)* (от 1 года до 3-х лет) и *дошкольный период* (от 3 до 7 лет)

продолжаются процессы роста и формирования организма, движения ребёнка становятся более согласованными, быстро развиваются речь и мышление. В *младший школьный период* (от 7 до 12 лет) формируются мелкие мышцы кисти руки. Дети обучаются грамоте, чтению, у них развивается логическое мышление.

В **подростковый период** происходит ускоренный рост тела в длину и глубокая перестройка организма — половое созревание. Во время полового созревания проявляются вторичные половые признаки (у девочек — расширение таза, округление фигуры, оформление грудных желёз и др., у мальчиков — оволосение на лице, выраженный кадык, низкий голос и др.). У девочек начинаются менструации, у мальчиков — поллюции (непроизвольное выделение спермы). Заканчивается период полового созревания с прекращением роста тела и завершением репродуктивного развития.

В **юношеский период** в основном заканчиваются процессы роста и формирования организма, он достигает предельной величины.

В **период зрелости** строение и функции человеческого организма относительно постоянны. В дальнейшем в органах и системах начинается закономерный процесс возрастных изменений (старение), которые с течением времени становятся всё более выраженными.

Старение — это универсальный и закономерный биологический процесс, ведущий к снижению адаптационных возможностей и жизнеспособности индивида и определяющий продолжительность его жизни. Проявления старения многообразны и затрагивают все уровни организации — от молекулярного до систем саморегуляции организма.

Продолжительность жизни — длительность существования индивида. На продолжительность жизни влияют как биологические особенности (видовая продолжительность жизни, наследственные особенности и др.), так и социальные условия жизни человека (быт, труд, отдых, питание). Существенно сокращают продолжительность жизни различные болезни.

Онтогенез человека заканчивается смертью.

Смерть — необратимое прекращение жизнедеятельности организма и вследствие этого гибель индивидуума как обособленной живой системы. В физиологическом понимании смерть — ступенчатый процесс: переход от жизни к смерти представляется последовательным закономерным нарушением функций и систем организма, заканчивающихся их выключением. Последовательность и постепенность выключения функций даёт время и возможность для вмешательства с целью восстановления жизни.

4.10.5. Наследственные заболевания

Нормальное развитие может нарушаться вследствие различных факторов. С одной стороны таковыми являются факторы среды (инфекционные заболевания, повреждающие химические или физические агенты), другими — повреждение генетического материала. Второе приводит к развитию наследственных заболеваний.

Причиной наследственных заболеваний являются мутации. В случае генных мутаций нарушаются отдельные гены, но ряд наследственных заболеваний возникает из-за повреждения хромосом или генотипа в целом.

Генные мутации, как правило, приводят к нарушению синтеза определённого белка, вследствие чего возникают нарушения локального или общесистемного характера. У человека их разделяют по **характеру метаболических расстройств**:

- нарушения обмена аминокислот (фенилпировиноградная олигофрения, тирозиноз, алкаптонурия);
- нарушения обмена липидов (болезнь Нимана-Пика, болезнь Гоше);
- нарушения обмена углеводов (галактоземия, фруктозурия);
- нарушения минерального обмена (гепатоцеребральная дистрофия) и т.д.

Иной классификацией является деление по **локализации проявления**: заболевания крови (гемоглобинопатии), эндокринной системы (сахарный диабет), почек (фосфат-диабет), соединительной ткани (мукополисахаридозы); нервно-мышечной системы (прогрессирующие мышечные дистрофии) и др.

В зависимости от того, где локализован мутантный ген (в аутосомах или половых хромосомах, каковы его взаимоотношения с нормальными аллелями), различают следующие **основные типы наследования**: *аутосомно-доминантный* (арахнодактилия, брахидактилия, гипербилирубинемия, нейрофиброматоз и др.), *аутосомно-рецессивный* (агаммаглобулинемия, альбинизм, муковисцидоз, серповидноклеточная анемия и др.) и *сцепленный с полом* (гемофилия, периодический паралич, цветовая слепота и др.). Тип наследования устанавливается путём анализа родословной.

К *хромосомным болезням* относятся синдромы Дауна (трисомия по 21-й хромосоме), Крайнфельтера (различные полисомии по половым хромосомам), Шерешевского—Тернера (моносомия по X-хромосоме), «кошачьего крика» (отсутствие части 5-й хромосомы) и др.

Профилактика наследственных заболеваний осуществляется медико-генетическими консультациями и заключается в пренатальном (до рождения) определении вероятностей наследственных заболеваний путём проведения биохимических, ультразвуковых и иных исследований плода и матери, анализе родословных родителей на предмет различных нарушений.

Основные принципы лечения заключаются в исключении или ограничении продуктов, превращения которых в организме в отсутствие необходимых белков приводят к патологическому состоянию; заместительной терапии недостающими веществами. Большое значение придаётся фактору своевременности терапии, которую следует начинать до развития у больных выраженных нарушений.

4.11. Опора и движение. Опорно-двигательный аппарат

4.11.1. Общая характеристика опорно-двигательной системы

Опорно-двигательная система обеспечивает поддержание формы тела и позы (определённого положения тела), перемещение организма в пространстве и перемещение отдельных его частей относительно друг друга, а также защиту внутренних органов.

Опорно-двигательная система состоит из *скелета* и *скелетной мускулатуры*, функционирующих как единое целое.

Скелет — пассивная часть опорно-двигательной системы, состоящая из костей (более 200), а также связанных с ними хрящей и связок. Скелет выполняет

опорную функцию и служит защитой для многих внутренних органов. Черепная коробка защищает головной мозг, позвонки — спинной мозг, грудная клетка — сердце и лёгкие, таз — мочевой пузырь, прямую кишку и ряд других органов. В костях находится красный костный мозг, участвующий в кроветворении. Кроме того, кости — источник минеральных веществ (в первую очередь кальция и фосфора).

Скелетная мускулатура — активная часть опорно-двигательной системы, обеспечивающая всё многообразие движений, совершаемых человеком. В организме человека около 600 скелетных мышц.

4.11.2. Строение скелета

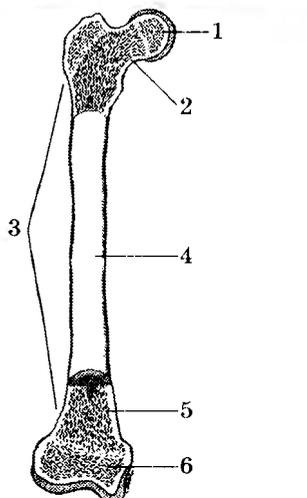
Химический состав кости. Живые кости человека содержат 22% воды, 5% белка, 21,8% неорганических веществ и 15,7% жира. Органические вещества, входящие в состав костей (главным образом, оссеин и оссеомукоид), обеспечивают кости гибкость и упругость, а минеральные вещества (преимущественно карбонат и фосфат кальция) — твёрдость и прочность. С возрастом соотношение органических и минеральных веществ в кости меняется. Так, у детей в кости больше органических веществ, поэтому их скелет эластичен; кости пожилых людей, содержащие больше минеральных веществ, более твёрдые, но хрупкие, что повышает вероятность переломов в этом возрасте.

Строение кости. Каждая кость в организме человека — отдельный орган. Снаружи кость сращена с *надкостницей* (обеспечивает рост кости в толщину), состоящей из плотной соединительной ткани и пронизанной большим количеством кровеносных, лимфатических сосудов и нервов. Она обеспечивает питание кости, а также рост кости в толщину. Кость содержит два вида костного вещества: снаружи — плотное компактное, а внутри — губчатое. Структурной единицей компактной костной ткани является *остеон*. Каждый остеон состоит из 5–20 цилиндрических костных пластинок, вставлённых одна в другую. В центре остеона проходит *центральный (Гаверсов) канал*, содержащий кровеносные, лимфатические сосуды и нервы. Губчатое вещество кости состоит из сети тонких взаимно перекрещивающихся костных перекладин, между которыми находятся мелкие полости, заполненные красным костным мозгом. Расположение перекладин отражает направление наибольшего растяжения и сжатия кости. Распределение компактного и губчатого веществ в разных костях зависит от функции, которую эти кости выполняют в организме.

Строение хрящей. Основу хряща составляет хрящевая ткань. Снаружи хрящ покрыт *надхрящницей* — плотной оболочкой, состоящей из клеток и волокон; в ней формируются новые хондробласты. Различают три типа хряща: *гиалиновый*, *волокнистый* и *эластический*. Гиалиновый (стекловидный) хрящ характеризуется большим количеством основного вещества, из него состоит скелет зародыша; хрящ расположен также на суставных поверхностях костей, в рёбрах, по ходу воздухоносных путей. В волокнистом (соединительнотканном) хряще коллагеновые волокна собраны в пучки и расположены упорядоченно; из этого хряща состоят межпозвонковые и суставные диски и мениски. Эластический (сетчатый) хрящ содержит эластичные волокна, из него состоит хрящевая часть ушной раковины, надгортанник, участки стенки наружного слухового прохода, некоторые хрящи гортани.

Связки — плотные соединительнотканые тяжи или пластины с преобладанием эластичных или коллагеновых волокон, соединяющие элементы скелета или отдельные органы. Связки располагаются преимущественно в области суставов; они повышают прочность скрепления частей скелета, определяют направление движения и ограничивают его амплитуду.

Виды костей. Кости скелета делятся на *трубчатые* (длинные и короткие), *короткие* (губчатые), *плоские* и *смешанные*.



- 1 — головка;
2 — шейка;
3 — тело;
4 — компактное вещество;
5 — губчатое вещество;
6 — костномозговая полость

Рис. 4.23. Строение трубчатой кости

Трубчатые кости состоят из тела кости (*диафиза*) и утолщённых концов (*эпифизов*). Стенка трубчатой кости состоит из компактного костного вещества: в диафизе под ним расположена полость, заполненная жёлтым костным мозгом (богатой жиром соединительной тканью), в эпифизах — губчатое вещество с красным костным мозгом. На эпифизах расположены суставные поверхности для соединения с соседними костями (рис. 4.23).

Плоские кости (лопатки, рёбра, кости черепа, тазовые кости и др.) по строению сходны с короткими. Они формируют защитные стенки полостей для внутренних органов, пояса конечностей, имеют большие поверхности для прикрепления мышц.

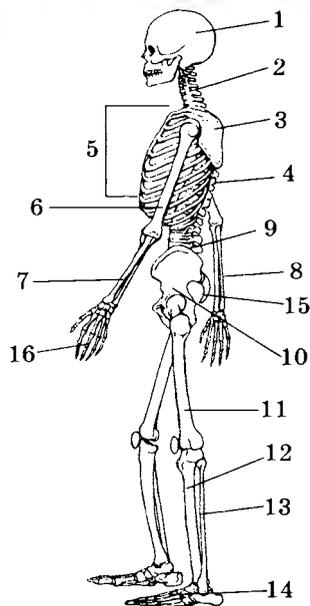
Смешанные кости имеют сложную форму и состоят из частей, имеющих различное строение. Это, например, позвонки, кости основания черепа.

Типы соединения костей. Для образования единой опорной структуры кости скелета соединяются между собой. Соединения костей делятся на:

- *неподвижные* — это соединения при помощи различных видов соединительной ткани (волокнистая соединительная, хрящевая и костная). Это, например, сочленение костей черепа при помощи швов, срастание костей таза в единую кость;
- *полуподвижные* — образованы хрящевыми прослойками, в толще хряща имеется небольшая полость, не выстланная синовиальной мембраной. Так соединяются позвонки в позвоночнике;
- *подвижные (суставы)* — обеспечивают большую подвижность, позволяют совершать движения в разных направлениях. Элементы сустава: покрытые суставными хрящами концы сочленяющихся костей и окружающая их суставная сумка с суставной (синовиальной) жидкостью. Эта жидкость выделяется клетками внутреннего слоя суставной сумки (синовиальной мембраной), уменьшает трение суставных поверхностей и служит питательной средой для суставного хряща. Наружный слой суставной сумки образован плотной соединительной тканью, которая прикрепляется к костям вблизи краёв суставных поверхностей и переходит в надкостницу. Суставная сумка часто снабжена связками, которые удерживают кости в соприкосновении и ограничивают объём движений между ними.

Отделы скелета. В скелете человека различают следующие отделы: *осевой скелет* и *скелет конечностей* (верхних и нижних). Осевой скелет, в свою оче-

редь, подразделяется на *скелет головы* (череп) и *скелет туловища* (позвоночник и грудная клетка) (рис. 4.24).



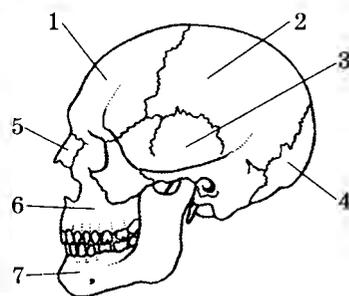
- 1 — череп;
- 2 — шейный отдел;
- 3 — плечевой пояс;
- 4 — грудной отдел позвоночника;
- 5 — грудная клетка;
- 6 — плечевая кость;
- 7 — локтевая кость;
- 8 — лучевая кость;
- 9 — поясничный отдел позвоночника;
- 10 — тазовый пояс;
- 11 — бедренная кость;
- 12 — большая берцовая кость;
- 13 — малая берцовая кость;
- 14 — кости стопы;
- 15 — копчик;
- 16 — кости кисти

Рис. 4.24. Скелет человека

Череп состоит из *мозгового* и *лицевого* отделов. Кости черепа (за исключением нижней челюсти) неподвижно сочленены между собой. У новорождённых детей пространство между костями заполнено соединительной тканью (роднички), благодаря чему череп очень эластичен. Формирование швов между костями завершается к 3—5 годам.

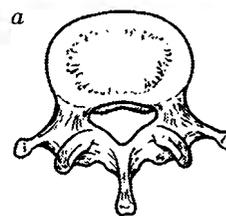
Позвоночник (*позвоночный столб*) — опора туловища, он состоит из 33—34 позвонков: 7 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых (срастающихся в единый крестец) и 4—5 копчиковых. Позвонок состоит из тела, дуги, замыкающей позвоночное отверстие, и семи отростков: остистого, двух поперечных, двух верхних суставных и двух нижних суставных. Первый шейный позвонок (*атлант*) не имеет тела и состоит из двух дуг, второй шейный позвонок (*эпистрофей*) сочленяется с атлантом с помощью зубовидного отростка. Позвоночные отверстия расположенных друг над другом позвонков составляют *позвоночный канал*, внутри которого расположен спинной мозг. Тела позвонков соединены между собой хрящевыми межпозвоноковыми дисками.

Скелет грудной клетки образован *грудиной*, 12 парами *рёбер* и *грудными позвонками*. Рёбра —



- 1 — лобовая кость;
- 2 — теменная кость;
- 3 — височная кость;
- 4 — затылочная кость;
- 5 — носовая кость;
- 6 — верхнечелюстная кость;
- 7 — нижнечелюстная кость

Рис. 4.25. Череп



- а — вид сверху;
 - б — вид сбоку
- Рис. 4.26. Поясничный позвонок

плоские, дугообразно изогнутые кости, спереди переходящие в хрящ. Сзади они сочленены с грудными позвонками. Спереди 7 пар верхних рёбер (*истинные рёбра*) непосредственно соединены *грудиной* — плоской костью, лежащей по средней линии груди. Три следующие пары (*ложные рёбра*) своими хрящами присоединяются к хрящам вышерасположенных рёбер. Две последние пары (*колеблющиеся рёбра*) не имеют хрящей и свободно располагаются в мышечной стенке туловища. Приподнимаясь и опускаясь, рёбра обеспечивают изменения объёма грудной клетки при дыхании.

Скелет верхних конечностей состоит из *плечевого пояса* и *скелета свободных верхних конечностей (рук)*. В состав плечевого пояса входят две парные кости — *лопатка* и *ключица*. Лопатка — плоская кость треугольной формы, прилегающая к задней поверхности грудной клетки и сочленяющаяся с плечевой костью и ключицей. Ключица (тонкая изогнутая кость) одним концом соединена с грудиной, другим — с лопаткой. Скелет свободной верхней конечности состоит из плеча, предплечья и кисти. Плечевая кость, образующая плечо, соединена с лопаткой (*плечевой сустав*) и костями предплечья (*локтевой сустав*). Предплечье состоит из двух костей — локтевой и лучевой. В состав кисти входят 8 коротких костей запястья, 5 длинных костей пясти и фаланги пальцев (большой палец имеет две фаланги, все остальные — по три). Нижний конец лучевой кости с тремя верхними костями запястья образуют *лучезапястный сустав*.

Скелет нижних конечностей состоит из *тазового пояса* и *скелета свободных нижних конечностей (ног)*. Тазовый пояс образован парой массивных тазовых костей, которые сзади неподвижно сочленены с крестцом, а спереди соединены между собой с помощью полусустава (*лобковый симфиз*). Каждая тазовая кость образована тремя сросшимися костями (подвздошной, седалищной и лобковой). По бокам тазовых костей расположены круглые впадины для сочленения с головками бедренных костей. Скелет свободной нижней конечности состоит из бедра, голени и стопы. Бедро образует крупная массивная бедренная кость, головка которой с тазовой костью образует *тазобедренный сустав*. В состав голени входят большеберцовая и малоберцовая кости. Большеберцовая кость сочленяется с бедренной, образуя *коленный сустав*. Спереди от коленного сустава, в толще сухожилий, расположен небольшой треугольный надколенник (*коленная чашечка*). Кости голени образуют с таранной костью предплюсны *голеностопный сустав*. Стопа состоит из 7 коротких костей предплюсны, 5 длинных костей плюсны и фаланг пяти пальцев (первый палец имеет две фаланги, остальные — по три). Стопа имеет вид свода.

4.11.3. Строение мышц

Мышцы обеспечивают все движения, совершаемые в организме человека. Благодаря мышцам тело сохраняет равновесие и перемещается в пространстве, осуществляются дыхательные движения грудной клетки и диафрагмы, глотание, голосообразование, движения глаз, работа внутренних органов (в том числе сердца) (рис. 4.27).

