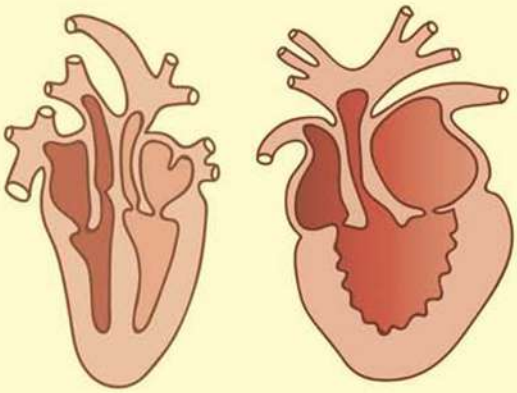
Д. А. Соловков



# ЕГЭ по биологии
## Практическая подготовка

**5-е издание**

- **Разделы биологии: ботаника, зоология, анатомия, общая биология**
- **Тесты по отдельным темам и по каждому разделу**
- **Итоговые тесты в новом формате ЕГЭ по всему курсу**

bhv®

Д. А. Соловков

# ЕГЭ по биологии
## Практическая подготовка
**5-е издание**

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2017

УДК 58+59(075.3)
ББК 28я72
С60

**Соловков Д. А.**

С60 ЕГЭ по биологии. Практическая подготовка. — 5-е изд., испр. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2017. — 640 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-3843-5

Рассмотрены разделы школьного курса биологии, необходимые для подготовки абитуриентов к сдаче ЕГЭ по этому предмету: ботаника, зоология, анатомия и общая биология. Материал систематизирован по разделам и темам: сначала компактно излагаются теоретические знания, далее для закрепления материала предлагаются тесты по отдельным темам и по всему пройденному разделу, и как завершение — итоговые тесты по всему курсу в формате ЕГЭ, составленные на основе анализа вопросов ЕГЭ из открытого банка заданий. В пособии делается акцент на анатомию человека и общую биологию, вопросы по которым составляют основную часть заданий ЕГЭ. Учтены возросшие требования в связи с усложнением ЕГЭ, приводятся итоговые тесты в формате ЕГЭ с учетом спецификатора 2017 года с ответами.

В пятом издании переработаны некоторые рисунки и добавлены ответы ко всем тематическим тестам.

*Для образовательных учреждений*

УДК 58+59(075.3)
ББК 28я72

**Группа подготовки издания:**

| | |
|---|---|
| Главный редактор | *Екатерина Кондукова* |
| Зам. главного редактора | *Людмила Еремеевская* |
| Зав. редакцией | *Екатерина Капалыгина* |
| Редактор | *Анна Кузьмина* |
| Компьютерная верстка | *Ольги Сергиенко* |
| Корректор | *Зинаида Дмитриева* |
| Дизайн обложки | *Марины Дамбиевой* |

"БХВ-Петербург", 191036, Санкт-Петербург, Гончарная ул., 20.

ISBN 978-5-9775-3843-5

© Соловков Д. А., 2017
© Оформление, издательство "БХВ-Петербург", 2017

# Оглавление

**Предисловие** ..... **15**

**Предисловие к четвертому и пятому изданиям** ..... **16**

**Глава 1. Ботаника** ..... **17**

Строение клетки растения ..... 19

Ткани растений ..... 20

Образовательные ткани (меристемы) ..... 20

Покровные ткани ..... 21

Механические ткани ..... 22

Проводящие ткани ..... 23

Выделительные ткани ..... 25

Основные ткани ..... 26

Органы растений ..... 26

Вегетативные органы растений ..... 26

Корень ..... 26

Побег ..... 32

Почка ..... 33

Лист ..... 34

Стебель ..... 40

Вегетативное размножение ..... 44

Генеративные органы растений ..... 45

Семя ..... 45

Цветок ..... 48

Соцветия ..... 51

Плоды ..... 53

Тест по анатомии и морфологии растений ..... 56

Систематика растений ..... 61

Водоросли ..... 62

Отдел Зеленые водоросли ..... 62

Отдел Бурые водоросли ..... 65

Отдел Красные водоросли (Багрянки) ..... 66

Значение водорослей в природе и использование их человеком ..... 66

Отдел Мохообразные ....67
Общие признаки....67
Класс Печеночники или Печеночные мхи....67
Класс Листостебельные мхи или Мхи ....67
Подкласс Зеленые мхи ....68
Подкласс Сфагновые мхи (Белые мхи, Торфяные мхи)....69
Образование торфа ....70
Значение моховидных ....70
Отдел Риниофиты (Псилофиты)....70
Папоротникообразные....70
Общие признаки....70
Отдел Папоротниковидные (Папоротники) ....71
Отдел Плауновидные....72
Отдел Хвощевидные....73
Древние папоротникообразные ....74
Образование каменного угля ....75
Значение папоротникообразных....75
Семенные растения....75
Отдел Голосеменные ....75
Значение голосеменных ....78
Отдел Покрытосеменные (Цветковые) ....78
Генетические наборы у растений ....86
Растительные сообщества (фитоценозы)....87
Тест по систематике растений....88
Царство Дробянки ....92
Бактерии ....93
Строение....93
Размножение ....93
Питание....94
Условия жизни ....94
Значение бактерий ....95
Цианобактерии....95
Царство Грибы....96
Питание....96
Размножение ....96
Классификация грибов ....97
Отдел Зигомицеты ....97
Отдел Аскомицеты ....97
Отдел Базидиомицеты ....98
Значение грибов....100
Лишайники....100
Значение лишайников....102
Тест по бактериям, грибам и лишайникам ....102
Итоговый тест по ботанике....105

**Глава 2. Зоология ....113**
Систематика животных....114
Подцарство Одноклеточные (Простейшие) ....114
Строение простейших ....115

Жизнедеятельность простейших ..... 115
Систематика простейших ..... 116
Тип Саркожгутиконосцы ..... 116
Тип Апикомплекса ..... 119
Тип Инфузории ..... 120
Значение простейших ..... 122
Подцарство Многоклеточные ..... 122
Тип Кишечнополостные ..... 122
Строение и общие черты организации ..... 122
Систематика типа ..... 123
Значение кишечнополостных ..... 126
Тип Плоские черви ..... 126
Общие признаки ..... 126
Происхождение ..... 127
Систематика типа ..... 127
Тип Круглые черви ..... 134
Общие признаки ..... 134
Класс Собственно Круглые черви (Нематоды) ..... 135
Происхождение ..... 137
Меры профилактики глистных болезней. Борьба с червями-паразитами ..... 137
Тип Кольчатые черви ..... 137
Общие признаки ..... 137
Происхождение ..... 138
Систематика типа ..... 138
Значение кольчатых червей ..... 141
Тип Моллюски (Мягкотелые) ..... 142
Общие признаки ..... 142
Систематика моллюсков ..... 142
Значение моллюсков ..... 146
Тип Членистоногие ..... 146
Общие признаки ..... 146
Происхождение членистоногих ..... 147
Классификация типа ..... 147
Тест по беспозвоночным животным ..... 159
Тип Хордовые ..... 165
Общие признаки ..... 166
Происхождение хордовых ..... 166
Систематика типа ..... 166
Систематика подтипа Позвоночные ..... 172
Тест по теме "Тип Хордовые" ..... 218
Итоговый тест по зоологии ..... 225

**Глава 3. Анатомия ..... 233**
Ткани человека ..... 233
Эпителиальная ткань ..... 233
Соединительная ткань ..... 236
Клетки соединительной ткани ..... 236
Волокна соединительной ткани ..... 237
Виды соединительной ткани ..... 237

Нервная ткань....239
Мышечная ткань....241
Тест по теме "Ткани"....242
Органы и системы органов....245
Нервная система....245
Отделы нервной системы....247
Спинной мозг....247
Головной мозг....248
Соматическая и вегетативная нервная система....252
Тест по теме "Нервная система"....254
Эндокринная система....258
Гипоталамус....258
Гипофиз....259
Эпифиз (шишковидное тело)....259
Щитовидная железа....260
Околощитовидные (паращитовидные) железы....260
Вилочковая железа (тимус)....261
Надпочечники....261
Поджелудочная железа....262
Половые железы....262
Желтое тело....262
Плацента....262
Нейроэндокринная регуляция....263
Тест по теме "Эндокринная система"....264
Опорно-двигательный аппарат....267
Скелет....267
Череп....267
Скелет туловища....268
Верхняя конечность....270
Нижняя конечность....270
Состав костей....272
Строение кости....272
Классификация костей....273
Соединение костей....273
Повреждения скелета....274
Заболевания опорно-двигательного аппарата....275
Мышцы человека....275
Строение скелетной мышцы....276
Работа мышц....276
Тест по теме "Опорно-двигательный аппарат"....277
Внутренняя среда организма....281
Тканевая жидкость....281
Лимфа....282
Кровь....282
Состав крови....282
Свертывание крови....285
Группы крови....285

Иммунитет ....286
Нарушения иммунитета ....287
Тест по теме "Кровь" ....288
Кровеносная система ....291
Сердце ....291
Строение сердца ....291
Работа сердца ....293
Сосуды ....293
Круги кровообращения ....294
Первая помощь при кровотечениях ....296
Факторы, приводящие к болезням кровеносной системы ....296
Лимфатическая система ....297
Тест по теме "Кровеносная и лимфатическая системы" ....298
Пищеварительная система ....302
Методы изучения пищеварения ....302
Строение пищеварительной системы ....303
Отделы пищеварительного тракта ....304
Пищеварительные железы ....307
Слюнные железы ....307
Печень ....307
Поджелудочная железа ....308
Пищеварение ....309
Пищеварение в ротовой полости ....309
Пищеварение в желудке ....309
Пищеварение в кишечнике ....310
Всасывание ....311
Болезни желудочно-кишечного тракта ....311
Влияние курения и алкоголя на пищеварение ....312
Тест по теме "Пищеварительная система" ....312
Обмен веществ и энергии ....316
Обмен белков ....316
Обмен углеводов ....317
Обмен жиров ....317
Обмен воды и минеральных веществ ....318
Режим питания ....318
Витамины ....319
Тест по теме "Обмен веществ. Витамины" ....320
Дыхательная система ....324
Строение дыхательной системы ....324
Воздухоносные пути ....324
Респираторная часть ....326
Механизмы дыхания ....327
Внешнее дыхание ....327
Транспорт газов кровью ....329
Тканевое (внутреннее) дыхание ....329
Регуляции дыхания ....329
Дыхание при повышенном атмосферном давлении ....330
Дыхание при пониженном атмосферном давлении ....330

Болезни органов дыхания....331
Влияние курения на дыхательную систему....331
Первая помощь при остановке дыхания....332
Тест по теме "Дыхательная система"....332
Кожа....336
Строение кожи....336
Железы кожи....337
Производные кожи....338
Терморегуляция....338
Нарушение терморегуляции....339
Повреждения кожи....339
Гигиена кожи и одежды....340
Закаливание....340
Выделительная система....341
Строение выделительной системы....341
Почки....342
Мочеточники....343
Мочевой пузырь....343
Мочеиспускательный канал....343
Механизмы мочеобразования....344
Регуляция работы выделительной системы....344
Болезни мочевыделительной системы....344
Гигиена мочевыделительной системы....345
Тест по теме "Кожа. Почки. Выделение"....345
Анализаторы....349
Зрительный анализатор....349
Строение глаза....350
Зрительное восприятие....352
Нарушение зрения....352
Первая помощь при повреждении глаз....353
Гигиена зрения....354
Слуховой анализатор....354
Строение органа слуха....354
Слуховое восприятие....355
Работа вестибулярного аппарата....356
Гигиена слуха....356
Обонятельный анализатор....356
Вкусовой анализатор....357
Кожный анализатор....357
Тест по теме "Анализаторы"....358
Высшая нервная деятельность....361
Торможение....362
Нарушения высшей нервной деятельности и их профилактика....363
Итоговый тест по анатомии....364

**Глава 4. Общая биология....373**
Признаки живых организмов....373
Уровни организации жизни....373

Цитология ... 374
Методы исследования клетки ... 374
Клеточная теория ... 375
Молекулярный состав клетки ... 375
Неорганические вещества клетки ... 376
Органические вещества клетки ... 376
Белки ... 377
Углеводы ... 378
Липиды ... 379
АТФ ... 380
Нуклеиновые кислоты ... 380
Формы жизни ... 382
Вирусы ... 383
Прокариоты ... 384
Эукариоты ... 385
Метаболизм клетки ... 394
Диссимиляция у аэробов ... 395
Диссимиляция у анаэробов ... 396
Ассимиляция у автотрофов ... 397
Ассимиляция у гетеротрофов ... 399
Строение гена ... 402
Биотехнология ... 404
Размножение клеток ... 404
Интерфаза ... 404
Митоз ... 404
Мейоз ... 406
Амитоз ... 407
Тест по теме "Цитология" ... 407
Размножение и индивидуальное развитие организмов ... 413
Бесполое размножение ... 413
Половое размножение ... 414
Гаметогенез ... 415
Сперматогенез ... 415
Овогенез ... 416
Онтогенез ... 416
Оплодотворение ... 416
Эмбриональный период ... 417
Постэмбриональный период ... 419
Тест по теме "Размножение организмов. Гаметогенез. Онтогенез" ... 420
Генетика ... 426
Методы генетики ... 426
Основные термины генетики ... 427
Законы Менделя ... 428
Первый закон Менделя (закон единообразия гибридов $F_1$) ... 428
Второй закон Менделя (закон расщепления) ... 428
Закон (гипотеза) чистоты гамет ... 429
Третий закон Менделя (закон независимого наследования) ... 429
Анализирующее скрещивание ... 431

Взаимодействие генов ....431
Взаимодействие аллельных генов ....431
Взаимодействие неаллельных генов ....432
Сцепленное наследование генов....433
Генетика пола....435
Сцепленное с полом наследование....436
Признаки организма ....437
Изменчивость....437
Фенотипическая изменчивость....437
Генотипическая изменчивость....438
Закон гомологических рядов ....440
Генетика человека....440
Методы генетики человека ....441
Типы наследования признаков у человека ....442
Селекция ....442
Центры происхождения культурных растений ....442
Центры происхождения домашних животных....443
Методы селекции....443
Тест по теме "Генетика и селекция"....445
Эволюция....451
Теории эволюции....451
Креационизм ....451
Трансформизм....452
Эволюционизм ....452
Доказательства эволюции ....454
Микроэволюция ....457
Факторы эволюции ....457
Приспособленность организмов....461
Вид, его критерии и структура ....462
Видообразование ....463
Макроэволюция ....464
Направления макроэволюции....465
Пути макроэволюции ....465
Формы макроэволюции....466
Возникновение и развитие жизни на Земле....466
Геологическая история Земли....468
Криптозой....469
Фанерозой....470
Происхождение человека (антропогенез)....472
Систематика человека ....472
Доказательства происхождения человека от животных....472
Эволюция человека....474
Расы человека....475
Тест по теме "Эволюция. Развитие жизни на Земле. Антропогенез"....476
Экология....484
Методы экологии....484
Экологические факторы ....484
Действие экологических факторов....486

Основные среды жизни ....487
Основные пути приспособления организмов к среде ....488
Биологические ритмы организмов ....489
Популяция ....489
Характеристики популяции ....491
Численность популяций ....492
Сообщества....493
Видовая структура сообщества ....494
Связи в биогеоценозе. Биологическая продуктивность. Экологическая пирамида ....495
Взаимосвязи популяций в биогеоценозе....497
Саморегуляция биогеоценоза ....498
Примеры естественных биогеоценозов ....498
Устойчивость биогеоценоза....499
Смена сообществ ....499
Искусственные экосистемы (агроценозы)....500
Биосфера....501
Круговорот веществ в биосфере....503
Превращение энергии в биосфере....505
Эволюция биосферы....506
Основные пути отрицательного воздействия человека на природу ....506
Основные загрязнители окружающей среды....506
Воздействие человека на растительность и животный мир ....507
Охрана окружающей среды ....508
Тест по теме "Экология" ....508
Итоговый тест по общей биологии ....515

**Итоговые тесты в формате ЕГЭ ....523**
Вариант 1....523
Вариант 2....530
Вариант 3....537
Вариант 4....544
Вариант 5....552
Вариант 6....560

**ПРИЛОЖЕНИЯ ....569**

**Приложение 1. Черепно-мозговые нервы ....571**

**Приложение 2. Некоторые скелетные мышцы человека ....572**

**Приложение 3. Половая система. Размножение и развитие человека....573**
Мужская половая система....573
Женская половая система ....573
Развитие человека....574
Гигиена беременной женщины....575
Возрастные периоды развития человека ....575

**Приложение 4. Некоторые психические процессы человека ..... 577**
Память ..... 577
Эмоции ..... 577
Речь ..... 578
Мышление ..... 578
Сон ..... 578
Темперамент ..... 579

**Приложение 5. Таблица генетического кода (и-РНК) ..... 580**

**Приложение 6. Некоторые хромосомные болезни человека ..... 581**

**Приложение 7. Наследственность и изменчивость организмов по Дарвину .... 582**

**Приложение 8. Правила макроэволюции ..... 583**

**Ответы к тематическим тестам ..... 585**
Глава 1. Ботаника ..... 585
Тест по анатомии и морфологии растений ..... 585
Часть А ..... 585
Часть В ..... 585
Часть С ..... 586
Тест по систематике растений ..... 586
Часть А ..... 586
Часть В ..... 587
Часть С ..... 587
Тест по бактериям, грибам и лишайникам ..... 588
Часть А ..... 588
Часть В ..... 588
Часть С ..... 588
Итоговый тест по ботанике ..... 589
Часть А ..... 589
Часть В ..... 589
Часть С ..... 589
Глава 2. Зоология ..... 590
Тест по беспозвоночным животным ..... 590
Часть А ..... 590
Часть В ..... 590
Часть С ..... 591
Тест по теме "Тип Хордовые" ..... 591
Часть А ..... 591
Часть В ..... 592
Часть С ..... 592
Итоговый тест по зоологии ..... 593
Часть А ..... 593
Часть В ..... 593
Часть С ..... 593

Глава 3. Анатомия ....594
Тест по теме "Ткани" ....594
Часть А ....594
Часть В ....594
Часть С ....594
Тест по теме "Нервная система" ....595
Часть А ....595
Часть В ....595
Часть С ....595
Тест по теме "Эндокринная система" ....595
Часть А ....595
Часть В ....596
Часть С ....596
Тест по теме "Опорно-двигательный аппарат" ....596
Часть А ....596
Часть В ....596
Часть С ....597
Тест по теме "Кровь" ....597
Часть А ....597
Часть В ....597
Часть С ....597
Тест по теме "Кровеносная и лимфатическая системы" ....598
Часть А ....598
Часть В ....598
Часть С ....598
Тест по теме "Пищеварительная система" ....599
Часть А ....599
Часть В ....599
Часть С ....599
Тест по теме "Обмен веществ. Витамины" ....600
Часть А ....600
Часть В ....600
Часть С ....600
Тест по теме "Дыхательная система" ....601
Часть А ....601
Часть В ....601
Часть С ....601
Тест по теме "Кожа. Почки. Выделение" ....602
Часть А ....602
Часть В ....602
Часть С ....602
Тест по теме "Анализаторы" ....603
Часть А ....603
Часть В ....603
Часть С ....603
Итоговый тест по анатомии ....604
Часть А ....604
Часть В ....604
Часть С ....604

Глава 4. Общая биология ....605
Тест по теме "Цитология" ....605
Часть А....605
Часть В....606
Часть С....606
Тест по теме "Размножение организмов. Гаметогенез. Онтогенез"....606
Часть А....606
Часть В....607
Часть С....607
Тест по теме "Генетика и селекция"....608
Часть А....608
Часть В....608
Часть С....608
Тест по теме "Эволюция. Развитие жизни на Земле. Антропогенез"....609
Часть А....609
Часть В....609
Часть С....609
Тест по теме "Экология" ....610
Часть А....610
Часть В....611
Часть С....611
Итоговый тест по общей биологии ....612
Часть А....612
Часть В....612
Часть С....612

**Ответы к итоговым тестам в формате ЕГЭ....615**
Часть 1 ....615
Часть 2 ....616
Вариант 1 ....616
Вариант 2 ....617
Вариант 3 ....618
Вариант 4 ....619
Вариант 5 ....620
Вариант 6 ....622

**Список иллюстраций....625**

**Предметный указатель ....631**

# Предисловие

Итак, вы держите в руках пособие по биологии для поступающих в вузы, и у вас возникает логичный вопрос: а чем же оно отличается от других книг со схожим названием? Стоит ли его покупать? Поможет ли эта книга в подготовке к ЕГЭ и к другим экзаменам? Я с удовольствием отвечу на эти вопросы.

Во-первых, мое пособие разрабатывалось и апробировалось в течение нескольких лет, поэтому перед вами не "скороспелое" издание, а книга, материал которой отшлифовывался годами работы с абитуриентами, а каждая глава проходила многократную проверку. Все темы, которые изложены в ней, необходимы для успешной сдачи ЕГЭ на самые высокие баллы. Во-вторых, тесты в книге составлены на основе анализа вопросов ЕГЭ из открытого банка заданий и полностью соответствуют требованиям программы по биологии, предъявляемым к выпускнику 11 классов. В-третьих, книга имеет четкую структуру: сначала изложены теоретические основы данного раздела биологии, затем идут тематические тесты, а каждая глава оканчивается итоговым тестом по всему пройденному материалу.

Если говорить непосредственно о ЕГЭ и подготовке к нему, то основной особенностью программы по биологии является огромный объем фактического материала. На экзамене от абитуриента требуется за очень короткий срок (3 часа) воспроизвести материал, который изучается в школе за годы учебы в 6—11 классах, поэтому абитуриент должен обладать глубокими, структурированными знаниями по предмету, а также четко представлять себе план ответа на каждый вопрос.

Курс биологии, необходимый абитуриенту для успешной сдачи ЕГЭ, состоит из четырех разделов: ботаника, зоология, анатомия и общая биология, т. е. по сути экзамен по биологии включает в себя 4 предмета. Распределение их в тесте неравномерное, поэтому основной упор в книге сделан на анатомию человека и общую биологию, составляющие свыше 75% экзамена.

При работе с теоретическими материалами абитуриент должен четко понимать, что просто прочитать тему и сделать по ней тест недостаточно для усвоения информации. Для того чтобы знания сохранились в голове, а не выветрились из памяти через несколько недель, необходимо регулярно повторять пройденное и не пытаться механически запоминать информацию — это надо делать осмысленно, с полным погружением в предмет.

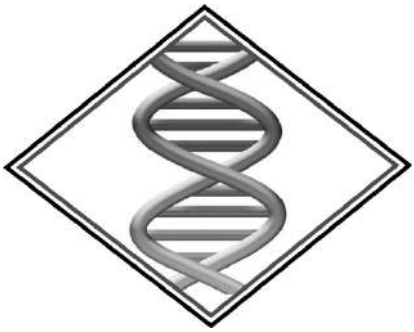
И последнее: я всегда говорю своим ученикам, что высокие баллы на экзамене — это сочетание трех вещей: знаний, психологической устойчивости и удачи. Первые две вещи зависят от вас, и только от вас. Поэтому я желаю вам удачи на экзамене!

# Предисловие к четвертому и пятому изданиям

В предисловии к 5-му изданию мне бы хотелось сказать об изменениях в его составе. Самое существенное изменение коснулось итоговых тестов в формате ЕГЭ, т. к. с 2017 г. в ЕГЭ по биологии полностью изменена часть 1: из нее убраны вопросы с одним правильным ответом из четырех. Часть 2 при этом осталась без изменений. В этом издании все итоговые тесты полностью приведены к новому формату и добавлены ответы к ним. Также добавлены ответы к тематическим тестам в главах.

В 4-м издании был серьезно скорректирован *разд. "Экология"* в *главе 4*, добавлено в общей сложности 54 новых рисунка и схемы (из них 17 в *главу 1* ("Ботаника"), 19 — в *главу 2* ("Зоология"), 8 — в *главу 3* ("Анатомия") и 10 — в *главу 4* ("Общая биология")), а также около 10 таблиц. Наиболее важными таблицами можно считать следующие: по генетическим наборам растений *(см. главу 1)*, характеристике основных типов червей, классов типа Членистоногие и классов типа Хордовые *(см. главу 2)* и эндокринным железам и их гормонам *(см. главу 3)*.

Необходимо отметить, что за прошедшие 2 года наблюдается усложнение ЕГЭ по биологии, в связи с чем серьезно возросли требования ко многим разделам. Поэтому в 4-е издание были добавлены новые тексты или существенно переработаны старые по следующим темам: "Строение стебля однодольных", "Цианобактерии", "Нарушения иммунитета", "Вирусы", "Хемосинтез", "Репликация ДНК", "Амитоз".



# ГЛАВА 1

# Ботаника

Ботаника (от греч. *"ботане"* — зелень, трава) — это наука о растениях, изучающая их внешнее и внутреннее строение, процессы их жизнедеятельности, значение и распространение в природе, взаимодействие растений и окружающей среды. В Европе первые работы о растениях были написаны греческим ученым Теофрастом, который и считается основателем ботаники.

Растения распространены на Земле повсеместно. За исключением высокогорных районов и полюсов, вся суша покрыта растительными сообществами. Исторически сложившуюся совокупность видов растений, обитающих на определенной территории, называют *флорой*. Ее обычно подразделяют на дикорастущую и культурную. Совокупность растительных сообществ (фитоценозов) Земли или отдельных ее регионов называют *растительностью*. Распределение растительности зависит от условий обитания (прежде всего, от типа почвы и климата) и подчиняется законам географической зональности и поясности.

### Основные признаки растений

- Автотрофный тип питания — растения способны синтезировать органические вещества из неорганических в процессе фотосинтеза.
- Особенности строения клетки: наличие жесткой клеточной оболочки из целлюлозы и пектиновых веществ, центральной вакуоли, пластид. В клетках высших растений отсутствует клеточный центр.
- Поглощение веществ только в виде жидкостей или газов.
- Неспособность к передвижению (*искл.:* некоторые одноклеточные водоросли).
- Рост в течение всей жизни.
- Запасное вещество — крахмал.

### Высшие и низшие растения

По морфологической организации выделяют две группы растений: высшие и низшие. Тело низших растений не разделено на органы и ткани, оно представлено одной клеткой или слоевищем (многоклеточное образование). Большинство низших

растений обитает в воде. Согласно современным представлениям, к низшим растениям относятся только водоросли.

Высшие растения имеют органы и ткани и преимущественно обитают на суше (хотя встречаются виды, обитающие в воде). К ним относятся споровые (Мохообразные, Папоротниковидные, Хвощевидные и Плауновидные) и семенные растения (Голосеменные и Покрытосеменные).

**Значение растений**

- В природе:
  - выделение кислорода, необходимого для дыхания живых организмов;
  - переводят энергию Солнца в энергию химических связей (космическая роль);
  - начальное звено цепей питания.
- В жизни человека:
  - употребляются в пищу;
  - декоративное;
  - используются в строительстве;
  - топливо;
  - сырье для текстильной, химической, бумажной, парфюмерной и косметической промышленности;
  - получение лекарств.

**Жизненные формы растений**

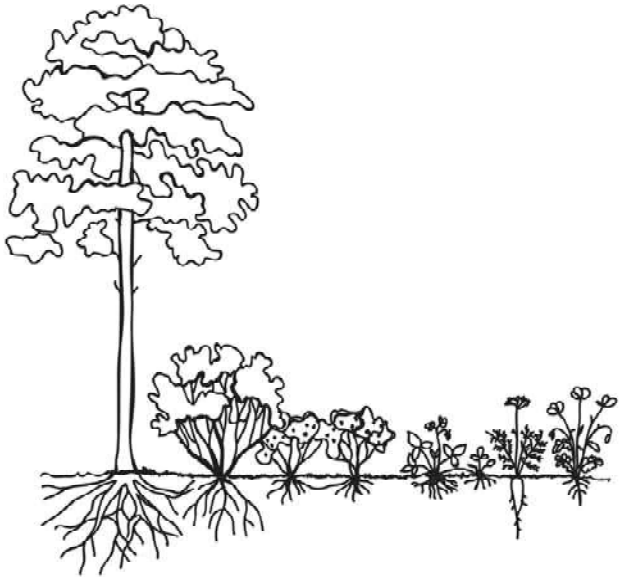
Жизненная форма растения (рис. 1.1) — это внешний облик растения, отражающий приспособленность к определенным условиям среды обитания.

Выделяют 4 основные жизненные формы.

- *Дерево* — это многолетнее растение с одним главным стеблем (стволом) и совокупностью боковых побегов, образующих крону. Стебель обычно одревесневший и прямостоячий. Продолжительность жизни может достигать несколько тысяч лет.
- *Кустарник* — это многолетнее растение с несколькими стеблями (стволиками). Стебель обычно также одревесневший и прямостоячий. Продолжительность жизни отдельного стволика составляет от 2 (малина) до 20—25 лет (орешник), но общая продолжительность жизни всего растения может составлять несколько сотен лет. Необходимо отметить, что в зависимости от условий произрастания некоторые растения могут быть либо кустарниками, либо деревьями (например, рябина).
- *Кустарничек* — это небольшие кустарники, не превышающие в высоту 50 см (в среднем 10—30 см). Часто они имеют длинные корневища. Продолжительность жизни отдельных кустиков составляет в среднем 5—10 лет, растение в це-

лом может существовать несколько сотен лет. К кустарничкам относятся черника, брусника, клюква, мирт, вереск.

- *Травы* — это растения, имеющие неодревесневший стебель. В умеренном поясе надземные побеги трав чаще всего живут всего один вегетационный период, после чего отмирают. По продолжительности жизни травы делят на однолетние, двулетние и многолетние. Однолетние травы за один сезон проходят один или несколько циклов развития от семени до взрослого растения, которое после образования плодов погибает (пастушья сумка, ярутка). Двулетние травы в первый год существования формируют только вегетативные органы, а на второй год образуют генеративные органы и после образования плодов погибают (морковь, свекла, капуста). Многолетние травы живут несколько десятков лет, ежегодно образуя новые надземные побеги, отмирающие в конце вегетационного периода. К многолетним травам относится большинство травянистых растений. Самым высоким травянистым растением является банан, достигающий 8—10 м.



Дерево Кустарник Кустарничек Травы

**Рис. 1.1.** Жизненные формы растений

# СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ РАСТЕНИЯ

Клетка растений характеризуется наличием *оболочки*, которая состоит из целлюлозы и пектиновых веществ. Под оболочкой располагается цитоплазматическая мембрана. Внутри клетки находится цитоплазма с комплексом органоидов, присущих всем эукариотам, и ядро. Необходимо отметить, что в клетке растений содержатся органоиды, не характерные для других эукариот: вакуоль и пластиды.

Более подробно строение клетки рассмотрено в *главе 4*.

# ТКАНИ РАСТЕНИЙ

*Ткань* — это группа клеток и межклеточного вещества, схожих по строению, происхождению, которая приспособлена к выполнению одной или нескольких функций. Ткани бывают простые (состоят из однородных клеток) и сложные (состоят из различных по форме клеток).

Клетки, относящиеся к одной ткани, могут быть рассеяны поодиночке среди клеток других тканей и разобщены между собой. Такие клетки называют *идиобластами*.

У растений выделяют образовательные, покровные, проводящие, механические, основные и выделительные ткани.

## ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ (МЕРИСТЕМЫ)

Они образуют новые клетки и обеспечивают рост растения. Способность к делению сохраняется только у клеток меристем. Возникающие из меристем клетки дифференцируются и дают начало всем тканям растений. Меристемы могут сохраняться в течение всей жизни растений (у некоторых деревьев — тысячи лет и более).

Все образовательные ткани состоят из недифференцированных клеток. Их клетки характеризуются небольшими размерами, тонкой оболочкой, относительно крупным ядром, занимающим центральное положение, отсутствием крупной центральной вакуоли и хлоропластов. В цитоплазме много рибосом и митохондрий, что связано с интенсивно протекающими процессами синтеза белков и других веществ.

Выделяют несколько типов меристем.

- *Верхушечные (апикальные) меристемы* — находятся на вершине вегетативных органов (побег, корень). Они наращивают соответствующие органы в длину.
- *Боковые меристемы* — находятся в осевых органах и образуют цилиндрические слои, на поперечном разрезе имеющие вид колец. Одни из боковых меристем возникают непосредственно на вершине органа в тесной связи с верхушечными меристемами — их называют первичными (прокамбий и перицикл). Другие боковые меристемы возникают позже и их называют вторичными (камбий и феллоген). Вторичные боковые меристемы у большинства однодольных растений отсутствуют. *Камбий* определяет рост органа в толщину. Клетки камбия двух типов: длинные веретеновидные и короткие.
- *Вставочные меристемы* — находятся в основаниях междоузлий (например, у злаков). Они обеспечивают быстрый вставочный рост побега, имеют временный характер и в конце концов превращаются в постоянные ткани. Также вставочные меристемы встречаются в основании черешков листьев.
- *Раневые (травматические) меристемы* — возникают при залечивании поврежденных тканей и органов. Они возникают у поврежденного участка путем дедифференциации живых клеток с последующим образованием пробки или других тканей.

## Покровные ткани

Они располагаются на поверхности органов растений. Функции: барьерная, защита от высыхания, повреждения и поедания животными; газообмен, испарение воды, поглощение веществ.

Выделяют первичные (образуются из первичных меристем) и вторичные (возникают из феллогена) покровные ткани.

*Эпидерма*, или *кожица* (рис. 1.2), находится на поверхности листьев, молодых стеблей, цветков. Клетки эпидермы живые, прозрачные и очень прочно соединены друг с другом, межклеточное вещество практически отсутствует. Снаружи находится кутикула (это вещество, состоящее из растительных восков). Эпидерма защищает растение от потери воды и механических повреждений, выполняет барьерную функцию, участвует в выделении разных веществ, может функционировать как всасывающая ткань.

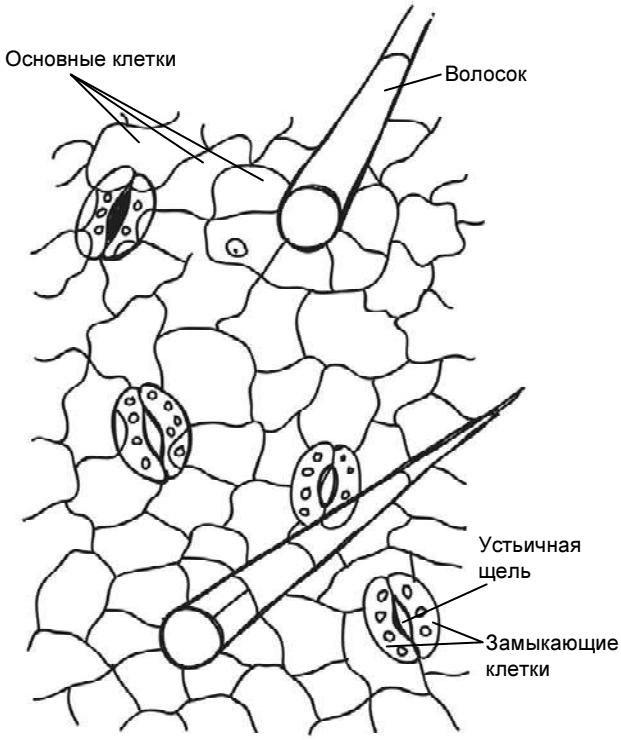



**Рис. 1.2.** Строение эпидермы

Эпидерма также имеет составляющие.

- *Основные клетки* — это основная масса эпидермы. Часто данные клетки имеют извилистые стенки для увеличения прочности. Хлоропласты этих клеток мелкие и немногочисленные.

- *Устьица* состоят из замыкающих клеток с неравномерно утолщенными оболочками, между которыми находится устьичная щель. Эта щель может изменять свой просвет, регулируя транспирацию и газообмен. Иногда клетки, прилегающие к замыкающим, отличаются от основных клеток эпидермы, — тогда их называют околоустьичными клетками. Околоустьичные клетки вместе с замыкающими клетками образуют устьичный комплекс. Днем, во время фотосинтеза, замыкающие клетки поглощают ионы калия, в них повышается осмотическое давление и увеличивается объем (за счет всасывания воды), оболочка неравномерно растягивается и устьичная щель открывается. Ближе к вечеру интенсивность фотосинтеза падает, происходит отток ионов и воды из замыкающих клеток, их объем уменьшается и устьичная щель закрывается.
- *Трихомы (волоски)* — это наружные выросты эпидермы.

*Ризодерма (эпиблема)* — первичная покровная ткань молодого корня. Клетки расположены в один ряд, они живые, с тонкой оболочкой, содержат много рибосом и митохондрий. В зоне всасывания клетки ризодермы образуют выросты — корневые волоски.

*Перидерма* — это вторичная покровная ткань. Она образуется на стебле и корне и состоит из нескольких слоев клеток. В умеренном климате у растений появляется в середине лета.

В перидерме выделяют три части: *пробку* (расположена на поверхности органов и составляет основную массу перидермы; клетки пробки мертвые и плотно прилегают друг к другу), *феллоген* (вторичная меристема, состоящая из одного слоя клеток; за счет его работы перидерма растет в толщину) и *феллодерму* (выполняет функцию питания феллогена). Основные функции: защита от потери влаги, барьер, механическая защита, защита от переохлаждения и перегрева. В пробке есть участки с рыхло расположенными клетками — чечевичками (служат для газообмена). На зиму чечевички закрываются.

*Корка (ритидом)* — образуется у большинства деревьев на смену перидерме (у яблони через 6—8 лет, у граба — через 50 лет). У некоторых деревьев не образуется (эвкалипт). Корка состоит из чередующихся слоев пробки и прочих отмерших тканей коры. Клетки корки мертвые и не могут растягиваться, поэтому на ней периодически образуются трещины, которые не доходят до живых тканей.

## Механические ткани

Функции: защитная, поддержание определенного положения органов в пространстве. У водных растений механические ткани развиты слабо или не развиты вообще.

*Колленхима* — это первичная механическая ткань молодых побегов, которая состоит из живых клеток с неравномерно утолщенными клеточными стенками. Ее клетки не одревесневают и благодаря этому растяжимы, что позволяет расти органу в целом. Чаще всего находится непосредственно под эпидермой. Выделяют уголковую и пластинчатую колленхиму. Клетки уголковой колленхимы характеризуются оболочкой, утолщенной по углам; при этом оболочки соседних клеток сливаются меж-

ду собой, образуя многоугольники. В клетках пластинчатой колленхимы утолщенные части оболочки расположены параллельно поверхности стебля.

*Склеренхима* состоит из мертвых клеток, с очень толстыми, равномерно утолщенными и одревесневшими оболочками. Склеренхима находится сразу под покровными тканями или располагается около проводящих тканей. По прочности клетки склеренхимы близки к стали, а по способности противостоять динамическим нагрузкам превосходят ее. Выделяют первичную (возникает из первичных меристем) и вторичную (образуется из клеток камбия) склеренхиму.

Различают два основных типа склеренхимы: волокна и склереиды. *Волокна* представляют собой сильно вытянутые клетки, с очень толстой оболочкой и узкой полостью. Волокна, входящие в состав флоэмы, называются лубяными, а входящие в состав ксилемы — древесинными. *Склереиды* могут быть округлыми, ветвистыми или иной формы. Могут образовывать сплошные группы (скорлупа ореха, косточка сливы) или располагаться среди других тканей поодиночке, в виде идиобластов (плоды груши).

## Проводящие ткани

Основная функция — транспорт веществ по растению. Проводящие ткани разделяются на первичные (развиваются из первичных образовательных тканей) и вторичные (образуются из производных камбия). Включают две группы — ксилему (древесина) и флоэму (луб). По ксилеме снизу вверх (от корней к листьям — восходящий ток) поднимается вода с растворенными в ней минеральными веществами; также по ксилеме двигаются органические вещества, синтезируемые в корнях. По флоэме сверху вниз двигаются органические вещества (нисходящий ток); но они могут двигаться и вверх (например, к цветкам, плодам или на вершину побега).

Обе ткани образуют внутри растения непрерывную разветвленную систему, соединяя все органы растения. Обе ткани являются сложными, основными их элементами являются проводящие, которые вытянуты по направлению тока веществ.

*Ксилема* (рис. 1.3) состоит из перечисленных далее клеток.

- *Проводящие элементы:* сосуды и трахеиды. *Трахеиды* (у риниофитов, папоротникообразных, голосеменных и покрытосеменных) — сильно вытянутые в длину клетки с ненарушенными первичными стенками. Движение веществ из одной трахеиды в другую происходит путем фильтрации через поры. *Сосуды* (у покрытосеменных) — мертвые клетки с толстой оболочкой, между соседними клетками возникают сквозные отверстия, поэтому сосуд напоминает собой трубку. Оба типа проводящих элементов могут проводить вещества и в поперечном направлении. Трахеиды эволюционно более древние элементы, сосуды появились позже путем преобразования трахеид.
- *Механические волокна* — клетки с толстыми оболочками, увеличивающие прочность ткани.
- *Запасающие элементы* — живые паренхимные клетки, расположенные между проводящими элементами.

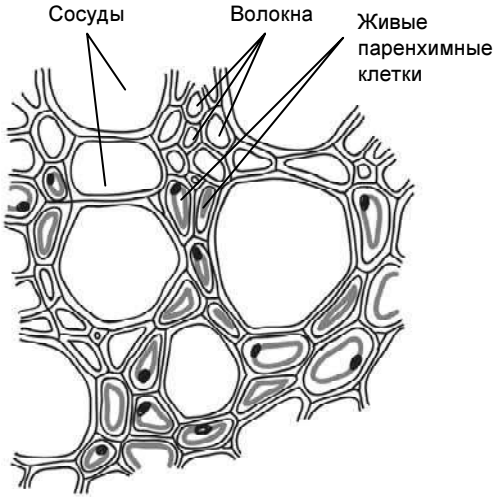



**Рис. 1.3.** Строение ксилемы

- *Лучевые элементы* — образованы живыми паренхимными клетками, выполняют функцию транспорта веществ в радиальном направлении.

*Флоэма* (рис. 1.4) состоит из перечисленных далее клеток.

- *Проводящие элементы* — это ситовидные трубки (у цветковых) и ситовидные клетки (у папоротникообразных и голосеменных). Это живые клетки, также образующие вертикальный ряд, на поперечных перегородках находится множество

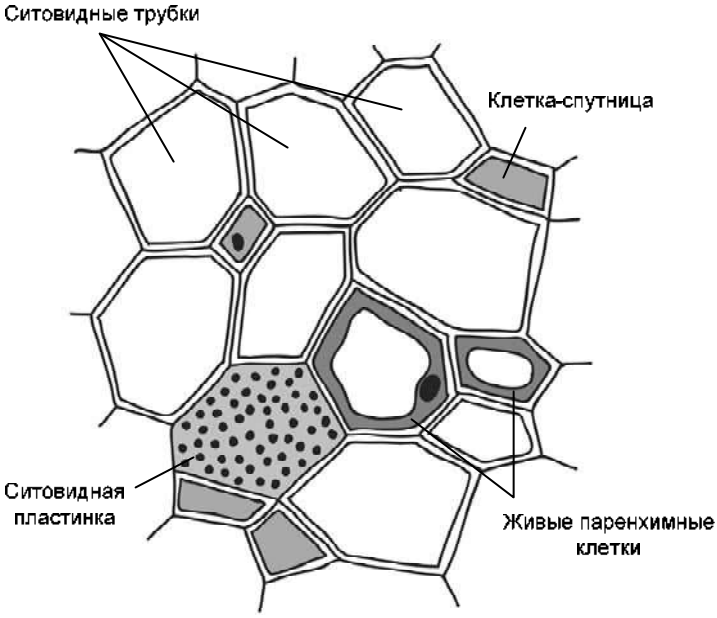



**Рис. 1.4.** Строение флоэмы

отверстий (перфораций; поэтому данная сторона напоминает сито — отсюда и название). Около отдельных клеток ситовидных трубок находятся клетки-спутницы, которые обеспечивают питание проводящих элементов. Клетки проводящих элементов в зрелом состоянии не содержат центральной вакуоли и ядер, но остаются живыми.

- *Механические элементы* — это лубяные волокна. Чаще всего залегают в виде прослоек, между которыми и под их защитой находятся живые тонкостенные элементы луба.
- *Лубяная паренхима* — образует вертикальные и горизонтальные (лубяные лучи) тяжи. Вертикальные тяжи выполняют функцию запаса веществ, горизонтальные — транспорта веществ в этом направлении.

Часто ксилема и флоэма располагаются вместе, образуя проводящие пучки. Пучки бывают открытые (в них есть камбий, обычны у двудольных) и закрытые (нет камбия, обычны у однодольных).

## Выделительные ткани

Функции: удаление продуктов обмена веществ и излишней воды; накопление и изоляция от других органов продуктов обмена веществ.

### Виды выделительной ткани

- Млечники — это живые клетки, содержащие в вакуолях млечный сок, обычно белого цвета (у чистотела — ярко-оранжевый). Млечный сок, вытекающий при повреждении млечника тропического растения гевея, называют *латексом*. Из латекса путем обработки получают натуральный каучук. Млечники бывают членистые и нечленистые. Членистые млечники образуются при слиянии содержимого отдельных клеток, контактирующих друг с другом (астровые, маковые, колокольчиковые). Нечленистые млечники представляют собой гигантскую клетку, которая непрерывно растет и ветвится (молочайные).
- Выделительные ткани наружной секреции.

  *Железистые волоски* — это производные эпидермы и/или более глубоко лежащих тканей. Они содержат различные вещества, в том числе жгучие (крапива).

  *Нектарники* выделяют сахаристую жидкость для привлечения насекомых-опылителей. Чаще всего находятся в цветках.

  *Гидатоды* выделяют наружу воду и растворенные в ней соли. Также они работают при временном избыточном поступлении воды (например, по утрам после прохладных и влажных летних ночей на поверхности листьев манжетки или земляники можно наблюдать капельки воды).
- Выделительные ткани внутренней секреции.

  *Клетки-идиобласты* рассеяны внутри органа. Они накапливают различные вещества (оксалат кальция, слизи и т. п.), в том числе ядовитые.

*Вместилища выделений* бывают схизогенные (возникают из межклетников; это смоляные ходы у хвойных) и лизигенные (возникают на месте группы клеток, которые распадаются после накопления веществ; встречаются у цитрусовых).

## Основные ткани

*Ассимиляционная* — отвечает за фотосинтез. Имеет относительно простое строение и состоит из довольно однородных тонкостенных паренхимных клеток, в которых содержится большое число хлоропластов. Эта ткань располагается в листьях и молодых стеблях непосредственно под эпидермой, реже она находится в глубине стебля, под механической тканью.

*Запасающая* — находится чаще всего в корнях и побегах или в специализированных органах (клубни, луковицы или корневища). В основном запасающие ткани в вегетативных органах формируются у многолетних растений, у однолетников запасающие ткани находятся в семенах и плодах. Эти ткани представлены живыми паренхимными клетками.

*Воздухоносная (аэренхима)* — это ткань с сильно развитыми межклетниками, основная функция которой — вентиляция. Клетки в ней могут иметь разную форму (округлую, звездчатую и т. п.). Иногда в ее состав входят механические и выделительные клетки. Наиболее сильно она развита у растений, погруженных в воду или обитающих на болоте.

*Водоносная* — это ткань, чаще всего развивающаяся у растений, обитающих в условиях недостаточного увлажнения (кактусы, агавы, алоэ). Ее основная функция — запасание воды.

# ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ

У растений выделяют следующие органы: корень, побег, состоящий из стебля, листьев и почек, цветок, семя, плод. Все перечисленные органы встречаются только у покрытосеменных растений; у голосеменных нет цветка и плода, у папоротникообразных отсутствуют цветок, семя и плод, у мохообразных есть только побег.

Корень и побег относятся к вегетативным органам, остальные — к генеративным. Вегетативные органы отвечают за питание и обмен веществ растения, т. е. обеспечивают его существование. Генеративные органы осуществляют семенное размножение растений.

Иногда встречается термин "репродуктивные органы" — это органы, служащие для размножения, т. е. к ним можно отнести и вегетативные, и генеративные органы.

## Вегетативные органы растений

### Корень

*Корень* — вегетативный осевой орган растения, обладающий радиальной симметрией и чаще всего находящийся в почве. На корнях растений никогда не образуется генеративных органов и листьев.

Функции:

- ❒ поглощение воды и минеральных веществ (минеральное питание растений);
- ❒ опора;
- ❒ запас питательных веществ;
- ❒ синтез органических веществ (фитогормоны, алкалоиды);
- ❒ втягивающая — затягивает семя в почву при прорастании.

Виды корней (рис. 1.5):

- ❒ главный (развивается из зародышевого корешка семени);
- ❒ придаточные (развиваются на подземных или надземных частях побега);
- ❒ боковые (возникают при боковом ветвлении корней, т. е. они развиваются на главном, придаточных и боковых корнях).

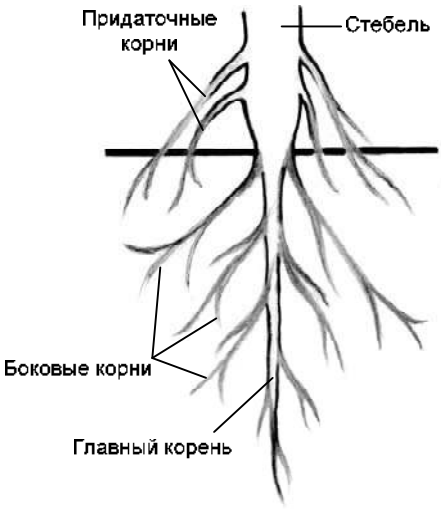



**Рис. 1.5.** Виды корней растения

По расположению в субстрате выделяют: подземные корни (находятся в почве, у большинства растений), воздушные (орхидеи), подводные (ряска) и корни-паразиты или гаустории, развитые у растений, ведущих паразитический образ жизни (повилика).

Все корни растения образуют *корневую систему*. Типы корневых систем (рис. 1.6):

- ❒ *стержневая* — главный корень четко выражен (фасоль, клен). Стержневая корневая система образована в основном главным и боковыми корнями;

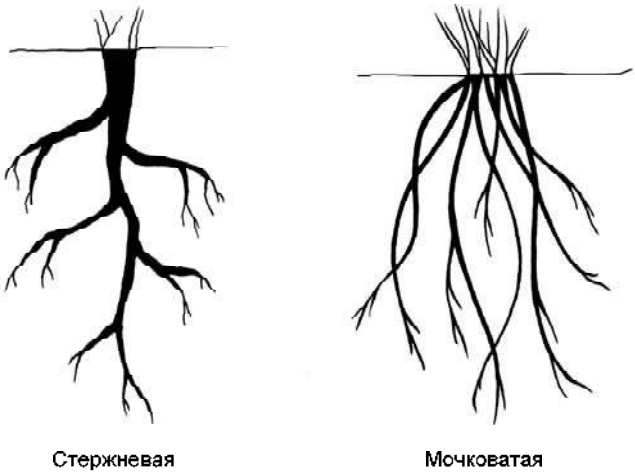



**Рис. 1.6.** Типы корневых систем

- *мочковатая* — главный корень развит слабо или отсутствует (пшеница, лук). Мочковатая корневая система в основном образована придаточными и боковыми корнями.

Ранее считалось, что у двудольных растений стержневая корневая система, у однодольных — мочковатая. В настоящее время установлено, что у многих двудольных растений мочковатая корневая система (лютик, мать-и-мачеха, земляника, подорожник большой и т. д.).

## Строение корня на продольном срезе

Корень показан на рис. 1.7. Верхушка корня покрыта корневым чехликом (это живые клетки, которые защищают верхушечную меристему корня). У паразитов и некоторых водных растений чехлик отсутствует. Начиная с верхушки, выделяют перечисленные далее зоны корня.

- *Зона деления* — находится сразу под чехликом. В ней расположена верхушечная меристема корня, которая образует новые клетки.
- *Зона роста*, в которой также происходит деление клеток, но несколько реже, и где начинается рост и дифференцировка клеток.
- *Зона всасывания*, в которой клетки ризодермы имеют выросты — корневые волоски, через которые корни растений всасывают из почвы воду и минеральные вещества. Благодаря корневым волоскам поверхность всасывания увеличивается в 10 и более раз. В корневом волоске есть крупная вакуоль, ядро смещено на кончик волоска.
- *Зона проведения и ветвления*, в которой происходит образование боковых корней, а также транспорт веществ в стебель и из стебля.

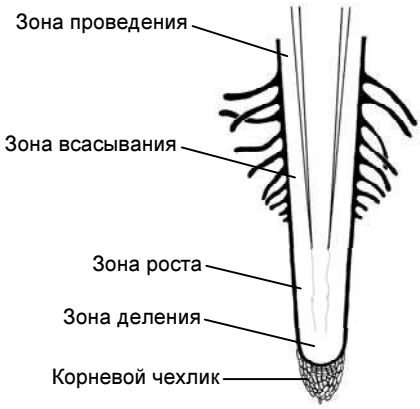



**Рис. 1.7.** Строение корня на продольном разрезе

## Строение корня на поперечном срезе

*Первичное строение корня.* В зоне деления располагаются клетки образовательной ткани, клетки которой интенсивно делятся. В зоне роста отдельные клетки продолжают делиться, а также начинается дифференцировка покровной, основной и проводящей тканей корня. Ризодерма достигает своего полного развития в зоне всасывания, где на ее клетках формируются корневые волоски. Под ризодермой расположена первичная кора, состоящая из тонкостенных живых паренхимных клеток.

Центральный цилиндр (осевой цилиндр или стела) начинает дифференцироваться в зоне роста. Его самый наружный слой образует перицикл, который впоследствии будет участвовать во вторичном утолщении корня. Под перициклом расположены

клетки прокамбия, которые дифференцируются в первичные проводящие ткани. Сначала формируется флоэма, затем ксилема (в центре корня). Ксилема образует звезду, между лучами которой расположены клетки флоэмы — так возникает радиальный проводящий пучок. Сердцевина в корне не образуется.

Первичное строение корня сохраняется в корне до начала утолщения с помощью вторичных боковых меристем — камбия и феллогена. У однодольных и папоротникообразных первичное строение сохраняется в течение всей жизни, т. к. вторичные меристемы у них в корне отсутствуют. У двудольных и голосеменных по мере роста корень утолщается и приобретает в конечном итоге вторичное строение. Между ксилемой и флоэмой возникает камбий, из клеток перицикла возникает феллоген. Ткани первичной коры не могут следовать за вторичным утолщением и погибают, а благодаря работе феллогена на поверхности корня появляется вторичная покровная ткань — перидерма. Вторичная структура корня сохраняется до конца жизни растения.

## Рост корня

В длину рост осуществляется за счет работы верхушечной образовательной ткани корня, в толщину — работает камбий и феллоген.

**Поглощение корнями воды и минеральных солей** происходит всеми зонами корня, но наиболее активно идет в зоне всасывания (рис. 1.8). Из корневых волосков вода и минеральные соли попадают в кору корня, а из нее в ксилему, по которой осуществляется дальнейший транспорт в стебель. Существуют два пути посту-

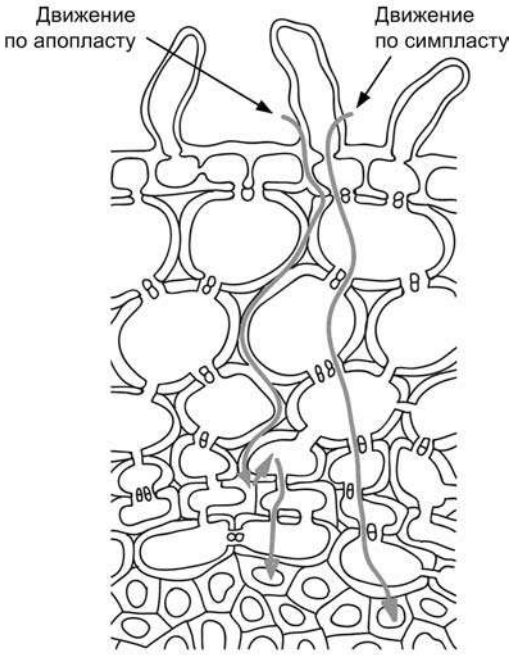



**Рис. 1.8.** Схема движения веществ по корню от ризодермы к древесине

пления воды и растворенных в ней веществ: через клеточные стенки (по апопласту) или через живое содержимое клеток по цитоплазматическим канальцам (по симпласту).

В симпласт вода и растворенные в ней вещества попадают через оболочку и мембрану. Так как концентрация солей снаружи меньше, чем в клетке, вода двигается внутрь клетки. *Осмос* — это засасывание воды более концентрированным раствором в клетку. *Осмотическое давление* — это давление изнутри клетки на клеточную стенку водным раствором. Благодаря осмосу создается *корневое давление* — сила, способствующая одностороннему движению воды по ксилеме снизу вверх (из корня в стебель). Вертикальное перемещение по сосудам возникает в результате совместного действия корневого давления, транспирации и силы сцепления между молекулами воды.

Если почва плохо снабжена воздухом, то большинство корней расположено в поверхностном слое почвы (10—15 см в глубину). У пустынных и полупустынных растений в связи с тем, что водоносный слой почвы располагается очень глубоко, развиваются либо очень длинные корни — до 20 м (например, верблюжья колючка), либо поверхностные корни, использующие весеннюю влагу и конденсат (кактусы).

У водных растений также либо очень длинные, мощные корни, достигающие дна (например, у рогоза), либо тонкие, короткие и почти исчезнувшие (у ряски).

## Дыхание корней

Корень поглощает кислород и выделяет углекислый газ в процессе дыхания. Это подтверждается следующим опытом: если в пробирку на некоторое время поместить корень растения, затем вынуть его и опустить в пробирку горящую спичку, то спичка практически мгновенно погаснет.

## Видоизменения корней

Некоторые видоизменения корней показаны на рис. 1.9.

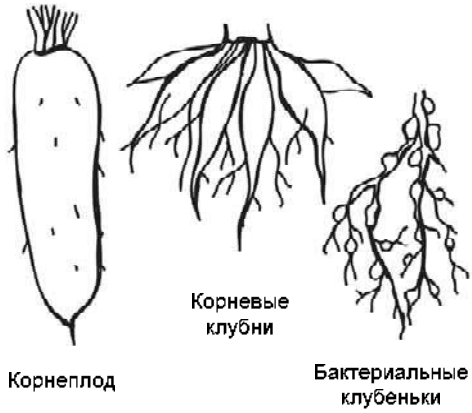



**Рис. 1.9.** Видоизменения корня

*Корнеплод* — это орган, в образовании которого участвует нижняя часть стебля и главный корень (морковь, свекла, репа, редис). Основная функция корнеплода — запасание питательных веществ.

*Корневые клубни или корневые шишки* — это утолщение придаточных корней (георгин, батат, чистяк). Основная функция — запас питательных веществ и вегетативное размножение.

*Присасывающие корни* (корни-присоски) — находятся в воздушной среде и обеспечивают растению возможность подниматься по вертикальным опорам, а также — дополнительное питание (плющ).

*Бактериальные клубеньки* (бобовые) — это утолщения на корнях, внутри которых находятся бактерии. Бактерии переводят азот из атмосферы в вещества, которые усваиваются растением; растение дает бактериям органические вещества, т. е. это пример симбиоза.