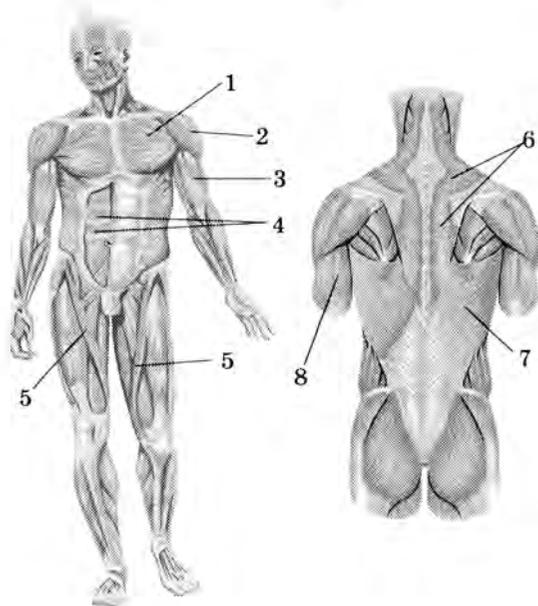
Строение. Основу скелетных мышц составляет поперечнополосатая мышечная ткань. Скелетная мышца состоит из пучков мышечных волокон, а также

прослойк соединительной ткани, окружающих и связывающих между собой отдельные волокна и их группы. Снаружи мышца покрыта плотной соединительнотканной оболочкой (*фасцией*). Соединительная ткань, окружающая мышцу снаружи и расположенная внутри, переходит в *сухожилие* — плотный волокнистый тяж, обеспечивающий прикрепление мышцы к кости. Некоторые мышцы своей сухожильной частью вплетаются в кожу.

Каждая мышца снабжается кровеносными сосудами и нервами (двигательными и чувствительными). Различные мышцы отличаются по форме, направлению мышечных пучков, расположению. Типичная форма мышц конечностей — веретенообразная; средняя расширенная часть (*брюшко*) содержит мышечные волокна, два конца (*головка* и *хвост*) состоят из сухожилий. Головка (начало мышцы) прикрепляется к кости, расположенной ближе к центру тела, а хвост — к другой кости (рис. 4.28).



Рис. 4.27. Строение мышцы



- 1 — большая грудная мышца;
- 2 — дельтовидная мышца;
- 3 — двуглавая мышца плеча;
- 4 — брюшные мышцы;
- 5 — портняжная мышца;
- 6 — трапецевидная мышца;
- 7 — широчайшая мышца спины;
- 8 — трёхглавая мышца плеча

Рис. 4.28. Основные мышцы человека

Работа мышц. Сокращение мышц связано с нервными импульсами, поступающими по двигательным нервам. Нервные окончания достигают отдельных мышечных волокон. При поступлении сигнала по соматической части периферической нервной системы мышца рефлекторно сокращается. Различные движения, двигательные акты (бег, ходьба и др.) координируются высшими центрами, расположенными в двигательной зоне коры больших полушарий. Длительное напряжение мышц (*тонус*) не зависит от сознания человека и связано с автономной нервной системой. Кроме нервной регуляции, сокращение мышц регулируется гормонами (адреналином и др.), накоплением определённых веществ.

Сила мышцы — максимальное напряжение, которое мышца может развить во время возбуждения. Она зависит от числа мышечных волокон, составляющих данную мышцу, и от их толщины.

Утомление мышц — временное снижение работоспособности, вызванное предшествующей деятельностью; проявляется в уменьшении мышечной силы и выносливости. При напряжённой физической работе утомление мышц связано с недостаточностью энергетических запасов, недостатком кислорода и появлением в мышцах продуктов распада (молочной кислоты и др.). При работе малой и средней мощности утомление развивается в нервных центрах спинного мозга, а также в клетках двигательной коры.

Для снятия утомления и восстановления работоспособности мышц необходим отдых. При отсутствии необходимого отдыха может развиваться хроническое или патологическое утомление. Оно проявляется в снижении производительности труда, росте заболеваемости, снижении творческой активности и умственной работоспособности, изменении продукции биологически активных веществ.

4.12. Органы чувств, их роль в жизни человека

4.12.1. Общая характеристика сенсорных систем

Жизнь человека неразрывно связана с внешней средой, и поэтому организм должен реагировать на её постоянные изменения. Кроме изменений во внешней среде, необходимо также фиксировать изменения внутри организма и запускать процессы, поддерживающие гомеостаз. Для восприятия поступающей информации и служат сенсорные системы.

Сенсорная система — система нервных образований, обеспечивающая восприятие, передачу и переработку информации (синонимом является термин «анализатор», введённый в 1909 г. И. П. Павловым).

Каждая сенсорная система состоит из трёх отделов: *периферического отдела, проводящего пути и коркового конца сенсорной системы.*

Периферический отдел (рецепторы) может представлять собой свободные окончания нервных волокон, окончания, расположенные в глубине тканей, или входить в состав органов чувств.

Органы чувств — высокоспециализированные органы, воспринимающие определённый раздражитель. У человека различают шесть органов чувств: *орган зрения, слуха, обоняния, вкуса, кожно-мышечного чувства и равновесия.* Действуя одновременно, они обеспечивают человека разнообразной информацией об окружающем объективном мире, которая отражается в его сознании в виде субъективных образов — ощущений, восприятий и представлений памяти.

Проводящий путь сенсорной системы представлен чувствительными нервами, передающими нервный импульс в ЦНС. Частично информация начинает обрабатываться уже на уровне рецепторов, однако главную роль играет обработка в ЦНС.

Корковый отдел сенсорной системы — определённая зона коры больших полушарий головного мозга, где нервный импульс воспринимается и анализи-

руется. На этом уровне возможно взаимодействие между различными сенсорными системами. В результате согласованной работы сенсорных систем в больших полушариях формируется программа поведения, оценка действий и др.

4.12.2. Зрительная сенсорная система

Зрительная сенсорная система состоит из глаз, зрительного нерва и зрительных центров в височной области коры больших полушарий (коркового центра).

Глаз состоит из *глазного яблока* (шаровидное тело, расположенное в глазнице черепа) и *вспомогательного аппарата* (брови, веки с ресницами, слёзный аппарат и глазодвигательные мышцы).

Брови — волосы, предохраняющие глаза от попадания пота со лба.

Веки — кожные складки с растущими по свободному краю *ресницами*, которые защищают глазное яблоко от ветра, пыли, ярких солнечных лучей. Внутренняя поверхность век и передний отдел глазного яблока покрыты соединительнотканной *конъюнктивой*.

Слёзный аппарат включает *слёзную железу*, расположенную в верхнем наружном углу орбиты, и систему *слёзных путей* (слёзный каналец, слёзный мешок, носослёзный канал). Слёзная жидкость, выделяемая слёзной железой, облегчает движения век, смачивает поверхность глазного яблока и смывает с неё частицы пыли, содержит бактерицидное вещество — *лизоцим*. Стекая по передней поверхности глаза, она собирается в его внутреннем углу, откуда по слёзному каналу попадает в носовую полость.

Глазодвигательные мышцы соединяют глазное яблоко со стенками глазницы и обеспечивают его движения.

Глазное яблоко состоит из *ядра*, покрытого тремя оболочками: *фиброзной, сосудистой и сетчатой (сетчаткой)*. Фиброзная оболочка в заднем отделе образует *склеру*, придающую главному яблоку определённую форму, а в переднем отделе — прозрачную *роговицу*, которая пропускает и преломляет свет. Тонкая и нежная сосудистая оболочка с густой сетью тончайших сосудов и капилляров обеспечивает снабжение глаза кровью. В передней части глаза она образует *радужную оболочку*, в её центре имеется небольшое отверстие — *зрачок*, он способен рефлекторно расширяться или сужаться в зависимости от интенсивности света. Позади зрачка находится прозрачный и эластичный *хрусталик*, кривизна которого регулируется ресничной мышцей. Стекловидное тело заполняет почти всю внутреннюю полость глазного яблока. Сетчатка состоит из рецепторов — *палочек и колбочек*. Участок сетчатки, из которого выходит зрительный нерв, — *слепое пятно*. Почти рядом с ним находится *жёлтое пятно*, образованное скоплением рецепторов, — место наилучшего видения.

На сетчатке образуется уменьшенное перевернутое изображение видимых глазом предметов. Действительное изображение формируется в зрительной коре после поступления возбуждения от фоторецепторов. Для чёткого восприятия близких и далёких предметов хрусталик меняет свою кривизну, фокусируя лучи на сетчатке. Эта способность называется *аккомодацией*. Стереоскопичность (объёмность) зрения достигается сочетанием зрительных осей обоих глаз так, чтобы изображение падало на идентичные участки сетчатки.

4.12.3. Слуховая сенсорная система

С помощью слуха человек воспринимает и анализирует огромное многообразие звуков окружающего мира и овладевает способностью говорить.

Слуховая сенсорная система состоит из *рецепторов*, расположенных в улитке внутреннего уха, *слуховых нервов*, проводящих импульс в головной мозг, и *слуховых центров* в височной доле коры головного мозга, где окончательно различается характер звука, его высота и тембр.

Орган слуха человека состоит из трёх отделов: *наружного, среднего и внутреннего уха*.

Наружное ухо служит для улавливания и проведения звуковых колебаний. Барабанная перепонка отделяет наружное ухо от среднего.

Среднее ухо расположено внутри височной кости, отграничено барабанной перепонкой и овальным окном внутреннего уха. Оно состоит из заполненной воздухом барабанной полости (соединена с носоглоткой *слуховой (евстахиевой) трубой*, через которую уравнивается давление воздуха в полости среднего уха с атмосферным давлением) и тремя слуховыми косточками — *молоточком, наковальней и стремечком*, соединёнными между собой суставами. Вибрация барабанной перепонки передаётся сращённому с ней молоточку, а затем — наковальне и стремечку, передающему её на овальное окно.

Внутреннее ухо представляет собой сложную систему полостей и каналов, заполненных жидкостью. Основные части: *улитка* (содержащая слуховые рецепторы) и *три полукружных канала (орган равновесия)*. Улитка — тонкостенный спиральный канал, заполненный жидкостью. В её полости расположен *кортиева орган*, содержащий волосковые клетки, преобразующие колебания жидкости улитки, вызванные звуковыми колебаниями, в нервные импульсы.

4.12.4. Вестибулярная сенсорная система

Вестибулярная сенсорная система (анализатор равновесия и положения тела в пространстве) играет важную роль в управлении движениями. Она включает *рецепторные клетки органа равновесия, нервы*, проводящие возбуждение в продолговатый мозг и мост, *корковые центры* в теменной и височной долях больших полушарий (при сознательном определении тела в пространстве) или *мозжечок и спинной мозг* (при рефлексорных реакциях).

Орган равновесия (вестибулярный аппарат) — часть внутреннего уха, состоящая из трёх полукружных каналов и двух мешочков преддверия (*сферического и эллиптического*). В стенках мешочков группами расположены волосковые клетки. Волоски этих клеток погружены в студнеобразное вещество, в котором разбросаны мелкие известковые кристаллы — *отолиты*. При любом положении тела отолиты деформируют волоски определённой группы волосковых клеток. Эта деформация вызывает возбуждение в оплетающих эти клетки нервных волокон. Возбуждение поступает в нервный центр (в продолговатом мозге) и при необычном положении тела вызывает ряд двигательных рефлексорных реакций, приводящих тело в нормальное положение. Полукружные каналы расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях, поэтому их рецепторы раздражаются при изменении положения или движения тела в любом направлении.

4.12.5. Органы химического чувства

Хеморецепторные сенсорные системы — обонятельная и вкусовая, их периферический отдел состоит из специфических *хеморецепторов* (обонятельных и вкусовых).

Обонятельные рецепторы расположены в слизистой оболочке носа. Попадая вместе с воздухом в нос, молекулы пахучих веществ растворяются в слизи, затем путём химического взаимодействия возбуждают обонятельные клетки. Это возбуждение по волокнам обонятельного нерва поступает в центр обоняния (обонятельные зоны промежуточного мозга и коры больших полушарий), где происходит различение запахов.

Скопления *вкусовых рецепторов* (вкусовые луковицы), размещённые во вкусовых сосочках (выростах слизистой оболочки), расположены на языке и стенках ротовой полости. На вкусовые рецепторы химически воздействуют растворённые в воде вещества. Возникающее возбуждение по волокнам вкусового нерва поступает в мост и продолговатый мозг, а оттуда — в центр вкуса, расположенный на внутренней поверхности коры между полушариями головного мозга. Там возникают четыре вкусовых ощущения: солёного, горького, кислого и сладкого. Вкус пищи — комбинация этих ощущений в разном соотношении, к которой добавляется также ощущение запаха пищи.

4.12.6. Осязательная сенсорная система

Кожные рецепторы разбросаны в толще кожи по всей поверхности тела. В большинстве случаев они представляют собой многоклеточные тельца разной формы, внутрь которых заходит и разветвляется чувствительное нервное волокно. Кожные рецепторы расположены неравномерно. Наибольшая их концентрация отмечена на кончиках пальцев рук, губах и наружных половых органах. Поэтому эти участки тела наиболее чувствительны к механическим и температурным раздражителям.

В коже и слизистых оболочках расположены *механорецепторы*, реагирующие на различные механические раздражения — давление, прикосновение, вибрацию; особенно многочисленны они на языке, ладонях и кончиках пальцев. Возбуждение от рецепторов по центростремительным нервам через спинной мозг поступает в зону кожной чувствительности коры больших полушарий. С помощью осязания человек способен различать форму, размеры, характер поверхности предмета.

Температурная чувствительность связана с холодowymi и тепловыми рецепторами, расположенными в коже, а также во многих внутренних органах. Импульсы от них посылаются в ЦНС, где информация анализируется, и запускается реакция терморегуляции.

Боль — психофизиологическая реакция на повреждающий раздражитель, вызывающий в организме органические или физиологические нарушения, она является врождённой сигнальной реакцией. Боль вызывает оборонительную реакцию, направленную на сохранение целостности организма. Специальных болевых рецепторов нет, поэтому боль воспринимают свободные нервные окончания, расположенные по всему организму.

4.12.7. Проприорецепторы

В опорно-двигательном аппарате есть особые механорецепторы — *проприорецепторы*, посылающие в головной мозг информацию о состоянии мышц (их сокращении или растяжении). Благодаря проприорецепторам человек всегда знает, в каком положении пребывают разные части его тела. Строение их различно — от простых нервных окончаний до сложноустроенных мышечных веретён (покрытые соединительнотканной капсулой скопления из нескольких видоизменённых мышечных волокон, оплетённых одним или несколькими чувствительными нервными волокнами). Растяжение или сокращение мышечных волокон вызывает в нервном волокне возбуждение, которое направляется в зону мышечной чувствительности коры больших полушарий и к мозжечку.

4.13. Психология и поведение человека. Высшая нервная деятельность.

4.13.1. Психика и поведение человека

Психика — свойство головного мозга человека (и других животных), обеспечивающее способность отражать воздействия предметов и явлений реального мира.

Психология — наука о закономерностях развития и функционирования психики как особой формы жизнедеятельности.

К психике относятся чувства, мысли, переживания, намерения человека, составляющие его субъективный внутренний мир. Этот внутренний мир, в свою очередь, внешне проявляется в действиях и поступках, составляющих поведение человека. В поведении проявляются личность человека, особенности его характера, темперамента, потребности, вкусы, обнаруживается его отношение к предметам и явлениям окружающей действительности. Поведение способствует лучшему приспособлению к окружающей среде.

Инстинктивное (врождённое) поведение — совокупность сформировавшихся в ходе филогенеза, наследственно закреплённых, врождённых, общих для всех представителей вида (видоспецифических) компонентов поведения, составляющих основу жизнедеятельности организма. Оно не является полностью детерминированным и в ходе онтогенеза формируется в тесной связи с процессами обучения, однако является очень устойчивым и малоизменчивым. Инстинктивное поведение обеспечивает максимальную приспособленность в обычной среде и при обычных обстоятельствах, но при их изменениях оно неэффективно, и лучшее приспособление в таких случаях обеспечивают приобретённые формы поведения.

Инстинкты — сложные формы поведения, состоящие из комплексов чётко скоординированных движений и поз, звуковых и других сигналов, секреторных процессов, явлений терморегуляции, изменения окраски и др., совершающихся

в определённой последовательности. В поведении человека немало инстинктивных действий, особенно много их у детей (сосание молока, хватательный рефлекс и др.).

4.13.2. Высшая нервная деятельность

Психические процессы человека связаны с деятельностью высших отделов ЦНС: коры больших полушарий, подкорковых ядер переднего мозга и некоторых образований промежуточного мозга. Первым предположения о связи сознания и мышления человека с рефлекторной деятельностью его головного мозга высказал русский физиолог И. М. Сеченов. Другой известный русский физиолог И. П. Павлов развил эти представления и обобщил их в виде учения о высшей нервной деятельности (заменив термин «психическая деятельность»), основанной на безусловных и условных рефлексах.

Высшая нервная деятельность (ВНД) — совокупность взаимосвязанных нервных процессов, происходящих в головном мозге и обеспечивающих поведенческие реакции животных и человека.

Физиология высшей нервной деятельности изучает процессы, происходящие в головном мозге во время восприятия, переработки и воспроизведения информации, обучения, эмоциональных и различных поведенческих реакций.

Восприятие внешней информации начинается с воздействия определённого стимула на рецепторы сенсорной системы. Рецептор преобразует энергию стимула в нервный импульс и передаёт её по чувствительным нервам в нервный центр.

В соответствующих зонах коры завершается начавшееся в рецепторах различение стимула и возникают зрительные, звуковые и другие ощущения. Внимание коры мозга к данному стимулу вызывает серию движений глаз, головы и туловища для более детального и глубокого ознакомления с информацией от сенсорного органа, а также подключения других сенсорных органов. В результате происходит *восприятие* — формирование субъективного образа целостного предмета (тогда как ощущения отражают лишь его отдельные свойства).

По мере поступления сведений информация будет связываться со следами сходных событий, сохранившихся в памяти. Если сигнал похож на что-то известное, восприятие приводит к узнаванию, в противном же случае происходит осознание нового аспекта реальности и фиксация его в памяти.

4.13.3. Условные и безусловные рефлексы, их биологическое значение

Безусловные рефлексы — врождённые, относительно постоянные реакции организма на действие внешней и внутренней среды, осуществляющиеся при помощи нервной системы; нервные центры безусловных рефлексов лежат в разных отделах спинного и головного мозга.

На основе безусловных рефлексов осуществляются регуляция и согласование деятельности разных органов и их систем и поддерживается само существование организма. У человека существует небольшое число подобных рефлексов, необходимых в основном для выживания. Многие из них осуществляются ещё до того, как произойдёт осознание (одёргивание руки или ноги при воздействии, причиняющем боль, чихание и др.). На основе безусловных рефлексов формируются условные.

Условные рефлексы возникают в результате формирования связи между специфическим стимулом, вызывающим определённый безусловный рефлекс, и каким-либо условным (индифферентным) стимулом.

При выработке рефлекса условный раздражитель должен предшествовать безусловному; после формирования условный рефлекс запускается при появлении только одного условного раздражителя. Условные рефлексы образуются в процессе жизнедеятельности организма, они индивидуальны и непостоянны, легко развиваются или исчезают при изменении условий среды. В основе их образования лежит установление связи (посредством вставочных нейронов) между нервными центрами анализаторов безусловного и условного раздражителей. *Рефлекторная дуга условного рефлекса* включает рецепторы, воспринимающие условное раздражение, чувствительный нерв, передающий возбуждение в головной мозг, участок коры, который воспринимает раздражение, второй участок коры, связанный с центром безусловного рефлекса, двигательный нерв и рабочий орган. Образование условных рефлексов позволяет вырабатывать целесообразные реакции организма на внешние раздражители, что важно для приспособления к постоянно меняющимся условиям окружающей среды. На выработке условных рефлексов основана дрессировка животных.