*Воздушные корни* — образуются у растений эпифитов (орхидеи). Эти корни свободно висят в воздухе и поглощают воду и минеральные вещества, попадающие на них в виде росы или после дождя. На их поверхности формируется своеобразная покровная ткань (веламен).

*Дыхательные корни* — хорошо развиты у растений, обитающих по болотистым побережьям или в приливно-отливной зоне. Эти корни находятся в наземно-воздушной среде и поглощают из воздуха кислород (болотный кипарис, мангровые деревья).

*Столбовидные корни* или *корни-подпорки* — это придаточные корни, которые образуются на горизонтальных ветках дерева. Достигнув почвы, они утолщаются и выполняют роль подпорок (баньян).

## Влияние человека на корневые системы растений

*Рыхление* — это один из видов обработки почвы, при котором землю не переворачивают, а только разрушают поверхностную корку, что уменьшает испарение воды из глубоких слоев почвы. После рыхления воздух легче проникает в почву, поэтому улучшается дыхание почвенных организмов и корней растений и ускоряется распад мертвых органических останков. Также при рыхлении уничтожаются всходы сорняков.

*Полив.* Должен быть равномерным и достаточным. Для каждого растения своя норма. В сельском хозяйстве есть направление — гидропоника, когда выращивание растений осуществляется в водных питательных растворах без почвы.

*Удобрения.* Бывают минеральные и органические удобрения. Минеральные подразделяются на азотные (селитра, мочевина), фосфорные (суперфосфат, двойной суперфосфат), калийные (сульфат калия, хлорид калия), комплексные (содержат фосфор, азот и калий, например нитрофоска) и микроудобрения (содержат микроэлементы — цинк, железо, бор, молибден). К органическим относят навоз, торф, птичий помет (гуано).

Азотные удобрения отвечают за рост и более быстрое развитие растений (увеличение вегетативной массы). Калийные способствуют улучшению качества плодов, усиливают стойкость растений к некоторым заболеваниям, повышают морозостой-

кость и засухоустойчивость. Фосфорные улучшают рост корневой системы, увеличивают урожай и улучшают его качество, ускоряют созревание растений, повышают их устойчивость к засухе. Микроудобрения способствуют синтезу в растении необходимых для роста и развития веществ.

Все удобрения вносят в строго определенном количестве. Азотные удобрения вносят весной, калийные и фосфорные — обычно осенью. Применение удобрений возможно в сухом виде (весной перед посевом или осенью при перекопке) и в жидком виде — корневые и внекорневые подкормки во время вегетации.

*Пикировка* — это прищипывание кончика главного корня. Применяется при выращивании рассады томатов, капусты, астр и т. д. Вследствие этого главный корень прекращает рост, и растение начинает активно образовывать боковые корни. В целом корневая система такого растения становится более мощной и расположенной в наиболее плодородной части почвы.

## Побег

Это орган, состоящий из стебля, листьев и почек и чаще всего располагающийся в наземно-воздушной среде. Для побега характерно метамерное строение (метамерия — это закономерная повторяемость строения). Метамером побега является узел с листом и лежащее ниже междоузлие (рис. 1.10).

*Узел* — это участок стебля, на котором находится лист и пазушная почка. *Междоузлие* — это участок стебля между двумя соседними узлами. Угол, образованный листом и расположенным выше стеблем, называется *пазухой листа*.

Разнообразие побегов:

- по положению (рис. 1.11):
  - прямостоячие — стебель занимает вертикальное положение;
  - стелющиеся — стебель занимает горизонтальное положение;
  - ползучие — стебель занимает горизонтальное положение, и на нем образуются придаточные корни (луговой чай);
  - вьющиеся (фасоль);
  - цепляющиеся (чина);
- в зависимости от структуры: деревянистые и травянистые;
- в зависимости от степени выраженности междоузлий: укороченные и удлиненные.

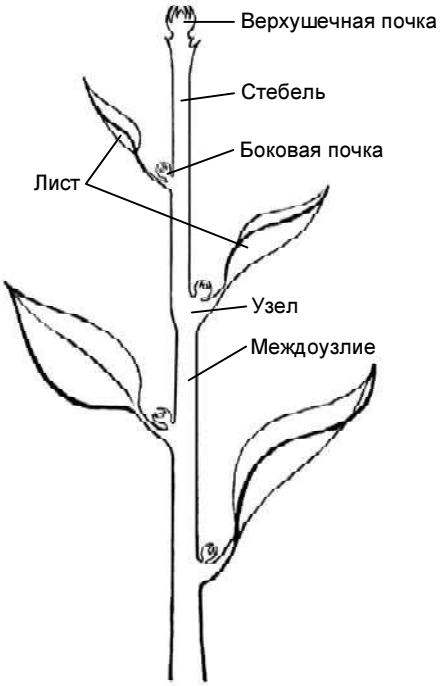



**Рис. 1.10.** Строение побега

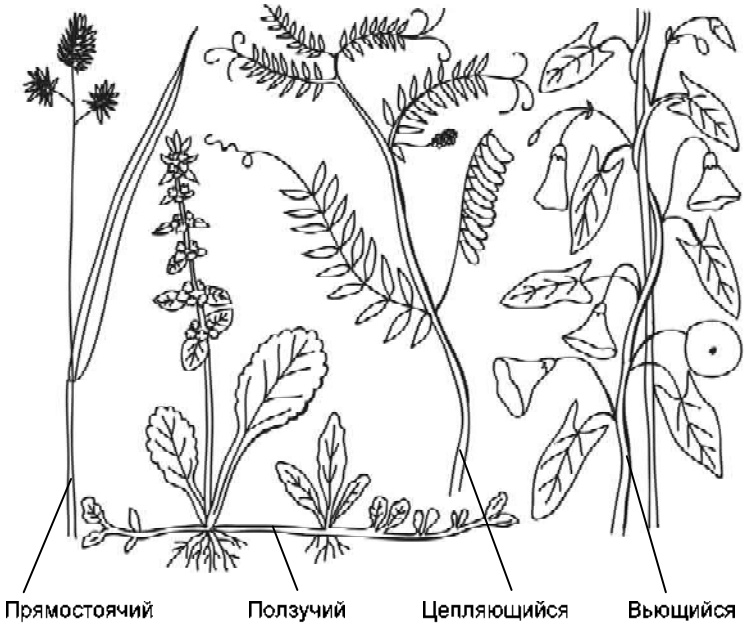



**Рис. 1.11.** Типы побегов

## Почка

*Почка* — это зачаточный побег.

### Строение почки

Снаружи большинство почек покрыты почечными чешуями, которые защищают почку и предохраняют ее внутреннее содержимое от пересыхания (рис. 1.12). Внутри находятся зачатки всех органов растения: зачаточные листья, зачаточный стебель, зачаточные почки. Также внутри почки могут содержаться зачатки будущих цветков. На вершине зачаточного стебля расположен конус нарастания — это образовательная ткань.

### Виды почек

По положению на стебле бывают *верхушечные* (на вершине побега) и *боковые* или *пазушные* почки (расположены в пазухе листьев).

По наличию или отсутствию почечных чешуй — *закрытые* (почечные чешуи есть — дуб, тополь, липа) или *открытые* почки (почечных чешуй нет — клевер, крушина, элодея).

По характеру внутреннего содержимого — *вегетативные*, *генеративные* (цветочные, у вишни) и *смешанные* почки (бузина, сирень). Вегетативные почки содержат зачатки только вегетативных органов, генеративные — только генеративных, смешанные — и генеративных, и вегетативных.

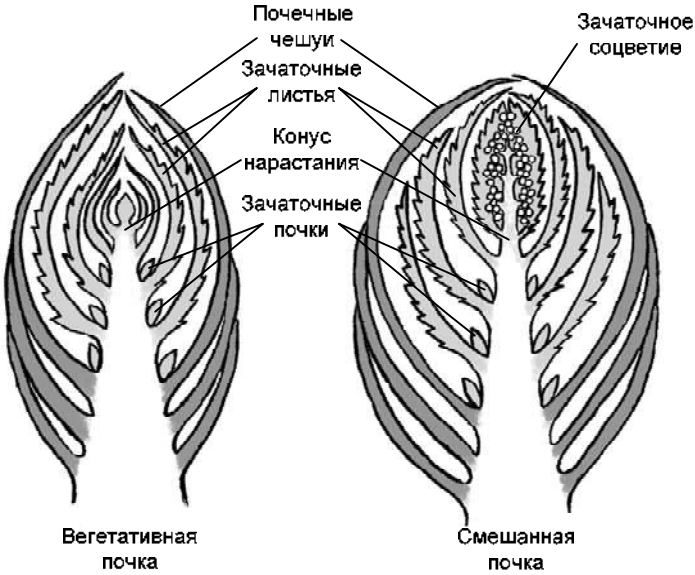



**Рис. 1.12.** Строение почек

По количеству в узле — *одиночные* (береза, дуб), *сериальные* (почки образуют вертикальный ряд в узле; жимолость) и *коллатеральные* (почки образуют горизонтальный ряд в узле; чеснок) почки.

Часто у растений образуются *придаточные* почки, по строению ничем не отличающиеся от других почек. Они находятся на междоузлиях стеблей, на листьях и на корнях. Основная роль придаточных почек заключается в обеспечении вегетативного возобновления и вегетативном размножении (например, у корнеотпрысковых растений).

Также бывают *спящие* почки, располагающиеся на стебле, но не раскрывающиеся сразу после образования. Они являются как бы резервом побега (именно из-за наличия спящих почек тополя формируют новые побеги после сильной обрезки).

## Лист

*Лист* — это вегетативный орган растения, занимающий боковое положение и осуществляющий воздушное питание растений. В отличие от других вегетативных органов, для листа не характерен неограниченный (т. е. в течение всей жизни) рост.

Функции:

- фотосинтез;
- транспирация (испарение воды);
- газообмен.

## Внешнее строение листа

Лист состоит из основания, черешка, листовой пластинки и прилистников (рис. 1.13). Основание — это часть листа, с помощью которой лист прикреплен к стеблю. Если основание разрастается и охватывает стебель, то образуется влагалище листа (пшеница, кукуруза, пырей).

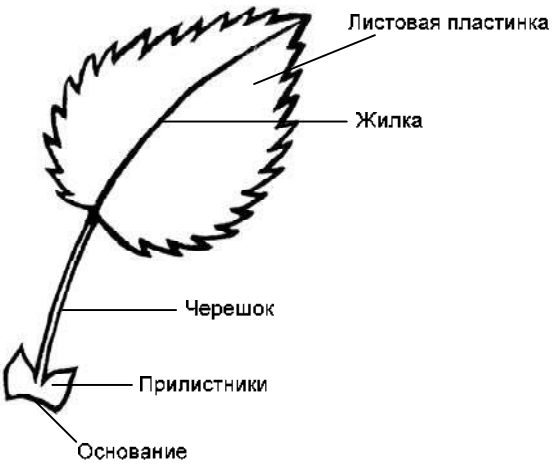



**Рис. 1.13.** Внешнее строение листа

Черешок — это участок листа от основания до листовой пластинки. Он усиливает механическую прочность пластинки. Если черешок есть, лист называется черешковым (липа, клен), если отсутствует — сидячим (алоэ, лилия).

Листовая пластинка — это самая широкая часть листа. Она выполняет функцию фотосинтеза и представляет собой основную часть листа, но может отсутствовать (чина луговая).

Прилистники могут быть развиты (горох), быть опадающими (липа) или отсутствовать (капуста). Часто прилистники зеленые и фотосинтезируют (чина), иногда видоизменены в колючки и выполняют защитную функцию (желтая акация). Прилистники могут срастаться, охватывая стебель — при этом образуется раструб (щавель).

## Типы листьев

В зависимости от количества листовых пластинок, листья делят на *простые* (одна листовая пластинка, между ней и черешком нет сочленения) и *сложные* (одна или много листовых пластинок, обособленных от общего черешка — рахиса). По характеру листовой пластинки среди простых листьев выделяют *перисто-* и *пальчатолопастные*, *перисто-* и *пальчатораздельные*, *перисто-* и *пальчаторассеченные* листья. Среди сложных листьев (рис. 1.14) выделяют: *тройчатые* (клевер, земляника, кислица), *пальчатосложные* (конский каштан), *парноперистые* (желтая акация) и *непарноперистые* (ясень, рябина).

**Рис. 1.14.** Типы сложных листьев

## Жилкование

Это расположение проводящих пучков (жилок) в листовой пластинке. Жилкование бывает (рис. 1.15):

- перистое (сирень, береза, липа);
- пальчатое (манжетка, клен);
- дуговое (подорожник большой, ландыш);
- параллельное (рожь, кукуруза, мятлик).

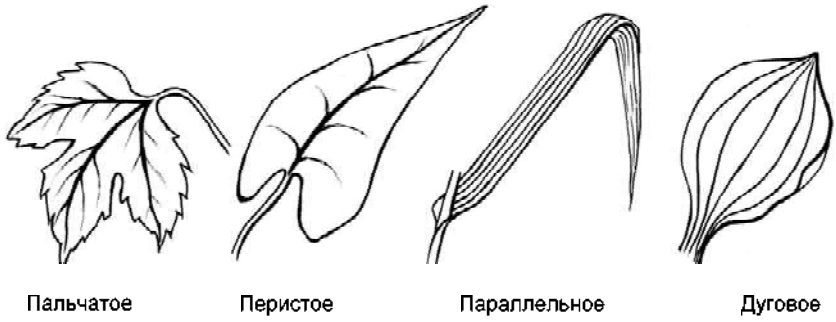



**Рис. 1.15.** Типы жилкования

## Листорасположение

Листорасположение — это порядок размещения листьев на стебле. Различают (рис. 1.16):

- очередное листорасположение — от каждого узла отходит только один лист (береза, тополь, дуб);
- супротивное листорасположение — от каждого узла отходит два листа (сирень, клен, бузина);
- мутовчатое листорасположение — от каждого узла отходит три и более листьев (олеандр, вороний глаз, элодея).

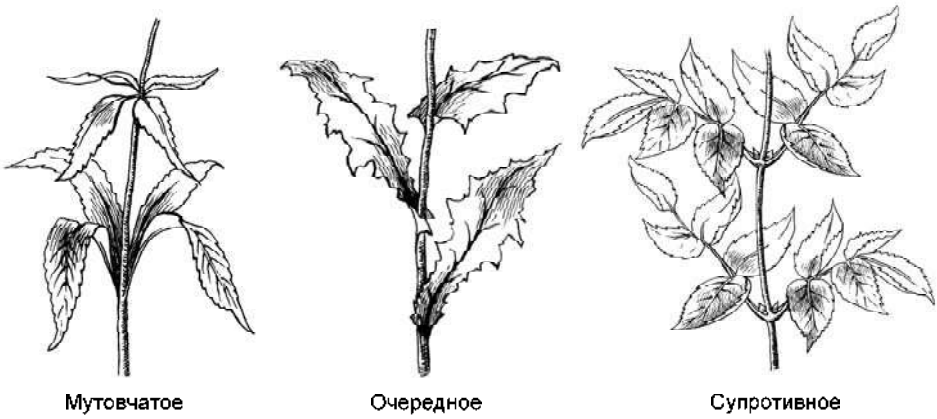



**Рис. 1.16.** Типы листорасположения

## Листовая мозаика

*Листовая мозаика* — это расположение листьев растений в одной плоскости. Листья в мозаике расположены горизонтально, при этом листья имеют разные размеры и практически не затеняют друг друга, что позволяет максимально полно использовать солнечную энергию. Чаще всего листовая мозаика встречается у горизонтально расположенных побегов.

## Внутреннее строение листа

Снаружи листа находится покровная ткань — эпидерма (рис. 1.17). Она состоит из одного ряда прозрачных, плотно соединенных между собой клеток. В эпидерме находятся устьица, через которые происходит испарение воды и газообмен. Устьица располагаются в основном с нижней стороны листа (у водных растений с плавающими листьями (кувшинка), наоборот, устьица, в основном, расположены на верхней стороне листьев). Покровная ткань листа выделяет особый слой, состоящий из восков, — кутикулу, что уменьшает испарение с поверхности листа.

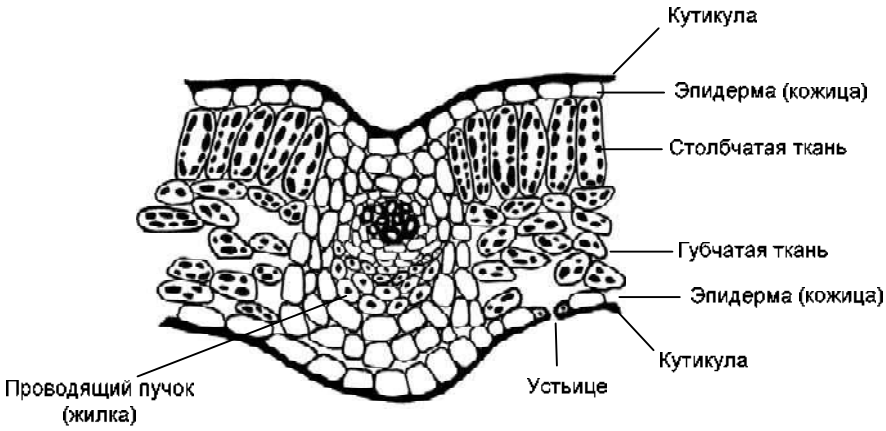



**Рис. 1.17.** Внутреннее строение листа

Также эпидерма может иметь одноклеточные или многоклеточные выросты (волоски), которые могут быть образованы живыми или мертвыми клетками. Волоски защищают лист от поедания (крапива) или от излишнего испарения (коровяк медвежье ухо), отвечают за выделение эфирных масел (герань) или запасание воды.

Между верхней и нижней эпидермой расположена основная ткань листа (мезофилл), которая состоит из столбчатой и губчатой паренхимы (хлоренхимы). Столбчатая (палисадная) паренхима расположена под верхней эпидермой и образована клетками, вытянутыми в перпендикулярном направлении к эпидерме. Ее клетки обычно образуют 1—2 ряда и содержат большое количество хлоропластов. У некоторых растений (например, у эвкалипта, гладиолуса) столбчатая паренхима расположена и под верхней, и под нижней эпидермой. Губчатая паренхима находится под столбчатой тканью и состоит из рыхло расположенных клеток с большим количеством межклетников.

Жилки листа представлены проводящими пучками закрытого типа, причем ксилема располагается ближе к верхней поверхности листа, а флоэма — ближе к нижней. Снаружи проводящего пучка обычно располагается склеренхима (волокна), а над и под пучком — колленхима.

Строение листьев одного и того же растения может отличаться в зависимости от того, где они расположены — на свету или в тени. Световые листья (расположенные на свету) отличаются хорошо развитой столбчатой тканью, клетки которой становятся более длинными, и большим количеством проводящих пучков по сравнению с теневыми.

В листьях водных растений очень сильно развиты межклетники. Если листья полностью погружены в воду, устьиц и столбчатых клеток у них нет.

## Процессы, происходящие в листе

*Фотосинтез* — это процесс образования органических веществ из неорганических при помощи солнечного света. Характерен для растений, сине-зеленых водорослей и некоторых бактерий. Для фотосинтеза необходимо наличие зеленого пигмента — *хлорофилла*.

*Газообмен* растений осуществляется в листьях через устьица. Днем в растение поступает и углекислый газ, и кислород, выделяется и кислород, и углекислый газ, т. е. днем в клетках растений параллельно идут два процесса — фотосинтез и дыхание. Ночью фотосинтез не происходит, в клетках происходит дыхание (в основном за счет кислорода, содержащегося в межклетниках).

Испарение воды *(транспирация)*. Выделение воды растением происходит через устьица эпидермы. Основной орган транспирации — лист. При транспирации происходит охлаждение растения, что спасает от перегрева, кроме того, поддерживается непрерывный ток воды из корней к листьям. Когда очень жарко, замыкающие клетки устьиц закрываются, и испарение уменьшается.

От излишнего испарения растения могут защищаться следующим образом:

- уменьшение и (или) видоизменение листовой пластинки (ковыль, кактус);
- хорошо развитая кутикула (агава);

- большое количество волосков в эпидерме (сенполия);
- изменение положения листовой пластинки в пространстве (поворот ребром к Солнцу).

## Листопад

*Листопад* — это естественное опадение листьев. В связи с этим растения делятся на листопадные и вечнозеленые. Для *вечнозеленых* растений характерны многолетние листья (листья сосны живут 2—4 года, ели — 5—7 лет). У *листопадных* растений в конце вегетационного периода ежегодно опадают все листья (дуб, береза, клен). Также в нашем климате встречаются травянистые растения, у которых под снегом сохраняется часть зеленых листьев (копытень, живучка, земляника).

К концу лета — началу осени листья начинают стареть, в них уменьшается интенсивность обмена веществ, начинает разрушаться хлорофилл и хлоропласты, листья приобретают другую окраску (не у всех растений: например, листья сирени остаются зелеными). Между основанием листа и стеблем начинает формироваться отделительный слой клеток, состоящий из мертвых клеток пробки. В пазухе листа в это время окончательно сформировывается почка, после чего лист опадает. След от опавшего листа на стебле называется *листовым рубцом*.

Значение листопада:

- удаление из организма ненужных веществ;
- уменьшение испарения, что особенно важно зимой, когда практически прекращается поступление воды из почвы;
- уменьшение массы побегов и их площади, что снижает количество снега, задерживающегося на ветках, следовательно, уменьшается вероятность поломки побегов.

## Видоизменения листьев

- Колючки — развиваются у растений, обитающих в условиях недостаточного увлажнения (кактус) — рис. 1.18.
- Усики (горох, чина).

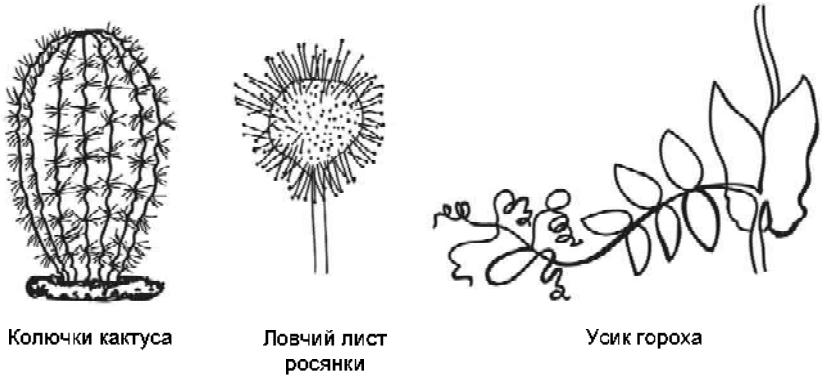



**Рис. 1.18.** Видоизменения листьев

- Ловчие приспособления насекомоядных растений (росянка).
- Филлодии — лист, у которого редуцирована листовая пластинка, но сильно развит уплощенный черешок, отвечающий за фотосинтез (австралийские акации).
- Чешуйки — мелкие, недоразвитые листья (ландыш, горох).

## Стебель

*Стебель* — это осевая часть побега.

Функции:

- опора;
- транспорт веществ;
- запас веществ;
- фотосинтез (у молодых стеблей деревьев и кустарников, а также у трав).

### Внутреннее строение стебля двудольных растений (на примере липы)

**Первичное строение стебля.** Возникает в результате деятельности первичных меристем. Необходимо отметить, что у двудольных и голосеменных первичная структура впоследствии заменяется вторичной. В первичной структуре стебля выделяют два элемента:

- *Первичная кора*. Снаружи находится покровная ткань — эпидерма, под которой расположена основная фотосинтезирующая ткань. На границе с центральным цилиндром расположена эндодерма, в которой откладывается крахмал (поэтому ее часто называют крахмалоносным влагалищем). Кроме этих тканей, в состав первичной коры также входят механические ткани (чаще колленхима), паренхима и выделительные ткани (не у всех растений).
- *Центральный цилиндр*, в котором выделяют перицикл, проводящие ткани и сердцевину. Перицикл представлен постоянными тканями — паренхимой и склеренхимой. Проводящие ткани представлены ксилемой и флоэмой; они образуют сосудисто-проводящие пучки. Сердцевина состоит из паренхимы.

**Вторичное строение стебля.** Его появление связано с закладкой камбия и заменой одного вида покровной ткани (эпидермы) другим (перидермой). Вторичное строение стебля (рис. 1.19) включает следующие отделы: вторичную кору (перидерма, вторичная флоэма и остатки первичной коры и флоэмы), камбий, древесину и сердцевину.

На поверхности стебля формируется пробка. Ее толщина может достигать 1,5 м (у пробкового дуба). В состав *флоэмы* (луба) входят проводящие элементы (ситовидные трубки с клетками спутницами), механические элементы и паренхима. Различают твердый луб — это лубяные волокна и мягкий луб — проводящие элементы и паренхима. Паренхимные клетки выполняют запасающую функцию. *Камбий* находится между древесиной и лубом. Его клетки делятся и образуют новые клетки древесины и луба, обеспечивая рост стебля в толщину. *Ксилема (древесина)* зани-

мает до 90% стебля. Она содержит проводящие элементы (сосуды), механические элементы (волокна), усиливающие прочность ткани, и живые клетки паренхимы (запас и транспорт веществ). В радиальном направлении стебель пронизывают тяжи паренхимы, которые называются лубодревесными лучами. В центре стебля находится *сердцевина*, состоящая из паренхимы.

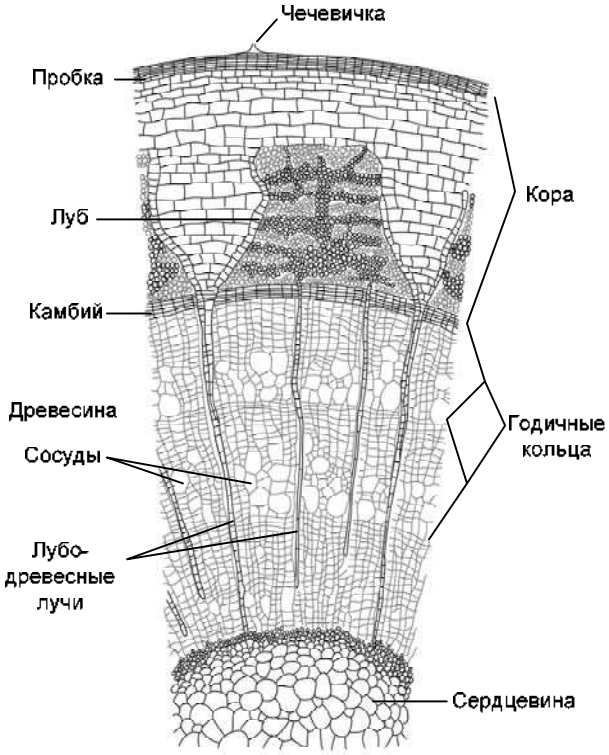



**Рис. 1.19.** Строение зрелого стебля липы

## Внутреннее строение стебля однодольных растений

У однодольных растений, как и у папоротникообразных, первичная структура стебля сохраняется в течение всей жизни.

Стебель однодольных растений состоит из коры и центрального цилиндра, граница между которыми, в отличие от двудольных, чаще всего практически не выражена. Снаружи располагается эпидерма с устьицами. Под ней — обычно кольцо из склеренхимы, что обеспечивает прочность стебля. Основную массу стебля занимает паренхима, пронизанная проводящими пучками. Для этих растений характерны пучки закрытого типа (концентрические и коллатеральные), более или менее равномерно распределенные по всему стеблю. Проводящие пучки состоят из флоэмы, ксилемы, паренхимных и механических тканей (чаще всего, из склеренхимы). У некоторых однодольных стебель полый (например, у злаков). Также в стебле однодольных обычно присутствует хлоренхима, отвечающая за фотосинтез.

У однодольных растений нет камбия, поэтому нехарактерно вторичное утолщение. Рост стебля и в длину, и в толщину обеспечивается работой верхушечной образовательной ткани. Благодаря этому стебель чаще всего имеет цилиндрическую форму.

## Развитие побега из почки. Ветвление

Весной в растениях начинается сокодвижение, и необходимые вещества попадают внутрь почки. Клетки конуса нарастания начинают активно делиться, зачаточный стебель увеличивается, почечные чешуи раздвигаются и постепенно опадают, на их месте образуется почечное кольцо. Побег растет и развивается, на нем формируются новые листья и новые почки. Побег, который развился из почки за один вегетационный период, называется *годичным приростом*.

Если нарастание главного побега в течение всей жизни происходит за счет одной верхушечной почки (ель, пихта), то его называют *моноподиальным*. Если нарастание главного побега в течение жизни происходит сначала за счет верхушечной почки, а затем наиболее сильной боковой, которая может ежегодно сменяться (береза), то его называют *симподиальным*.

Во время развития побега происходит его ветвление. *Ветвление* — это образование новых побегов, расположенных под углом друг к другу. У некоторых растений ветвление очень слабое или практически отсутствует (пальмы) — их крона формируется за счет листьев. Выделяют два типа ветвления: верхушечное и боковое. *Верхушечное ветвление* осуществляется за счет разделения верхушечной образовательной ткани на две части (так называемое дихотомическое ветвление) и характерно для плауновидных. При *боковом ветвлении* новые побеги возникают из боковых почек. Разновидностью бокового ветвления является кущение, при котором образование новых побегов происходит из пазушных почек, находящихся у основания главного побега (злаки, кустарники).

## Рост стебля

В длину осуществляется за счет деления и последующего роста клеток верхушечной и (или) вставочной образовательных тканей. В толщину рост идет за счет деятельности камбия. Работа камбия периодична: весной и в начале лета интенсивна, к концу вегетационного периода затихает. Камбий откладывает больше клеток в сторону древесины. В начале вегетационного периода камбий образует сосуды с большим просветом, механических элементов образуется мало, к концу вегетации просвет вновь образующихся сосудов уменьшается и образуется больше механических элементов. На поперечном спиле дерева эти различия видны невооруженным взглядом в виде годичных колец. *Годичное кольцо* — это прирост древесины за год по толщине стебля. По годичным кольцам можно определить возраст растения.

## Транспорт веществ

По древесине движется вода с растворенными в ней веществами (в основном это минеральные вещества, но также двигаются органические вещества, которые синтезируются или накапливаются в корнях) снизу вверх. В начале весны по древесине двигается раствор с преобладанием органических веществ.

По лубу движутся растворенные органические вещества в обоих направлениях: от листьев в корни (сверху вниз) и от листьев к плодам и цветкам (снизу вверх).

## Видоизменения побегов

❒ *Надземные.*

- Колючки (боярышник) — выполняют защитные функции.
- Усик — это видоизмененный лист (горох) или весь побег (виноград). Функция: закручивание вокруг опоры, удержание побега в вертикальном положении.
- Надземный столон — это удлиненный ползучий побег. Он живет меньше года и выполняет функцию вегетативного размножения: на верхушке столона образуется укороченный побег ("розетка"), который укореняется, и из него развивается новое растение (живучка, земляника).
- Кочан — это видоизмененная почка (капуста).

❒ *Подземные.*

- Подземный столон. Выполняет функцию расселения и вегетативного размножения. Формируется из почек у основания стебля; обычно белого цвета с бесцветными чешуевидными листьями. У таких растений, как картофель, седмичник, на конце столона формируется клубень.
- Клубень — сильно утолщенный подземный побег (картофель (рис. 1.20), топинамбур, хохлатка, седмичник). Выполняет функцию запаса питательных веществ, обеспечивает переживание неблагоприятных условий, вегетативное размножение и возобновление.

**Рис. 1.20.** Строение клубня

- Луковица — подземный побег с очень коротким уплощенным стеблем (донцем) и сочными листьями (лук (рис. 1.21), лилия, тюльпан). Выполняет функции: запас питательных веществ, переживание неблагоприятных условий, возобновление, вегетативное размножение.
- Клубнелуковица — подземный побег растений. Имеет сухие, пленчатые листья, а запасные питательные вещества откладываются в стебле (крокус, гладиолус, безвременник).

- Корневище — подземный или надземный видоизмененный многолетний побег с чешуевидными или зелеными листьями. Отвечает за размножение, расселение, запас питательных веществ, возобновление и пережидание неблагоприятных условий среды (пырей, ландыш (рис. 1.22), ирис).

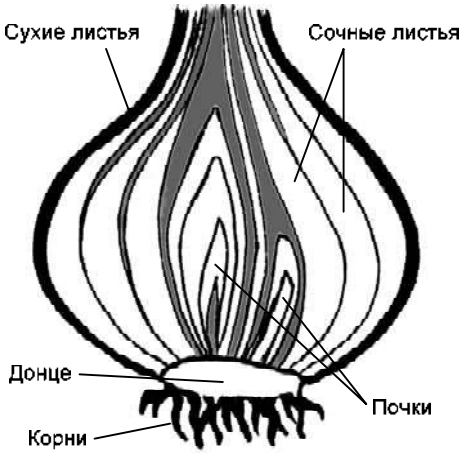



**Рис. 1.21.** Строение луковицы

**Рис. 1.22.** Строение корневища (на примере ландыша)

## Вегетативное размножение

Это размножение с помощью вегетативных органов или их частей. Все потомки при вегетативном размножении генетически одинаковы. Вегетативное размножение бывает естественным или искусственным.

Значение:

- ❒ увеличение количества особей одного вида (размножение);
- ❒ захват новых территорий (расселение);
- ❒ замена отмерших особей.

Естественное вегетативное размножение:

- ❒ ползучие надземные побеги (земляника);
- ❒ корневища (пырей ползучий);
- ❒ луковица (гусиный лук);

- клубни (хохлатка);
- корневые отпрыски — на корнях образуются почки, из них развиваются новые растения (осина);
- лист (бегония, молодило).

Искусственное вегетативное размножение:

- деление куста (пион);
- черенками — берут часть побега с 2—3 почками и листьями и сажают в почву (смородина, гортензия);
- отводками (крыжовник) — боковую ветвь пригибают к земле и частично засыпают почвой. Примерно через месяц образуются придаточные корни, ветвь отрезают от материнского растения и пересаживают;
- листьями (сенполия);
- прививка. Используют привой (культурное растение, которое надо размножить) и подвой (растение, на которое прививают). Есть разные способы прививки:
  - *копулировка* — способ прививки, когда привой и подвой имеют одинаковую толщину. Делают одинаковые косые срезы на прививаемых компонентах и прикладывают их один к другому. После совмещения привоя и подвоя место контакта обматывают до срастания привоя и подвоя, затем обвязку снимают;
  - *окулировка* — в качестве привоя используют глазок — почку с корой и камбием. На подвое делается Т-образный надрез, в него вставляют привой и заматывают. После срастания привоя с подвоем обвязку снимают;
- корневые отпрыски (малина);
- с помощью подземных побегов — корневища, клубня, луковицы (купена, картофель, лилия);
- с помощью культуры тканей растений. Берется группа клеток растений и выращивается на питательных стерильных средах в пробирках. В специально подобранных условиях клетки начинают активно делиться и образуют каллус (мозоль). Меняя составляющие питательной среды, можно добиться образования корней и почек и таким образом получить новые растения (женьшень, драцена, хризантема).

## Генеративные органы растений

### Семя

У покрытосеменных семя возникает из семязачатка, который находится в завязи пестика. Семя отвечает за размножение и расселение растений.

Семя содержит *зародыш* (рис. 1.23), который развивается из зиготы, возникшей после слияния мужской и женской половых клеток. Зародыш двудольных растений состоит из двух семядолей, зародышевого корня, зародышевого стебля и зародышевой почки. Зародыш однодольных растений состоит из одной семядоли (у злаков это щиток), зародышевой почки, зародышевого стебля и зародышевого корня.

Функции семядоли: запас питательных веществ (бобовые, сложноцветные), защита зародышевой почки, фотосинтез (при надземном прорастании) и всасывание питательных веществ из эндосперма (например, у злаков).

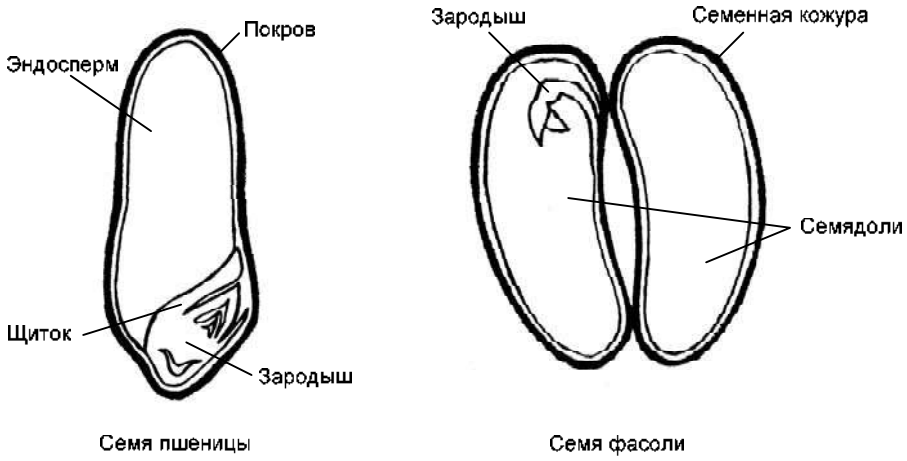



**Рис. 1.23.** Строение семян однодольных и двудольных растений

Семена многих однодольных растений (пшеница, рожь) и многих двудольных растений (хурма, перец) характеризуются наличием запасающей ткани — *эндосперма* (он возникает после слияния одного спермия с ядром центральной клетки зародышевого мешка). Эндосперм характеризуется триплоидным набором хромосом. В основном в эндосперме запасаются жиры, реже — углеводы или белки. В созревшем семени эндосперм может отсутствовать, и в этом случае запас веществ находится в семядолях.

Еще одна обязательная составляющая семени — *семенная кожура* (возникает из интегумента — это внешний покров семязачатка), которая может быть однослойной или многослойной. Она выполняет защитную функцию. У семян одного и того же растения разная толщина семенной кожуры, что обеспечивает разновременное прорастание семян. На семенной кожуре имеется рубчик — место прикрепления семени к семяножке.

## Условия прорастания семян

- Кислород. Для дыхания прорастающих семян необходим кислород. Если закрыть стеклом пробирку с проросшими семенами и пустую пробирку и на следующий день внести в обе пробирки горящие спички, то в пробирке с семенами спичка погаснет сразу.
- Вода. Она необходима для ускорения обменных процессов, т. к. в составе семени мало воды, что способствует лучшей сохранности семян в неблагоприятных условиях окружающей среды.
- Определенная положительная температура. Есть холодостойкие растения (рожь, пшеница, морковь) и теплолюбивые (огурец, томат, кукуруза). У них разные

требования к температуре при прорастании семян. Семена холодостойких могут прорастать уже при +1...+4 °С, тогда как семена теплолюбивых прорастают при +12...+18 °С. Оптимальная температура прорастания: +15...+20 °С для холодостойких и +20...+25 °С для теплолюбивых.

Также для прорастания семена должны пройти период органического покоя. Для прорастания семян некоторых растений необходимо наличие грибов (орхидеи).

## Время посева

- Озимый посев осуществляется в конце лета (озимая пшеница, рожь и т. д.).
- Яровой посев проводится весной после таяния снегов и прогрева почвы до определенной температуры.

**Глубина заделки семян** зависит от размера семени. Мелкие заделывают в почву на 0,5—1 см; средние на 2—4 см; крупные на 4—6 см. Глубина посева также зависит от типа почвы: на легких почвах семена заделывают глубже, на тяжелых — выше. Семена некоторых растений (сельдерей) раскладываются практически на поверхности почвы.

Отношение числа проросших семян к общему числу взятых семян называется *всхожестью*, а число одновременно проросших семян к общему числу высеянных — *энергией прорастания* семян.

## Типы прорастания семян

- Надземное (рис. 1.24, справа) — при прорастании семядоли выносятся наружу (фасоль, огурец, томат, клен), зеленеют и начинают фотосинтезировать. Участок стебля от зародышевого корешка до семядолей называется *гипокотиль* (подсемядольное колено), участок стебля между семядолями и первыми настоящими листьями (первое междоузлие) называется *эпикотиль* (надсемядольное колено).

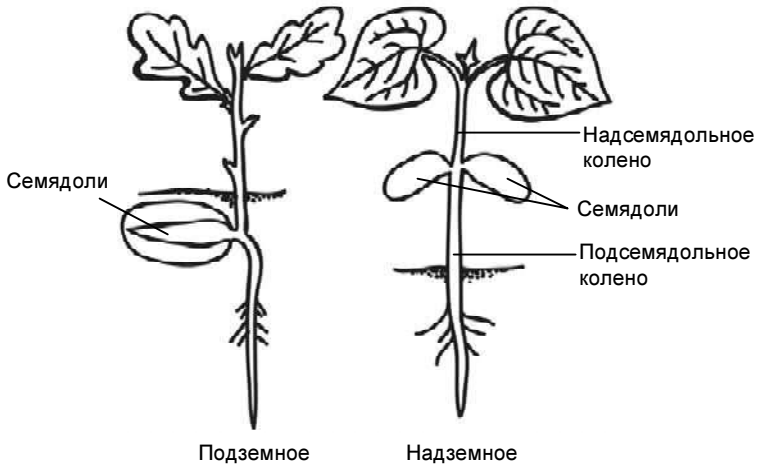



**Рис. 1.24.** Типы прорастания семян

- Подземное (рис. 1.24, слева) — при прорастании семядоли и гипокотиль не выносятся в наземно-воздушную среду (дуб, горох, злаки).

### Состав семян

В состав семян входят неорганические и органические вещества. К неорганическим веществам относятся вода (15—20%) и минеральные соли (около 1%).

Органические вещества:

- белки — особенно много белков содержится в семенах бобовых, у злаков белки в составе семян называют клейковиной;
- углеводы запасаются в форме крахмала и сахаров, больше всего крахмала в семенах злаков, сахар семена этих растений почти не содержат;
- жиры запасаются в семени в форме масел, много жиров содержится в семенах подсолнечника, горчицы, кукурузы.

## Цветок

Это генеративный орган растений, представляющий собой видоизмененный спороносный побег. Образуется только у покрытосеменных. Большинство цветков развивается на цветоножке — это междоузлие под цветком (рис. 1.25). На ней может находиться 1 или 2 маленьких листочка, называемых прицветниками. Если цветоножка отсутствует, то цветок называют *сидячим*. Цветки бывают *актиноморфными*, или правильными (через цветок можно провести много плоскостей симметрии; у розоцветных, лилейных), и *зигоморфными*, или неправильными (через цветок можно провести одну вертикальную плоскость симметрии; у бобовых).

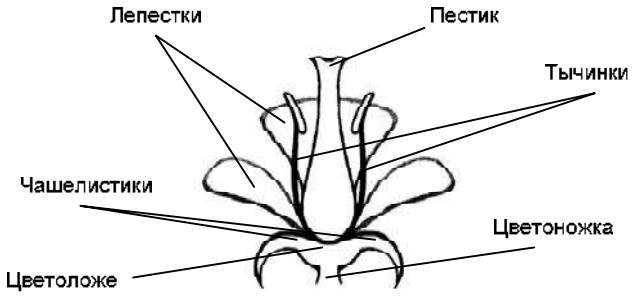



**Рис. 1.25.** Строение цветка

### Строение цветка

- Цветоложе — осевая часть цветка, представляющая собой расширенный участок стебля.
- Чашелистики — произошли из листьев.
- Лепестки — произошли из тычинок.
- Тычинки — произошли из микроспорофиллов.
- Пестики — произошли из мегаспорофиллов.

В случае простого околоцветника чашелистики и лепестки не выделяют, считают, что околоцветник представлен листочками околоцветника (лилия, тюльпан). Если присутствуют чашелистики и лепестки, то околоцветник называют двойным (вишня, шиповник). Обычно чашелистики зеленого цвета, все чашелистики цветка образуют чашечку. Лепестки отличаются по цвету, выполняют функцию привлечения опылителей и образуют венчик цветка. И чашечка и венчик могут быть свободными и сросшимися. Листочки околоцветника также могут быть свободными или сросшимися. У некоторых растений околоцветник отсутствует (белокрыльник), его функции выполняет прицветник.

Цветки могут быть обоеполыми (присутствует пестик и тычинки) и однополыми (в женских цветках только пестик, в мужских — только тычинки). Если однополые цветки располагаются на одном и том же растении, то растение называется *однодомным* (тыква, огурец, кукуруза). Если однополые цветки расположены на разных растениях (на одном — только женские, на другом — только мужские), растение называется *двудомным* (облепиха, тополь, ива, крапива).

*Тычинки.* Все тычинки цветка образуют андроцей. Тычинка (рис. 1.26) состоит из тычиночной нити и пыльника. Пыльник состоит из двух половинок, каждая половинка имеет два пыльцевых гнезда, в которых образуются микроспоры. Микроспоры возникают в результате мейоза особых клеток внутри пыльцевых гнезд. Из микроспоры митозом образуется мужской гаметофит (пыльцевое зерно или пылинка), состоящий всего из двух клеток: генеративной и сифоногенной (ее иногда называют вегетативной). Пылинка покрыта оболочкой, состоящей из двух слоев: внешнего (экзина) и внутреннего (интина). В дальнейшем из генеративной клетки митозом образуются мужские гаметы — спермии.

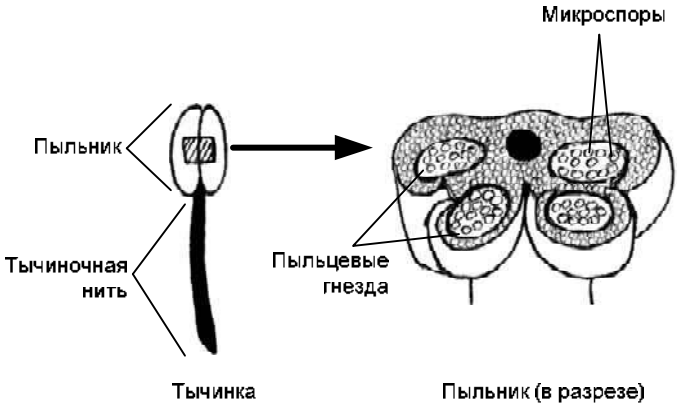



**Рис. 1.26.** Строение тычинки

*Пестик* (рис. 1.27) состоит из одного или нескольких сросшихся плодолистиков. Совокупность всех плодолистиков в цветке называется гинецеем. Гинецей, состоящий из несросшихся плодолистиков, каждый из которых формирует пестик, называют апокарпным. Гинецей, состоящий из нескольких сросшихся плодолистиков (при этом образуется один пестик), называют ценокарпным.

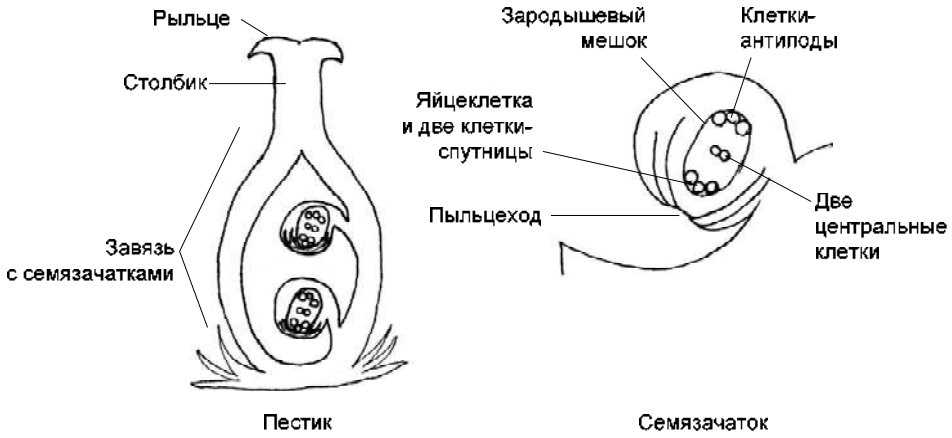



**Рис. 1.27.** Строение пестика

В пестике выделяют три части: рыльце, столбик и завязь. Завязь может быть верхняя (слива), в этом случае пестик срастается с цветоложем только основанием, и нижняя (крыжовник), когда стенки завязи срастаются с другими частями цветка. Завязь пестика содержит один или несколько семязачатков.

Семязачаток состоит из интегументов (это покровы, края которых образуют узкий канал — микропиле или пыльцевход), нуцеллуса (по морфологической природе это мегаспорангий, преобразованный в процессе эволюции из мегаспорангия предковых форм — разноспоровых папоротникообразных) и семяножки, которая прикрепляет его к стенке завязи. В нуцеллусе происходит мейоз и возникает 4 гаплоидные мегаспоры, 3 из них погибает, а оставшаяся образует зародышевый мешок (женский гаметофит). Эта мегаспора делится митозом, в результате чего образуется 8 ядер (или клеток): яйцеклетка и две синергиды на одном полюсе; два ядра (в центре), которые сливаются и образуют центральное ядро (или клетку); три клетки-антиподы на противоположном полюсе.

Для краткой записи строения цветка применяется **формула цветка**:

- О — простой околоцветник;
- Ч — чашелистики;
- Л — лепестки;
- Т — тычинки;
- П — пестик;
- ( ) — части цветка срослись;
- * — правильный (актиноморфный) цветок;
- ! — неправильный (зигоморфный) цветок.

**Примеры**

1. Тюльпан $*О_{3+3}\ Т_{3+3}\ П_{\underline{(3)}}$ — цветок актиноморфный с простым околоцветником, состоящим из 6 листочков, расположенных в двух кругах, в цветке 6 тычинок,

также расположенных в два круга, и один пестик, состоящий из трех сросшихся плодолистиков, завязь верхняя.

2. Слива $*Ч_{(5)}Л_5Т_{\infty}П_{\underline{1}}$ — цветок актиноморфный с двойным околоцветником, чашечка из пяти сросшихся чашелистиков, венчик из пяти свободных лепестков, тычинок много, пестик один, завязь верхняя.

## Соцветия

*Соцветие* — это порядок расположения цветков у растения. У некоторых растений соцветий не образуется (тюльпан, нарцисс). Преимущество соцветий заключается в том, что цветки развиваются и распускаются последовательно друг за другом, что увеличивает общее время цветения и возможность опыления.

Соцветия бывают простые (рис. 1.28) и сложные. У простых соцветий цветки расположены на главной оси, у сложных — на боковых осях.

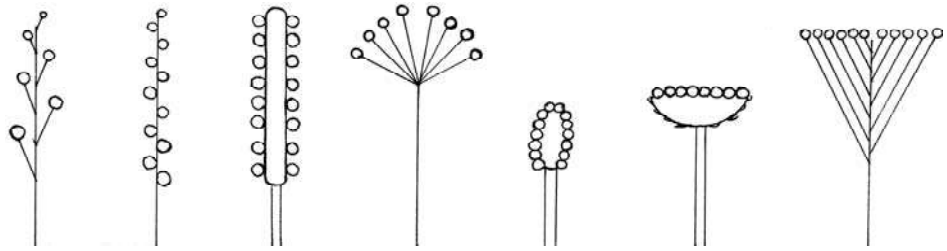



**Рис. 1.28.** Простые соцветия

### Простые соцветия

- Кисть — имеет удлиненную главную ось, на которой расположены цветки на цветоножках (черемуха, фиалка, ландыш, колокольчик).
- Щиток — имеет удлиненную главную ось, но цветоножки цветков обладают разной длиной, из-за чего все цветки оказываются расположенными примерно на одном уровне (груша).
- Зонтик — имеет сильно укороченную главную ось, все цветки имеют цветоножки примерно одной длины (примула, проломник).
- Колос — имеет удлиненную главную ось с расположенными на ней сидячими цветками (подорожник, ятрышник).
- Початок — имеет удлиненную толстую главную ось с расположенными на ней сидячими цветками (женское соцветие кукурузы, белокрыльник).
- Головка — имеет сильно укороченную главную ось, все цветки сидячие или цветоножки плохо развиты (клевер).
- Корзинка — имеет плоскую, реже конусовидную ось соцветия, на которой находятся сидячие цветки (ромашка, одуванчик, астра).

У початка и корзинки расширена ось соцветия.

## Сложные соцветия

- Сложная кисть — на удлиненной главной оси расположены простые кисти (донник).
- Сложный колос — на удлиненной главной оси расположены колоски. Каждый колосок представляет собой простой колос (пшеница, рожь, ячмень).
- Сложный зонтик — на укороченной главной оси расположены простые зонтики (укроп, морковь, борщевик).
- Метелка — на удлиненной главной оси расположены ветвящиеся колоски на длинных ножках (сирень, рябина, овес, боярышник, мужское соцветие кукурузы).

## Опыление

*Опыление* — это перенос пыльцы на рыльце пестика. Основные способы опыления изображены на рис. 1.29.

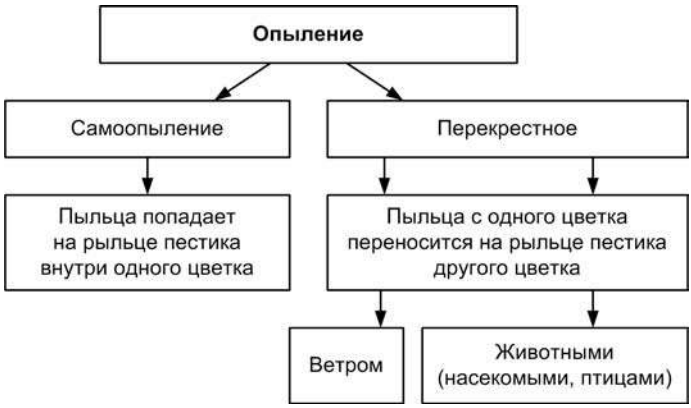



**Рис. 1.29.** Способы опыления

Наиболее эволюционно выгодно перекрестное опыление, т. к. повышается вероятность рекомбинаций генетического материала, что способствует увеличению внутривидового разнообразия.

*Признаки самоопыляющихся растений:* нет нектара и запаха, тычинки обычно выше пестиков, иногда пыльца созревает еще в бутоне и опыление происходит в еще не распустившемся цветке (горох, томат, ячмень).

*Признаки ветроопыляемых растений:* пыльца легкая и сухая, ее образуется очень много, цветки мелкие и невзрачные, чаще всего собраны в соцветия, околоцветники развиты слабо, длинные тычиночные нити, пестики с мохнатыми рыльцами, нет запаха и нектара, цветение часто происходит ранней весной, до появления листьев (лещина, дуб, береза).

*Признаки насекомоопыляемых растений:* сильный запах, наличие нектара, часто крупные цветки с яркими околоцветниками, липкая пыльца (ландыш, рябина, яблоня, липа).

При выведении новых сортов человеком используется *искусственное опыление* растений, когда берется пыльца одного цветка и переносится на пестик другого цветка вручную.

### Оплодотворение

При опылении пыльца попадает на рыльце пестика и начинает прорастать: вегетативная клетка разрастается в направлении завязи и образует пыльцевую трубку, по которой начинает двигаться генеративная клетка. Генеративная клетка делится митозом с образованием двух спермиев. Пыльцевая трубка входит в зародышевый мешок через микропиле, и один спермий сливается с яйцеклеткой с образованием зиготы, из которой в дальнейшем развивается зародыш семени, а другой спермий сливается с центральной клеткой, в результате чего образуется триплоидная клетка, из которой в дальнейшем формируется эндосперм семени — запасающая ткань (рис. 1.30).

**Рис. 1.30.** Схема двойного оплодотворения

Из покровов семязачатка развивается семенная кожура, а из завязи в целом развивается плод. Таким образом, для цветковых растений характерно двойное оплодотворение (открыто С. Г. Навашиным в 1898 г.): один спермий сливается с яйцеклеткой, другой — с центральной клеткой зародышевого мешка.

## Плоды

*Плоды* образуются только у покрытосеменных растений. Развиваются из цветка; в образовании плодов обязательно участвует завязь. Из стенки завязи развивается околоплодник, из семязачатка — семя. Также в образовании плода может принимать участие цветоложе (земляника).

### Сочные плоды

- Костянка — односемянной плод с сочным околоплодником (вишня, слива, абрикос).
- Многокостянка — плод состоит из нескольких костянок на общем цветоложе (малина, ежевика, костяника).
- Ягода — многосемянной сочный плод, в его формировании участвует только завязь (томат, картофель, виноград).

- Яблоко — многосемянной плод, семена расположены по одному (каждый в своей камере) ближе к центру плода. В формировании плода помимо завязи участвуют другие части цветка (яблоня, груша, рябина).
- Тыквина — имеет твердый и прочный внешний слой, под которым находится сочная мякоть с большим количеством семян (огурец, кабачок, тыква).
- Померанец (гесперидий) — многосемянной плод с кожистым внешним слоем околоплодника, содержащим эфирные масла (цитрусовые — апельсин, лимон, грейпфрут).
- Некоторые сочные плоды показаны на рис. 1.31.

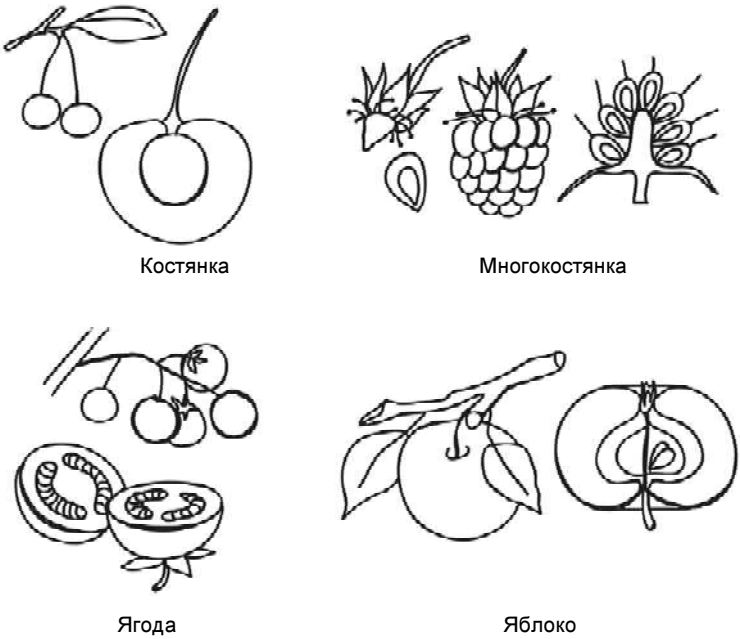



**Рис. 1.31.** Сочные плоды

## Сухие плоды

- Боб — многосемянной вскрывающийся плод, не имеющий перегородки; семена расположены на створках (горох, фасоль, клевер).
- Стручок — длина превышает ширину в 4 и более раз. Состоит из двух створок, семена расположены на перегородке между ними (капуста, редис, репа).
- Стручочек — длина превышает ширину не более чем в 3—4 раза или равна ей (пастушья сумка, ярутка).
- Коробочка — возникает при полном срастании плодолистиков цветка и содержит несколько гнезд, число которых соответствует числу плодолистиков цветка (мак, тюльпан, белена).