При изменении условий существования в организме образуются новые условные рефлексы, а выработанные ранее затухают или исчезают благодаря процессу *торможения*. Существуют два вида торможения условных рефлексов — *внешнее (безусловное)* и *внутреннее (условное)*. Внешнее торможение происходит в случае действия постороннего раздражителя, не связанного с данным условным рефлексом. Его значение заключается в обеспечении реакции на наиболее важный в данной ситуации стимул. Внутреннее торможение рефлекса развивается постепенно в случае многократного неподкрепления условного раздражителя безусловным. Благодаря внутреннему торможению в ЦНС обеспечивается угасание биологически нецелесообразных реакций. Образование новых условных рефлексов и исчезновение старых позволяют организму менять своё поведение, приспособлявая его к изменившимся условиям окружающей среды.

4.13.4. Познавательная деятельность мозга

Обучение — это появление адаптивных изменений индивидуального поведения в результате приобретения опыта; приобретённое поведение, характерной чертой которого является способность меняться в зависимости от условий (в отличие от врождённого поведения).

Обучение может происходить на разных уровнях: одни виды научения осуществляются на уровне рецепторов или спинного мозга, для других необходимо участие огромного количества нейронов головного мозга.

При повторении определённой последовательности действий на протяжении длительного времени возникает единая система последовательных условных рефлексов — *динамический стереотип* (например, разнообразные двигательные навыки: ходьба, бег, умение писать, пользование ложкой и др.). Динамические стереотипы облегчают выполнение многократно повторяющихся действий и тем самым освобождают отделы мозга для творческой работы.

Навыки — выработанные в процессе обучения и тренировки последовательности действий, оптимальные для данной деятельности. Они выполняются автоматически (подсознательно). В их основе лежит формирование динамического стереотипа. Сформированные навыки очень тяжело поддаются изменению. Навыки облегчают работу мозга, повышают его работоспособность; кроме того, они могут переноситься на другой (подобный прежнему) вид деятельности.

Привычки — типичные действия или черты поведения человека, ставшие его потребностью. Вместе с навыками они составляют основу поведения. Привычки также базируются на динамическом стереотипе. Различают *положительные* и *отрицательные (вредные)* привычки.

Многие формы социальной активности формируются путём обучения, связанного с мышлением (см. «Мышление и речь»).

4.13.5. Сон и его нарушения

Человек может находиться в двух тесно связанных друг с другом функциональных состояниях: *бодрствования* и *сна*.

Бодрствование — состояние, насыщенное активной деятельностью, взаимодействием организма с внешней средой, целенаправленным поведением. Важнейшие признаки бодрствования — сознание и мышление.

Сон — состояние, характеризующееся отсутствием целенаправленной деятельности и отключённостью от сенсорных воздействий внешнего мира. Наиболее важный признак сна — понижение активности нервной системы (прежде всего коры головного мозга).

Сон — важное защитное приспособление организма от переутомления нервной системы и истощения нервных клеток. Продолжительность сна взрослого человека — 7—8 ч в сутки (у новорождённых — 20 ч в сутки).

Фазы сна. Во время сна мозг проходит пять различных стадий активности, повторяющихся с определённой цикличностью (за ночь проходит 4—5 таких циклов). В течение первых четырёх фаз (*медленный сон*) понижается электрическая активность коры, расслабляются скелетные мышцы, отсутствуют движения глаз, снижается обмен веществ и активность различных физиологических систем. Медленный сон длится 1—1,5 ч. Пятая фаза сна (*быстрый сон*) напоминает состояние бодрствования: повышена электрическая активность коры, происходят быстрые движения глаз, наблюдается напряжение мимических и некоторых скелетных мышц, активизируется деятельность внутренних органов. Быстрый сон длится 10—25 мин. Именно в этот период человек видит сновидения, его

нервная система может решать творческие задачи, требующие применения нестандартных алгоритмов обработки информации. Затем весь цикл повторяется.

Нарушения сна. *Снохождение (лунатизм)* и *ночные страхи* возникают в фазы медленного сна и обычно продолжаются несколько минут. При снохождении человек часто блуждает вокруг одного места, его действия некоординированны. Ночные страхи сопровождаются пронзительным криком, возбуждением внутренних органов (возрастает частота сердечных сокращений) и двигательным возбуждением. Эти расстройства чаще всего наблюдаются у детей. *Ночные кошмары* — состояния интенсивной тревоги и страха, связанные с эмоционально насыщенными сновидениями.

У детей кошмары отражают временные трудности в различении реальности и фантазии, у взрослых они связаны с психологическими факторами. Во время сна может быть недержание мочи — *ночной энурез*. Встречается он в основном у детей. При некоторых нарушениях сна наблюдается *патологическая сонливость (нарколепсия и гиперсомния)*. Иногда во время сна может происходить остановка дыхания (*апноэ*), характеризующаяся полным прекращением газообмена иногда более чем на 1 мин. Наиболее распространённым нарушением сна является *бессонница (инсомния)*, при которой может нарушаться засыпание, поддержание сна или наблюдается раннее пробуждение. Причинами бессонницы являются эмоциональные конфликты, стрессы, некоторые заболевания, нарушение режима дня, кофеин и др. Нередко бессонница возникает в процессе старения человека.

4.13.6. Биологическая природа и социальная сущность человека

Человек является биосоциальным существом, поэтому на его поведение оказывают влияние врождённые и культурные признаки. Врождённые признаки обусловлены *генетическим наследованием*; их эволюция протекает у человека так же, как у других животных. Однако роль этих признаков в управлении поведением у человека снижена, так как особое значение получило приобретение новых признаков благодаря культурному наследованию.

Культурное наследование — приобретение новых признаков благодаря обучению. Культурное наследование не является исключительной особенностью, присущей только человеку. Так, например, передаются песни у певчих воробьиных, приёмы охоты у многих представителей отряда Хищные, умения использовать несложные орудия труда у шимпанзе. Однако только у человека главные свойства, обеспечивающие приспособление к среде, стали передаваться культурно.

Культурное наследование имеет ряд важных особенностей по сравнению с генетическим. В частности, новые культурные признаки могут передаваться не только из поколения в поколение, но и между неродственными особями. Приобретённые на протяжении жизни особи признаки не наследуются генетически, но могут наследоваться культурно. Однако для того, чтобы обеспечить культурное наследование, нервная система должна быть способной обеспечивать научение и гибкое (зависимое от условий) поведение. Это требует её высокого развития.

Таким образом, в связи с важностью культурного наследования для человека можно сказать, что он обладает двумя природами: *биологической* (основанной на

генетическом наследовании) и *социальной* (поддерживаемой культурным наследованием). Социальная природа развивается только на соответствующей биологической основе и влияет на её дальнейшую эволюцию.

4.13.7. Память

Память — способность живых систем к получению и использованию опыта. Всё, с чем сталкивается человек в течение своей жизни, оставляет в коре больших полушарий следы, которые и лежат в основе памяти. Память неразрывно связана с обучением, обеспечивающим постоянное пополнение и изменение знаний, приобретение новых навыков.

Типы памяти в зависимости от времени хранения информации:

1. *Сенсорная* — непосредственный след возбуждения в сенсорной системе от внешнего воздействия, служащий для первичного анализа и дальнейшей обработки сенсорных событий. Часть информации затем поступает в более длительную память, а остальная затирается вновь поступившими сигналами. Длительность сенсорной памяти — доли секунды.

2. *Кратковременная* — запоминание и сохранение информации на короткий срок (несколько секунд либо минут) после однократного и непродолжительного восприятия. Используется для решения мгновенных задач.

3. *Промежуточная* — обладает большим объёмом, чем кратковременная, и сохраняет информацию в течение нескольких часов. В ней фиксируются пространственно-временные отношения элементов необходимой для запоминания информации.

4. *Долговременная* — обеспечивает наиболее длительное сохранение информации. В ней фиксируются знания и образы, способности к чтению и письму, профессиональные навыки. Этот тип памяти наиболее устойчив к повреждениям мозга.

4.13.8. Познание человеком окружающего мира

Познание окружающего мира связано с восприятием его объектов и явлений.

Восприятие — определяемый внешними причинами процесс познания, при котором явления окружающего мира отражаются в виде ощущений (отдельных свойств предмета, воспринимаемых сенсорными системами), образов или словесных символов. Выделяют *восприятие пространства*, связанное с формой предметов и их взаиморасположением; *восприятие движения* — изменение во времени положения объекта или самого наблюдателя; *восприятие времени* — отражение скорости и последовательности явлений.

Выбором информации для восприятия управляет **внимание** — избирательная направленность познавательной деятельности на определённый объект, значимый в данный момент. *Непроизвольное* внимание не зависит от воли и сознания человека; в его основе лежит ориентировочный рефлекс. *Произвольное* внимание возникает в результате поставленной цели и требует волевых усилий.

Вниманием же зачастую управляет **мотивация** — эмоционально окрашенное состояние, возникающее на основе определённой потребности и формирующее поведение, направленное на удовлетворение этой потребности.

В зависимости от вида потребности мотивации делятся на *биологические* и *социальные*. Различные потребности нередко сосуществуют одновременно, побуждая индивида к различным, иногда взаимоисключающим стилям поведения. Поэтому происходит своеобразная «борьба» мотиваций и выстраивание их иерархии.

Мотивации тесно связаны с эмоциями. **Эмоции** — субъективные реакции на воздействие внутренних и внешних раздражителей, проявляющиеся в виде удовольствия или неудовольствия, радости, страха и т. д. Эмоции влияют на процессы восприятия, памяти, мышления, сознания, обучения и определяют поведение человека. Характер эмоции определяется актуальной потребностью и прогнозированием возможности её удовлетворения. Так, низкая вероятность удовлетворения потребности делает эмоцию *отрицательной* (страх, ярость), а возрастание вероятности по сравнению с ранее имевшимся прогнозом — *положительной* (удовольствие, радость). Эмоциональное состояние человека и его физическое здоровье тесно взаимосвязаны. При частом испытывании отрицательных эмоций, равно как и при сдерживании любых эмоций, происходят психические и физиологические расстройства. Поэтому для снятия эмоционального напряжения необходима смена окружения и вида деятельности, умеренная физическая активность и т. д.

Воля — это сознательное управление эмоциями и поступками, активизация деятельности для осуществления задуманного.

4.13.9. Мышление и речь

Мышление — вид умственной деятельности, заключающийся в познании сущности вещей и явлений, закономерных связей и отношений между ними. Благодаря мышлению человек может не только приспосабливаться к условиям среды, но и предвидеть их изменения и учитывать это в своём поведении.

Мышление является высшей ступенью познания действительности и формируется на основе ощущений и восприятий. В ходе мышления происходит переход от конкретного к общему, формируются *понятия* — символические обобщённые представления предметов, людей или событий, имеющих хотя бы одну общую черту. Усвоенные понятия хранятся в долговременной памяти.

Мышление проявляется, главным образом, при решении проблем, выдвигаемых жизнью. Решение любой проблемы включает четыре этапа: изучение условий задачи; создание общего плана предполагаемых действий; разработка тактики решения задачи; сопоставление найденного решения с исходными данными. Решение проблем (и соответственно мышление) всегда даёт человеку новые знания.

Мышление человека непосредственно связано с речью, для развития которой было необходимо появление специального речевого аппарата.

Речь — уникальное свойство человека, первоначально возникшее для коммуникации между людьми в ходе их совместной деятельности.

Таким образом, первоначальная функция речи — вовлечение человека в социальную среду. Однако впоследствии речь стала использоваться в качестве знаково-символического представления о предметах и явлениях окружающего мира и отражения собственных чувств. Эта функция чрезвычайно важна для мышления и памяти.

В зависимости от соотношения в мышлении слова, образа и действия выделяют мышление:

- *наглядно-действенное* — опирается на непосредственное восприятие предметов, реальное преобразование ситуации в процессе действий с предметами и направлено на решение конкретных задач в практической деятельности человека;
- *наглядно-образное* — опирается на представления и образы. Функции наглядно-образного мышления связаны с представлением ситуаций и изменений в них;
- *словесно-логическое (абстрактное)* — осуществляется при помощи логических операций с понятиями и направлено на нахождение общих закономерностей в природе и человеческом обществе.

Все названные виды мышления тесно связаны друг с другом. У человека они могут быть развиты в разной степени. У ребёнка первым развивается наглядно-действенное, затем наглядно-образное и, наконец, словесно-логическое мышление.

В процессах мышления принимают участие различные зоны коры головного мозга и низшие нервные центры. Планирование действий (одна из функций мышления) происходит в передних участках лобных долей, в результате объединения и переработки информации, получаемой и расшифровываемой в других зонах.

4.13.10. Личность

Каждый человек, подобно многим живым существам, является **индивидом** — целостным неделимым субъектом, обладающим свойственными ему особенностями. Многие особенности индивида — морфологические (рост, телосложение и др.) и некоторые психические (тип нервной системы и т. д.) — заложены генетически, однако они могут изменяться под воздействием окружающей среды. Индивидом человек является с момента рождения.

Личность — прижизненно формирующаяся и индивидуально своеобразная совокупность черт, определяющих образ (стиль) мышления данного человека, его чувства и поведение. Личность состоит из связанных и взаимодействующих между собой относительно устойчивых компонентов: темперамента, характера, способностей, мотиваций, интересов и склонностей и др. Ведущим компонентом личности является *направленность* — система устойчивых мотивов (доминирующих потребностей, интересов, склонностей, убеждений, идеалов, мировоззрения и т. д.), определяющая поведение личности в изменяющихся внешних условиях. Она оказывает влияние на другие компоненты личности, психические состояния, познавательные, эмоциональные психические процессы (напри-

мер, высокая мотивация для развития процессов мышления играет не меньшую роль, чем способности).

Личность не является врождённой, она формируется в процессе культурного и социального развития. Важную роль в этом формировании играет и среда, в которой растёт человек, причём её воздействие бывает как целенаправленным (например, обучение и воспитание), так и непреднамеренным. В результате такого воздействия усваиваются ценности и нормы поведения, принятые в данной культуре.

4.13.11. Типы высшей нервной деятельности и темперамент

Тип высшей нервной деятельности (ВНД) — совокупность свойств нервных процессов, обусловленных наследственными особенностями данного организма и приобретённых в процессе индивидуальной жизни.

По И. П. Павлову, в основе деления нервной системы на типы лежат сила, уравновешенность и подвижность процессов возбуждения и торможения.

Различные комбинации этих свойств позволили выделить четыре типа ВНД, соответствующих четырём темпераментам.

Темперамент — характеристика индивида со стороны динамических особенностей его психической деятельности.

Основные компоненты темперамента: общая активность индивида, его подвижность и эмоциональность.

Типы темперамента:

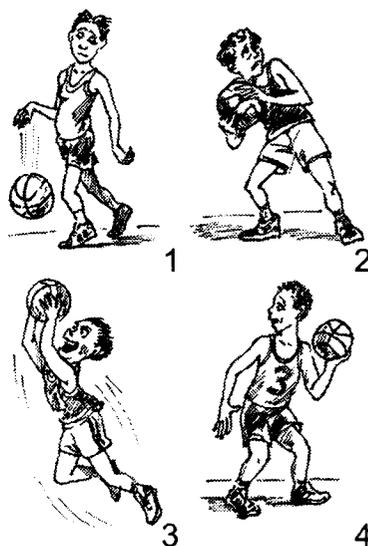
1. *Холерический* — сильный, неуравновешенный тип. Процесс возбуждения преобладает над торможением. Холерики энергичные, смелые в своих суждениях и склонны к решительным действиям, но иногда опрометчивы.

2. *Меланхолический* — слабый, тормозной тип. Процесс торможения преобладает над возбуждением. Меланхолики плохо приспосабливаются к условиям окружающей среды, склонны к невротическим расстройствам, пассивные, уязвимые, подавленные.

3. *Сангвинический* — сильный, уравновешенный, подвижный тип. Возбуждение легко сменяется торможением и наоборот. Сангвиники характеризуются высокими адаптивными возможностями и устойчивостью в условиях тяжёлых жизненных ситуаций. Они эмоционально уравновешены, энергичны, любознательны, с большим самообладанием и сдержанностью в характере.

4. *Флегматичный* — сильный, уравновешенный, инертный тип. Процессы возбуждения и особенно торможения сменяются медленно. Флегматики имеют трудности при переключении с одного вида деятельности на другой. Они эмоционально сдержанные, спокойные, настойчивые, постоянные в привычках и наклонностях.

Эти типы редко встречаются в чистом виде, большинство людей имеет черты всех типов с преобладанием одного из них. На формирование типа ВНД большое влияние оказывает социальная среда.



- 1 — флегматичный;
- 2 — меланхолический;
- 3 — холерический;
- 4 — сангвиничный

Рис. 4.29. Типы высшей нервной деятельности

4.13.12. Некоторые компоненты личности

Характер — целостный и устойчивый индивидуальный склад психической жизни личности, возникающий в результате взаимодействия наследственных задатков с окружающей средой и проявляющийся в деятельности, общении и типичных способах поведения. Это одна из самых важных характеристик индивидуальности.

Знание характера индивида позволяет прогнозировать его поведение и корректировать ожидаемые действия и поступки. Некоторые черты характера: искренность, доброжелательность, чуткость (взаимоотношения между людьми); скромность, чувство собственного достоинства, эгоизм (отношение к самому себе); аккуратность, трудолюбие, инициативность (отношение к труду). Несмотря на относительную устойчивость, характер может меняться под влиянием социального воспитания и окружающей среды.

Интерес — это тенденция личности, заключающаяся в направленности или сосредоточенности её помыслов на определённом предмете. Высокий уровень развития интереса возможен лишь в результате неоднократного повторения определённой деятельности или ситуации, но это повторение должно сопровождаться эмоциональным подкреплением. На основе развития стойких интересов формируются склонности.

Склонности — избирательная направленность личности на определённую деятельность, побуждающая её заниматься. Основа склонностей — глубокая устойчивая потребность индивида в той или иной деятельности, стремление совершенствовать умения и навыки, связанные с данной деятельностью.

Способности — совокупность психофизиологических свойств, необходимых для успешного выполнения одного или нескольких видов деятельности. Способности имеют наследственно закреплённые предпосылки для их развития в виде задатков;

различия в задатках связаны с анатомо-физиологическими и функциональными особенностями нервной системы. Способности необходимо выявлять и развивать.