- Зерновка — односемянной плод; околоплодник срастается с семенной кожурой (пшеница, кукуруза, овес).
- Семянка — односемянной плод; околоплодник не срастается с семенной кожурой (подсолнечник, астра).
- Орех — односемянной плод, имеющий жесткий одревесневший околоплодник (лещина).
- Желудь — односемянной плод, имеющий кожистый околоплодник (дуб).
- Многоорешек — многосемянной плод, состоящий из односемянных орешков (лапчатка, гравилат, лютик).
- Сухие плоды изображены на рис. 1.32.

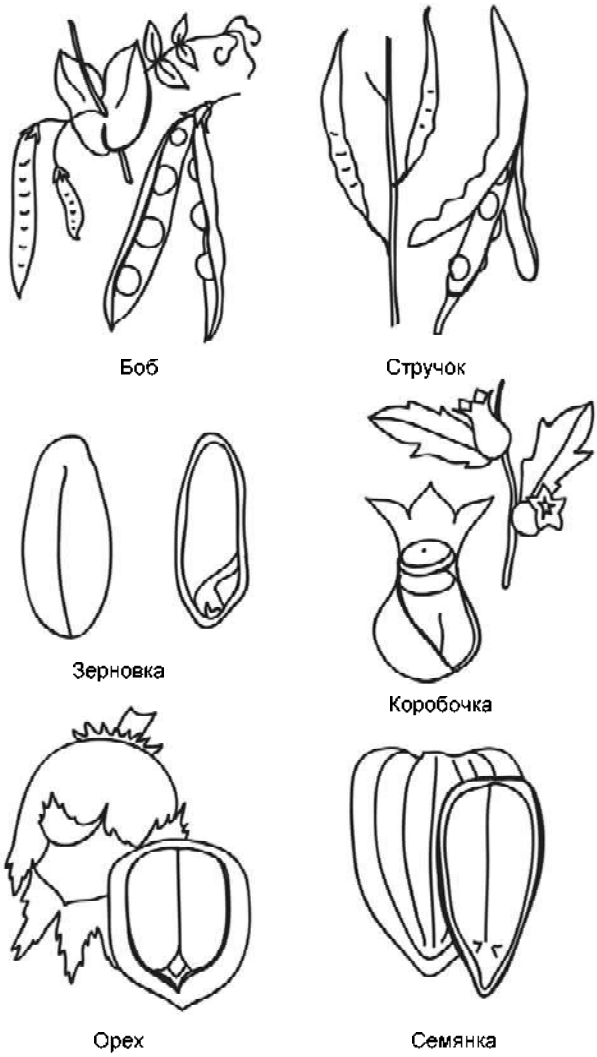



**Рис. 1.32.** Сухие плоды

Для некоторых растений характерны *соплодия* — совокупность плодов, развившихся из всех цветков одного соцветия. В соплодии плоды срастаются друг с другом в единое целое (шелковица, ананас) или остаются самостоятельными (рогоз).

### Распространение плодов и семян

- *Анемохория* — распространение с помощью ветра. Плоды и/или семена имеют небольшую массу, на них могут образовываться выросты для ее уменьшения (ясень, ковыль, клен, одуванчик).
- *Зоохория* — с помощью животных. Две стратегии: плоды имеют выросты в виде крючков, щетинок и т. п. для прикрепления к шерсти животных (череда, гравилат, лопух, репейник) или это сочные плоды с яркой окраской (они поедаются животными, но семена не перевариваются и выходят вместе с фекалиями — рябина, боярышник).
- *Гидрохория* — с помощью воды. Семена этих растений могут длительное время находиться в воде без вреда для себя. У некоторых из них есть воздушные мешки (осока).
- *Самораспространение* — некоторые растения обладают способностью активно разбрасывать семена благодаря особому строению плодов (недотрога, желтая акация, перекати-поле).

# ТЕСТ ПО АНАТОМИИ И МОРФОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Что характерно для растений?

1) используют органические вещества для питания;
2) неподвижный образ жизни;
3) не используют солнечную энергию;
4) не имеют клеточного строения.

**А2.** Назовите жизненную форму, которая характерна для орешника:

1) дерево; 2) кустарник; 3) кустарничек; 4) трава.

**А3.** Назовите тип ткани, к которой относится камбий:

1) образовательная; 3) проводящая;
2) механическая; 4) покровная.

**А4.** Назовите ткань, которая образована только мертвыми клетками:

1) камбий; 2) луб; 3) древесина; 4) пробка.

**А5.** Чем молодая клетка растений отличается от зрелой?

1) ядро в центре клетки; 3) много хлоропластов;
2) одна крупная вакуоль; 4) толстая оболочка.

**А6.** Сосуды — это клетки...

1) луба; 2) паренхимы; 3) древесины; 4) пробки.

**А7.** Основной признак стержневой корневой системы:

1) много придаточных корней;

2) главный корень четко выражен;

3) развивается только у цветковых растений;

4) корни расположены поверхностно.

**А8.** Назовите растение с мочковатой корневой системой:

1) капуста кольраби; 3) одуванчик лекарственный;

2) подорожник большой; 4) ромашка обыкновенная.

**А9.** Корневой волосок — это...

1) придаточный корень; 3) часть покровной ткани;

2) боковой корень; 4) часть клетки.

**А10.** Зоны корня названы в правильном порядке...

1) зона деления, зона роста, зона проведения, зона всасывания;

2) зона всасывания, зона деления, зона роста, зона проведения;

3) зона всасывания, зона проведения, зона деления, зона роста;

4) зона деления, зона роста, зона всасывания, зона проведения.

**А11.** Корнеплод — это...

1) видоизмененный придаточный корень;

2) видоизмененный боковой корень;

3) видоизмененный главный корень;

4) видоизмененный главный корень и нижняя часть стебля.

**А12.** Зачем фермеры проводят регулярное рыхление почвы?

1) для увеличения количества питательных веществ в почве;

2) для интенсивного развития почвенных микроорганизмов;

3) для улучшения снабжения корней кислородом;

4) для усиления притока воды из более глубоких слоев почвы.

**А13.** Назовите растение с супротивным листорасположением:

1) клен; 2) элодея; 3) береза; 4) земляника.

**А14.** На какой части растения могут развиваться придаточные почки?

1) верхушка побега; 2) корень; 3) узел побега; 4) цветок.

**А15.** У пшеницы жилкование...

1) перистое; 2) пальчатое; 3) параллельное; 4) дуговое.

**А16.** Какая ткань находится на поверхности молодого однолетнего побега дерева?

1) луб; 2) древесина; 3) кожица; 4) пробка.

**А17.** Какую функцию выполняет древесина?

1) газообмен;
2) транспорт минеральных веществ;
3) транспорт органических веществ;
4) испарение воды.

**А18.** Что представляет собой корневище?

1) утолщенный главный корень;
2) утолщенный придаточный корень;
3) подземный побег;
4) подземный стебель.

**А19.** В состав жилки листа не входит...

1) древесина; 2) луб; 3) волокна; 4) камбий.

**А20.** За счет какой ткани стебель кукурузы растет в длину?

1) камбий;
2) верхушечная образовательная ткань;
3) вставочная образовательная ткань;
4) луб.

**А21.** Что из перечисленного ниже является видоизменением листа?

1) колючки боярышника; 3) усики винограда;
2) шипы розы; 4) усики гороха.

**А22.** Основным проводящим элементом луба являются...

1) трахеиды; 2) волокна; 3) сосуды; 4) ситовидные трубки.

**А23.** Назовите часть цветка, которая содержит семязачатки:

1) тычинки; 3) завязь пестика;
2) столбик пестика; 4) венчик.

**А24.** У какого растения запас питательных веществ находится в семядолях?

1) пшеница; 2) томат; 3) горох; 4) тюльпан.

**А25.** Назовите тип плода капусты:

1) кочан; 2) стеблеплод; 3) стручок; 4) стручочек.

**А26.** К двудомным растениям относятся:

1) огурец, тыква; 3) тополь, облепиха;
2) вишня, слива; 4) фасоль, горох.

**А27.** Что **не входит** в состав зародыша семени?

1) семядоля; 2) эндосперм; 3) стебелек; 4) корешок.

**А28.** Плод ягода характерен для...

1) земляники; 2) вишни; 3) картофеля; 4) апельсина.

**А29.** Назовите растение, у которого формируется соцветие кисть:

1) колокольчик; 2) тюльпан; 3) яблоня; 4) укроп.

**А30.** Соцветие корзинка развивается у...

1) лютика; 2) одуванчика; 3) клевера; 4) кукурузы.

**А31.** Какой признак характерен для ветроопыляемых растений?

1) крупные одиночные цветки;

2) яркая окраска околоцветника;

3) нектар и аромат;

4) пыльца сухая, ее много.

**А32.** В какой части цветка образуется пыльцевая трубка?

1) в тычинке; 3) в цветоложе;

2) в пестике; 4) в цветке пыльцевой трубки нет.

**А33.** Плоды какого растения распространяются животными?

1) ясень; 2) череда; 3) акация; 4) одуванчик.

## Часть В

**В заданиях В1—В3 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Выберите признаки, характерные для пробки:

1) состоит из мертвых клеток;

2) находится на поверхности стебля;

3) чаще всего встречается у трав;

4) содержит чечевички;

5) содержит устьица;

6) расположена снаружи листьев.

**В2.** В состав листа входят следующие ткани:

1) верхушечная образовательная ткань;

2) древесина;

3) луб;

4) пробка;

5) камбий;

6) фотосинтезирующая ткань.

**В3.** К сухим односемянным плодам относятся:

1) зерновка;
2) многокостянка;
3) яблоко;
4) семянка;
5) орех;
6) коробочка.

**При выполнении заданий В4—В6 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В4.** Установите соответствие между признаком строения и жизнедеятельности и типом ткани.

| ПРИЗНАК | ТИП ТКАНИ |
|---|---|
| А) клетки обычно без центральной вакуоли | 1) образовательные ткани |
| Б) клетки живые или мертвые | 2) покровные ткани |
| В) находятся на вершине органа | |
| Г) обеспечивают рост и развитие растения | |
| Д) участвуют в газообмене | |

**В5.** Установите соответствие между растениями и типом сложных листьев.

| РАСТЕНИЕ | ТИП ЛИСТА |
|---|---|
| А) ясень | 1) тройчатый |
| Б) шиповник | 2) парноперистый |
| В) клубника | 3) непарноперистый |
| Г) желтая акация | |
| Д) клевер | |
| Е) рябина | |

**В6.** Установите соответствие между особенностями генеративных органов и растением.

| ОСОБЕННОСТЬ | РАСТЕНИЕ |
|---|---|
| А) эндосперм есть | 1) рожь |
| Б) эндосперма нет | 2) капуста |
| В) соцветие — кисть | |
| Г) соцветие — сложный колос | |
| Д) цветок с двойным околоцветником | |
| Е) цветок с простым околоцветником | |

**B7.** Установите последовательность частей древесного стебля в правильном порядке, начиная с поверхности:

1) камбий;
2) пробка;
3) древесина;
4) сердцевина;
5) луб.

**B8.** Установите последовательность зон корня, начиная с вершины корня:

1) зона всасывания;
2) зона роста;
3) зона деления;
4) зона проведения.

### Часть С

**C1.** Устьица у наземных растений чаще всего расположены в нижней эпидерме. Объясните, почему.

**C2.** Почему клетки колленхимы неравномерно утолщены?

**C3.** Найдите ошибки в приведенном тексте.

1. Листья цветковых растений делятся на простые и сложные. 2. К простым листьям относятся цельные, рассеченные и тройчатые. 3. Снаружи лист покрыт кожицей. 4. Внутри находится проводящий пучок, в котором обязательно есть камбий. 5. В листе происходят различные процессы — фотосинтез, дыхание, испарение воды. 6. Фотосинтез происходит только днем, а дыхание — только ночью.

**C4.** В чем заключается преимущество соцветий по сравнению с одиночными цветками?

**C5.** Какие особенности строения должны быть у растений, чьи плоды распространяются животными?

**C6.** У одних цветковых растений преобладает бесполое (вегетативное) размножение, у других — половое. Как вы можете объяснить это явление? Приведите примеры и тех, и других растений.

# СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ

Основы современной систематики растений были заложены шведским естествоиспытателем К. Линнеем в XVIII в. В своих работах Линней дал определение понятия "вид", ввел бинарную номенклатуру, установил четкую соподчиненность между систематическими категориями; создал классификацию растений и животных. Название каждого вида должно состоять из двух слов: одно обозначает род, оба слова — вид. Например: род "одуванчик", вид "одуванчик лекарственный".

В систематике растений выделяют 7 категорий (или таксонов): царство, отдел, класс, порядок, семейство, род и вид. Царство Растений делят на две большие группы: низшие и высшие. К низшим растениям относятся все отделы водорослей,

высшие, в свою очередь, разделяются на споровые и семенные. К споровым относятся Мохообразные и Папоротникообразные (в современной систематике эту группу делят на три отдела — Плауновидные, Хвощевидные и Папоротниковидные), к семенным — Голосеменные и Цветковые (Покрытосеменные).

## Водоросли

Около 30 тыс. видов. Водоросли — это низшие растения, большинство из них обитает в водной среде. Размеры водорослей очень разнообразны и колеблются от микроскопических (одноклеточные формы) до 60 м длины (макроцистис). В основе классификации водорослей лежит наличие соответствующих наборов пигментов.

Тело водорослей представлено талломом, или слоевищем, не дифференцированным на органы и ткани. Некоторые водоросли с помощью ризоидов (специальные выросты клеток) прикрепляются к субстрату. По морфологической организации выделяют одноклеточные и многоклеточные (нитчатые и пластинчатые) формы.

Клетка водоросли характеризуется наличием клеточной стенки; внутри содержится одно или нескольких ядер, вакуоль, хроматофор и другие органоиды. Хроматофоры очень разнообразны по форме и содержат специфический набор пигментов. Размножение водорослей происходит бесполым или половым путем.

### Отдел Зеленые водоросли

Это самый крупный отдел водорослей. К ним относятся пресноводные и морские формы, некоторые виды — почвенные. Характерен хлорофилл, который преобладает над другими пигментами (каротиноидами). Запасное вещество — крахмал.

#### Одноклеточные зеленые водоросли

*Хламидомонада* — пресноводная водоросль (рис. 1.33). Есть два жгутика, у их основания — две сократительные вакуоли. Хроматофор крупный, чашевидной формы; в цитоплазме есть одно ядро, глазок (стигма) и другие органоиды, типич-

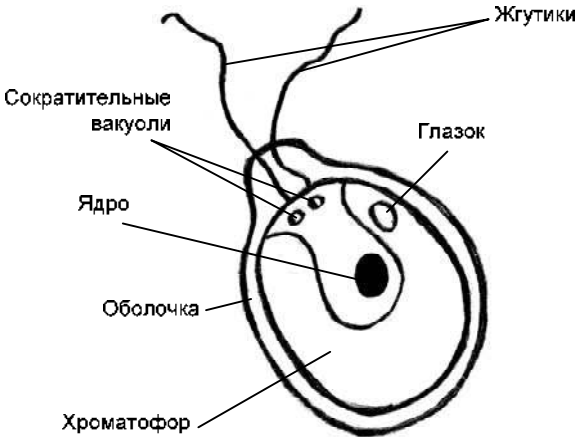



**Рис. 1.33.** Строение хламидомонады

ные для эукариот. Глазок служит для восприятия уровня освещенности: если света недостаточно, хламидомонада движется в более освещенное место (т. е. для этой водоросли характерен положительный фототаксис). В цитоплазме есть пиреноид — в нем запасается крахмал.

Размножение происходит бесполым (в благоприятных условиях с помощью гаплоидных зооспор) и половым (изогамия, в неблагоприятных условиях) путем (рис. 1.34). После образования зиготы она покрывается толстой оболочкой и в таком состоянии зимует. Весной в ней происходит мейоз, оболочка разрывается и из нее выходит 4 молодые гаплоидные особи. Таким образом, у хламидомонады большую часть жизни занимает гаплоидная фаза, т. е. в ее жизненном цикле доминирует гаметофит.

*Хлорелла* — водоросль, которая может обитать в воде, почве, на поверхности почвы или коре деревьев во влажных местах (рис. 1.35). Жгутиков, глазка и сократитель-

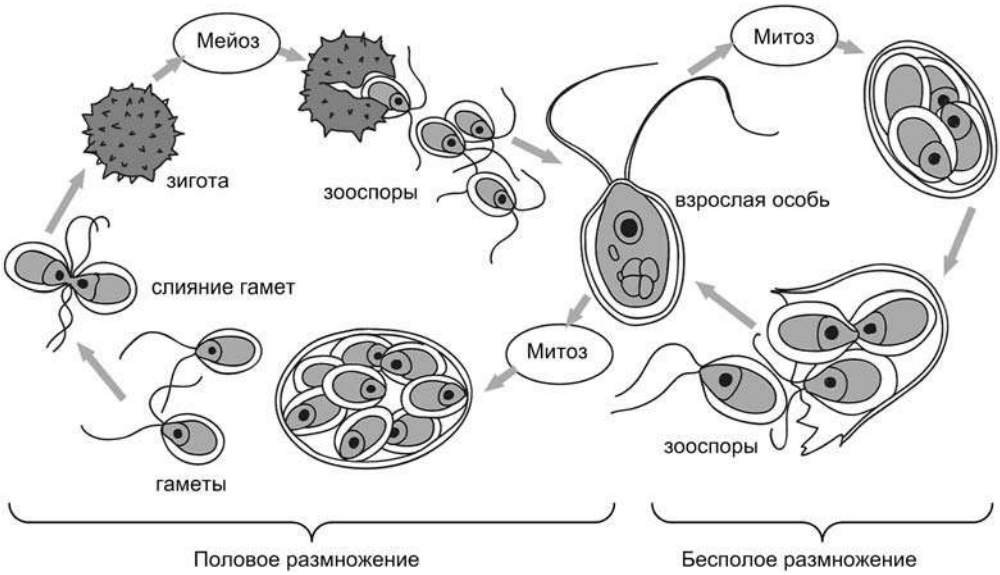



**Рис. 1.34.** Жизненный цикл хламидомонады

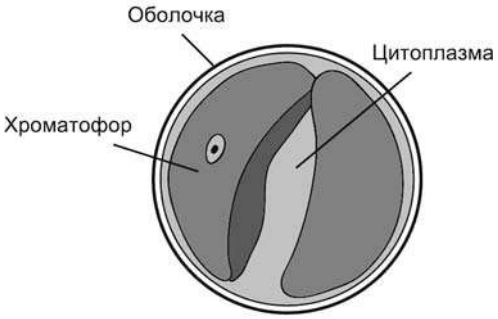



**Рис. 1.35.** Строение хлореллы

ных вакуолей нет, внутри клетки — ядро, хроматофор и цитоплазма с органоидами, типичными для растений. Размножение только бесполое (с помощью неподвижных спор), половой процесс не известен.

*Плеврококк* — наземная водоросль. Клетка шаровидной формы, не имеет вакуоли, глазка и жгутиков, содержит хроматофор и одно ядро. Плеврококк встречается повсеместно, образуя зеленые налеты на деревьях, скалах и почве. Размножается делением на две клетки.

## Колониальные зеленые водоросли

*Вольвокс* — колониальная пресноводная зеленая водоросль (рис. 1.36). Колония выглядит как полый шар, поверхность которого образована клетками, соединенными между собой цитоплазматическими тяжами.

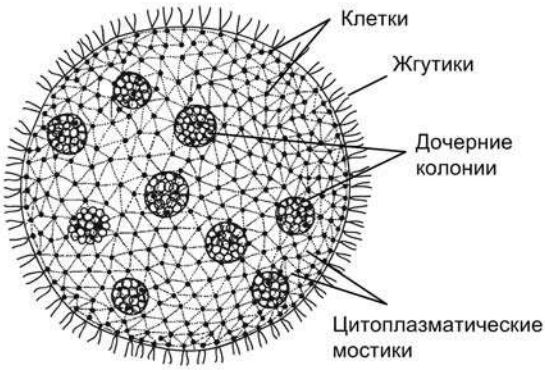



**Рис. 1.36.** Строение вольвокса

Каждая клетка колонии гаплоидна (диплоидна только стадия зиготы) и содержит одно ядро, хроматофор и 2 жгутика. В колонии существует специализация клеток: периферическую часть составляют вегетативные клетки, а между ними находятся более крупные генеративные. В результате делений генеративных клеток образуются дочерние колонии, которые находятся внутри материнской, а после ее гибели выходят наружу. Также характерно половое размножение (оогамия).

## Многоклеточные зеленые водоросли

*Спирогира* — нитчатая пресноводная водоросль (рис. 1.37). Снаружи она покрыта оболочкой, ризоидов нет. Внутри каждой клетки расположены несколько нитей спирального хроматофора, ядро и цитоплазма с органоидами; большую часть клетки занимает центральная вакуоль. Бесполое размножение происходит фрагментацией нитей; половое — конъюгацией. Специальные половые клетки не образуются: две клетки разных нитей сливаются друг с другом, и возникает зигота (диплоидная стадия). В зиготе происходит мейоз и образуются 4 гаплоидные клетки; 3 из них отмирают, а оставшаяся дает начало новой нити.

*Улотрикс* — нитчатая пресноводная водоросль. Состоит из одного ряда клеток, с помощью базальной клетки прикрепляется к субстрату. Клетка не имеет жгути-

ков, содержит одно ядро, хроматофор в форме пояска и вакуоль. Размножение бесполое и половое. При бесполом размножении в клетке нити образуются зооспоры, затем оболочка разрывается, и они выходят наружу. Проплавав некоторое время, зооспоры оседают и путем деления образуют новую нить. При половом размножении внутри одной из клеток образуются изогаметы, которые выходят наружу и попарно сливаются. После образования зиготы происходит мейоз, формируются зооспоры, дающие новое растение.

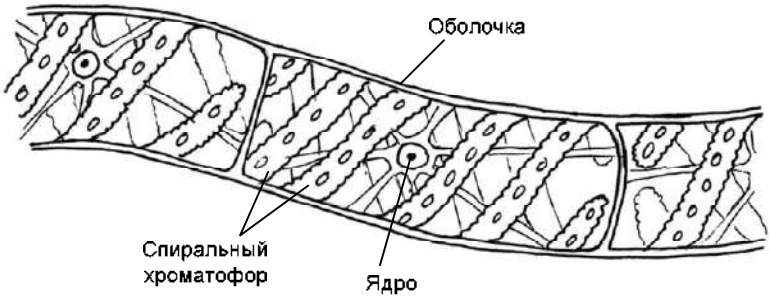



**Рис. 1.37.** Строение спирогиры

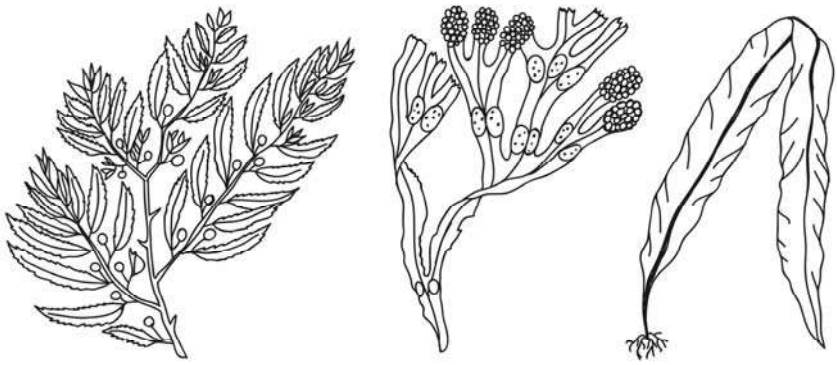
*Ульва* — пластинчатая морская водоросль. Тело представляет собой двуслойную пластинку, прикрепленную к субстрату суженным в короткий черешок основанием. Отдельная клетка содержит одно ядро, вакуоль и хроматофор. Размножение бесполое и половое. Для ульвы характерно чередование поколений: на гаметофите развиваются гаплоидные гаметы, в воде они сливаются, и из зиготы развивается спорофит; в нем происходит мейоз и образуются споры, из которых развивается гаметофит. При этом спорофит и гаметофит внешне выглядят одинаково.

*Кладофора* — пластинчатая морская или пресноводная водоросль. Имеет вид прикрепленных кустиков из ветвящихся нитей, образованных одним рядом многоядерных клеток со слоистой оболочкой и сетчатым хроматофором. Бесполое размножение происходит с помощью зооспор, половое — с помощью изогамет.

## Отдел Бурые водоросли

В основном это морские формы, преимущественно распространенные в холодных морях (рис. 1.38). Большинство бурых водорослей являются бентосными формами, обитающими на глубине 20—30 м или в приливно-отливной зоне. Могут образовывать огромные скопления (Саргассово море).

Окраска варьирует от оливково-зеленой до темно-бурой из-за присутствия бурого пигмента фукоксантина, маскирующего другие пигменты. Также содержат хлорофилл и каротиноиды. Слоевище многоклеточное, лентовидное (ламинария), кустистое (саргассы) или разветвленное (фукус), обычно прикрепляется к субстрату с помощью ризоидов. У некоторых видов появляются проводящие элементы. Бесполое размножение происходит с помощью спор, половое — с помощью гамет разного типа. Запасные вещества накапливаются в форме липидов, многоатомного спирта маннита и углеводов (ламинарит).



Саргассум Фукус Ламинария

**Рис. 1.38.** Некоторые представители бурых водорослей

## Отдел Красные водоросли (Багрянки)

Красные водоросли обитают в основном в морях, реже встречаются пресноводные формы. Заселяют значительные глубины (до 260 м — абсолютный рекорд для фотосинтезирующих растений).

Встречаются одноклеточные и многоклеточные формы. Содержат хлорофилл, каротиноиды и фикобилины (красные пигменты). Слоевища нитевидные, кустистые, пластинчатые (порфира), у некоторых расчленены; у многих есть ризоиды. Оболочка клеток покрыта слоем пектинов, из которых получают агар-агар. Запасное вещество — липиды и крахмал. Бесполое размножение с помощью неподвижных спор, которые образуются в спорангиях; половой процесс — оогамия.

## Значение водорослей в природе и использование их человеком

- Выделяют кислород.
- Цепи питания (фитопланктон — основа всех цепей выедания океана).
- Убежище для животных.
- Пищевое (ламинария, порфира). Некоторые водоросли специально выращиваются на подводных фермах.
- Кормовое (фукус, хлорелла).
- Источник йода.
- Промышленное: получение солей натрия и калия, агар-агара. Из агар-агара делают желе, мармелад, пастилу, питательную среду для выращивания бактерий.
- При массовом размножении вызывают "цветение" воды (хламидомонада), при котором в воде падает содержание кислорода.

- Некоторые виды (хлорелла) используют на космических кораблях и подводных лодках для очистки воздуха от углекислого газа.

## Отдел Мохообразные

22—27 тыс. видов. Большинство обитают в лесах и на болотах, реже встречаются по берегам водоемов и на влажных лугах.

### Общие признаки

- В жизненном цикле преобладает гаметофит. Спорофит (у мхов он называется спорогонием) представлен коробочкой, ее ножкой и гаусторией (это длинный тяж, внедряющийся в гаметофит).
- Для оплодотворения необходима вода.
- Ткани слабо развиты или отсутствуют. Покровные ткани не имеют устьиц и кутикулы. Проводящие ткани не имеют трахеид и ситовидных трубок.
- Корней нет. Есть ризоиды — нитчатые выросты стебля, участвующие в поглощении веществ из почвы и удерживающие растение.
- Листья и стебли мхов не гомологичны листьям и стеблям сосудистых растений.

### Класс Печеночники или Печеночные мхи

Обитают печеночники в основном во влажных тропических и субтропических лесах, но некоторые виды встречаются в умеренном климате.

Гаметофит представлен пластинчатым или листостебельным талломом (слоевищем). Есть одноклеточные ризоиды. Листья всегда однослойные и состоят из однородных клеток. Споры развиваются непосредственно под стенкой коробочки, т. е. она является спорангием. Коробочка не имеет механизмов для выбрасывания спор: при созревании спор стенка коробочки либо растрескивается, либо сгнивает. Для всех печеночников характерна микориза.

Представитель: маршанция.

### Класс Листостебельные мхи или Мхи

Большинство видов приурочено к сырым местообитаниям умеренных и холодных областей, в тропиках они в основном встречаются в горах. Некоторые виды — водные.

У этих растений есть стебли с листьями; их побеги, как правило, обладают радиальной симметрией. У большинства видов листья многослойные (*искл.* — сфагновые мхи). Есть ризоиды, которые всегда многоклеточные (*искл.:* у сфагновых мхов ризоидов нет).

Коробочка состоит из крышечки и урночки. Внутри урночки формируется спорангий со спорами. При созревании крышечка отскакивает, и споры активно разбрасы-

ваются. Из споры развивается протонема (имеет форму нити или пластинки), которая сильно отличается от взрослого гаметофита.

## Подкласс Зеленые мхи

Широко распространены по земному шару. Большинство обитает в умеренных и холодных областях. Размеры варьируют от 0,5 до 50 см.

Побег не ветвится. У всех есть ризоиды. Листья простые, на них есть средняя жилка (выполняет транспортную функцию), могут быть одно- или многослойными. Стебель состоит из трех частей: эпидермы, коры (живая механическая ткань и паренхима) и центрального тяжа (слабо дифференцированные проводящие ткани).

*Цикл развития кукушкиного льна (рис. 1.39).* Развитие начинается с прорастания споры и образования протонемы. Затем на ней формируются почки, из которых развивается гаметофит. Кукушкин лен — двудомное растение, поэтому на одних особях формируются антеридии (мужские половые органы), а на других — архегонии (женские половые органы), в которых митозом образуются гаметы. С помощью воды происходит оплодотворение, и из зиготы развивается спорогоний. Первой формируется гаустория, затем коробочка (состоит из крышечки и урночки), в последнюю очередь возникает ножка.

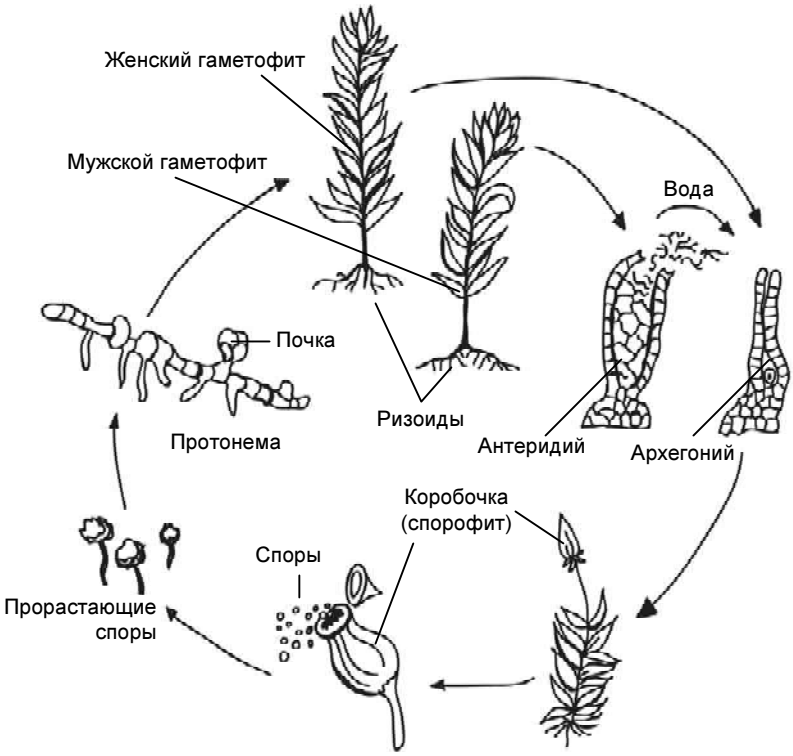



**Рис. 1.39.** Жизненный цикл зеленых мхов (на примере кукушкиного льна)

Внутри урночки развиваются спорангии, в которых происходит мейоз, и образуются споры. Когда споры созревают, крышечка сбрасывается, и споры рассеиваются ветром. Таким образом, в цикле развития мхов происходит чередование двух поколений: полового гаплоидного (гаметофит) и бесполого диплоидного (спорогоний).

## Подкласс Сфагновые мхи (Белые мхи, Торфяные мхи)

Один род — Сфагнум. Наиболее широко распространены в умеренной зоне Северного полушария, где они формируют сфагновые болота. Поселяясь на влажных территориях, они способствуют их заболачиванию, т. к. могут быстро поглощать влагу в больших количествах (в 25 раз больше собственной массы) и прочно ее удерживать.

У молодых растений есть ризоиды. С началом ветвления рост ризоидов прекращается, и взрослые растения их не имеют (рис. 1.40). Стебель сильно ветвится, часть боковых веток расположена горизонтально (они отвечают в основном за фотосинтез), другие расположены практически вертикально, при этом плотно прилегая к главному стеблю. Эти побеги участвуют в поглощении воды из почвы и ее транспортировке к вершине побега. Листья однослойные и состоят из двух типов клеток: водоносных и фотосинтезирующих. Водоносные клетки накапливают воду. Они мертвые, крупные, с сильно развитой оболочкой. Фотосинтезирующие клетки живые, узкие, длинные, в них много хлоропластов.

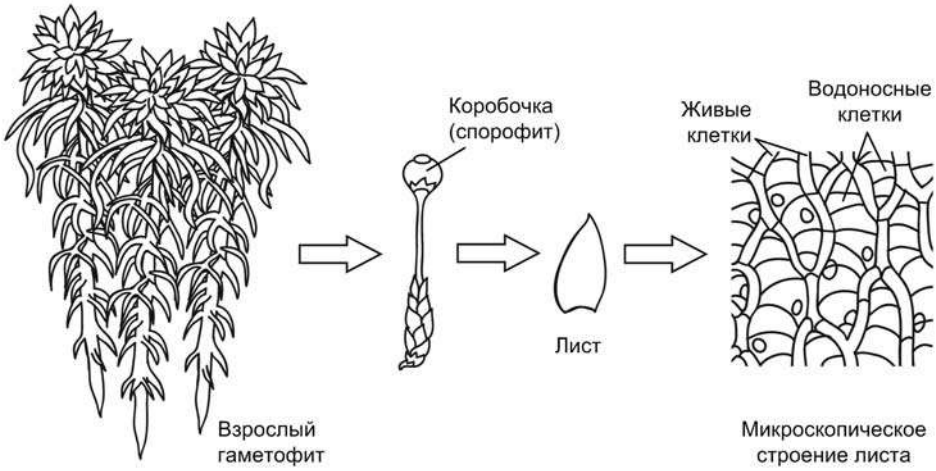



**Рис. 1.40.** Строение сфагнума

*Цикл развития сфагнума.* Жизненный цикл начинается с прорастания споры и формирования протонемы. На ней образуются почки, из которых развивается гаметофит. На гаметофите формируются половые органы, в которых развиваются гаметы (в основном сфагнумы — однодомные растения). После оплодотворения образуется зигота, из которой развивается коробочка. В коробочке созревают споры.

### Образование торфа

Торф образуется на торфяных болотах, расположенных в долинах рек или на водоразделах. Отмирающие части растений (в основном торфяных мхов, но также и других болотных растений), находящиеся в анаэробных условиях, минерализуются с помощью почвенных беспозвоночных животных, бактерий и грибов. Интенсивность распада растительных останков зависит от ряда факторов, как то вид растения, количество воды, кислотность и температура среды.

Поскольку болотные фитоценозы отличаются друг от друга видовым составом, то и торф, сформировавшийся на разных торфяных болотах, обладает различными свойствами.

### Значение моховидных

- Средообразующее — образуют многочисленные болота.
- Вызывают сукцессии — заболачивают леса, что приводит к переходу леса в болото.
- Антисептический и перевязочный материал — в войну сфагнум применяли вместо ваты.
- Торф — топливо, удобрение, промышленное сырье (получение спирта и других органических веществ).

## Отдел Риниофиты (Псилофиты)

Этот отдел включает вымершие формы, которые были первыми наземными высшими растениями. Они обитали по берегам водоемов. Риниофиты не имели типичных побегов и корней, их тело состояло из дихотомически ветвящихся вертикальных осей, которые с помощью ризоидов прикреплялись к почве. Высота этих растений не превышала 45—50 см. Снаружи их тела покрывала эпидерма, внутри была хорошо развита проводящая система. Размножение происходило с помощью спор, расположенных в спорангиях на вершине вертикальных осей.

## Папоротникообразные

10—11 тыс. видов.

### Общие признаки

- В цикле развития доминирует спорофит, гаметофит сильно редуцирован.
- Есть все типы тканей: покровная, механическая, основная, проводящая и образовательная. Проводящая ткань впервые образует транспортную систему, объединяющую все органы.
- Есть все вегетативные органы: стебель, корень, лист.
- Для оплодотворения необходима вода.

## Отдел Папоротниковидные (Папоротники)

Распространены на всех континентах практически во всех природных зонах. Подавляющее большинство обитает во влажных тропических и субтропических лесах. Несколько видов (сальвиния) — водные растения. В основном являются травами, также встречаются древовидные формы.

Строение этой группы рассматривается на примере щитовника мужского — типичного растения лесов средней полосы России (рис. 1.41). Для папоротников характерна макрофилия — наличие относительно крупных листьев (вайи). Листья состоят из основания, черешка и перисто-рассеченной листовой пластинки. Листья часто покрыты чешуйками. Листовая пластинка растет верхушкой.

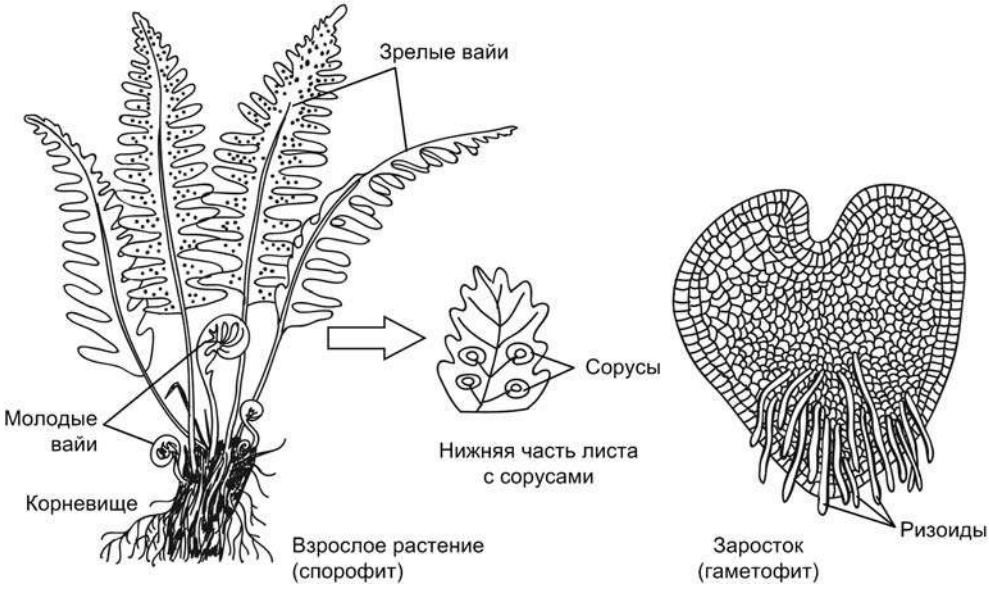



**Рис. 1.41.** Строение папоротника

На листьях с нижней стороны формируются специальные образования — сорусы, в которых находятся спорангии и созревают споры. Для папоротников характерно корневище, на котором развиваются придаточные корни. Камбий отсутствует.

*Жизненный цикл щитовника мужского (рис. 1.42).* Доминирует спорофит. На нижних сторонах листьев формируются сорусы, содержащие спорангии с созревающими спорами (образуются мейозом). Споры разбрасываются благодаря наличию в спорангии кольца — полоски из толстостенных клеток. Затем споры прорастают и формируют заростки.

Заросток папоротника — это небольшая зеленая многоклеточная пластинка сердцевидной формы, не расчлененная на органы и не имеющая корней (у заростка развиваются ризоиды). На нижней стороне гаметофита формируются антеридии и архегонии; в них митозом образуются гаметы, и с помощью капельной влаги происходит оплодотворение. Далее из зиготы развивается спорофит.

Существуют равноспоровые (щитовник, кочедыжник) и разноспоровые (сальвиния) папоротники. В спорофитах равноспоровых растений развиваются одинаковые споры. У разноспоровых папоротников развиваются два типа спор: мегаспоры и микроспоры. Оба типа спор формируются в соответствующих спорангиях. Из микроспоры развивается мужской заросток с антеридием, из мегаспоры формируется женский заросток с архегонием.

Представители: орляк, щитовник мужской, кочедыжник женский, сальвиния.

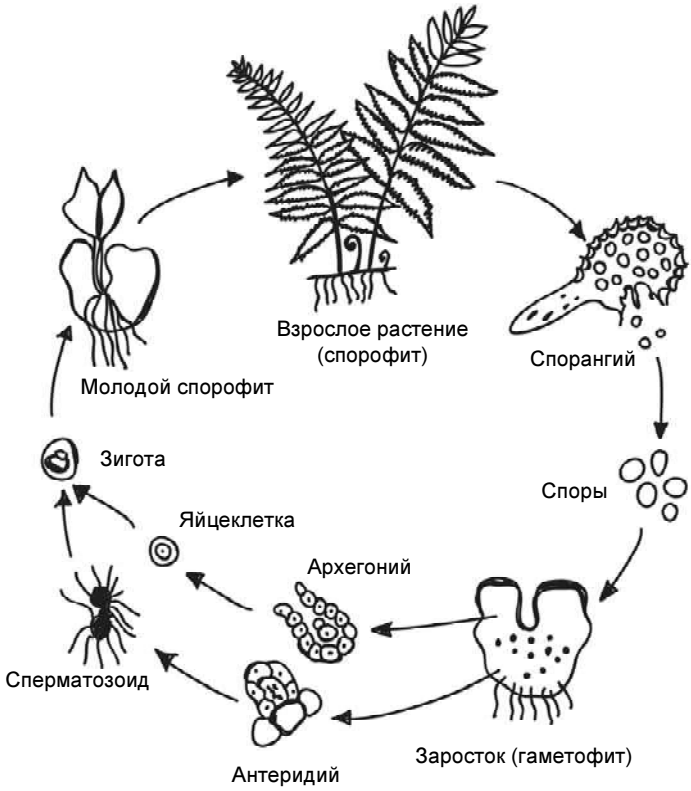



**Рис. 1.42.** Жизненный цикл щитовника мужского

## Отдел Плауновидные

Около 1000 видов. Это самые древние из ныне живущих высших растений. Жизненная форма — многолетние травы. Большинство обитает во влажном тропическом и субтропическом климате, небольшая часть — в лесах умеренного пояса.

Имеют побеги и корни (главного корня нет, развиваются придаточные и боковые). Побеги и корни характеризуются дихотомическим ветвлением. У плаунов выделяют два типа побегов: стелющиеся горизонтальные и вертикальные, на которых развиваются спороносные колоски (рис. 1.43). Характерна микрофиллия — листья имеют относительно мелкие размеры. Листья линейно-ланцетной формы имеют

**Рис. 1.43.** Строение плауна

цельную листовую пластинку, несколько расширенное основание и располагаются спирально.

*Жизненный цикл плауна булавовидного.* Доминирует спорофит. В спороносных колосках развиваются спорангии, в которых происходит мейоз, и формируются споры. Споры высеваются, прорастают, и из них развивается бесцветный заросток (гаметофит). Он находится под землей, а его рост и развитие возможно только при условии внедрения в него гиф гриба, за счет которого заросток питается. На одном заростке образуются и антеридии, и архегонии, в которых развиваются гаметы. С помощью капельной влаги происходит оплодотворение и образуется зигота. В дальнейшем из зиготы развивается спорофит. Некоторые плауновидные (селягинелла) — разноспоровые растения.

Представители: плаун булавовидный, селягинелла.

## Отдел Хвощевидные

Около 25 видов. Хвощи широко распространены в Евразии, Северной Африке, Северной и Южной Америке. Большинство приурочены к умеренным областям, несколько видов обитает в тропических и субтропических регионах.

Характерны горизонтальные подземные побеги — сильно ветвящиеся корневища, на которых хорошо развиты придаточные корни (рис. 1.44). Надземные побеги с полыми междоузлиями. Выделяют два типа надземных побегов: ветвящиеся вегетативные зеленого цвета, с чешуевидными листьями (так называемые летние побеги), и неветвящиеся спороносные, лишенные хлорофилла (так называемые весенние побеги), на верхушках которых развиваются спороносные колоски.

Листорасположение мутовчатое, листья сильно редуцированы до небольших зубчиков, которые срослись вместе и образуют пленчатое кольцо в каждом узле.

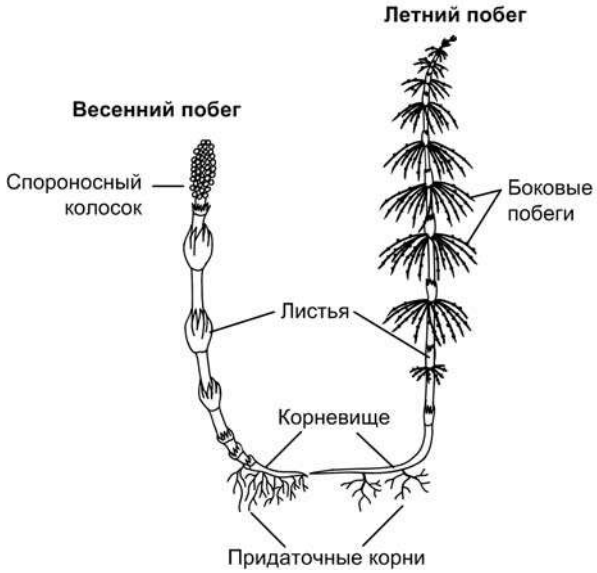



**Рис. 1.44.** Строение хвоща

Фотосинтез чаще всего происходит в стебле. Эпидерма стебля имеет утолщенные стенки, в которых откладывается кремнезем, увеличивающий прочность побега.

*Жизненный цикл хвоща полевого.* Доминирует спорофит. Ранней весной появляются спороносные побеги, на которых формируются спорангии со спорами (образуются мейозом). После созревания споры высыпаются и распространяются ветром. Затем споры прорастают, формируя гаметофит (заросток). Заросток сначала имеет форму однослойной пластинки зеленого цвета, а затем становится многослойным. На заростке развиваются половые органы, в которых созревают мужские и женские гаметы. Оплодотворение происходит при наличии капельной влаги. В дальнейшем из зиготы развивается спорофит.

## Древние папоротникообразные

Расцвет папоротникообразных был 300 млн лет назад, когда на большей территории Земли господствовал влажный тропический климат. Древние папоротникообразные формировали либо чистые леса из представителей какой-то одной группы, либо смешанные из древних плауновидных, хвощевидных и папоротниковидных.

Древние плауновидные были травянистыми растениями высотой до 50 см или деревьями высотой 30—40 м и диаметром ствола до 2 м (лепидодендроны). Для древних плаунов было характерно наличие стелющихся и вертикальных побегов с дихотомическим ветвлением, корневая система и древесина были слабо развиты. Большинство древних хвощевидных были деревьями (каламиты) высотой 10—15 м, но встречались травы и лианы. Для каламитов было характерно наличие корневища с придаточными корнями, ветвящихся или неветвящихся побегов с хорошо развитой древесиной; линейные, реже овальные листья располагались мутовчато. Древ-

ние папоротниковидные были травами или деревьями высотой до 40 м. У древесных форм были хорошо развиты древесина и кора; листья были рассеченными или цельными.

### Образование каменного угля

Каменный уголь образуется из продуктов разложения органических остатков растений в условиях повышенного давления и высокой температуры. Образование каменного угля началось в силуре, но наиболее активно этот процесс происходил в каменноугольный период.

Леса каменноугольного периода были сильно заболочены. Погибая, деревья падали в воду и заносились илом, что исключало доступ кислорода, следовательно, и гниение. В этих условиях в течение длительного времени образовывался бурый уголь. В результате длительного воздействия повышенных температур и давления бурый уголь преобразовывался в каменный уголь.

### Значение папоротникообразных

- Сорняки (хвощи), причем довольно трудноискоренимые.
- Пищевое — в некоторых странах в пищу употребляются молодые листья папоротников и молодые спороносные побеги хвощей.
- Полировка различных материалов и чистка металлической посуды (стебли хвощей).
- Присыпка в медицине (споры плаунов).
- Каменный уголь — важный вид топлива для получения электроэнергии.

## Семенные растения

*Семенные растения* — это высшие растения, у которых образуются семена. Они обитают в любых природных зонах Земли и занимают все основные среды обитания (почвенную, водную и наземно-воздушную). Образуют все жизненные формы (деревья, кустарники, травы и т. д.). Основные признаки: наличие семян; для оплодотворения вода не требуется; в жизненном цикле доминирует спорофит, а гаметофит сильно редуцирован.

Существует две группы семенных растений: Голосеменные и Покрытосеменные.

### Отдел Голосеменные

Около 700 видов. Обитают практически во всех областях Земли: тропики (саговники, гнетовые, хвойные), леса умеренного пояса (хвойные), пустынные и степные районы (эфедра, вельвичия). Подавляющее большинство голосеменных — это деревья, реже встречаются кустарники (можжевельник) или травянистые растения (саговники).

Продолжительность жизни может достигать нескольких тысяч лет (секвойя, вельвичия живут до 2 тыс. лет; мамонтово дерево живет до 3—4 тыс. лет). Голосемен-

ные могут достигать в высоту до 30 м (сосна, ель), до 50—60 м (араукария) и даже до 100 м (секвойя, мамонтово дерево).

*Особенности строения (на примере класса Хвойные).* Есть все вегетативные органы: корень, стебель, лист и почка. Появляется главный корень, корневая система хорошо развита, обычно стержневого типа, но у некоторых видов главный корень довольно рано отмирает и формируется мочковатая корневая система (ель). Для многих хвойных характерна микориза.

Побеги удлиненные и укороченные. Стебель с тонкой корой, слабо развитой сердцевиной и мощно развитой древесиной. Древесина состоит из трахеид, настоящие сосуды отсутствуют. Во флоэме нет клеток-спутниц. Между древесиной и лубом расположен камбий. У многих есть смоляные ходы.

Листья у большинства видоизменены в иглы или чешуйки. Они расположены на удлиненных (ель) или на укороченных (сосна) побегах (в этом случае характерен веткопад, когда опадают не отдельные листья, а целые укороченные побеги). Листья многолетние (*искл.* — лиственница), покрыты эпидермой с хорошо развитой кутикулой, устьица глубоко погруженные. Размеры листьев составляют обычно 2—10 см. Листья могут жить до 25—26 лет (ель тянь-шаньская), в среднем они живут 2—5 (светолюбивые) и 10—15 лет (теневыносливые).

**Примечание**

К отделу Голосеменных относится растение вельвичия удивительная (класс Оболочкосеменные) — у нее всего 2 листа, которые живут столько же, сколько и само растение — несколько сотен лет. В основании ее листьев есть образовательная ткань, за счет работы которой листья растут в течение всей жизни.

*Цикл развития на примере сосны обыкновенной (рис. 1.45).* Все голосеменные — разноспоровые растения. Сосна — однодомное растение: на одном растении формируются и мужские шишки (содержат микроспорофиллы, в которых развиваются микроспорангии), и женские шишки (содержат мегаспорофиллы, в которых развиваются мегаспорангии). Мужская шишка зеленовато-желтого цвета расположена в основании удлиненных побегов и состоит из оси и сидящих на ней микроспорофиллов. Мужские шишки располагаются группами.

В микроспорангиях мейозом формируются микроспоры, которые начинают прорастать под оболочкой, образуя при этом мужские гаметофиты (это пылинки; совокупность пылинок называют пыльцой). Каждая пылинка имеет 2 воздушных мешка. Затем в пылинке развиваются мужские гаметы (спермии).

Женские шишки находятся на концах удлиненных побегов, обычно поодиночке или группой из 2—3 штук. Женская шишка состоит из укороченной оси с расположенными на ней кроющими чешуями, в пазухах которых развиваются семенные чешуи, содержащие по 2 семязачатка. Молодые шишки окрашены в буро-красный цвет, через год они приобретают зеленую окраску, а при созревании — бурую.

В мегаспорангии (нуцеллусе) из одной спорогенной клетки мейозом возникает 4 мегаспоры. Нуцеллус покрыт интегументом, и вместе они составляют семязачаток. Из 4-х мегаспор 3 погибают, а одна образует женский гаметофит.

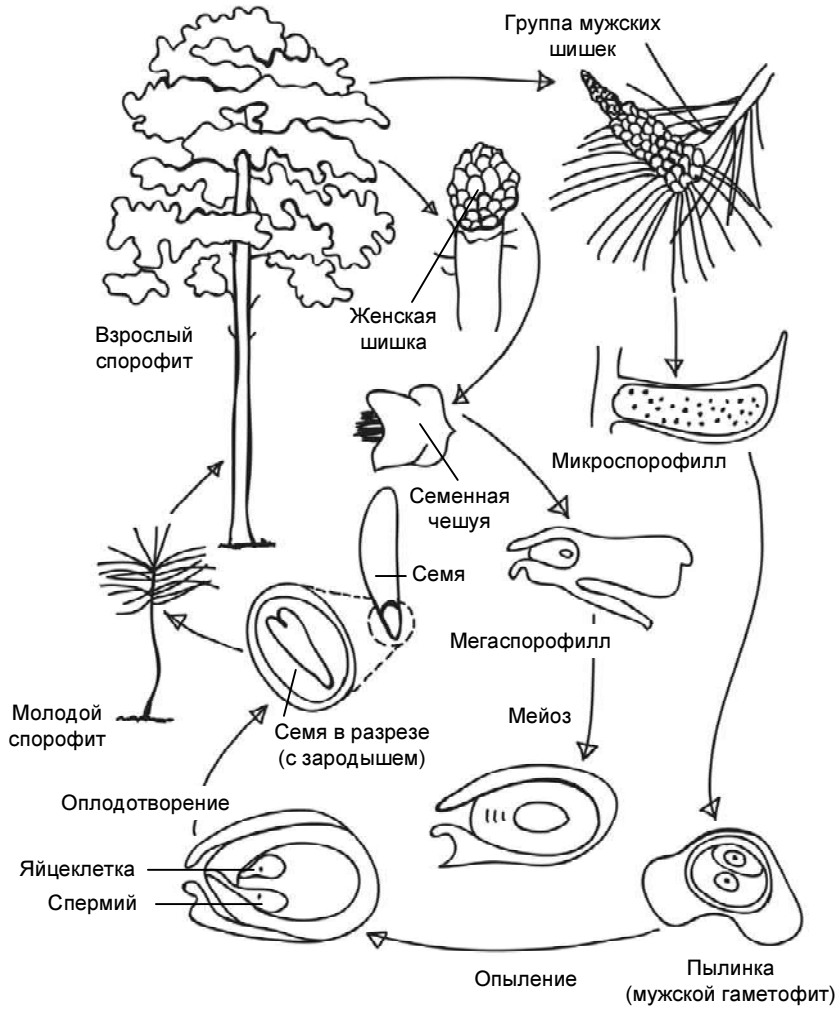



**Рис. 1.45.** Жизненный цикл сосны

Опыление происходит с помощью ветра (май — начало июня в средней полосе России), пылинки попадают непосредственно на семязачаток. После этого образуется пыльцевая трубка, но оплодотворение сразу не происходит: и в мужском, и в женском гаметофите гаметы еще не сформировались. Оплодотворение происходит лишь после зимы. Из двух спермиев в этом процессе участвует только один, второй обычно погибает. Для оплодотворения влага не нужна.

После оплодотворения из семязачатка развивается семя: из зиготы появляется зародыш, а из окружающих тканей — эндосперм (эндосперм голосеменных — гаплоидная ткань, возникающая до оплодотворения из мегаспоры). Зрелые семена находятся на семенных чешуях открыто. После созревания семена разлетаются с помощью ветра, падают на землю и после периода покоя прорастают, формируя новое растение (спорофит).

Другие представители голосеменных растений:

- кипарис распространен в Евразии, Северной Америке и Африке. Характерна пирамидальная крона, поэтому часто используют как декоративное растение. Листья мелкие, чешуевидные;
- тисс встречается в Европе, Азии, Северной Африке, на Кавказе, в Крыму. Это теневыносливые деревья высотой 15—20 м. Женские шишки сильно редуцированы. Зрелые семена окружены сочной частью и похожи на ягоды;
- можжевельник — чаще всего это кустарник высотой 1—2,5 м, реже встречаются деревья. Светолюбивые растения. Женские шишки после оплодотворения становятся сочными, похожими на ягоды;
- ель обитает только в Северном полушарии. Это теневыносливые деревья, достигающие в высоту 30—40 м. Корневая система поверхностная. Листья заостренные, расположены поочередно на удлиненных побегах;
- пихта встречается в умеренном поясе Северного полушария. Очень теневынослива, формирует темнохвойные леса. Шишки прямостоячие, после созревания семян разрушаются;
- лиственница — один из самых обычных видов Северного полушария. Светолюбива, образует светлохвойные леса. Иголки мягкие, живут один год, т. е. это листопадное растение. Древесина устойчива к гниению.

## Значение голосеменных

- Лесообразующее (90% лесов России — хвойные и смешанные).
- Древесина: строительство, кораблестроение, вагоностроение, производство мебели, бумаги.
- Декоративное (можжевельник, туя, голубая ель).
- Выделение кислорода и фитонцидов, убивающих бактерии.
- Смола (живица) — получение канифоли, скипидара, камфоры.
- Пищевое (сосна сибирская).
- Производство музыкальных инструментов.

## Отдел Покрытосеменные (Цветковые)

250 тыс. видов. Покрытосеменные — это господствующая группа растений на Земле. Покрытосеменные способны образовывать сложные многоярусные сообщества.

Основные признаки: наличие цветка; семязачатки находятся в завязи, а семена — внутри плода; возможно опыление насекомыми и другими животными; двойное оплодотворение; в древесине появляются сосуды, во флоэме — клетки-спутницы.

Выделяют два класса покрытосеменных: Двудольные и Однодольные. Основные признаки этих классов представлены в табл. 1.1.

***Таблица 1.1.*** *Основные признаки классов Двудольные и Однодольные*

| Признак | Класс Двудольные | Класс Однодольные |
|---|---|---|
| Семя | Две семядоли | Одна семядоля, у большинства есть эндосперм |
| Тип корневой системы | Стержневая и мочковатая | Мочковатая |
| Стебель | Проводящие пучки открытые, есть камбий, характерны все жизненные формы | Проводящие пучки закрытые, камбий не образуется, в основном травы |
| Листья | Листья любой формы, простые и сложные, часто есть прилистники | Листья цельные и цельнокрайние, чаще простые, прилистники отсутствуют |
| Жилкование | Перистое и пальчатое | Параллельное и дуговое |
| Цветок | Околоцветник чаще всего двойной (встречается и простой), цветки 4- и 5-членные | Околоцветник простой, цветки 3-членные |

## Класс Двудольные

### Семейство Крестоцветные (Капустные)

Около 3 тыс. видов. Жизненные формы: одно- и многолетние травы, очень редко кустарники и полукустарники.

Стержневая корневая система, перистое жилкование, стебель прямостоячий, часто покрыт волосками, листья простые без прилистников (рис. 1.46). У многих видов листья собраны в прикорневую розетку (пастушья сумка). Листорасположение очередное. У некоторых растений этого семейства образуется корнеплод (редис, репа, редька).