Одарённость — проявление естественных возможностей организма человека, значительно превышающих средний уровень. Она проявляется в разных видах деятельности и в различные периоды развития человека. Различают одарённость *общую* (способность быстро достигать успеха во многих видах труда и искусства, т. е. способность к обучению) и *специальную* (высокий уровень специальных способностей). Высокие степени специальной одарённости — *талант* (способность к достижениям высшего порядка) и *гениальность* (способность создавать что-то принципиально новое). Несмотря на то, что основой способностей и одарённости являются особенности нервной системы, очень важную роль в их развитии играют условия среды, воспитание и обучение.

4.13.13. Сознание

Поведение человека регулируется взаимодействием сознания, подсознания и неосознанного.

Сознание — специфическая человеческая форма отражения действительности в виде знаний, которые с помощью второй сигнальной системы могут быть сообщены и переданы другим людям (в том числе и другим поколениям).

Подсознание — явления психики, в данный момент находящиеся вне сознания, но органически с ним связанные; при изменении условий они легко переходят в сферу сознания.

Неосознанное — психические явления, не осознаваемые человеком (инстинкт, интуиция, автоматизм и др.).

4.13.14. Умственный труд

Умственный труд объединяет работы, связанные с приёмом и передачей информации, требующие активизации процессов мышления, внимания, памяти. Данный вид труда характеризуется значительным снижением двигательной активности, что приводит к сердечно-сосудистой патологии; длительная умственная нагрузка угнетает психику, ухудшает функции внимания, памяти. Основным показателем умственного труда является *напряжённость*, отражающая нагрузку на центральную нервную систему. Для поддержания высокого уровня работоспособности при умственном труде необходимо соблюдать определённый ритм работы (способствует выработке навыков и замедляет развитие утомления), привычную последовательность и систематичность в работе (обеспечивает более длительное сохранение рабочего динамического стереотипа). Необходимо чередовать умственный труд с физическим (это предупреждает развитие утомления, повышает работоспособность). Также полезны систематические упражнения, например закрытие глаз на несколько минут, глубокое ритмичное дыхание, умеренная мышечная нагрузка в паузах. Очень важен для умственной деятельности длительный спокойный сон.

4.14. Соблюдение санитарно-гигиенических норм и правил здорового образа жизни

4.14.1. Здоровье человека

Для полноценной жизни человека огромное значение имеет здоровье.

Согласно Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ): «Здоровье — это не просто отсутствие болезней, а состояние физического, психического и социального благополучия».

Признаками здоровья являются:

- отсутствие болезней;
- нормальная работа организма;
- психическое, физическое и социальное благополучие;
- способность полноценно работать;
- стремление к творчеству;
- способность приспосабливаться к изменениям окружающей среды.

Болезнью называют снижающие приспособительные возможности расстройства жизнедеятельности организма, возникающие под воздействием чрезвычайно неблагоприятных факторов внешней среды. Насчитывают большое число болезней, затрагивающих различные органы человека (изменение физиологических функций, появление структурных изменений). Болезни — причина преждевременной смерти большинства людей.

Традиционно здоровьем человека занимаются такие медицинские науки, как **гигиена** и **санитария**. Гигиена изучает влияние на организм физических, климатических, биологических и социально-экономических факторов окружающей среды. Разработка и внедрение нормативов и правил, использование научных положений гигиены — задача санитарии. В последнее время получила развитие **валеология** — комплексная наука о формировании здоровья индивида в конкретных условиях окружающей среды. В основе валеологии лежит стремление обеспечить оптимальное развитие человека, его работоспособность, здоровье, активное долголетие, возможность продления рода в конкретных условиях природной и социально-экономической среды.

4.14.2. Соблюдение санитарно-гигиенических норм и правил здорового образа жизни

Образ жизни связан практически со всеми видами жизнедеятельности человека и напрямую обуславливает состояние его здоровья.

Здоровый образ жизни — это способ жизнедеятельности, направленный на сохранение и улучшение здоровья людей. Здоровый образ жизни подразумевает под собой изменение отношения индивидуума и общества в целом к состоянию здоровья.

Здоровый образ жизни — это не только медико-биологическая деятельность, но и разумное удовлетворение физических и духовных потребностей, формирование личной культуры и образованности человека.

Формирование здорового образа жизни должно приводить к улучшению условий жизнедеятельности человека (рациональная организация труда и отдыха, чистый воздух), обучению гигиеническим навыкам, знанию основных факторов, ухудшающих его здоровье, способам профилактики заболеваний (закаливание, двигательная активность, сбалансированное питание, аутотренинг).

К ухудшению здоровья могут приводить несбалансированное питание, гиподинамия, вредные привычки (курение, употребление алкоголя и наркотиков), стресс, вредные условия жизни и др.

Сохранение здоровья — это обязанность каждого человека. Ведь нередко бывает так, что человек неправильным образом жизни, вредными привычками, гиподинамией, перееданием уже к 20—30 годам доводит себя до катастрофического состояния и лишь тогда вспоминает о медицине.

Отказ от вредных привычек — это важный шаг на пути к здоровью. Одним из важнейших факторов здорового образа жизни является оптимальная физическая активность — систематические физические упражнения или занятия непрофессиональным спортом, дающим нагрузку на все группы мышц (например, плавание, бег и др.). Рациональное питание способно предотвратить или замедлить развитие многих заболеваний, причём не только желудочно-кишечного тракта (см. «Питание человека и необходимые вещества»).

4.14.3. Переливание крови

При переливании крови может переливаться цельная кровь или её отдельные компоненты (плазма, форменные элементы и т. п.). При этом необходимо учитывать группы крови и резус-фактор (см. «Группы крови и переливание крови») донора (от кого переливают) и реципиента (кому переливают).

Переливание осуществляют через вены (в острых случаях — через артерии). Показаниями к переливанию являются большие потери крови, нарушение работы органов кроветворения, ожоги, инфекции, отравления и др.

4.14.4. Инфекционные заболевания: грипп, гепатит, ВИЧ-инфекция и другие инфекционные заболевания (кишечные, мочеполовые, органов дыхания). Предупреждение инфекционных заболеваний. Профилактические прививки

Инфекционные агенты могут существенно ухудшать качество жизни человека. Возбудители, способы лечения и профилактики (в том числе и вакцинация) различных болезней приведены в разделах «Вирусы — неклеточные формы жизни», «Бактериальные инфекции», «Естественный и искусственный иммунитет».

4.14.5. Профилактика: отравлений, вызываемых ядовитыми растениями и грибами; заболеваний, вызываемых паразитическими животными и животными — переносчиками возбудителей болезней, травматизма, ожогов, обморожений, нарушения зрения, слуха

Профилактика пищевых отравлений, вызываемых растениями и грибами, состоит в потреблении только хорошо знакомых представителей флоры и микобиоты. Чтобы предупредить заражение паразитическими животными, нужно соблюдать правила личной гигиены и приготовления пищи.

Предупреждение травматизма (получение травм, термических повреждений) состоит в соблюдении школьниками правил безопасности. Школьники должны обучаться основам поведения в различных жизненных ситуациях, закаливаться и заниматься спортом для укрепления костно-мышечной системы и выработки координации движений.

4.15. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при: отравлении некачественными продуктами, ядовитыми грибами и растениями, угарным газом; спасении утопающего; кровотечениях; травмах опорно-двигательного аппарата; ожогах; обморожениях; повреждении зрения

4.15.1. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при отравлении некачественными продуктами, ядовитыми грибами и растениями

Отравления могут вызываться различными веществами: некачественными продуктами питания, ядовитыми грибами или растениями, лекарственными препаратами и т. д.

Признаки отравления: боль в животе, тошнота, рвота, понос, сонливость (при отравлениях лекарствами могут быть специфические признаки).

При оказании первой помощи следует определить характер отравления. Человека следует уложить и повернуть набок, чтобы он не вдохнул рвотные массы. Основная мера помощи при любых отравлениях — предотвращение всасывания токсического вещества. Для освобождения желудка вызывают рвоту (дают выпить воды или 1—2 %-ный раствор питьевой соды), повторяют 3—4 раза. Также применяют активированный уголь (в виде кашицы с водой). После этого следует много пить. В случае отравления грибами, лекарствами или если симптомы отравления не проходят, следует немедленно обратиться к врачу, так как в таких случаях часто требуется срочная госпитализация.

4.15.2. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при отравлении угарным газом

Отравление угарным газом (СО) является одним из наиболее опасных для жизни состояний. Этот газ совершенно не имеет запаха, поэтому отравление им может произойти незаметно.

Механизм воздействия угарного газа на человека состоит в том, что он, попадая в кровь, связывает молекулы гемоглобина и они не могут выполнять свою функцию. Чем выше концентрация этого газа в воздухе, тем быстрее создаётся опасная для жизни концентрация карбоксигемоглобина в крови. Человек начинает задыхаться, появляется головная боль, путается сознание. И если вовремя не выйти на свежий воздух (или не вынести на свежий воздух уже потерявшего сознание человека), то не исключена смерть. В случае отравления угарным газом требуется достаточно долгое время, чтобы клетки гемоглобина сумели полностью очиститься от угарного газа.

Симптомы отравления угарным газом: мышечная слабость, головокружение, шум в ушах, тошнота, рвота, сонливость (иногда, наоборот, кратковременная повышенная подвижность, затем расстройство координации движений), бред, галлюцинации, потеря сознания, судороги. При тяжёлых случаях человек впадает в кому и затем наступает смерть от паралича дыхательного центра. Сердце, однако, может сокращаться ещё некоторое время после остановки дыхания.

При оказании первой помощи следует устранить поступление угарного газа и вынести пострадавшего на свежий воздух. Если пострадавший в сознании, его необходимо уложить, обеспечить покой и непрерывный доступ свежего воздуха; если пострадавший без сознания, необходимо немедленно начать закрытый массаж сердца и искусственное дыхание до приезда скорой помощи или до прихода пострадавшего в сознание.

Во время выноса пострадавшего из места, в котором находится опасная концентрация угарного газа, в первую очередь нужно обезопасить себя от отравления. Для этого нужно действовать быстро и дышать через носовой платок или марлю.

4.15.3. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при спасении утопающего

В первую очередь пострадавшего нужно срочно извлечь из воды. Если тонущий находится на поверхности воды, то желательно успокоить его ещё издали, а если это не удаётся, то лучше постараться подплыть к нему сзади, чтобы избежать захватов, от которых порой бывает трудно освободиться.

Если пострадавший находится в сознании, у него удовлетворительный пульс и сохранено дыхание, то достаточно уложить его на сухую жёсткую поверхность таким образом, чтобы голова была низко опущена, затем раздеть и растереть руками или сухим полотенцем. Желательно дать горячее питьё, укутать тёплым одеялом и дать отдохнуть.

У пострадавшего без сознания и самостоятельного дыхания, но с сохранением сердечной деятельности следует удалить воду из дыхательных путей. С этой целью оказывающий помощь кладёт пострадавшего животом на бедро согнутой

в коленном суставе ноги, надавливает рукою на спину пострадавшего между лопаток, поддерживая при этом другой рукой его лоб и приподнимая голову.

Затем необходимо начать производить *искусственное дыхание*. Оно бывает двух типов: «рот в рот» и «рот в нос». Оказывающий помощь делает глубокий вдох и затем с силой выдыхает воздух в рот (или нос) пострадавшего. При этом он должен зажать соответственно нос (или рот). Выдох пострадавшего происходит пассивно. Маленьким детям вдухание воздуха можно производить одновременно в рот и нос, при этом оказывающий помощь должен охватить своим ртом рот и нос пострадавшего ребёнка.

При искусственном дыхании взрослому человеку вдухание надо делать резко, 10—12 раз в минуту (т. е. через 5—6 секунд), а ребёнку — 15—18 раз (т. е. через 3—4 секунды). Поскольку у ребёнка вместимость лёгких меньше, вдухание должно быть неполным и менее резким.

Если отсутствует пульс на сонных артериях и не выслушивается сердцбиение, показан *непрямой массаж сердца*. Для выполнения массажа необходимо уложить пострадавшего на спину на жёсткую поверхность (скамью, пол или в крайнем случае подложить под спину доску). Необходимо также обнажить его грудь, расстегнуть стесняющие дыхание предметы одежды.

Место надавливания находится примерно на два пальца выше мягкого конца грудины. Надавливать следует быстрым толчком, так чтобы сместить нижнюю часть грудины вниз на 3—4 см, а у полных людей — на 5—6 см. Усилие при надавливании следует концентрировать на нижней части грудины, которая более подвижна. Следует избегать надавливания на верхнюю часть грудины, а также на окончания нижних рёбер, так как это может привести к их перелому.

Надавливание (толчок) на грудь следует повторять примерно один раз в секунду или несколько чаще, чтобы создать достаточный кровоток. После быстрого толчка положение рук не должно меняться в течение примерно 0,5 с. После этого следует слегка выпрямиться и расслабить руки, не отнимая их от грудины. У детей массаж производят только одной рукой, надавливая два раза в секунду.

Транспортировка пострадавшего в стационар целесообразна после восстановления сердечной деятельности. При этом пострадавший должен находиться в положении на боку на носилках с опущенным подголовником.

4.15.4. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при кровотечениях

Кровотечения возникают в результате повреждения сосудов при травмах, разрушении стенок сосудов при различных заболеваниях (язвах, опухолях и др.). Значительные потери крови очень опасны для организма вследствие нарушений кровоснабжения жизненно важных органов (мозга, сердца).

При **артериальном кровотечении** кровь имеет ярко-красный цвет, вытекает из раны в виде пульсирующего фонтана. Это наиболее опасное кровотечение, требующее немедленного оказания первой помощи. Необходимо прижать пальцем артерию к кости выше места её повреждения, затем наложить стерильную повязку и жгут. Под жгут подкладывают записку с указанием даты и времени (часа и минут) его наложения. Жгут следует держать не более 1,5—2 ч во избежание омертвления конечности ниже места наложения жгута. Если прошло

2 ч, нужно прижать артерию пальцем, медленно ослабить жгут на 5—10 мин и затем снова наложить его чуть выше предыдущего места. При отсутствии жгута можно использовать закрутку (верёвку, скрученный платок, полоску ткани) или зафиксировать максимально согнутую конечность (например, при помощи брючного ремня).

Венозные кровотечения возникают при повреждении поверхностных вен; кровь вытекает равномерно и имеет тёмно-красный цвет. Для остановки кровотечения накладывают давящую стерильную повязку: рану закрывают стерильными салфетками или бинтом в 3—4 слоя, сверху кладут гигроскопическую вату и туго закрепляют бинтом. Промокшую повязку подбинтовывают.

При **капиллярном кровотечении** повреждаются капилляры. Капиллярные кровотечения не ведут к серьёзным потерям крови и достаточно быстро останавливаются благодаря образованию тромба. Первая помощь заключается в обработке раны перекисью водорода или йодом и наложении повязки.

Очень опасны **внутренние кровотечения** — кровотечения внутренних органов. Признаками этого кровотечения являются побледнение покровов, холодный пот, учащение и ослабление силы пульса. Необходимо обеспечить пострадавшему покой, на возможное место кровотечения прикладывается холод. В этом случае требуется срочная госпитализация.

4.15.5. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при травмах опорно-двигательного аппарата

Резкие движения со значительной амплитудой могут приводить к **растяжению мышц и связок** (могут разрываться отдельные волокна мышцы или сухожилия). Оно сопровождается сильной болью и опуханием сустава. При растяжении необходимо приложить к повреждённому месту холод (мешочек со льдом, смоченную холодной водой ткань), туго забинтовать сустав и доставить пострадавшего в травматологический пункт. Растяжения связок требуют продолжительного лечения.

При **ушибах** повреждаются поверхностно расположенные мягкие ткани (симптомы — боль, припухлость, кровоподтёк). В таких случаях необходимо наложить давящую повязку, на место ушиба приложить холод и создать пострадавшему покой. Если же произошёл ушиб груди или живота, то необходимо приложить к месту ушиба холод и немедленно доставить пострадавшего в медицинское учреждение, поскольку такие ушибы приводят к повреждениям внутренних органов и нередко сопровождаются внутренними кровотечениями.

При **ударах по голове** возможны ушиб или сотрясение головного мозга. При ушибах головного мозга появляются головные боли, тошнота, а иногда и рвота, сознание сохранено. При сотрясении головного мозга отмечают потерю сознания, тошнота и рвота, сильные головные боли, головокружение. Первая помощь при таких травмах: создать полный покой пострадавшему, приложить холод на голову.

При **воздействии ударной волны большой силы** на весь организм человека может наступить общая контузия, которая характеризуется потерей сознания, головокружением, нарушением речи, слуха и зрения, ослаблением или потерей памяти. В этом случае потерпевший нуждается в срочной (но бережной!) госпитализации в медицинское учреждение.

Вывих — смещение суставных поверхностей костей, зачастую сопровождающееся нарушением целостности суставной сумки, иногда разрывом суставных связок. Признаки вывиха: боль в суставе, нарушение движений (движения в суставе возможны, но весьма ограничены и болезненны), изменение формы сустава, укорочение конечности, вынужденное положение конечности. При оказании первой помощи следует приложить холод, затем обездвижить конечность; при вывихах в крупных суставах (тазобедренном, коленном) следует ввести обезболивающее средство (например, новокаин).

Переломы — нарушения целостности кости. Возникают при резких движениях, ударах, падении с высоты, при автомобильных и других авариях, землетрясениях и т. д. При закрытых переломах целостность кожных покровов не нарушена, при открытых (наиболее опасных) в месте перелома имеется рана. Основные признаки переломов: боль, припухлость, кровоподтёк, ненормальная подвижность в месте перелома; переломы костей конечностей сопровождаются их укорочением и искривлением в месте перелома. При оказании первой медицинской помощи нельзя допускать движений в месте перелома, так как смещение костных отломков может сделать закрытый перелом открытым. При сопровождающихся кровотечением открытых переломах сначала останавливают кровотечение, рану закрывают стерильной повязкой, вводят обезболивающее средство и только после этого проводят обездвиживание (иммобилизацию). Неподвижность в месте перелома обеспечивают наложением специальных шин или подручными средствами с захватом двух близлежащих суставов (выше и ниже места перелома).

4.15.6. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при ожогах, обморожениях

Ожоги кожи — повреждения, возникающие под действием солнечного света, огня, химических веществ, электричества. Различают четыре степени ожогов в зависимости от того, какие слои кожи — наружные или самые глубокие — были поражены. Ожоги — ворота для проникновения инфекционных агентов. Поэтому при ожогах 1-й и 2-й степени место ожога необходимо обработать спиртом или марганцовкой, на ожоги 3-й и 4-й степени накладывают стерильную повязку.