2 семядоли в семени. Цветки $Ч_{2+2}Л_4Т_{2+4}П_{(2)}$, обоеполые, белые или желтые, реже — сиреневые. Лепестки расположены перпендикулярно друг к другу ("крестом" — отсюда и старое название семейства). Есть нектарники (это железа в основании лепестка, выделяющая нектар). Соцветие — кисть или метелка. Плод стручок (длина больше ширины в 4 и более раз; капуста) и стручочек (длина равна ширине или превышает ее не более чем в 3—4 раза; ярутка). Семена без эндосперма. Насекомоопыляемые.

Значение:

- пищевое. В пищу используют соцветие (цветная капуста, брокколи), листья (китайская капуста), почки (белокочанная капуста), стеблеплод (утолщенный мясистый стебель у кольраби), корнеплод (репа, редис);
- получение приправ (хрен);
- кормовое (турнепс);
- получение масла (горчица, рапс);
- сорняки (пастушья сумка, ярутка);

- медоносное (сурепка, свербига);
- декоративное (левкой);
- лекарственное (горчица).

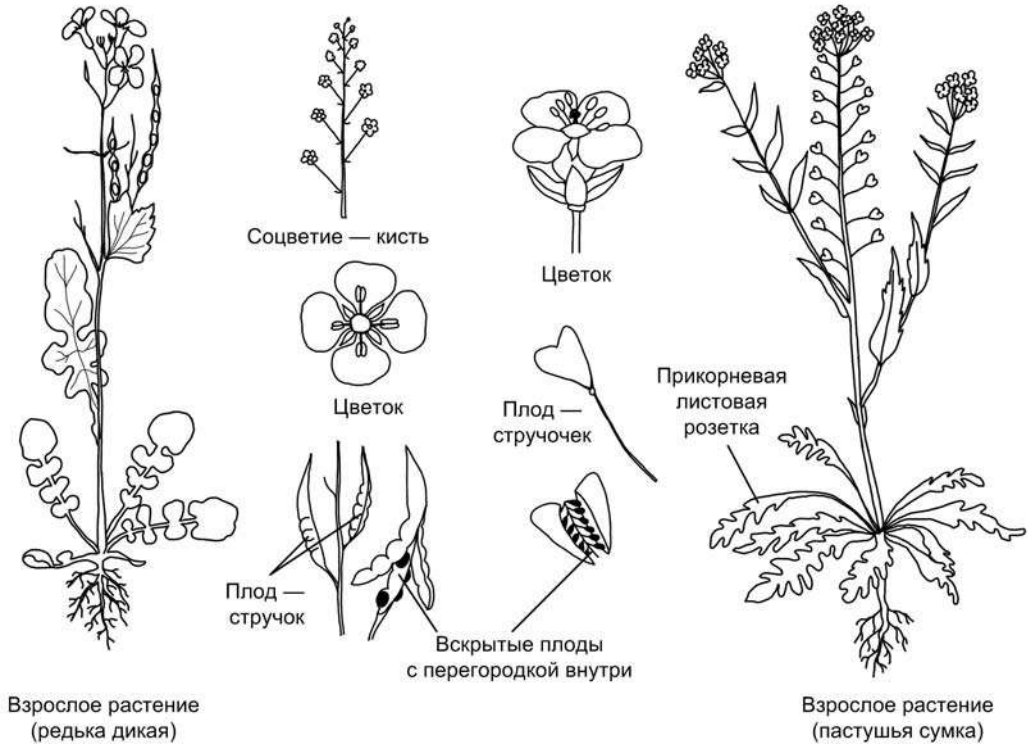



**Рис. 1.46.** Семейство Крестоцветные (на примере редьки дикой и пастушьей сумки)

## Семейство Розоцветные

3 тыс. видов. Жизненные формы: одно- и многолетние травы (земляника, гравилат), кустарники (спирея), деревья (яблоня).

Стержневая и мочковатая корневая система, перистое или пальчатое жилкование, стебель прямостоячий или ползучий, у некоторых на стебле развиваются шипы. Листья простые (яблоня) или сложные (рябина — непарноперистые, земляника — тройчатые), с прилистниками. Листорасположение очередное или супротивное (очень редко).

2 семядоли в семени. Цветки: $Ч_5Л_5Т_\infty П_{(5)}$ — яблоня; $Ч_5Л_5Т_\infty П_1$ — вишня; $Ч_5Л_5Т_\infty П_\infty$ — шиповник; обоеполые, одиночные или собраны в соцветия. Исключение — калган $Ч_4Л_4Т_\infty П_\infty$. Цветки часто имеют гипантий (бокальчик) — расширенное цветоложе, с которым обычно срастаются основания листочков околоцветника и тычинок. Соцветие — кисть (черемуха), щиток (груша), метелка (рябина). Плоды — яблоко (яблоня, груша), костянка (слива, персик), многокостянка (малина), многоорешек

(гравилат), многолистовка (спирея). Семена без эндосперма. Практически все — насекомоопыляемые растения.

Значение:

- ❒ пищевое (ягодные и плодовые — семечковые и косточковые культуры);
- ❒ лекарственное (боярышник, калган);
- ❒ декоративное (шиповник);
- ❒ сорняки (лапчатка, гравилат);
- ❒ медоносное (шиповник);
- ❒ получение розового масла, применяемого в косметике и парфюмерии.

**Семейство Мотыльковые (Бобовые)**

12 тыс. видов. Жизненные формы: травы (клевер, донник, горох, верблюжья колючка), кустарники (желтая акация), деревья (акация).

Стержневая корневая система, на корнях могут образовываться клубеньки, содержащие бактерии-азотфиксаторы (рис. 1.47). Перистое жилкование. Побег прямостоячий (донник), ползучий (клевер), вьющийся (фасоль), цепляющийся (чина, горох). Листья сложные: тройчатые (клевер), пальчатые (люпин), парноперистые (акация). Есть прилистники (у некоторых видов прилистники разрастаются и по

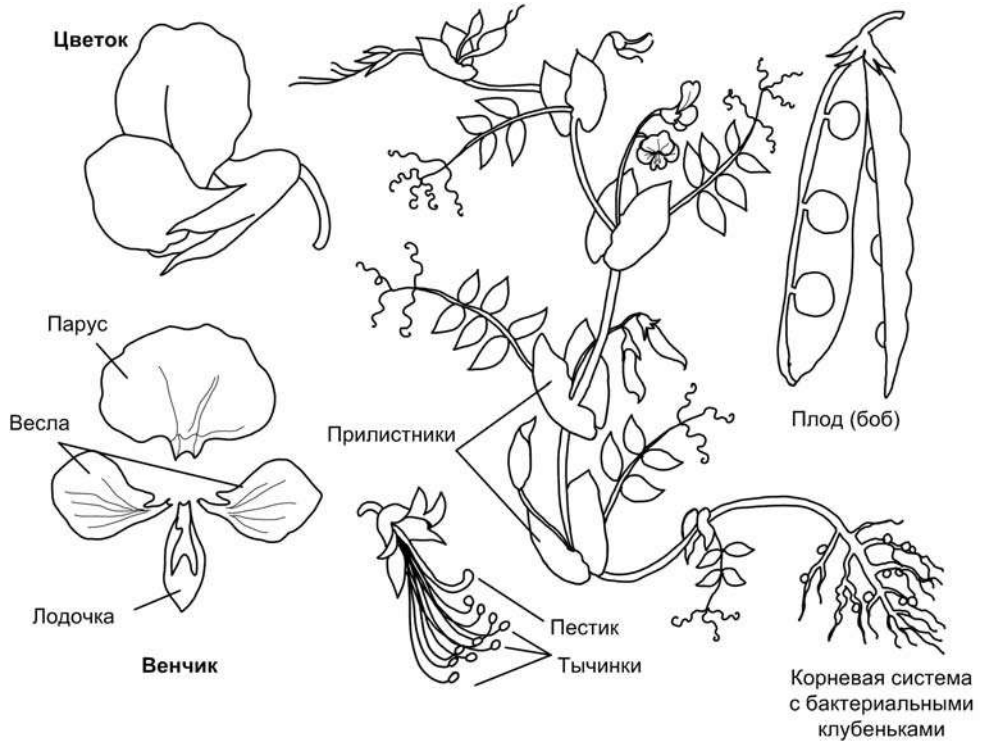



**Рис. 1.47.** Семейство Бобовые (на примере гороха посевного)

размерам становятся равными листьям, например у чины). У некоторых растений (горох) верхний листочек сложного листа превращается в усик. Листорасположение очередное.

2 семядоли в семени. Цветок — $Ч_{(5)}Л_{1.2.(2)}Т_{(9).1}П_1$, обоеполый. Лепестки имеют специальные названия: верхний (самый крупный) — парус, боковые — весла, 2 сросшихся нижних — лодочка. Плод — боб. Соцветие — кисть (горох) или головка (клевер). Семена без эндосперма. Самоопыление (фасоль, горох) или опыление насекомыми (донник).

Значение:

- ❒ пищевое (фасоль, бобы, соя, горох);
- ❒ декоративное (люпин, душистый горошек);
- ❒ кормовое (клевер, люцерна);
- ❒ медоносы (желтая акация);
- ❒ лекарственное (донник, солодка);
- ❒ обогащают почву азотом — "зеленое удобрение";
- ❒ получение масла (арахис).

**Семейство Пасленовые**

Около 2,3 тыс. видов. Жизненные формы: травы и кустарники.

Стержневая корневая система, перистое жилкование (рис. 1.48). Стебель прямостоячий или ползучий. У некоторых образуется подземный побег — клубень (кар-

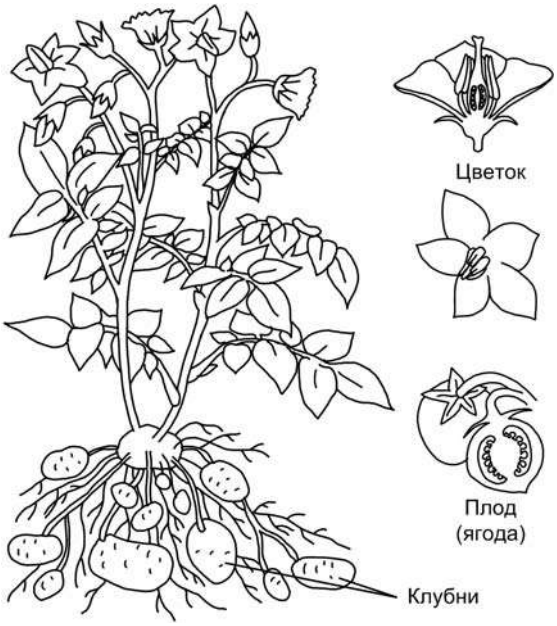



**Рис. 1.48.** Строение Пасленовых (на примере картофеля)

тофель). Листья простые, цельные или рассеченные, без прилистников. Листорасположение очередное.

2 семядоли в семени. Цветок $Ч_{(5)}Л_{(5)}Т_5П_1$, обоеполый. Соцветие — кисть, реже — одиночные цветки. Тип плода — ягода (томат, картофель) или коробочка (белена). Цветки самоопыляющиеся (картофель) или насекомоопыляемые (дурман). Семена с эндоспермом.

Значение:

- ❒ пищевое (баклажан, перец, томат, картофель);
- ❒ лекарственное (белена);
- ❒ ядовитые (дурман);
- ❒ кормовое (картофель);
- ❒ декоративное (белладонна, табак душистый);
- ❒ сорняки (паслен черный);
- ❒ использование настоя для борьбы с вредителями (томат);
- ❒ производство сигарет (табак).

**Семейство Сложноцветные (Астровые)**

25 тыс. видов (крупнейшее семейство цветковых растений). Жизненные формы: травы, кустарники, лианы.

Стержневая корневая система, перистое жилкование. Листья простые, цельные или рассеченные, без прилистников. Может образовываться прикорневая листовая розетка (одуванчик). Листорасположение очередное, реже супротивное (подсолнечник). Стебель прямостоячий или ползучий. У некоторых образуются подземные побеги — корневища (бодяк, осот) или клубни (топинамбур).

2 семядоли в семени. Соцветие корзинка, снаружи соцветия — обертка из видоизмененных верхушечных листьев. Цветки обоеполые (одуванчик) или однополые. Встречаются однодомные (мать-и-мачеха) или двудомные (ястребинка, кошачья лапка) растения. Иногда в корзинке краевые цветки женские (нивяник) или стерильные (подсолнечник), а внутренние — обоеполые. Чашечка сильно редуцирована, 5 лепестков срастаются вместе, 5 тычинок, 1 пестик. Для астровых характерны следующие типы цветков (рис. 1.49):

- ❒ воронковидные — обычно бесполые (по краям соцветия у василька);
- ❒ трубчатые — обычно находятся в центре соцветия (подсолнечник);
- ❒ язычковые — имеют 5-зубчатый язычок, обычно расположены по краям соцветия (одуванчик, подсолнечник);
- ❒ ложноязычковый — имеют 2- или 3-зубчатый язычок (нивяник).

Семена распространяются ветром или животными. Тип плода — семянка, семена без эндосперма. Ветро- или насекомоопыляемые.

**Рис. 1.49.** Типы цветков Сложноцветных

Значение:

- ❒ пищевое (салат, топинамбур);
- ❒ масличное (подсолнечник);
- ❒ лекарственное (одуванчик, ромашка, тысячелистник, полынь);
- ❒ декоративное (астра, календула, хризантема, георгин);
- ❒ сорняки (осот, бодяк);
- ❒ медоносное (одуванчик);
- ❒ замена кофе (цикорий);
- ❒ господствующие виды некоторых сообществ (полынные полупустыни).

## Класс Однодольные

### Семейство Лилейные

3,5—4 тыс. видов. Жизненные формы: многолетние травы. Многие являются эфемероидами — растут и образуют семена за очень короткий период, а большую часть года проводят в состоянии покоя (тюльпан в степях).

Мочковатая корневая система, дуговое жилкование (рис. 1.50). В почве образуются подземные побеги — луковица (тюльпан) или корневище (ландыш). Листья простые без прилистников. Листорасположение очередное, супротивное и мутовчатое (вороний глаз). Стебель прямостоячий или ползучий.

1 семядоля в семени. Цветок $О_{3+3}Т_{3+3}П_{(3)}$ — у тюльпана, $О_{(3+3)}Т_{3+3}П_{(3)}$ — у ландыша. Цветки обоеполые. Околоцветник простой, чаще всего — венчиковидный. Соцветие кисть, реже зонтик. У некоторых видов соцветие не образуется — только одиночные цветки. Плоды — ягода (ландыш) или коробочка (тюльпан). Семена с эндоспермом. Насекомоопыляемые.

Значение:

- ❒ декоративное (тюльпан, нарцисс);
- ❒ пищевое (лук, чеснок, спаржа);

- ❒ лекарственное (ландыш, алоэ);
- ❒ ядовитые (ландыш).

Очень многие виды являются редкими и занесены в Красную книгу.

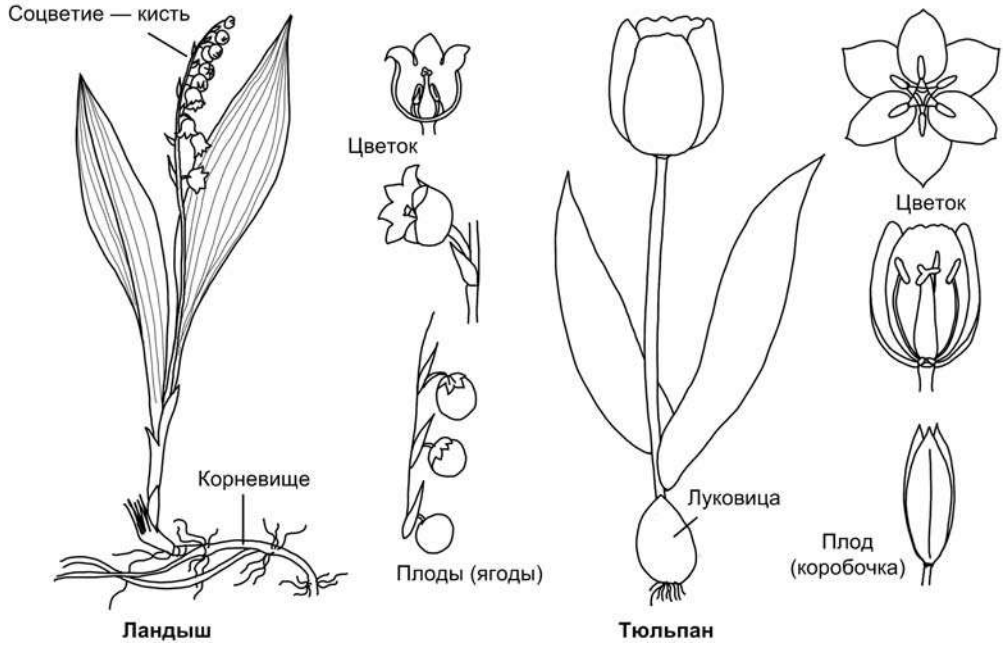



**Рис. 1.50.** Строение Лилейных (на примере ландыша майского и тюльпана)

### Семейство Злаковые (Мятликовые)

8 тыс. видов. Жизненные формы: одно- и многолетние травы, древовидные растения (бамбук).

Мочковатая корневая система, параллельное жилкование. Стебель прямостоячий или ползучий, у многих — корневище (пырей). Характерно обильное ветвление (кущение). Стебель имеет полые междоузлия. Такой стебель называется соломина. Листья простые с влагалищем, часто сидячие. Листорасположение очередное. Многие злаковые во время своего развития проходят несколько четко выраженных стадий: прорастание семени, появление третьего листа, кущение, выход в трубку (интенсивный рост побегов), колошение, цветение, созревание плодов.

1 семядоля в семени. Цветок $O_2T_3П_1$ (рис. 1.51). Цветки обоеполые (некоторые злаки имеют однополые цветки (кукуруза), являясь однодомными растениями), в колосках, собранных в сложные соцветия. Колосок состоит из главной оси, на которой расположены 2 колосковые чешуи, цветковые чешуи (по две у каждого цветка) и цветок или цветки. Соцветия: сложный колос (рожь, пшеница), метелка (овес), початок (женское соцветие кукурузы), султан (тимофеевка). Плод зерновка. Семена с эндоспермом. Характерно самоопыление или опыление с помощью ветра.

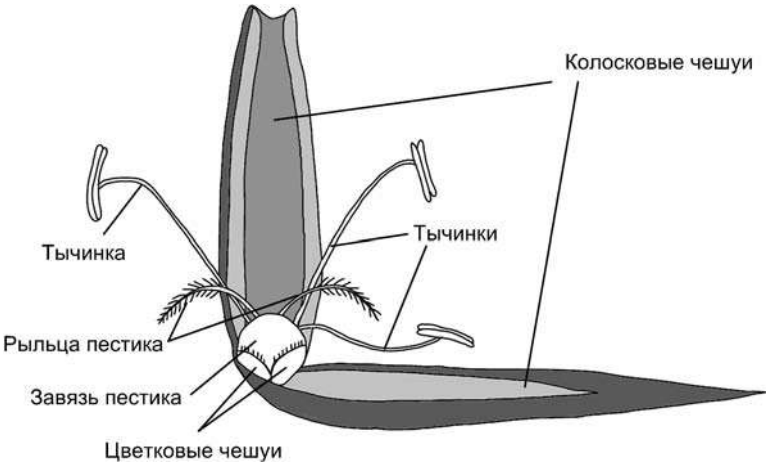



**Рис. 1.51.** Цветок злака

Значение:

- пищевое (рожь, пшеница, ячмень, кукуруза, рис, овес). Одним из наиболее важных пищевых растений этого семейства является пшеница. Пшеница бывает мягкая и твердая. У мягкой пшеницы зерновка на изломе рыхлая и мучнистая, у твердой — стекловидная и плотная. По времени посева выделяют озимые и яровые сорта пшеницы. Озимую высевают в конце лета — начале осени, и до холодов она успевает пройти фазу кущения. Яровую пшеницу высевают весной;
- кормовое (кукуруза, овес, овсяница);
- сорняки (пырей);
- средообразователи (типчак и ковыль в степях);
- получение сахара (сахарный тростник — его паренхимные клетки содержат до 20% сахара);
- строительство жилищ, производство мебели и предметов интерьера (бамбук).

## Генетические наборы у растений

В завершение темы "Классификация растений" в табл. 1.2 представлены генетические наборы у растений различных систематических групп.

***Таблица 1.2.*** *Генетические наборы растений*

| Группа | Гаплоидные стадии | Диплоидные стадии | Что доминирует в жизненном цикле |
|---|---|---|---|
| Водоросли (хламидомонада, улотрикс, спирогира) | Взрослый организм, споры, гаметы | Зигота | Гаметофит |
| Отдел Мохообразные | Взрослый организм, протонема (предросток), споры, гаметы | Зигота, коробочка (спорофит) | Гаметофит |

***Таблица 1.2*** *(окончание)*

| Группа | Гаплоидные стадии | Диплоидные стадии | Что доминирует в жизненном цикле |
|---|---|---|---|
| Папоротникообразные (отделы Папоротниковидные, Хвощевидные и Плауновидные) | Споры, гаметы, заросток (гаметофит) | Взрослое растение (спорофит), зигота | Спорофит |
| Отдел Голосеменные | Микро- и мегаспоры, гаметы, мужской и женский гаметофит | Взрослое растение (спорофит), зигота, семя | Спорофит |
| Отдел Покрытосеменные | Микро- и мегаспоры, гаметы, мужской (пылинка) и женский гаметофит (зародышевой мешок) | Взрослое растение (спорофит), зигота, семя | Спорофит |

# РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА (ФИТОЦЕНОЗЫ)

Растительное сообщество — это совокупность растений на определенной территории, взаимодействующих друг с другом, с другими организмами и с окружающей средой. Фитоценоз является составной частью биогеоценоза.

### Примеры растительных сообществ

- Еловый лес. Доминирующим видом является ель, которая образует ярус *A*. Ярус *B* обычно не выражен, хотя иногда он может быть представлен молодыми елями. Ярус *C* разреженный, состоит из черники, брусники, кислицы, майника. Часто на почве многочисленны мхи.
- Сосновый лес. Доминирующий вид — сосна, которая вместе с другими деревьями (немногочисленные ели и лиственные породы) образует ярус *A*. Ярус *B* обычно хорошо развит, в нем встречаются черемуха, бузина, крушина. В ярусе *C* растут малина, бересклет; злаки, черника, зеленчук. На почве часто густой покров из мхов и лишайников.
- Дубрава. Доминирующим видом является дуб, содоминантами — липа, клен, ясень. Они образуют ярус *A*. Ярус *B* составляют черемуха, подрост деревьев, орешник, ива (обычно по опушкам). В кустарниково-травянистом ярусе преобладают бересклет, жимолость; сныть, пролесник, зеленчук, черемша.
- Луг. Ярусы *A* и *B* практически полностью отсутствуют, встречаются только отдельные деревья; все пространство занято травянистыми растениями. Выделяют 2 основных типа лугов: пойменные (находятся в пойме рек) и суходольные (расположены на водораздельных участках). На разных типах лугов могут преобла-

дать различные группировки растений: злаки, бобовые, сложноцветные; иногда на лугах сложно выделить доминирующие виды (разнотравье). Мхи обычно немногочисленны.

- Болото. Растения этого сообщества обитают в условиях избыточного увлажнения. Деревья на болоте чаще всего отсутствуют, однако при наличии возвышенностей могут заселяться сосной. Травянистые растения представлены осоками, пушицей, камышом, тростником, злаками; часто встречаются кустарнички (клюква, голубика, багульник); обычны и многочисленны мхи. В связи с бедностью почв на болотах встречаются насекомоядные растения (росянка).

# ТЕСТ ПО СИСТЕМАТИКЕ РАСТЕНИЙ

## Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Назовите органоид водорослей, в котором происходит фотосинтез:

1) пластиды; 3) хроматофор;
2) хлоропласт; 4) клеточный центр.

**А2.** Назовите водоросль, вызывающую "цветение воды":

1) хламидомонада; 2) ульва; 3) ламинария; 4) улотрикс.

**А3.** У какой водоросли имеются ризоиды?

1) вольвокс; 3) ламинария;
2) плеврококк; 4) хламидомонада.

**А4.** Какой набор хромосом характерен для взрослой хламидомонады?

1) гаплоидный;
2) диплоидный;
3) триплоидный;
4) у одних особей гаплоидный, у других — диплоидный.

**А5.** Бесполое размножение улотрикса происходит с помощью...

1) зиготы; 2) гамет; 3) спор; 4) зооспор.

**А6.** Какой признак характерен для мхов?

1) есть корни; 2) есть семена; 3) есть листья; 4) есть цветки.

**А7.** Где расположены органы полового размножения мха?

1) на зеленой нити (предростке);
2) в коробочке;
3) на вершине листостебельного растения;
4) у мха нет органов полового размножения.

**А8.** В коробочке мха образуются...

1) семена; 2) яйцеклетки; 3) спермии; 4) споры.

**А9.** Выберите признак, характерный для зеленых мхов:

1) стебель сильно ветвится; 3) есть ризоиды;

2) не образуют споры; 4) в древесине есть сосуды.

**А10.** Назовите процесс, который происходит в коробочках мхов:

1) оплодотворение; 3) митоз;

2) мейоз; 4) образование гамет.

**А11.** Выберите признак, характерный для папоротников и хвощей:

1) нет корней; 3) для оплодотворения нужна вода;

2) древесные формы; 4) листья мелкие, прозрачные.

**А12.** Где у папоротника формируются органы полового размножения?

1) в спорангиях; 3) на нижней стороне заростка;

2) на листьях; 4) на верхней стороне заростка.

**А13.** Какой признак характерен для современных плаунов?

1) главный корень; 3) отсутствие спор;

2) листья растут верхушкой; 4) длинные ползучие побеги.

**А14.** Споры у хвощей развиваются...

1) на листьях, в спорангиях; 3) на весеннем побеге;

2) на летнем побеге; 4) в корневище.

**А15.** Как называются мужские половые органы размножения папоротника?

1) спорангии; 2) архегонии; 3) антеридии; 4) заростки.

**А16.** Выберите признак, встречающийся только у голосеменных растений:

1) есть камбий; 3) семена расположены в шишках;

2) деревья и кустарники; 4) листья многолетние.

**А17.** Назовите растение, которое к хвойным не относят:

1) пихта; 2) сосна; 3) лиственница; 4) эвкалипт.

**А18.** Какие особенности строения листьев сосны?

1) однолетние;

2) покрыты пробкой;

3) не содержат фотосинтезирующую ткань;

4) устьица, заглубленные в эпидерму.

**А19.** Пыльца у ели образуется...

1) в женских шишках; 3) в спорангиях;

2) в мужских шишках; 4) в зародышевом мешке.

**А20.** Оплодотворение у хвойных происходит...

1) в мужской шишке; 3) в семени;

2) в женской шишке; 4) в семязачатке с помощью воды.

**А21.** Что характерно только для цветковых?

1) опыление ветром; 3) главный корень;

2) эндосперм в семени; 4) плоды.

**А22.** Укажите растения семейства Сложноцветные:

1) мятлик, кукуруза, рожь;

2) репа, пастушья сумка, горчица;

3) яблоня, рябина, малина;

4) одуванчик, василек, хризантема.

**А23.** Выберите формулу цветка, характерную для розоцветных:

1) $Ч_{(5)}Л_{(5)}Т_5П_1$; 3) $Ч_5Л_5Т_\infty П_{(5)}$;

2) $О_{3+3}Т_{3+3}П_{(3)}$; 4) $Ч_{(5)}Л_{1.2.(2)}Т_{(9).1}П_1$.

**А24.** Назовите тип соцветия у семейства Крестоцветные:

1) кисть; 3) сложный зонтик;

2) сложный колос; 4) простой колос.

**А25.** Назовите семейство, к которому относят белену, томат, баклажан:

1) Пасленовые; 3) Крестоцветные;

2) Мотыльковые; 4) Сложноцветные.

**А26.** Бактериальные клубеньки на корнях встречаются у...

1) подсолнечника; 2) картофеля; 3) клевера; 4) редиса.

**А27.** Лилия относится к классу Однодольных, т. к. у нее...

1) листья простые; 3) дуговое жилкование;

2) есть луковица; 4) плод коробочка.

**А28.** Выберите растение, **не относящееся** к семейству Злаковых:

1) мятлик; 2) овес; 3) полынь; 4) ковыль.

## Часть В

**В заданиях В1—В3 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Выберите особенности строения и жизнедеятельности, характерные для хламидомонады:

1) чашевидный хроматофор;

2) размножение неподвижными спорами;

3) взрослые формы зимуют на дне прудов и озер;

4) половое размножение происходит в неблагоприятных условиях среды;

5) есть сократительная вакуоль;

6) гаметы не имеют жгутиков.

**В2.** Каковы особенности жизненного цикла сфагнума?

1) доминирует спорофит;

2) доминирует гаметофит;

3) для оплодотворения нужна вода;

4) мужские и женские гаметы образуются на одном растении;

5) взрослое растение развивается из споры;

6) споры образуются в спорангиях на листьях.

**В3.** Мхи, как и цветковые растения, ...

1) образуют семена;

2) имеют клеточное строение;

3) обладают стержневой или мочковатой корневой системой;

4) в клетках содержат хлорофилл;

5) фотосинтезируют;

6) имеют древесину, состоящую из сосудов.