При поражениях электрическим током и молнией возникают электротравмы, опасные для жизни (приблизительно в четверти случаев они заканчиваются смертью). Электрический ток воздействует на нервную систему, вызывает судорожный спазм мышц, а также спазм диафрагмы и сердца, который приводит к остановке дыхания и сердцебиения. Зачастую человек теряет сознание. В местах контакта электрический ток вызывает тяжёлые ожоги. При поражении молнией на теле возникает древовидный рисунок синего цвета, вызванный параличом подкожных сосудов. При оказании первой помощи в первую очередь необходимо вынуть из розетки вилку, выкрутить предохранительные пробки, выключить рубильник или просто оттянуть провод, по которому идёт ток, от тела пострадавшего при помощи сухой палки (при этом нужно стоять на сухой деревянной доске или на толстой резине). При остановке дыхания и сердца необходимо сделать искусственное дыхание и непрямой массаж сердца (см. с. 232). Когда пострадавший придёт в сознание, необходимо напоить его большим количеством жидкости, а на ожоги наложить стерильную повязку.

Затем пострадавшего следует прикрыть одеялом и как можно скорее доставить в лечебное учреждение.

Обморожения — повреждения, вызванные действием низких температур. В месте обморожения кожа бледнеет, теряет чувствительность, в тяжёлых случаях наступает омертвление различных тканей. При общем замерзании потерпевшего начинает морозить, потом появляются апатия, сонливость, ослабляется работа сердца. При незначительных обморожениях для восстановления кровообращения поражённый участок смазывают спиртом или вазелином и осторожно растирают. При общем замерзании пострадавшего переносят в тёплое место, растирают конечности, укрывают тёплым одеялом, дают тёплый чай.

4.15.7. Приёмы оказания первой доврачебной помощи при повреждении зрения

При травме глаза оказание первой помощи поможет сохранить зрение и избежать таких негативных последствий, как внутриглазные излияния, выпадение глазного яблока, гнойные инфекции, которые могут привести не только к ухудшению или потере зрения, но и к потере самого органа.

Травмы глаза подразделяются на ушиб, попадание инородного тела, ожог горячей водой, молоком, паром, кислотами или щелочами. В зависимости от полученной травмы оказание первой доврачебной помощи осуществляется по-разному.

Ушиб глаза, или контузия, — это серьёзная травма, при которой у пострадавшего возникает резкая боль, появляется слёзотечение, может резко снизиться зрение. Независимо от того, каким предметом был нанесён удар в глаз, первая помощь должна быть оказана немедленно. Необходимо:

- обеспечить полный покой травмированному глазу;
- полностью исключить движения глазного яблока, повороты головы, любые движения туловища: ходьбу, наклоны, приседания;
- не поднимать тяжести;
- наложить стерильную повязку на повреждённый глаз;
- немедленно обратиться в отделение травматологии.

При попадании инородных предметов (мошек, соринки и т. п.) следует:

- исключить любое трение глаза;
- извлечь инородное тело с помощью кончика стерильной салфетки;
- промыть глаз большим количеством чистой проточной воды;
- закапать противовоспалительные глазные капли;
- при первой же возможности обратиться в травматологический пункт.

Если же травма глаза была вызвана попаданием осколков стекла, мелких частиц металла, самостоятельно извлекать их противопоказано!

Ожог глаза является одной из самых опасных травм, так как при попадании на роговицу глаза агрессивных кислот зрение теряется безвозвратно. Пострадавший испытывает сильную боль, которая может вызвать шок. При ожоге глаза необходимо промыть глаз большим количеством проточной воды и немедленно обратиться в травматологический пункт. Запрещается:

- прикладывать к глазам лёд;
- использовать любые капли, мази;
- тереть глаза руками.

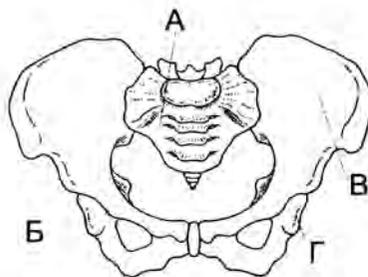
Любые повреждения глаз требуют обращения к врачу!

Тренировочные тестовые задания к разделу 4

Часть 1

При выполнении заданий с выбором ответа обведите кружком номер правильного ответа.

- Какие признаки человека не связаны с прямохождением?
 - противопоставленный палец на верхней конечности
 - удлинённые нижние конечности
 - чашеобразный пояс нижних конечностей
 - формирование свода стопы
- Наука, изучающая внешнее и внутреннее строение человеческого организма, составляющих его органов и систем, —
 - биохимия человека
 - физиология человека
 - анатомия человека
 - биология развития
- Снижающие приспособительные возможности расстройства жизнедеятельности организма, возникающие под воздействием чрезвычайно неблагоприятных факторов внешней среды, называются
 - благополучие
 - здоровье
 - стресс
 - болезнь
- К системам регуляции НЕ относится
 - эндокринная система
 - нервная система
 - иммунная система
 - транспортная система
- Какой буквой на рисунке обозначен крестец?



- 1) А
 - 2) Б
 - 3) В
 - 4) Г
6. Укажите, какой цифрой обозначена зона языка, воспринимающая сладкий вкус.

- 1) А
 - 2) Б
 - 3) В
 - 4) Г
7. Укажите месторасположение центра слуха в коре больших полушарий.

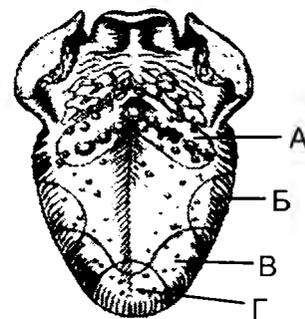
- 1) лобовая часть
 - 2) теменная часть
 - 3) височная часть
 - 4) затылочная часть
8. Укажите, к каким рефлексам принадлежит чихание.

- 1) защитные
 - 2) ориентировочные
 - 3) пищеварительные
 - 4) половые
9. Какой из отделов головного мозга является высшим центром обработки информации от вестибулярного аппарата?

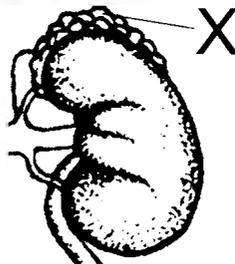
- 1) большие полушария переднего мозга
 - 2) четверохолмие среднего мозга
 - 3) мозжечок
 - 4) мозолистое тело
10. Центральной железой эндокринной системы является

- 1) эпифиз
 - 2) гипофиз
 - 3) гипоталамус
 - 4) тимус
11. Гормон глюкагон синтезируется

- 1) печенью
- 2) надпочечниками

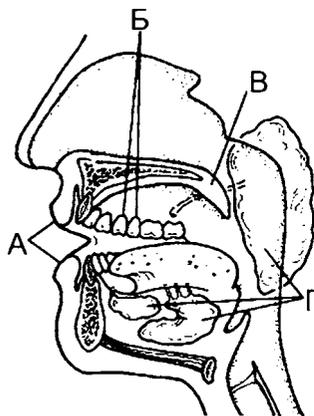


- 3) щитовидной железой
 4) поджелудочной железой
12. Основным источником витамина B_{12} в организме человека
- 1) синтезируется в коже
 2) синтезируется микрофлорой толстого кишечника
 3) поступает с мясной пищей
 4) поступает с растительной пищей
13. Какая структура обозначена на рисунке?



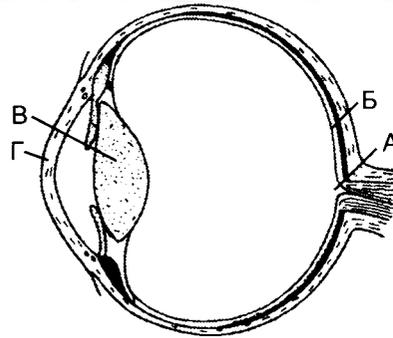
- 1) надпочечник
 2) почечная оболочка
 3) мочеточник
 4) кровеносные сосуды
14. Количество молочных зубов у человека составляет
- 1) 4
 2) 12
 3) 20
 4) 32
15. Обонятельные рецепторы располагаются
- 1) в верхнем носовом ходе
 2) в среднем носовом ходе
 3) в нижнем носовом ходе
 4) во всех трёх носовых ходах
16. Резервный объём лёгких — это
- 1) воздух, который можно выдохнуть после спокойного выдоха
 2) воздух, который можно дополнительно вдохнуть после спокойного вдоха
 3) наибольшее количество воздуха, которое человек может выдохнуть после самого глубокого вдоха
 4) объём воздуха, который человек вдыхает и выдыхает в спокойном состоянии

17. Какие группы крови можно переливать реципиенту с III группой крови?
- 1) I
 - 2) II и IV
 - 3) I и III
 - 4) IV
18. Вакцинация — это пример выработки
- 1) пассивного иммунитета
 - 2) врождённого иммунитета
 - 3) приобретённого иммунитета
 - 4) активного иммунитета
19. Автоматизм работы сердца возможен благодаря
- 1) водителю ритма
 - 2) коронарным артериям
 - 3) миокарду
 - 4) перикарду
20. Структурной единицей почки является
- 1) нейрон
 - 2) нефрон
 - 3) почечная лоханка
 - 4) капсула Боумена
21. Какой буквой на рисунке обозначены слюнные железы?



- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г

22. Какая из обозначенных на рисунке структур отвечает за аккомодацию?

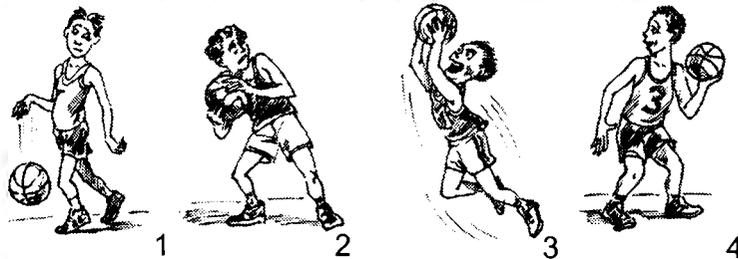


- 1) А
- 2) Б
- 3) В
- 4) Г

23. Хватательные движения новорождённого при раздражении кожи на ладонях является примером

- 1) врождённого поведения
- 2) безусловного рефлекса
- 3) условного рефлекса
- 4) обучения

24. Какой тип темперамента обозначен на рисунке цифрой 2:



- 1) сангвинический
- 2) холерический
- 3) флегматичный
- 4) меланхолический

25. Верны ли следующие суждения?

- А. Инстинкты — простые формы поведения, возникающие как ответ на внешние раздражения.
- Б. Высшая нервная деятельность — совокупность взаимосвязанных нервных процессов, происходящих в головном мозге и обеспечивающих поведенческие реакции животных и человека.

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) верны оба суждения
- 4) оба суждения неверны

При выполнении заданий с кратким ответом запишите ответ так, как указано в тексте задания.

26. Установите соответствие между структурами сердца и их характеристиками. Для этого к каждому элементу первого столбца подберите позицию из второго столбца. Впишите в таблицу цифры выбранных ответов.

Характеристика	Структура
<p>А) имеет более мощный мышечный слой</p> <p>Б) содержит венозную кровь</p> <p>В) создаёт более высокое давление</p> <p>Г) отделён от предсердия трёхстворчатым клапаном</p> <p>Д) выбрасывает кровь в аорту</p> <p>Е) выбрасывает кровь в лёгочную артерию</p>	<p>1) левый желудочек</p> <p>2) правый желудочек</p>

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

27. Укажите последовательность процессов при реакции организма человека на понижение температуры. Ответ запишите цифрами без пробелов.

- 1) повышение уровня энергетического обмена
- 2) выделение гормона гипофиза
- 3) выделение нейrogормона гипоталамуса
- 4) выделение гормона тироксина
- 5) активация холодовых рецепторов

Ответ: _____.

28. Укажите верную последовательность прохождения сигнала по рефлекторной дуге. Ответ запишите цифрами без пробелов.

- 1) двигательное нервное волокно
- 2) чувствительное нервное волокно
- 3) рецептор
- 4) совокупность вставочных нейронов в ЦНС

5) рабочий орган

Ответ: _____.

Часть 2

Для ответов на задания используйте отдельный лист. Запишите сначала номер задания, а затем ответ к нему.

29. Поясните, что является основой обучения.
30. Возможно ли избавиться от вредных привычек?

Раздел 5. Взаимосвязи организмов и окружающей среды

- Знать:**
- признаки биологических объектов: популяций, экосистем, агроэкосистем, биосферы;
 - круговорот веществ и превращение энергии в экосистемах.
- Уметь:**
- объяснять взаимосвязи организмов и окружающей среды;
 - объяснять роль биологического разнообразия в сохранении биосферы;
 - объяснять необходимость защиты окружающей среды;
 - объяснять взаимосвязи человека и окружающей среды;
 - выявлять изменчивость организмов, приспособления организмов к среде обитания, типы взаимодействия разных видов в экосистеме;
 - проводить самостоятельный поиск биологической информации: находить в научно-популярном тексте необходимую биологическую информацию о живых организмах, процессах и явлениях; работать с терминами и понятиями.

5.1. Влияние экологических факторов на организмы. Приспособления организмов к различным экологическим факторам. Популяция. Взаимодействия разных видов (конкуренция, хищничество, симбиоз, паразитизм). Сезонные изменения в живой природе

5.1.1. Предмет и структура экологии

Экология — биологическая наука, изучающая отношения организмов и надорганизменных биологических систем между собой и с окружающей средой.

Как следует из определения, объекты изучения экологии — организмы (изучаются *аутэкологией*, или *физиологической экологией*), а также надорганизменные системы: популяции (изучаются *популяционной экологией*), сообщества (изучает *экология сообществ*, или *биоценология*), экосистемы или биогеоценозы (изучает *биогеоценология*) и биосфера в целом (изучает *биосферология*).

Понятие «экология» часто используется для обозначения науки о свойствах окружающей среды и контроле за её качествами. Это не совсем корректно, поскольку указанная наука называется *средоведением*, или *энвайронментологией*. Наконец, важно отличать экологию (как науку о взаимодействиях) от практики охраны природы.

5.1.2. Экологическая среда и экологические факторы

Экологическая среда — совокупность всех явлений и процессов, влияющих на рассматриваемую систему.

Следовательно, основное свойство окружающей (экологической) среды — *влияние на организм*.

Для изучения среду делят на **экологические факторы** — отдельные характеристики среды, важные для изучаемого организма. В зависимости от целей исследования используют различные классификации экологических факторов. Так, при описании какого-либо местообитания можно воспользоваться классификацией, приведенной в табл. 5.1.

Таблица 5.1.

Экологические факторы		Характеристика
Абиотические	климатические	температура, влажность, солнечная радиация, осадки, ветер и т. д.
	химические	состав атмосферы, водной среды и почвенного раствора
	почвенные	состав почвы, характер частиц и т. д.
	географические	рельеф, географическая широта, экспозиция склона и т. д.
Биотические	фитогенные	связаны с деятельностью растений
	зоогенные	связаны с деятельностью животных
	микогенные	связаны с деятельностью грибов
	бактериогенные	связаны с деятельностью бактерий
Антропогенные	антропогенные	связаны с прямым влиянием человека как живого существа
	техногенные	вызваны деятельностью человека по изменению абиотической среды, порождаемые функционированием техники
	агрогенные	вызваны влиянием сельскохозяйственной деятельности человека

Существуют различные мнения по поводу соотношения понятий «антропогенный» и «антропический». Одна из точек зрения такова: если выделять только группу антропогенных факторов, то её следует относить к биотическим. Однако влияние человека не ограничивается проявлениями его биологической природы — им создана «третья природа» (наряду с неживой и живой), *техносфера*. Её действие зачастую важнее прямого влияния человека. Кроме того, значительная часть территории нашей планеты занята искусственными экосистемами (*агроби-*

стемами), которые заселены изменёнными человеком растениями и животными. Так, сбор лесных ягод — пример антропогенных факторов, влияние радионуклидов, рассеянных после аварии на Чернобыльской атомной станции, — техногенных, а заиливание озера под влиянием стоков с фермы — агрогенных.

В ряде случаев важны и другие классификации экологических факторов. Их можно разделить на *ресурсы* (потребляются организмами и при этом расходуются) и *условия* (влияют, изменяются организмами, но не расходуются). Один и тот же фактор в диапазоне невысоких значений может быть ресурсом, а в диапазоне высоких — условием. Важнейшие ресурсы для всех организмов — источники биогенов (необходимых для них химических элементов) и источники энергии. Важным ресурсом является также жизненное пространство (территория, убежища, поверхность для прикрепления и т. д.).

5.1.3. Адаптации

Многие живые организмы достигают совершенства с точки зрения того или иного параметра. Рассмотрим только широкоизвестные примеры. Вы знаете, сколь совершенны орлиное зрение, собачий нюх, черепашее долгожительство, скорость стрижа и выносливость верблюда. Как это ни печально, совершенствование приспособлений по какому-то одному параметру означает снижение уровня приспособленности по другим. Выигрывая в чём-то одном, организмы неизбежно должны проигрывать в другом.

Организмы, которые заботятся о потомстве, рожают намного меньшее количество потомков, чем те, кто оставляет следующее поколение без заботы. Чем мельче икра у рыб, тем большее количество (при прочих равных) икринок будет выметывать каждая самка. Чтобы понять, почему это происходит, нужно оценить количество энергии, которое каждый из видов тратит на размножение. В этом случае мы убедимся, что затраты на производство потомства у разных видов примерно сравнимы. Это количество энергии может быть потрачено на выработку небольшого количества икринок или множества мелких; кроме производства икры, энергию можно потратить на заботу о потомстве (обустройство гнезда, защиту, кормление). В каждом случае особенности размножения того или иного вида будут компромиссом между необходимостью оставить потомство и необходимостью экономить энергию. При определённых затратах на размножение стратегия каждого вида — компромисс между разными формами таких затрат.

Не всегда условия, в которых живут организмы, оказываются для них оптимальными. Неблагоприятные условия могут характеризовать какое-то местообитание постоянно, а могут наступать периодически (в течение суток, года или солнечного цикла) или нерегулярно (как например, погодные аномалии). Как же реагируют организмы на неблагоприятную для них среду? Выработывают те или иные адаптации к ним.

Адаптации — приспособления к определённым условиям среды, которые проявляются в соответствии морфологических, физиологических и поведенческих признаков организма его образу жизни в определённых условиях среды.

Адаптации наблюдаются как результат, который можно исследовать через целесообразность живых организмов и других биосистем. Тот же термин иногда используется для обозначения процесса выработки адаптаций, что может внести определённую терминологическую путаницу.

5.1.4. Понятие популяции

В пределах ареала вида его особи распространены неравномерно, так как условия существования на разных его участках различны. Такая изоляция препятствует свободному скрещиванию между группами особей одного вида. Такие относительно изолированные группы называются популяциями.

Популяции — это группы особей одного вида, длительно обитающие на определённой территории, свободно скрещивающиеся и относительно изолированные от других особей того же вида. Каждая популяция характеризуется плотностью, численностью, возрастным составом. Это форма существования вида в конкретных условиях среды и единица эволюции.

Особи одной популяции характеризуются максимальным сходством признаков, возникающим вследствие высокой возможности скрещивания внутри популяции и одинаковым давлением отбора. Кроме того, генетические популяции неоднородны из-за непрерывной наследственной изменчивости. Популяции отличаются друг от друга частотой встречаемости признаков, так как в разных условиях преобразованию подвергаются различные признаки. Каждая из популяций существует в относительной изоляции от других и поэтому эволюционирует относительно независимо. Обмен особями между популяциями поддерживает единство вида.

Для многих организмов можно выделить несколько различных уровней популяционной структуры. Например, семейные группы могут образовывать небольшие локальные популяции, которые объединяются в крупные географические популяции. Структура и способ взаимодействия популяций — важная характеристика вида.

Характеристики популяций можно разделить на *статические* (которые можно определить в отдельный момент времени): численность, плотность, структура (возрастная, половая, пространственная, экологическая и т. д.) и *динамические* (которые можно охарактеризовать лишь в отношении определённого промежутка времени): рождаемость, смертность, скорость роста, эмиграция (уход особей из популяции) и иммиграция (приход особей в популяцию).

5.1.5. Классификация отношений между популяциями разных видов

Классифицировать отношения между видами по влиянию, которое они оказывают друг на друга, предложил известный американский эколог Ю. Одум. Он выделил три типа отношений популяций друг с другом: *положительное влияние* (+), *негативное влияние* (—) и *отсутствие влияния* (0). Основываясь на этом, можно выделить 6 основных форм взаимодействия между видами (табл. 5.2).

		Тип отношений между видами
—	—	конкуренция
+	—	хищничество и паразитизм
+	+	мутуализм
—	0	аменсализм
+	0	комменсализм
0	0	нейтрализм

Иногда выделяют большее количество типов прямых отношений между видами. Например, отношения «+; —», которые можно назвать эксплуатацией, иногда разделяют на истинное хищничество (пример — тигр), питание частями (корова, медицинская пиявка), паразитоидность (наездники) и паразитизм (цепень). Для отношений «+; +» часто используют термин «симбиоз».

Кроме непосредственных связей, популяции взаимодействуют и опосредованно — через другие виды или через изменение условий обитания.

Хищничество

Хищничество — один из основных способов передачи вещества и энергии в экосистемах, важнейшая форма отношений между организмами. В экологическом отношении хищниками следует считать и растительноядных, и плотоядных — и те, и другие поедают своих жертв.

Для истинных хищников убийство жертвы — обязательное условие её потребления, а питающиеся частями хищники могут поедать и живых жертв (корова отъедает куски от клевера, а медицинская пиявка и слепень пьют кровь коровы, которая остаётся при этом живой). Значительная часть животных, которых принято называть «наружными паразитами», оказывается при таком подходе хищниками, питающимися частями жертв. На протяжении своей жизни хищник обычно питается множеством жертв. Истинные хищники в большинстве случаев крупнее своих жертв или имеют равные с ними размеры.

Хищники отличаются друг от друга по тому, насколько тесно они связаны со своими жертвами. Так, *хищники-монофаги* питаются одним видом жертв, *олигофаги* — несколькими, *полифаги* — многими. Обычно полифаги наиболее интенсивно используют самых многочисленных из своих потенциальных жертв, выравнивая при этом их относительную численность. Важнейшая характеристика хищника — пищевое предпочтение. Например, в экспериментах гуппи (аквариумных рыб) кормили дрозофилами (мухами, плавающими на поверхности) и трубочником (малощетинковыми червями, зарывающимися на дне). Рыбы поедали непропорционально большее количество преобладающего вида жертв, так как искали свою добычу или у дна, или у поверхности — там, где было больше шансов найти корм.

Специализированный хищник может быть более эффективным, чем неспециализированный, и это позволяет частично избегать конкуренции. С другой стороны, полифаги могут иметь более сбалансированную диету, легче находить корм, иметь более устойчивую популяционную численность.

Многие особенности строения и образа жизни организмов объясняются их приспособлениями к защите от хищников или добыванию жертв. «Гонка вооружений» между хищниками и жертвами является одной из важных причин эволюции. Зачастую хищники и жертвы имеют тесные связи друг с другом. Например, если деревья и кустарники защитить от объедания растительноядными организмами, часть листьев может оказаться в условиях избыточного затенения другими листьями. В таких условиях дыхание в листьях преобладает над фотосинтезом, и поэтому эти листья уменьшают, а не увеличивают продуктивность растения в целом.

Долговременные реакции популяции жертвы на воздействия хищников не всегда отрицательны, поскольку хищники могут уничтожать наименее ценных особей в популяции (больных, не имеющих индивидуального участка и т. д.).

Паразитизм

Настоящие паразиты весьма тесно связаны со своими хозяевами. Они живут внутри организма хозяев или тесно прикреплены к их поверхности. Обычно на протяжении жизни (или этапа жизненного цикла) паразит связан с одним хозяином. Для того чтобы использовать хозяина, паразиту вовсе не нужно его убивать (иногда хозяин гибнет, но это не является необходимым условием).

Поскольку среда паразитов состоит из отдельных особей-хозяев, паразиты зачастую имеют сложные приспособления.

В большинстве случаев специализированные паразиты достаточно эффективно «взламывают» защитные системы своих хозяев. Это связано с разной эффективностью отбора: для паразита побороть хозяина — вопрос жизни и смерти, а для хозяина — лишь экономия некоторых ресурсов. Можно сказать иначе: все предки любого паразита успешно «взламывали» защиты своих хозяев (иначе они не оставили бы потомство), а многие из предков любого хозяина кормили определённое количество паразитов. Результатом этого является то, что специализированные паразиты зачастую могут погубить своего хозяина. Однако такая стратегия невыгодна: уничтожив всех хозяев, паразит уничтожит и среду своего обитания. Именно поэтому эволюционно старые паразиты, хорошо приспособленные к своим хозяевам, обычно вызывают нетяжёлые заболевания. Но если паразиты совсем не будут эксплуатировать своих хозяев, они не смогут размножаться и заражать новые организмы. Лучшим выходом в таком случае зачастую оказывается интенсивно использовать некоторых особей хозяина (слабых, старых, больных, а также представителей других видов, кроме тех, с которыми тесно связан паразит), а остальных эксплуатировать слабо. Приспособлением для воплощения такой стратегии оказывается способность паразита находиться в двух фазах: активной и покоящейся. Переход к активной фазе может быть вызван, например, гормональными изменениями в организме хозяина.

Зачастую самые опасные паразиты — те, которые перешли к новому виду хозяев и не имеют приспособлений для сохранения его жизни. Так, самые опасные эпидемии человека вызываются чумой (бактерией, паразитирующей на грызунах), гриппом (вирусом, паразитирующим на птицах), ВИЧ (вирусом, пришедшим к человеку от других приматов) и другими паразитами.

Конкуренция

При конкуренции две популяции могут неблагоприятно влиять друг на друга двумя разными способами. Первый (*косвенная*, или *эксплуатационная конкуренция*) связан с тем, что две популяции используют один и тот же ресурс, и в результате этого каждой из них достаётся меньше этого ресурса. Второй (*прямая*, или *интерференционная конкуренция*) связан с затратами энергии особей на причинение друг другу ущерба. Затраты энергии на прямую конкуренцию — приспособление, позволяющее уменьшить ущерб от косвенной. Примером прямой конкуренции может быть аллелопатия — выделение растениями веществ, угнетающих другие виды.

Чем более похожи два вида (чем ближе их экологические ниши, см. далее), тем сильнее пересекаются их потребности в ресурсах и тем сильнее конкуренция между ними. Самая острая конкуренция — *внутривидовая*. Особи одного вида, хотя и конкурируют за ресурсы весьма остро, совместно формируют следующее поколение. А если конкуренция двух разных видов достигает той же остроты, что и внутривидовая, то один вид исчезает или изменяется так, чтобы ослабить конкуренцию. В этом состоит *принцип конкурентного исключения*, или *принцип Гаузе*: «Два вида, занимающие одну и ту же экологическую нишу, не могут устойчиво сосуществовать в одном местообитании».

Исключением из принципа Гаузе являются примеры длительного сосуществования конкурирующих экологически близких видов. Один из примеров — длительное сосуществование планктонных водорослей в верхних, хорошо перемешиваемых слоях водной толщи озёр и морей. Эти виды экологически сходны, их развитие лимитируется светом и одним и тем же набором биогенных элементов. Однако дело в том, что состав планктонного сообщества определяется не конкурентным исключением, а прессом хищников (обычно зоопланктонных фильтраторов). То есть если фитопланктонное сообщество выходит из-под прессы хищников (например, в результате «цветения» воды), видовое разнообразие в нём резко снижается.

Симбиоз

Симбиоз — взаимовыгодные отношения между популяциями двух видов.

Мутуализм — тесное взаимовыгодное сосуществование двух видов. Отношения, при которых два вида увеличивают численность друг друга, но могут встречаться как вместе, так и порознь, называют **протокооперацией**. В отличие от неё, при мутуализме взаимодействующие виды в большинстве случаев встречаются совместно.

Для того чтобы виды находились в мутуалистических отношениях, их экологические ниши должны быть весьма различны. Например, продукты жизнедеятельности растений (и, шире, автотрофов) являются ресурсами животных (гетеротрофов), а продукты животных — ресурсами растений. Можно считать, что автотрофы и гетеротрофы — мутуалистические группы.

Основой для мутуализма может быть разная важность ресурсов. Так, микориза грибов высокоэффективно извлекает из почвы минеральные вещества, но испытывает недостаток в органических. Растения, наоборот, менее эффективно

потребляют соли, но зато могут синтезировать органику. В результате этого создаются предпосылки для развития микоризы.

Для экосистем важны отношения между растительными организмами и их внутрикишечными сожителями (эндосимбионтами), способными расщеплять целлюлозу. В желудке жвачных, кишечнике термитов, толстой кишке зайцеобразных обитают различные симбиотические бактерии и простейшие, расщепляющие целлюлозу сами или с помощью своих эндосимбионтов.

В клубеньках на корнях бобовых растений обитают эндосимбиотические бактерии, способные фиксировать атмосферный азот. Наконец, даже эукариотическая клетка имеет эндосимбиотическое происхождение.

Комменсализм, аменсализм, нейтрализм

Названные три вида отношений объединяет то, что в них входят безразличные отношения между видами хотя бы с одной стороны. Конечно, абсолютно безразличные отношения невозможны, так как всегда одни популяции влияют на другие, но в некоторых случаях такими влияниями можно пренебречь.

Комменсал может получить от хозяина или защиту (как воробей, который вьёт гнездо у подножия гнезда орла, отгоняющего ворон), или убежище (как гадюка, которая зимует в пустотах под корнями дуба), или перемещения (как карась, чью икру переносят на лапах из водоёма в водоём утки), или пищу (как навозник, питающийся помётом копытных).

Аменсализм является крайним случаем конкуренции, когда один из конкурентов оказывается существенно более сильным. Например, крупное дерево затеняет траву у своего подножия, почти не испытывая от неё неблагоприятных воздействий.

5.1.6. Приспособительные биоритмы

Биологические часы — способность организмов отсчитывать промежутки времени и регулировать в зависимости от них свою жизнедеятельность. Например, даже при постоянных условиях в глубоких пещерах для людей и представителей других видов характерны циркадные или циркадианные (близкие по продолжительности к суткам) ритмы. Биологические часы позволяют приводить физиологические ритмы в соответствие с ритмом окружающей среды и дают возможность предвидеть суточные, сезонные и другие периодические колебания освещённости, температуры, приливов и т. д.

Ритмы суточной активности животных являются реакцией на условия освещённости в течение суток. Кроме физиологических особенностей, на него влияют и экологические факторы, формирующие условия жизни и добывания пищи организмами. Исключение составляют виды, обладающие одинаковой активностью в течение всех суток, независимо от условий освещения. У животных выделяют три основных типа суточной активности: дневной, ночной и круглосуточный.

Суточные биоритмы растений могут проявляться в движениях листьев, изменениях обмена. Так, лотос днём приподнимает листья над поверхностью воды, а ночью опускает их на воду.

Приливно-отливные биологические ритмы являются следствием влияния обращающейся вокруг Земли Луны. Живые организмы, обитающие в приливно-отливной зоне, адаптировались к лунным суткам (24 ч 50 мин), в течение которых происходит по два прилива и отлива. Во время отлива обитатели этой зоны закрывают раковины и домики или закапываются в песок. С ритмом приливов и отливов связано размножение некоторых рыб и многощетинковых червей.

Сезонные ритмы связаны со сменой времён года, которая является следствием вращения Земли вокруг Солнца. В сезонном климате условия среды благоприятствуют росту популяции лишь в определённые периоды времени. С разными сезонами года у организмов связаны периоды размножения, развития, покоя (например, спячки), миграций и т. д. В большинстве областей умеренного и арктического поясов главным проявлением смены сезонов является температура. В тропиках сезонный цикл активности определяется дождливым периодом.

У многих организмов наблюдаются менее выраженные **многолетние циклы**, связанные с непериодическими изменениями солнечной активности на протяжении многих лет. Так, например, с этим связывают массовое размножение перелётной саранчи.

Фотопериодизм — регуляция сезонного цикла в зависимости от длины светового дня. Этот способ регуляции широко распространён в умеренной зоне. Длина светового дня — параметр, заданный астрономическими особенностями системы Земля — Солнце и поэтому меняющийся весьма закономерно. Изменение важных для большинства организмов факторов (например, температуры, влажности, доступности пищи) зависит не только от астрономических причин, но и от действия многих случайных факторов. Длина светового дня — типичный сигнальный фактор.

5.2. Экосистемная организация живой природы.

Роль производителей, потребителей и разрушителей органических веществ в экосистемах и круговороте веществ в природе. Пищевые связи в экосистеме. Цепи питания. Особенности агроэкосистем

5.2.1. Экосистемы и биогеоценозы

В рамках экологии изучаются разные уровни биосистем — от организменного (или даже более низких) до биосферного. Но самым характерным для биологической науки о взаимодействиях является, конечно же, экосистемный уровень. Именно в экосистемах происходит круговорот веществ и трансформация поступающей на нашу планету энергии, именно экосистемы создают ту совокупность экологических ниш, к которой приспособляются организмы. Наконец, при всей своей специфичности биосфера тоже является экосистемой, охватывающей все поверхностные слои нашей планеты.

К сожалению, и в этом разделе экологии существует определённая терминологическая путаница, связанная с наличием двух сходных по своему значению терминов: «экосистема» и «биогеоценоз».

Термин «экосистема» ввёл в 1935 г. американский эколог А. Тенсли.

Экосистема — это «совокупность комплексов организмов с комплексом физических факторов, которые их окружают, т. е. факторов местообитания в широком смысле» (А. Тенсли).

Развивая подход А. Тенсли, мы можем сказать, что экосистема — это совокупность живых организмов и среды их обитания, в рамках которой осуществляется круговорот веществ и преобразование потока энергии. Экосистема состоит из *сообщества* (живых компонентов) и *местообитания* (или биотопа, неживой части).

Понятие «биогеоценоз» было введено в 1964 г. выдающимся советским ботаником, экологом и лесоведом В. Н. Сукачёвым. Он воспользовался термином «биоценоз», который был предложен ещё в XIX в. для описания взаимосвязанных совокупностей живых организмов, и разработал концепцию биогеоценоза.

Биогеоценоз — это совокупность на известном протяжении однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющая свою особую специфику взаимодействия этих слагающих её компонентов и определённый тип обмена веществами и энергией между собой и другими явлениями природы и представляющая собой внутренне противоречивое единство, находящееся в постоянном движении, развитии» (В. Н. Сукачёв).

Биогеоценоз состоит из *биоценоза* и *геоценоза*. Биоценоз, по В. Н. Сукачёву, состоит из *фитоценоза*, *зооценоза* и *микробоценоза*, а геоценоз — из *эдафотоп* (компонентов, связанных с почвой и подстилающими породами) и *климатоп* (компонентов, связанных с атмосферой и гидросферой).

Существует две точки зрения на соотношение понятий «экосистема» и «биогеоценоз». Иногда их считают идентичными или весьма подобными. Однако правильнее считать понятие «экосистема» более общим, немасштабным, а биогеоценозами называть экосистемы определённого масштаба. Важная мысль, принадлежащая В. Н. Сукачёву и его научной школе, состоит в том, что интегрирующим (соединяющим воедино) элементом биогеоценоза является его растительность — фитоценоз. Значит, границы биогеоценозов следует проводить по границам фитоценозов.

5.2.2. Компоненты экосистем

На какие компоненты можно разделить экосистему? С одной стороны, мы можем использовать те же подразделения, что и в составе биогеоценоза: биоценоз (фитоценоз + зооценоз + микробоценоз) + геоценоз (эдафотоп + климатоп). В такой классификации основное внимание обращено на происхождение отдельных компонентов. А если рассматривать экосистему с точки зрения её функционирования, то можно выделить в её составе следующие компоненты:

- используемые в биологическом кругообороте *неорганические вещества* (например, H_2O , CO_2 , NH_4^+ и т. д.);

- *органическое вещество* за пределами организмов (*детрит*);
- *среда* (воздушная, водная, субстратная);
- *продуценты* (организмы, синтезирующие органическое вещество из неорганического);
- *консументы* (организмы, основная роль которых состоит в преобразовании органического вещества из одной формы в другую);
- *редуценты* (организмы, основная роль которых состоит в разрушении органического вещества до неорганического).

Итак, живые организмы подразделены на три функциональные группы — продуценты, консументы и редуценты. Эти группы соответствуют трём типам процессов, которые могут происходить с органическим веществом (создание, преобразование и разрушение).

Несмотря на то, что такое разделение представляется достаточно привычным, корректно разграничить эти группы непросто. Для этого необходимо рассмотреть экологические роли, которые могут выполнять различные организмы. Для характеристики способов питания организмов и их экологических ролей используется целый ряд терминов.

По способу питания все живые организмы делятся на *автотрофов* и *гетеротрофов*. В качестве отдельной группы иногда выделяются *миксотрофы* — организмы, соединяющие авто- и гетеротрофное питание. К ним относятся некоторые бактерии и водоросли. Поскольку эти организмы всё-таки способны синтезировать органику, миксотрофов можно рассматривать как подмножество автотрофов.

Два главных способа автотрофного питания — фотосинтез и хемосинтез. **Фотосинтез** — образование органических веществ из неорганических благодаря энергии света. При фотосинтезе энергия света превращается в энергию химических связей глюкозы, синтезированной из неорганических веществ (CO_2 и H_2O). **Хемосинтез** — образование органических веществ из CO_2 за счёт энергии окисления неорганических веществ. Так, серобактерии окисляют сероводород с образованием серы или серной кислоты, нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак и т. д. В качестве окислителя бактерии-хемосинтетики могут использовать кислород и некоторые другие неорганические вещества. Способные к фотосинтезу организмы можно называть *фототрофами*, а хемосинтетиков — *хемотрофами*.

По характеру получения пищи организмы можно разделить на две группы. *Осммотрофы* — организмы, впитывающие питательные вещества в растворённом виде через поверхность своего тела. Так питаются разнообразные бактерии, а также растения и грибы. *Фаготрофы* — организмы, поедающие пищу в виде частиц. Этот способ питания характерен для животных.

Разобравшись со способами питания, перейдём к **экологическим ролям организмов**. *Продуценты* производят органическое вещество из неорганического. Естественно, что эту роль выполняют автотрофы — способные к фотосинтезу растения и цианобактерии, а также бактерии-хемосинтетики. Хотя эта группа организмов выделяется на основании способности её представителей синтезировать органические вещества, не следует забывать, что любой организм этой группы также и преобразует органику (например, когда строит собственное тело), и разрушает её (извлекая из неё энергию). Основная роль *консументов* — преобразование

органики. В отличие от них, *редуценты* выполняют функцию разрушения органических веществ до неорганических. Однако границу между консументами и редуцентами провести непросто. Каждый из гетеротрофов (и тигр, и опята на гниющем пне) и создаёт собственное органическое вещество, и «сжигает» часть органики, полученной с пищей. Консументами следует считать фаготрофов (животных), а редуцентами — осмотрофов (грибы и гетеротрофные бактерии).

5.2.3. Природа сообществ

Организмы на Земле распределяются не случайно, а образуют определённые пространственные группировки — сообщества. Входящие в них живые организмы имеют сходные требования к условиям окружающей среды. На основании этих требований формируются соответствующие зависимости и взаимоотношения между ними — биотические взаимодействия. Чаще всего причиной возникновения этих отношений являются пищевые потребности и способы добывания энергии, необходимой для жизнедеятельности.

Сообщество представляет собой реальную экологическую единицу. Функционирование сообщества складывается из деятельности составляющих его особей, но представляет из себя нечто большее, чем сумму.

Эффективность сообщества и его стабильность возрастают пропорционально тому, насколько слаженны, «эволюционно притёрты» составляющие его популяции. Пример значения притёртости видов в сообществе друг к другу — реакции сообществ на интродуцентов (занесённые виды), которые чаще не принимаются и вымирают, но иногда дают взрывы численности, меняя функционирование сообществ.

Сообщества и экосистемы способны к эволюции. Она происходит не только благодаря изменениям и сменам видов, но и благодаря их *коэволюции* (выработке совместных приспособлений). Пары видов (хищник — жертва, фитофаг — растение, растение — опылитель, конкурент — конкурент) эволюционируют совместно. В ходе эволюции экосистем происходит изменение их абиотических компонентов.

5.2.4. Трофические связи и уровни

Передача вещества и преобразование энергии в экосистемах происходит благодаря питанию организмов. Глобальные процессы, обеспечивающие жизнедеятельность биосферы и создающие возможность существования человечества, связаны с питанием множества отдельных живых существ.

Автотрофы получают биогены и необходимую энергию из среды и создают органические вещества. Органические вещества автотрофов потребляют одни гетеротрофы, этих гетеротрофов — иные, и так до тех пор, пока синтезированное автотрофами органическое вещество не разрушится почти без остатка. Эти отношения, основанные на питании, называются *трофическими (пищевыми) связями*. Их последовательности образуют трофические цепи.

Трофическая цепь — путь переноса органического вещества и содержащейся в нём энергии от его первых получателей (автотрофов) через ряд поедающих друг друга организмов.

Выделяют два типа трофических цепей. *Пастбищные цепи* ведут от зелёных растений к растительноядным животным и далее к хищникам, *детритные цепи* — от мёртвого органического вещества (детрита) к микроорганизмам, детритофагам и их хищникам.

Рассматривая, где и как располагаются элементы пастбищных и детритных цепей, мы увидим, что большинство биогеоценозов разделено на два яруса: *автотрофный* (хорошо освещённый, в котором преобладает продукция) и *гетеротрофный* (лишённый света, в котором преобладает дыхание). В наземных биогеоценозах автотрофный ярус расположен над почвой, а гетеротрофный — под её поверхностью. В водных экосистемах автотрофный ярус — это освещённая солнечным светом толща воды, а гетеротрофный — тёмная глубина и донные осадки. Пастбищные цепи тянутся в автотрофном ярусе экосистем, а детритные — в гетеротрофном. Однако эти последовательности не являются независимыми, и некоторые животные могут получать энергию из разных цепей. Так, жаба может съесть жука-листоеда, который только что питался каким-то огородным растением (и относится к одной из пастбищных цепей), а может добыть и жужелицу — плотоядного жука, питавшегося подземными беспозвоночными из детритных пищевых цепей. Следовательно, мы можем сказать, что все трофические цепи, проходящие в рамках той или иной экосистемы, образуют её *трофическую сеть*.

Трофический уровень — это совокупность организмов сообщества, получающих энергию солнца после одинакового количества преобразований.

Естественно, что первым трофическим уровнем является уровень продуцентов. Продуцентов поедают консументы I уровня, тех в свою очередь — консументы II уровня и т. д.

Некоторые виды в своих разных проявлениях могут находиться на разных уровнях. Значит, понятие трофического уровня характеризует не вид как таковой, а особенности его образа жизни в конкретной экологической ситуации. К примеру, человек, употребляя в пищу разнообразные продукты как растительного, так и животного происхождения, относится к I—II уровню консументов, т. е. получает солнечную энергию, переработанную один раз (растениями) или два раза (сначала растениями, а потом растительноядными животными).

Через каждый трофический уровень идёт поток энергии, причём выход из одного уровня является входом в другой. Круговорот веществ в отдельной экосистеме, таким образом, связан с круговоротом веществ в биосфере в целом.

5.2.5. Особенности агроэкосистем

В настоящее время значительная часть планеты занята **агроэкосистемами** — искусственными экосистемами, которые созданы человеком (поля, пастбища).

Агроэкосистемы характеризуются целым рядом особенностей. Прежде всего, они находятся в неустойчивом состоянии. Если будут прекращены непрерывные усилия человека по поддержанию полей в желаемом состоянии, в них начнутся естественные смены сообществ в одном местообитании (*сукцессии*), и агроэкосистемы перейдут в иное состояние. Для поддержания неустойчивого состояния агроэкосистем нужны непрерывные затраты энергии. В случае примитивного сельского хозяйства это может быть просто приложение мышечной энергии человека, который их обрабатывает. В современном интенсивном сельском хозяйстве эти затраты энергии (энергетические субсидии) связаны со значительными затратами энергии, полученной в результате сжигания горючих ископаемых и из других источников. Энергетические субсидии в сельском хозяйстве развитых стран могут превосходить количество энергии, полученной от Солнца, более чем в 10 раз.

Агроэкосистемы создаются для того, чтобы получать от них продукцию — *первичную* (т. е. биомассу растений) или *вторичную* (т. е. биомассу животных). Эта продукция перемещается в иные искусственные экосистемы (прежде всего городские), где и потребляется. С продукцией, вывозимой из агроэкосистем, изымаются *биогены* — элементы, необходимые для образования биомассы. Некоторые из важнейших биогенов (С, О, Н, N) доступны в атмосфере, хотя способность агроэкосистем фиксировать (связывать) азот в большинстве случаев оказывается недостаточной. Поэтому недостачу азота, а также убыль фосфора и калия приходится компенсировать внесением удобрений. Частично эта задача может быть решена с помощью органических удобрений (фактически перераспределением биогенов из одних экосистем в другие), но без минеральных удобрений обойтись всё равно невозможно. Существенная часть тех элементов, которые изымаются из агроэкосистем, в конечном итоге выводится их круговорота в биосфере, и их недостаток должен быть восполнен. Поэтому производство и внесение удобрений является одной из задач, для решения которой необходимы энергетические субсидии.

Ещё одной особенностью агроэкосистем является то, что биологическое разнообразие здесь резко снижено. Вполне типичным является использование *монокультуры* — определённого типа сельскохозяйственных растений, относящихся к одному и тому же сорту и имеющих один и тот же возраст. Такая однородность сельскохозяйственных растений делает их особенно уязвимыми к болезням и потребителям их продукции. В агроэкосистемах массово размножаются *вредители* — растительноядные насекомые и другие животные, являющиеся конкурентами человека в использовании первичной продукции. В естественных экосистемах численность таких растительноядных животных контролируется другими видами, населяющими то же самое местообитание; в обеднённых условиях агроэкосистемы возможность для такой регуляции снижена. Растительноядные вредители, грибные и бактериальные болезни могут обеспечивать вспышки численности, сводящие эффективность сельского хозяйства к нулю. Ещё одна проблема — растения-конкуренты, которые называют *сорняками*. Они отнимают у сельскохозяйственных растений необходимые ресурсы: свет, воду, биогены и пространство.

Самым распространённым в современных условиях средством борьбы с вредителями и сорняками является использование разнообразных токсических

веществ (*пестицидов*). К их числу относятся вещества, токсичные для растений-сорняков (*гербициды*), насекомых (*инсектициды*), грибов (*фунгициды*) и т. д. Впрочем, это не единственные методы защиты растений. К их числу относятся и ручной сбор вредителей, и прополка сорняков (характерны для примитивного сельского хозяйства), и использование агротехнических методов (способов обработки, препятствующих развитию вредителей и сорняков), и биологические меры борьбы (использование специфических хищников и паразитов, ограничивающих численность нежелательных для агроэкосистем организмов).

5.3. Биосфера — глобальная экосистема.

Роль человека в биосфере.

Экологические проблемы, их влияние

на собственную жизнь и жизнь других людей.

Последствия деятельности человека в экосистемах,

влияние собственных поступков на живые организмы и экосистемы

5.3.1. Биосфера и ноосфера

Биосфера — оболочка Земли, преобразуемая деятельностью живых организмов.

Термин «биосфера» восходит к Ж.-Б. Ламарку, который употребил его в 1803 г. В научный обиход его ввёл в 1875 г. австрийский геолог Э. Зюсс, говоря об оболочке Земли, охваченной жизнью. В. И. Вернадский ввёл понятие «живое вещество» — совокупность всех живых организмов, рассматриваемая как единое целое. Область распространения живого вещества охватывает всю гидросферу, верхние слои литосферы и нижнюю часть атмосферы, но основная концентрация живых организмов отмечается в приповерхностном слое суши и океана. Если живое вещество равномерно распределить по поверхности Земли, образуется плёнка толщиной в 2 см. Среднее время его обновления — 8 лет (в океане — 33 дня).

Геохимические функции живого вещества (по В. И. Вернадскому):

1. *Энергетическая* — аккумуляция солнечной энергии растениями в результате фотосинтеза с дальнейшим перераспределением этой энергии.
2. *Концентрационная* — избирательное накопление определённых элементов в теле самих организмов и образуемых при их участии осадочных пород.
3. *Деструктивная* — минерализация органики, разложение горных пород, вовлечение элементов в круговорот.

4. *Средообразовательная* — трансформация параметров среды в благоприятные для организмов (почвообразование, поддержание газового состава атмосферы, очищение водоёмов и пр.).

5. *Транспортная* — перемещение входящих в состав живого вещества элементов и перераспределение его по поверхности планеты (пример: вынос биогенов из водоёмов рыбающими птицами и животными, имеющими водную личиночную и наземно-воздушную взрослую стадии).

Часто упоминаемым достижением научной мысли прошлого века является концепция ноосферы. Общепринятой трактовки этого понятия не существует. Идея ноосферы является не научно обоснованным обобщением, а попыткой облечь в слова интуитивную догадку о том, что человечество в будущем должно измениться.

Вероятно, основным автором понятия «ноосфера» был французский священник и учёный-эволюционист П. Тейяр де Шарден. Поскольку он был членом монашеского ордена иезуитов, высказываемые им публично идеи были ограничены дисциплиной ордена, и поэтому идея ноосферы была обнародована лишь в 1927 г. его другом, философом и математиком Э. Леруа. Как подчёркивали П. Тейяр и Э. Леруа, важным источником этой идеи стали лекции по геохимии В. И. Вернадского, которые он читал в 1922—1923 гг. в Париже. В дальнейшем представления о ноосфере разрабатывались П. Тейяром и В. И. Вернадским независимо друг от друга

В целом можно сказать, что ноосфера — состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится основным фактором её развития, хотя трактовка этого понятия различается даже у его создателей.

Идеи В. И. Вернадского, высказанные в связи с концепцией ноосферы, были тесно связаны с его основной областью интересов — геохимией. Приведём основные из них:

- человечество — геологическая сила;
- причина силы человечества — его разум и воля, результат его социальности;
- человечество преобразует геохимические круговороты, меняя функции биосферы;
- человечество эволюционирует в направлении обособления от остальной биосферы.

В конце XX в. понятие ноосферы было переосмыслено Н. Н. Моисеевым в рамках его концепции коэволюции (совместной эволюции) биосферы и человеческого общества. С этой точки зрения ноосфера — состояние человечества, при котором оно эволюционирует совместно с биосферой.

5.3.2. Кризисы в истории человечества

Биосфера проходила через кризисы и катастрофы задолго до появления человечества. Широкую известность получило массовое вымирание (в палеонтологии его называют «кризисом», хотя в приведённом выше смысле ясно, что речь идёт о катастрофе) на границе мела и палеогена. Ещё масштабнее была катастрофа на границе перми и триаса. То, что палеозойская, мезозойская и кайнозойская эры разделяются именно по этим катастрофам, совсем не удивительно: каждая из них означала переход биосферы в новое качество. Однако говоря об этих

кризисах и катастрофах, надо заметить, что их продолжительность составляла не менее десятков и сотен тысяч лет. Особенность нынешнего кризиса — в его быстротечности (по меркам истории биосферы).

Многочисленные кризисы приходилось переживать и нашему виду. Например, популяционно-генетические исследования свидетельствуют, что на каком-то этапе нашей истории (ещё до расселения *Homo sapiens* за пределы Африки) численность всего нашего вида снижалась до нескольких десятков человек.

В эпоху раздробленности (до того, как стать глобальным) человечество не раз проходило через локальные экологические кризисы и катастрофы (а возможно, и через коллапсы отдельных экосистем). Эти катастрофы вызывались как независимыми от популяций человека причинами, так и являлись следствием его деятельности. К первым можно отнести локальные экологические катастрофы, вызванные нашествиями саранчи, или гибель средневековых поселений норвежцев в Гренландии, вызванная похолоданием климата. Однако неблагоприятные последствия человеческой деятельности были куда более масштабными.

Наш вид был сформирован образом жизни неспециализированного хищника и собирателя африканских саванн. По мере усовершенствования механизмов взаимодействия членов в группе и планирования своих действий представители нашего вида стали самыми эффективными охотниками, каких знала история Земли. Расселяясь по планете, люди начинали эксплуатировать разнообразные популяции крупных копытных. По мере роста их численности росла их способность сокращать численность своих жертв. Кризис разразился примерно 10—12 тыс. лет назад, когда возможности для поддержания такого образа жизни были исчерпаны. Возросшая численность человечества, интенсивная охота и не зависящие от человека климатические изменения привели к полному вымиранию или резкому сокращению фауны крупных млекопитающих. В наибольшей степени это изменение коснулось Евразии, но затронуло также и Африку, Австралию и Америку. Численность человечества сократилась в несколько раз. Вероятно, многие популяции древнего человека погибли. Тем не менее человечеству удалось выйти из кризиса, коренным образом изменив свой характер отношений со средой. Решением стоящей перед человечеством проблемы стал переход к земледелию и скотоводству, который привёл к резкому сокращению охотничьей нагрузки на естественные экосистемы. Этот перелом в истории человечества получил название *неолитического кризиса*, или *неолитической революции*.

5.3.3. Уникальность современного человечества

Нынешнее человечество находится на переломном этапе своей истории. Ничего подобного в истории биосферы ещё не было. Крупный вид животных благодаря своей способности к культурному наследованию достиг исключительно высокой численности. Для всех млекопитающих характерны вполне определённые зависимости биомассы всех представителей вида от массы тела средней особи. Человек превысил «полагающуюся» ему биомассу примерно в 100 тыс. раз, и в такое же количество раз превышена масса сельскохозяйственных животных (в частности, крупного рогатого скота). Благодаря чему это произошло?

Прежде всего, благодаря тому, что культурное наследование многократно ускорило выработку новых приспособлений. Чем выше численность человечества, тем больше на Земле потенциальных изобретателей, тем быстрее распространяются новые технологии.

С самых ранних этапов развития для человека было характерно перераспределение ресурсов между разными популяциями. Со временем эта способность усилилась. Когда речь идёт о всех остальных видах, населяющих Землю, можно сказать, что их отдельные популяции эксплуатируют ресурсы своих местобитаний. Благодаря способности человека к перераспределению ресурсов между популяциями (это перераспределение может принимать формы торговли, благотворительной помощи, послевоенных репараций и т. п.), человечество эксплуатирует ресурсы всего земного шара.

Ещё одной причиной, которая делает человечество глобальным, является информационный обмен. Средства коммуникации, которые использовались в ходе культурного наследования, стремительно эволюционировали. Вначале люди использовали систему сигналов, напоминающую средства взаимодействия между особями других видов, потом в ходе важнейшего перелома в нашей истории возникла речь — сложная символическая система для передачи информации. Важнейшим этапом этой эволюции стало возникновение письменности и иных экстрасоматических (внетелесных) средств передачи информации от особи к особи. В дальнейшем экстрасоматические каналы передачи информации стремительно эволюционировали (от бумаги к радиопередаче, оптической и электромагнитной записи и т. д.) и увеличивали свою информационную мощность. Сейчас они являются важным фактором, объединяющим человечество в единое целое.

Орудия, которые использует человек, не просто многократно сложнее орудий всех других видов. Многие из них сами потребляют ресурсы и преобразуют энергию. Например, между автомобилем и лошадью, как средствами для перевозки грузов, есть общие черты. Лошадь нуждается в сене, автомобиль — в бензине, они извлекают энергию из окисления органических веществ, выбрасывают в окружающую среду отходы и даже «эволюционируют». Впрочем, эволюция лошадей происходит в их ряду поколений, а «эволюция» автомобилей связана с развитием человеческой способности к автомобилестроению, которая поддерживается благодаря культурному наследованию. Итак, человечество создало мир техники, техносферу — часть неживой природы, которая активно преобразует ресурсы биосферы. Первым примером использования неживых тел, которые преобразовывали ресурсы, было овладение огнём, которое произошло у представителей нашего рода ещё до происхождения нашего вида.

Никакие гетеротрофы (за исключением нашего вида) не способны преобразовывать большее количество энергии, чем производится автотрофами в том местообитании, которое они населяют. Человечество вышло за пределы этого ограничения, используя не только современную продукцию автотрофов (органические вещества, которые растения производят в текущий момент времени), но и ископаемую первичную продукцию — ископаемое топливо. Именно это стало одной из причин, которая позволила увеличить численность человечества. Однако ископаемое топливо (в отличие от современной первичной продукции) — невозобновляемый ресурс. Сейчас человечество за год расходует

столько ископаемой первичной продукции, сколько образовывалось за миллион лет. Это делает наш нынешний способ существования принципиально неустойчивым.

Сказанным не ограничиваются уникальные экологические особенности современного человечества. Только человек использует атомную энергию. Именно человек коренным образом изменил характер глобальных круговоротов веществ, извлекая на земную поверхность и рассеивая на ней те элементы и вещества, которые находились в изолированных от эрозии слоях литосферы. Человек создает новые типы экосистем (агроэкосистемы и урбоэкосистемы), связанные мощными потоками вещества и энергии, наполняет агроэкосистемы искусственно созданными формами живых организмов. Наконец, человек первым активно вышел в космос за пределы биосферы.

Однако, гордясь достижениями человечества, нельзя забывать, что его образ жизни является принципиально неустойчивым из-за критической важности невозобновляемых ресурсов. Это означает, что человечество не сможет долго оставаться таким, каким мы его видим сегодня. Оно неминуемо должно измениться.

5.3.4. Экологический кризис современности

Современное человечество проходит через новый кризис в своей истории. Это первый кризис, через который наш вид проходит с тех пор, как стал глобальным видом. В силу взаимосвязанности разных частей человечества можно предположить, что оно или как целое пройдет через нынешний кризис (с большими или меньшими потерями), или подорвет возможности для своего существования в ходе масштабной экологической катастрофы или коллапса земной среды обитания. Нынешний характер отношений человечества со средой, основанный на стремительном расходовании запасов ископаемого топлива, не может продолжаться долго. Уже в течение XXI в. образ жизни человечества должен будет измениться. Как? Мы пока этого не знаем. В какой-то степени это зависит от наших действий.

Составляющие современного экологического кризиса таковы. Рост численности человечества вызвал недостаток продовольствия, энергии и пресной воды. Преодоление этих проблем усугубляется изменением климата, разрушением естественных экосистем, снижением биоразнообразия, загрязнением среды и военной угрозой.

Каждый из упомянутых здесь факторов весьма сложен. К примеру, загрязнение — целый комплекс изменений окружающей среды. Его частичные составляющие:

- изменение газового состава и свойств атмосферы (проблемы накопления в атмосфере углекислого газа и других парниковых газов, а также проблема разрушения озонового слоя в атмосфере);
- рассеивание продуктов сгорания горючих ископаемых и его последствия — смог, кислотные дожди;
- отравление воды, воздуха и почвы токсическими веществами;
- рассеивание чуждых элементов и ксенобиотиков (чуждых биосфере веществ);

- заражение воздуха, воды и почвы радионуклидами;
- загрязнение природных сред болезнетворными микроорганизмами из отходов;
- деградация водоёмов из-за избыточного поступления биогенов, заморозов из-за избытка органики, заиливания смытыми наносами;
- тепловое, шумовое, электромагнитное загрязнение;
- локальное загрязнение ближайшей среды обитания человека: пищи, воздуха в помещениях, предметов быта и т. д.

5.3.5. Как наши поступки влияют на будущее биосферы

Как мы установили, нынешний способ существования человечества не может оставаться неизменным в течение неограниченного времени. Сейчас между сторонниками разных точек зрения идут острые споры о том, какое будущее ожидает человечество. Многие природоохранные организации утверждают, что решением ситуации является возвращение к тому образу жизни, который был характерен для человечества несколько веков назад, когда оно «жило в гармонии» с окружающей средой. Эта точка зрения не учитывает ни серьезные кризисы в истории человечества, ни его возросшую численность на современном этапе.

Разнообразные модели, которые используются для прогнозирования будущего человечества и биосферы, не могут дать окончательный ответ на вопрос, что нас ожидает. Любые модели строятся на определённых допущениях и отражают только действие тех причинно-следственных связей, которые учтены в них явно. Моделирование тех состояний человечества и биосферы, которые никто не наблюдал и не может изучить, носит гипотетический характер.

В целом сценарии возможного будущего делятся на две большие группы: катастрофические и эволюционные. Возможные катастрофы связаны с превышением человечеством той численности, которая может существовать в условиях биосферы Земли, и дальнейшим сокращением количества людей из-за нехватки ресурсов, войн и природных катастроф. Эволюционные сценарии связаны с изменением образа жизни человечества вследствие освоения новых технологий. В соответствии с некоторыми из этих сценариев человечество, меняясь совместно с биосферой, окажется способным поддерживать достаточно высокий уровень своей численности.

Хотя мы ещё не знаем всех причинно-следственных связей, которые влияют на будущие судьбы человечества и биосферы, мы можем предположить, что выбор между сценариями ещё возможен. Этот выбор зависит от действий каждой страны и каждого человека. Поэтому один из главных принципов, описывающих, как нужно учитывать приоритеты охраны природы в повседневной деятельности, звучит так: «Мыслить глобально, действовать локально».

Современным школьникам предстоит не только жить в условиях изменения отношений человечества со средой, но и влиять на то, как эти изменения будут происходить. Понимание закономерностей функционирования биосистем и характера связи человечества и биосферы — важное условие успешности их действий.

Тренировочные тестовые задания к разделу 5

Часть 1

При выполнении заданий с выбором ответа обведите кружком номер правильного ответа.

1. Экология — наука о (об)
 - 1) охране окружающей среды
 - 2) охране живых организмов
 - 3) типах взаимодействий между популяциями разных видов живых организмов
 - 4) взаимодействии организмов между собой и окружающей абиотической средой
2. Свойства, явления, процессы, которые могут влиять на исследуемый организм, называются
 - 1) внешними факторами
 - 2) внешними и внутренними условиями
 - 3) экологическими факторами
 - 4) ресурсами среды
3. Устойчивый комплекс приспособлений к определённому образу жизни —
 - 1) жизненная форма
 - 2) адаптация
 - 3) биотоп
 - 4) форма роста
4. Укажите, какое из приведённых определений соответствует понятию «вид».
 - 1) совокупность организмов, населяющих одну территорию (ареал), но каждый из которых имеет определённые особенности
 - 2) совокупность особей, сходных по строению, функции, населяющих определённую территорию и свободно скрещивающихся между собой, давая плодовитое потомство
 - 3) основная единица эволюции
 - 4) совокупность особей, сходных по строению, функциям, занимающих определённый ареал и не дающих плодовитого потомства
5. Экологическая ниша, в пределах которой вид реально встречается, называется
 - 1) реальной
 - 2) ограниченной
 - 3) фундаментальной
 - 4) реализованной

6. К статическим характеристикам популяции НЕ относится
- 1) половая структура
 - 2) рождаемость
 - 3) возрастная структура
 - 4) численность
7. Принцип построения экологических пирамид предложил
- 1) А. Тенсли
 - 2) Э. Леруа
 - 3) Ч. Эльтон
 - 4) Э. Геккель
8. Термин «биогеоценоз» был введён
- 1) Э. Геккелем
 - 2) В. И. Вернадским
 - 3) А. Тенсли
 - 4) В. М. Сукачёвым
9. Примером хищничества является
- 1) взаимодействие между особями одной популяции
 - 2) борьба между особями разных видов птиц за места гнездования
 - 3) взаимодействие между популяциями крота и дождевого червя
 - 4) взаимодействие микобионта и фитобионта в лишайнике
10. Взаимодействие рака-отшельника и актинии — это пример
- 1) конкуренции
 - 2) хищничества
 - 3) симбиоза
 - 4) аменсализма
11. Адаптацией бычьего цепня к паразитическому образу жизни является
- 1) анаэробность
 - 2) гетеротрофность
 - 3) отсутствие скелета
 - 4) отсутствие полости тела
12. Сбрасывание листьев деревьями умеренной зоны регулируется
- 1) длиной светового дня
 - 2) изменением длины светового дня
 - 3) биологическими часами
 - 4) приливо-отливными циклами

13. Продуцентом из приведённых организмов является
- 1) ряска
 - 2) повелика
 - 3) мышь полевая
 - 4) сизый голубь
14. Укажите верную последовательность пищевой цепи.
- 1) зоопланктон — фитопланктон — плотва — щука
 - 2) зоопланктон — плотва — фитопланктон — щука
 - 3) фитопланктон — зоопланктон — плотва — щука
 - 4) зоопланктон — щука — фитопланктон — плотва
15. Укажите, какой из названных организмов является редуцентом:
- 1) печёночный сосальщик
 - 2) пеницилл
 - 3) планария
 - 4) дождевой червь
16. Между классификацией экологических факторов и их примерами, указанными в столбцах приведенной ниже таблицы, имеется определённая связь.

Факторы	Примеры
абиотические	температура
биотические	...
антропогенные	агроценозы

Какое понятие следует вписать на место пропуска в этой таблице?

- 1) рельеф
 - 2) состав атмосферы
 - 3) состав почвы
 - 4) деятельность растений
17. Верны ли следующие суждения?
- А. Конечное состояние развития биогеоценоза называется климаксом.
- Б. Агроценозы отличаются от естественных экосистем большим видовым разнообразием.
- 1) верно только А
 - 2) верно только Б
 - 3) верны оба суждения
 - 4) оба суждения неверны

При выполнении заданий с кратким ответом запишите ответ так, как указано в тексте задания.

18. Установите соответствие между группой организмов и их ролью в биосфере. Для этого к каждому элементу первого столбца подберите позицию из второго столбца. Впишите в таблицу цифры выбранных ответов.

Характеристика	Тип организации клеток
А) были первыми организмами, обогатившими атмосферу кислородом Б) характерные жизненные формы — одноклеточные и колониальные В) вызывают «цветение» водоёмов и гибель аэробных организмов Г) образуют большую часть наземной биомассы Д) у многих имеется деление на ткани и органы Е) образуют залежи горючих ископаемых	1) цианобактерии 2) высшие растения

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

19. Установите соответствие между организмами пруда и их экологическими ролями. Для этого к каждому элементу первого столбца подберите позицию из второго столбца. Впишите в таблицу цифры выбранных ответов.

Организмы	Экологическая роль
А) щука Б) малый прудовик В) рдест Г) ряска Д) гидра Е) хламидомонада	1) продуценты 2) консументы

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

20. Установите соответствие между приведёнными животными и их приспособленностью к характерной для них среде обитания. Для этого к каждому элементу пер-

вого столбца подберите позицию из второго столбца. Впишите в таблицу цифры выбранных ответов.

Приспособление	Животные
А) анаэробный обмен Б) питание насекомыми В) поглощение питательных веществ всей поверхностью тела Г) редукция большинства систем органов Д) наличие потовых желёз Е) редукция глаз, хорошо развитое обоняние и слух	1) бычий цепень (половозрелая особь) 2) крот

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

21. Установите соответствие между организмами и средой обитания, которая для них характерна. Ответы занесите в таблицу.

Организмы	Среда обитания
А) серая жаба Б) верба В) медоносная пчела Г) инфузория-туфелька Д) головастик серой жабы Е) серый кит	1) водная 2) наземно-воздушная

Ответ:

А	Б	В	Г	Д	Е

Часть 2

Для ответов на задания используйте отдельный лист. Запишите сначала номер задания, а затем ответ к нему.

22. Как соотносятся понятия «биосфера» и «ноосфера»?
23. Заполните в таблице «Сравнительная характеристика консументов и редуцентов» графы, обозначенные цифрами 1, 2, 3.

При выполнении задания перерисовывать таблицу не обязательно. Достаточно записать номер графы и содержание пропущенного элемента.

Сравнительная характеристика консументов и редуцентов

Вопросы для сравнения	Консументы	Редуценты
Тип поглощения питательных веществ	фаготрофы	1
К каким таксонам относятся	в основном животные	2
Основная роль	3	разрушение органики до неорганических веществ

Ответ:

1	2	3

Ответы к тестовым заданиям

Раздел 1

Часть 1

№ задания	Ответ								
1	3	6	1	11	2	16	3	21	1
2	1	7	1	12	3	17	2	22	4
3	2	8	1	13	1	18	2	23	4
4	3	9	4	14	4	19	3	24	3
5	1	10	1	15	4	20	1	25	2

№ задания	Ответ
26	1, 3, 4
27	А — 2, Б — 1, В — 1, Г — 2, Д — 2, Е — 1
28	5, 1, 3, 4, 6, 2
29	А — 1, Б — 4, В — 3, Г — 7

Часть 2

30. Из правил возможны исключения, а законы действуют всегда. Научной можно считать лишь такую теорию (закон, правило), которая может быть опровергнута на основании определённых фактов (если окажется ложной).

Раздел 2

Часть 1

№ задания	Ответ								
1	1	6	4	11	4	16	1	21	4
2	2	7	2	12	2	17	2	22	1
3	1	8	1	13	4	18	3	23	2
4	4	9	3	14	3	19	3	24	1
5	2	10	1	15	2	20	4	25	3

№ задания	Ответ
26	1, 3, 5
27	А — 1, Б — 2, В — 2, Г — 1, Д — 1, Е — 2
28	4, 1, 3, 5, 2
29	А — 4, Б — 1, В — 5, Г — 8

Часть 2

30. Не всегда. В школе рассматриваются следующие варианты отхождения от менделевских закономерностей: кодоминирование (на примере наследования групп крови), сцепленное наследование, наследование сцепленное с полом.
31. 1. Два
2. Половых клеток животных и при образовании спор у растений
3. Диплоидный
32. Вирусы являются внутриклеточными паразитами, а антибиотики внутрь клетки не проникают. Антибиотиками лечат болезни, причиной которых являются бактерии.

Раздел 3

Часть 1

№ задания	Ответ								
1	3	6	2	11	2	16	3	21	4
2	1	7	4	12	3	17	1	22	1
3	3	8	2	13	4	18	3	23	2
4	3	9	1	14	2	19	4	24	3
5	1	10	3	15	2	20	2	25	4

№ задания	Ответ
26	1, 3, 6
27	А — 1, Б — 2, В — 2, Г — 1, Д — 1, Е — 2
28	А — 1, Б — 2, В — 2, Г — 1, Д — 1, Е — 2
29	А — 1, Б — 2, В — 2, Г — 1, Д — 1, Е — 2

Часть 2

30. Да, существует забота о потомстве, хотя встречается редко (вынашивание самцами морских коньков и игл икры в специальных ячейках на животе, откладывание колюшниками икры в мантийную полость двустворчатых моллюсков и др.)
31. 1. стержневая
2. параллельное и дуговое
3. в основном тришнестые
32. Стабилизирующий отбор направлен на закрепление узкой нормы реакции, которая оказалась наиболее благоприятной при определенных условиях существования.

Раздел 4

Часть 1

№ задания	Ответ								
1	1	6	4	11	4	16	1	21	4
2	3	7	3	12	2	17	3	22	3
3	4	8	1	13	1	18	4	23	2
4	4	9	3	14	3	19	1	24	4
5	1	10	2	15	1	20	2	25	2

№ задания	Ответ
26	А — 1, Б — 2, В — 1, Г — 2, Д — 1, Е — 2
27	5, 3, 2, 4, 1
28	3, 2, 4, 1, 5

Часть 2

29. Обучение может происходить на уровне рецепторов или спинного мозга, для других необходимо участие огромного количества нейронов головного мозга. Основой являются условные рефлексы. Их образование позволяет вырабатывать целесообразные реакции организма на внешние раздражители, что важно для приспособления к постоянно меняющимся условиям окружающей среды.
30. Привычки — типичные действия или черты поведения человека, ставшие его потребностью; вместе с навыками составляют основу поведения. Основой борьбы с вредными привычками является воля — сознательное управление эмоциями, поступками, привычками; активизация деятельности на осуществление задуманного.

Раздел 5

Часть 1

№ задания	Ответ						
1	4	6		11	1	16	4
2	3	7	3	12	2	17	1
3	1	8	4	13	1		
4	2	9	3	14	3		
5	4	10	3	15	2		

№ задания	Ответ
18	А — 1, Б — 1, В — 1, Г — 2, Д — 2, Е — 2
19	А — 2, Б — 2, В — 1, Г — 1, Д — 2, Е — 1
20	А — 1, Б — 2, В — 1, Г — 1, Д — 2, Е — 2
21	А — 2, Б — 2, В — 2, Г — 1, Д — 1, Е — 1

Часть 2

22. Биосфера — оболочка Земли, преобразуемая деятельностью живых организмов.
Ноосфера — состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится основным фактором ее развития.
23. 1) осмотрфы
2) в основном бактерии и грибы
3) преобразование органики

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Справочное издание
анықтамалық баспа

*Для среднего школьного возраста
орта мектеп жасындағы балаларға арналған*

ОГЭ. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СПРАВОЧНИК

**Шабанов Дмитрий Андреевич
Кравченко Марина Александровна**

**ОГЭ
БИОЛОГИЯ
Универсальный справочник
(орыс тілінде)**

Ответственный редактор *А. Жилинская*
Ведущий редактор *Т. Судакова*
Художественный редактор *В. Безкровный*

ООО «Издательство «Эксмо»
123308, Москва, ул. Зорге, д. 1. Тел. 8 (495) 411-68-86.
Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru
Өндруші: «ЭКСМО» АҚБ Баспасы, 123308, Мәскеу, Ресей, Зорге көшесі, 1 үй
Тел. 8 (495) 411-68-86
Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru
Тауар белгісі: «Эксмо»
Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша
арқыз-талаптарды қабылдаушының
өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС, Алматы қ., Домбровский көш., 3-а, литер Б, офис 1.
Тел.: 8(727) 251 59 89, 90 91 92, факс: 8 (727) 251 59 12 вн. 107; E-mail: RDC-Almaty@eksno.kz
Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелміген.
Сертификация туралы ақпарат сайты: www.eksno.ru/certification

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ
о техническом регулировании можно получить по адресу: <http://eksno.ru/certification/>

Өндірген мемлекет: Ресей
Сертификация қарастырылған

Дата изготовления / Подписано в печать 07.08.2017.
Формат 84x108^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 28,56.
Тираж 9 000 экз. Заказ 4136.

Отпечатано с электронных носителей издательства
ОАО «Тверский полиграфический комбинат» 170024, г. Тверь, пр-т Ленина, 5.
Телефон: (4822) 44-52-03, 44-50-34, Телефон/факс: (4822) 44-42-15
Home page - www.tverpk.ru Электронная почта (E-mail) - sales@tverpk.ru



ISBN 978-5-04-004641-6



9 785040 046416 >