**При выполнении заданий В4—В6 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В4.** Установите соответствие между признаком и отделом растений.

| ПРИЗНАК | ОТДЕЛ |
|---|---|
| А) есть главный корень | 1) Голосеменные |
| Б) большинство имеет корневище | 2) Хвощевидные |
| В) листья мелкие, прозрачные, сросшиеся | |
| Г) древесина хорошо развита и занимает до 90% стебля | |
| Д) ветроопыляемые растения | |

**В5.** Установите соответствие между признаком и семейством класса Двудольные.

| ПРИЗНАК | СЕМЕЙСТВО |
|---|---|
| А) листья сложные, с прилистниками | 1) Бобовые |
| Б) листья простые или сложные | 2) Розоцветные |
| В) формула цветка $Ч_{(5)}Л_{1.2.(2)}Т_{(9).1}П_1$ | |
| Г) формула цветка $Ч_5Л_5Т_{\infty}П_1$ | |
| Д) соцветие кисть или головка | |
| Е) стебель прямостоячий, ползучий, вьющийся или цепляющийся | |

**B6.** Установите соответствие между признаком и классом цветковых растений.

| ПРИЗНАК | КЛАСС |
|---|---|
| А) камбий есть | 1) Двудольные |
| Б) камбия нет | 2) Однодольные |
| В) жилкование перистое и пальчатое | |
| Г) двойной или простой околоцветник | |
| Д) число частей цветка кратно трем | |
| Е) в него входят семейство крестоцветных и бобовых | |

**B7.** Установите, в какой хронологической последовательности появились на Земле основные группы растений:

1) Плауновидные;
2) Бурые водоросли;
3) Голосеменные;
4) Псилофиты;
5) Семенные папоротники.

**B8.** Установите последовательность систематических групп растений, начиная с наименьшей.

1) Цветковые;
2) Белена черная;
3) Пасленовые;
4) Двудольные;
5) Белена.

### Часть C

**C1.** Почему мхи относятся к высшим растениям?

**C2.** У многих водорослей бесполое размножение происходит в благоприятных условиях, а половое — в неблагоприятных. Объясните эту особенность водорослей.

**C3.** Какие особенности строения папоротников помогли им освоить наземно-воздушную среду жизни?

**C4.** Почему хвойные растения легко переносят засуху?

**C5.** Какие черты строения позволили цветковым растениям стать господствующей группой на Земле?

# ЦАРСТВО ДРОБЯНКИ

К этому царству относятся бактерии и сине-зеленые водоросли. Это прокариотические организмы: в их клетках отсутствует ядро и мембранные органоиды, генетический материал представлен кольцевой молекулой ДНК. Также для них характерно наличие мезосом (впячивание мембраны внутрь клетки), выполняющих функцию митохондрий, и мелкие рибосомы.

# Бактерии

*Бактерии* — это одноклеточные организмы. Они занимают все среды жизни и широко распространены в природе. По форме клеток бактерии бывают (рис. 1.52):

- *шаровидные:* кокки — они могут объединяться и образовывать структуры из двух клеток (диплококки), в виде цепочек (стрептококки), гроздей (стафилококки) и т. п.;
- *палочковидные:* бациллы (дизентерийная палочка, сенная палочка, чумная палочка);
- *изогнутые:* вибрионы — форма запятой (холерный вибрион), спириллы — слабо спирализованные, спирохеты — сильно закрученные (возбудители сифилиса, возвратного тифа).

**Рис. 1.52.** Формы бактерий

## Строение

Снаружи клетка бактерии (рис. 1.53) покрыта клеточной стенкой, в состав которой входит муреин. Многие бактерии способны формировать внешнюю капсулу, дающую дополнительную защиту. Под оболочкой находится плазматическая мембрана, а внутри клетки — цитоплазма с включениями, мелкими рибосомами и генетическим материалом в форме кольцевой ДНК. Участок клетки бактерии, в котором находится генетический материал, называют нуклеоидом. Многие бактерии имеют жгутики, отвечающие за движение.

## Размножение

Осуществляется делением на две клетки. Сначала происходит репликация ДНК, затем в клетке возникает поперечная перегородка. При благоприятных условиях одно деление происходит каждые 15—20 мин. Бактерии способны образовывать колонии — скопление тысяч и более клеток, являющихся потомками одной исходной клетки (в природе колонии бактерий возникают редко; обычно — в искусственных условиях питательной среды).

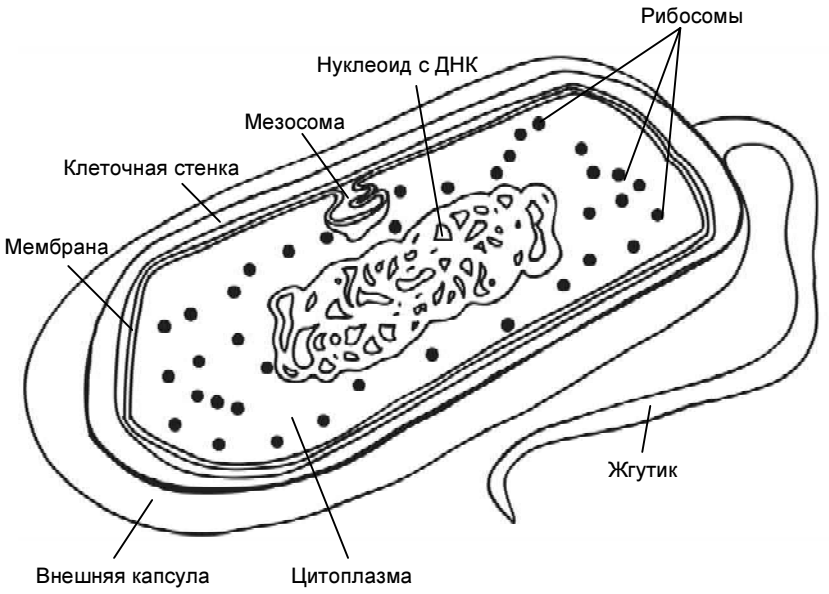



**Рис. 1.53.** Строение клетки бактерии

При возникновении неблагоприятных условий многие бактерии, например бациллы, способны образовывать споры. У спор очень плотная внешняя оболочка, способная переносить различные внешние воздействия: кипячение в течение нескольких часов, почти полное обезвоживание. Споры сохраняют жизнеспособность в течение десятков и сотен лет. При наступлении благоприятных условий спора прорастает и образует бактериальную клетку.

## Питание

По способу питания бактерии делятся на гетеротрофов и автотрофов. Гетеротрофы используют готовые органические вещества либо мертвых (сапрофиты), либо живых (паразиты) организмов. Также среди гетеротрофов есть симбионты: так, к ним относятся различные виды бактерий, обитающие в пищеварительной системе жвачных млекопитающих. Автотрофы синтезируют органические вещества, используя энергию Солнца (фотосинтезирующие) или энергию химических связей неорганических веществ — сероводорода, аммиака, водорода (хемосинтезирующие).

## Условия жизни

- Температура — оптимальна от +4 до +40 °С; если ниже, то большинство бактерий образуют споры, выше — погибают (поэтому медицинские инструменты кипятят, а не промораживают). Есть небольшая группа бактерий, предпочитающих высокую температуру, — это термофилы, обитающие в гейзерах.
- По отношению к кислороду выделяют две группы бактерий:
  - аэробы — обитают в кислородной среде;
  - анаэробы — обитают в бескислородной среде.

- Нейтральная или щелочная среда. Кислая среда убивает большинство бактерий; на этом основано применение уксусной кислоты при консервировании.
- Отсутствие прямых солнечных лучей (они также убивают большинство бактерий).

## Значение бактерий

*Положительное:*

- молочнокислые бактерии используют для получения молочнокислых продуктов (йогурт, простокваша, кефир), сыров; при квашении капусты и засолке огурцов; для производства силоса;
- бактерии-симбионты находятся в пищеварительном тракте многих животных (термиты, парнокопытные), участвуя в переваривании клетчатки;
- производство лекарств (антибиотик тетрациклин, стрептомицин), уксусной и других органических кислот; производство кормового белка;
- разлагают трупы животных и мертвые растения, т. е. участвуют в круговороте веществ;
- бактерии-азотфиксаторы переводят атмосферный азот в соединения, усваиваемые растениями.

*Отрицательное:*

- порча продуктов питания;
- вызывают заболевания человека (дифтерия, воспаление легких, ангина, дизентерия, холера, чума, туберкулез). Лечение и предупреждение: прививки; антибиотики; соблюдение гигиены; уничтожение переносчиков;
- вызывают болезни животных и растений.

## Цианобактерии

Цианобактерии (сине-зеленые водоросли) обитают в водной среде и на почве. Они бывают одноклеточными, нитчатыми и колониальными. Их клетки имеют строение, типичное для прокариот. У многих из них в цитоплазме содержатся вакуоли, поддерживающие плавучесть клетки. Способны образовывать акинеты (аналогичны спорам бактерий) для пережидания неблагоприятных условий.

По типу питания относятся к фотоавтотрофам: содержат хлорофилл и другие пигменты (каротин, ксантофилл, фикобиллины). При фотосинтезе выделяют кислород в атмосферу (считается, что именно их деятельность привела к накоплению в атмосфере свободного кислорода).

Размножение осуществляется бинарным делением у одноклеточных форм и распадом колоний или нитей.

Значение цианобактерий: выделяют кислород, вызывают "цветение" воды; связывают атмосферный азот, переводя его в доступные для растений формы (таким обра-

зом увеличивают продуктивность водоемов и рисовых чеков), входят в состав лишайников.

# ЦАРСТВО ГРИБЫ

Около 100 тыс. видов. Обитают в наземно-воздушной и почвенной средах, а также паразитируют на других живых организмах.

*Черты сходства с животными:* гетеротрофный тип питания, отсутствие пластид, наличие в клеточной стенке углевода хитина, запасные питательные вещества откладываются в виде гликогена, в обменных реакциях присутствует мочевина.

*Черты сходства с растениями:* поглощение веществ путем всасывания, неподвижность, неограниченный рост, наличие клеточной стенки.

Вегетативное тело грибов (мицелий) состоит из тонких ветвящихся нитей (гиф), не имеющих клеточного строения. Гифы бывают членистые (разделены поперечными перегородками на отсеки или компартменты; в перегородке есть отверстия, через которые двигается цитоплазма) и нечленистые. В цитоплазме есть ядро и органоиды, характерные для эукариот. Некоторые грибы не имеют гиф и состоят из отдельных клеток (дрожжи).

## Питание

Все грибы — гетеротрофы. В зависимости от способа потребления органических веществ, грибы бывают сапротрофами, паразитами и симбионтами. *Сапротрофы* разлагают мертвые останки. *Паразиты* питаются за счет хозяина, нанося ему вред. У этих грибов образуются специальные гифы — гаустории, проникающие в клетки хозяина. *Симбионты* вступают во взаимовыгодные отношения с растениями, образуя микоризу (это корни и взаимодействующие с ними гифы гриба). Микориза бывает внешняя (гифы оплетают корень снаружи) и внутренняя (гифы проникают в корень). Оба организма получают выгоду: гриб получает органические вещества, растение — воду и минеральные вещества.

## Размножение

Грибы размножаются бесполым и половым путем. Бесполое размножение: почкование; частями мицелия, с помощью спор. Споры бывают эндогенные (образуются внутри спорангиев) и экзогенные или конидии (они образуются на вершинах специальных гиф). Половое размножение у низших грибов осуществляется путем конъюгации, когда сливаются две гаметы и образуется зигоспора. Затем она формирует спорангии, где происходит мейоз, и образуются гаплоидные споры, из которых развивается новый мицелий. У высших грибов образуются сумки (аски), внутри которых развиваются гаплоидные аскоспоры, или базидии, к которым прикрепляются снаружи базидиоспоры.

## Классификация грибов

Выделяют несколько отделов, которые объединяются в две группы: высшие и низшие грибы. Отдельно существуют так называемые несовершенные грибы, к которым относят виды грибов, половой процесс которых еще не установлен.

### Отдел Зигомицеты

Относятся к низшим грибам. Наиболее распространен из них род Мукор — это плесневые грибы (рис. 1.54). Они поселяются на продуктах питания и мертвых органических остатках (например, на навозе), т. е. обладают сапротрофным типом питания. Мукор имеет хорошо развитый гаплоидный мицелий, гифы обычно нечленистые, плодового тела нет. Окраска мукора белая, при созревании спор он становится черным. Бесполое размножение происходит с помощью спор, которые созревают в спорангиях (при образовании спор происходит митоз), развивающихся на концах некоторых гиф. Половое размножение встречается сравнительно редко (с помощью зигоспор).

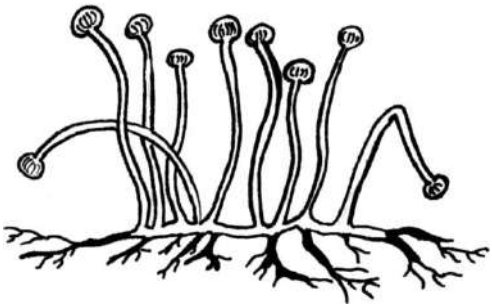


**Рис. 1.54.** Мукор

### Отдел Аскомицеты

Это самая многочисленная группа грибов. Она включает одноклеточные формы (дрожжи), виды с плодовыми телами (сморчки, трюфели), различные плесени (пеницилл, аспергилл).

*Пеницилл.* Встречаются на продуктах питания (цитрусовые, хлеб); в природе обычно поселяются на плодах. Мицелий состоит из членистых гиф, разделенных перегородками (септами) на отсеки. Мицелий сначала белый, в дальнейшем может приобретать зеленый или голубоватый оттенок. Пеницилл (рис. 1.55) способен синтезировать антибиотики (пенициллин, открытый А. Флемингом в 1929 г.).

Бесполое размножение происходит с помощью конидий, которые образуются на концах особых гиф (конидиеносцах). При половом размножении происходит слияние гаплоидных клеток и образование зиготы, из которой формируется сумка (аск). В ней происходит мейоз и образуются аскоспоры.

*Дрожжи* — это одноклеточные грибы, характеризующиеся отсутствием мицелия и состоящие из отдельных клеток шаровидной формы. Клетки дрожжей богаты

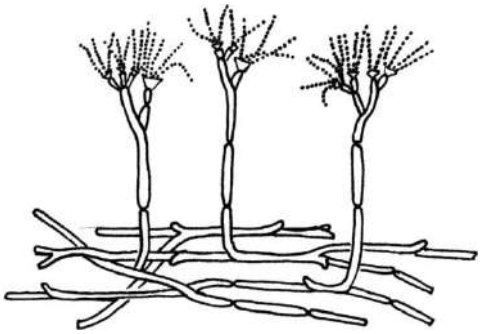


**Рис. 1.55.** Пенициллин

жиром, содержат одно гаплоидное ядро, есть вакуоль. Бесполое размножение происходит с помощью почкования (рис. 1.56). Половой процесс: клетки сливаются, образуется зигота, в которой происходит мейоз, и формируется сумка с четырьмя гаплоидными спорами. В природе дрожжи встречаются на сочных плодах.

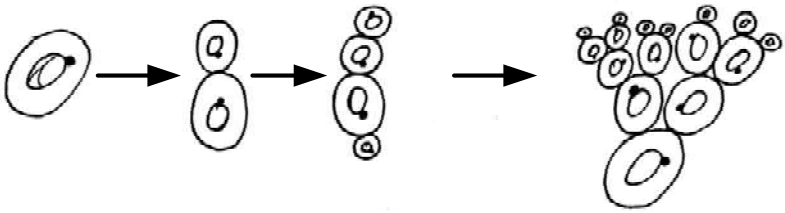


**Рис. 1.56.** Почкование дрожжей

*Паразитические аскомицеты.* Спорынья — поражает злаки. Ее мицелий зимует на полях, а весной на нем образуются плодовые тела, в которых созревают аскоспоры. Они разносятся ветром и заражают культурные растения, в которых развивается мицелий паразита. В зараженных растениях созревают споры, которые поражают здоровые особи. Ближе к осени на пораженных растениях возникают склероции, содержащие мицелий спорыньи в состоянии покоя. Спорынья выделяет сильный яд — эргомин, вызывающий тяжелые отравления, вплоть до смертельного исхода.

К другим паразитическим аскомицетам относятся: парша — поражает плоды яблони, бурая гниль — поражает различные виды деревьев. Заражение происходит через устьица или повреждения покровных тканей; обычно наиболее интенсивно — во влажную погоду. При этом снижается урожай сельскохозяйственных культур.

## Отдел Базидиомицеты

Это высшие грибы. Характеристика этого отдела рассматривается на примере шляпочных грибов (рис. 1.57). К этому отделу относится большинство съедобных грибов (шампиньон, белый гриб, масленок); но встречаются и ядовитые грибы (бледная поганка, мухомор).

Гифы имеют членистое строение. Мицелий многолетний; на нем формируются плодовые тела. Сначала плодовое тело растет под землей, потом выходит на поверхность, быстро увеличиваясь в размерах. Плодовое тело образовано плотно прилегающими друг к другу гифами, в нем выделяют шляпку и ножку.

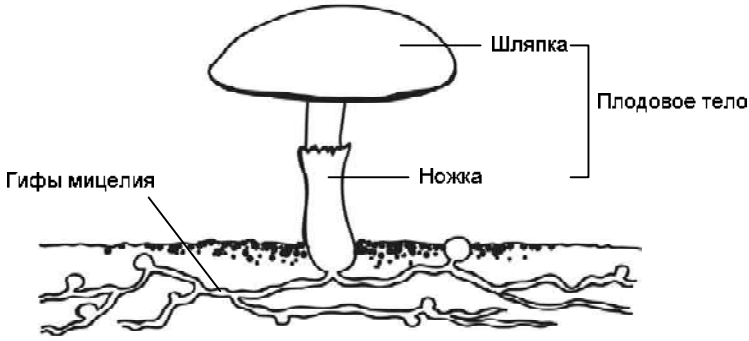



**Рис. 1.57.** Строение шляпочного гриба

Верхний слой шляпки обычно ярко окрашен. В нижнем слое выделяют стерильные гифы, крупные клетки (защищают спороносный слой) и сами базидии. На нижнем слое образуются пластинки (рис. 1.58) — это пластинчатые грибы (опенок, лисичка, груздь) или трубочки — это трубчатые грибы (масленок, белый гриб, подосиновик).

**Рис. 1.58.** Типы шляпок грибов

На пластинках или на стенках трубочек формируются базидии, в которых происходит слияние ядер с образованием диплоидного ядра. Из него мейозом развиваются базидиоспоры, при прорастании которых образуется гаплоидный мицелий. Членики этого мицелия сливаются, но слияние ядер не происходит — так образуется дикарионный мицелий, который и формирует плодовое тело.

## Значение грибов

- Пищевое — многие грибы употребляются в пищу.
- Вызывают болезни растений — аскомицеты, головневые и ржавчинные грибы. Эти грибы поражают злаки. Споры ржавчинных грибов (хлебная ржавчина) разносятся ветром и попадают на злаки из промежуточных хозяев (барбарис). Споры головневых грибов (головня) разносятся ветром, попадают на зерновки злаков (из зараженных растений злаков), прикрепляются и зимуют вместе с зерновкой. Когда она весной прорастает, спора гриба также прорастает и проникает внутрь растения. В дальнейшем гифы этого гриба проникают в колос злака, Ъобразуя споры черного цвета (отсюда и название). Также к паразитическим грибам относится фитофтора, поражающая картофель, помидоры и другие растения семейства Пасленовые. Эти грибы наносят серьезный урон сельскому хозяйству.
- Вызывают болезни человека (стригущий лишай, аспергиллез).
- Разрушают древесину (трутовики — поселяются на деревьях и деревянных постройках). Это двоякое значение: если разрушается мертвое дерево, то положительное, если живое или деревянные постройки — то отрицательное. В живое дерево трутовик проникает через ранки на поверхности, затем в древесине развивается мицелий, на котором формируются многолетние плодовые тела. На них образуются споры, разносимые ветром. Эти грибы могут вызвать гибель плодовых деревьев.
- Ядовитые грибы могут служить причиной отравлений, иногда довольно тяжелых (вплоть до смертельного исхода).
- Порча продуктов питания (плесени).
- Получение лекарств.
- Вызывают спиртовое брожение (дрожжи), поэтому используются человеком в хлебопекарной и кондитерской промышленности; в виноделии и пивоварении.
- Являются редуцентами в сообществах.
- Образуют симбиоз с высшими растениями — микоризу. При этом корни растения могут переваривать гифы гриба, а гриб — угнетать растение. Но, несмотря на это, данные взаимоотношения считаются взаимовыгодными. При наличии микоризы многие растения развиваются гораздо быстрее.

# ЛИШАЙНИКИ

26 тыс. видов. *Лишайники* — это группа симбиотических организмов, состоящих из грибов (аскомицеты или базидиомицеты) и одноклеточных водорослей. Иногда в состав лишайников могут входить сине-зеленые водоросли.

Гриб (гетеротроф) поглощает из почвы воду и минеральные вещества. Водоросли (автотрофы) синтезируют органические вещества и отдают их грибу, взамен полу-

чая воду и минеральные вещества. Все это позволяет лишайнику существовать как единый организм. Согласно современным представлениям, лишайники относятся к царству Грибов.

По внешнему виду выделяют три группы лишайников:

- накипные или корковые (лецидея, леканора) — на камнях, зданиях и т. п., прочно срастаются с поверхностью субстрата;
- листоватые (пармелия, ксантория) — похожи на листовые пластинки, срастаются с субстратом посредством ножки, состоящей из гиф;
- кустистые (ягель или "олений мох", цетрария или "исландский мох", кладония) — в виде разветвленных кустиков на почве или свисающих с ветвей деревьев; прикреплены к субстрату с помощью основания таллома или ризоидов.

Тело лишайника представляет собой слоевище или таллом. 90% его объема приходится на гифы гриба. Часто лишайники окрашены в различные цвета из-за присутствия в гифах гриба различных пигментов. Также окраска зависит от солей железа, состава и концентрации органических лишайниковых кислот (они свойственны только этим организмам).

В зависимости от взаимного расположения гриба и водоросли различают гомомерные и гетеромерные слоевища. В первом случае водоросли распределяются среди гиф гриба без особого порядка — это считается более древней и структурно более примитивной организацией. При гетеромерной организации слоевище дифференцировано на функциональные слои.

Размножение лишайников осуществляется несколькими способами:

- обломками слоевища — высыхая, слоевище становится хрупким, и от него отламываются кусочки, распространяющиеся ветром;
- соредиями (несколько клеток водоросли, оплетенных гифами гриба), которые формируются внутри слоевища;
- изидиями — это выросты на теле слоевища, состоящие из клеток водоросли и гифов гриба.

Благодаря своему особому строению лишайники очень выносливы и способны разрастаться на субстратах, где не могут существовать ни грибы, ни водоросли в отдельности. Лишайники способны переносить длительную нехватку воды; температурные колебания (до –50 °С в тундре и до +50...+60 °С в пустынях, а антарктические виды живут при отрицательной температуре круглый год), причем фотосинтез происходит даже при отрицательных температурах. Характерен очень медленный рост. Лишайники требовательны к чистоте окружающей среды, при небольшом загрязнении они погибают (кроме некоторых видов).

## Значение лишайников

- ❒ Первыми заселяя безжизненные субстраты, они участвуют в образовании почвы.
- ❒ Кормовое (зимой в тундре северные олени питаются в основном лишайниками).
- ❒ Получение лакмуса и краски.
- ❒ Биоиндикация — показатель загрязненности среды.
- ❒ Некоторые виды съедобны для людей (манна).
- ❒ Первая стадия эрозии горных пород.

# ТЕСТ ПО БАКТЕРИЯМ, ГРИБАМ И ЛИШАЙНИКАМ

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Клетка бактерии характеризуется наличием...

1) ядра;
2) митохондрий;
3) плазматической мембраны;
4) аппарата Гольджи.

**А2.** Размножение бактерий происходит...

1) митозом; 2) амитозом; 3) мейозом; 4) партеногенезом.

**А3.** Споры бактерий необходимы для...

1) размножения;
2) запасания питательных веществ;
3) пережидания неблагоприятных условий;
4) питания.

**А4.** Тип питания бактерий:

1) автотрофный;
2) гетеротрофный;
3) автотрофный или гетеротрофный;
4) миксотрофный.

**А5.** Оптимальным условием для жизни всех бактерий является...

1) кислород;
2) солнечный свет;
3) температура свыше 600 °С;
4) щелочная или нейтральная среда.

**А6.** Для всех грибов характерно...

1) наличие плодового тела;
2) автотрофное питание;
3) неограниченный рост;
4) мицелий.

**А7.** Какой признак является общим и для грибов, и для растений?

1) неподвижность;
2) запасное вещество — гликоген;
3) гетеротрофы;
4) наличие тканей и органов.

**А8.** Основной признак грибов-сапрофитов:

1) вызывают болезни;
2) питаются мертвой органикой;
3) способны к хемосинтезу;
4) не имеют клеток.

**А9.** Назовите гриб, относящийся к паразитам:

1) дрожжи; 2) опенок; 3) фитофтора; 4) пеницилл;

**А10.** Что такое микориза?

1) мицелий гриба;
2) плодовое тело;
3) симбиоз гиф гриба с корнями растений;
4) оболочка клетки гриба.

**А11.** Какие грибы вызывают брожение?

1) плесневые грибы; 3) шляпочные грибы;
2) дрожжи; 4) хлебная ржавчина.

**А12.** Назовите смертельно ядовитый гриб:

1) ложный опенок; 3) бледная поганка;
2) сморчок; 4) масленок.

**А13.** Из предложенных организмов выберите лишайник:

1) кукушкин лен; 3) пеницилл;
2) пармелия; 4) фитофтора.

**А14.** Какие организмы образуют лишайник?

1) мхи и водоросли; 3) грибы и бактерии;
2) мхи и грибы; 4) грибы и цианобактерии.

**А15.** Что для лишайников нехарактерно?

1) медленный рост;
2) требовательность к чистоте окружающей среды;
3) требовательность к климатическим условиям;
4) размножение частями слоевища.

## Часть В

**В заданиях В1—В2 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Бактерии, как и растения...

1) способны к фотосинтезу;
2) не имеют ядра;
3) для размножения используют споры;
4) в клетке содержат рибосомы и цитоплазму;
5) относятся к прокариотам;
6) имеют оболочку.

**В2.** Грибы-паразиты...

1) вызывают болезни растений и животных;
2) способны к брожению;
3) размножаются спорами;
4) являются гетеротрофами;
5) к ним относятся плесневые грибы;
6) не имеют гиф.

**При выполнении задания В3—В4 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В3.** Установите соответствие между признаками и царствами живых организмов.

| ПРИЗНАК | ЦАРСТВО |
|---|---|
| А) не имеют оформленного ядра | 1) Грибы |
| Б) есть митохондрии | 2) Бактерии |
| В) способны к хемосинтезу | |
| Г) автотрофы и гетеротрофы | |
| Д) размножаются спорами | |
| Е) образуют микоризу | |

**В4.** Установите соответствие между признаками и группами грибов.

| ПРИЗНАК | ГРУППА ГРИБОВ |
|---|---|
| А) паразитический тип питания | 1) Плесневые грибы |
| Б) развиваются на хлебе | 2) Спорынья |
| В) развиваются на злаковых растениях | |
| Г) синтезируют антибиотики | |
| Д) есть плодовые тела | |

### Часть С

**С1.** Почему лишайники выделены в отдельную группу организмов?

**С2.** Любая из бактерий способна размножаться делением каждые 15—20 мин. Потомки только одной бактерии за 1 сутки могли бы покрыть всю Землю слоем толщиной не менее 1 м. Почему же этого в природе не происходит?

**С3.** Почему при внесении на рисовые поля цианобактерий урожайность риса возрастает на 10—15%?

**С4.** Многие грибы-паразиты практически не встречаются на самоопыляемых растениях. Как вы можете объяснить это явление?

# ИТОГОВЫЙ ТЕСТ ПО БОТАНИКЕ

### Часть А

**А1.** Все бактерии способны к:

1) фотосинтезу;
2) паразитизму;
3) половому размножению;
4) образованию спор.

**А2.** Общий признак бактерий:

1) в клетках есть ядро и мембранные органоиды;
2) состоят из множества специализированных клеток;
3) все способны к хемосинтезу;
4) ДНК расположена в цитоплазме.

**А3.** Из предложенных организмов выберите бактерию:

1) кишечная палочка;
2) бактериофаг;
3) хламидомонада;
4) амеба.

**А4.** Выберите признак, характерный и для грибов, и для животных:

1) автотрофное питание;
2) не способны к фотосинтезу;
3) запасное вещество — крахмал;
4) рост всю жизнь.

**А5.** В симбиоз с растениями могут вступать:

1) шляпочные грибы;
2) головневые грибы;
3) молочнокислые бактерии;
4) мукор.

**А6.** Болезни злаков могут вызвать:

1) фитофтора;
2) ржавчинные грибы;
3) дрожжи;
4) пеницилл.

**А7.** Дрожжи, в отличие от других грибов:

1) автотрофы;
2) не имеют мицелия;
3) размножаются спорами;
4) не способны к делению клеток.

**А8.** Лишайники выделяют в отдельную группу организмов, т. к. они:

1) медленно растут;
2) требовательны к чистоте окружающей среды;
3) состоят из гриба и водоросли;
4) служат пищей животным.

**А9.** Растениям характерен признак:

1) не фотосинтезируют;
2) клеточная стенка состоит из целлюлозы;
3) не используют кислород для дыхания;
4) ограниченный рост.

**А10.** Банан относят к травам, т. к.:

1) имеет неодревесневший стебель;
2) центральный побег ежегодно отмирает;
3) образует цветки и плоды;
4) многолетнее растение.

**А11.** Запасающую функцию выполняет ткань:

1) покровная;
2) образовательная;
3) основная;
4) механическая.

**А12.** Выберите ткань, состоящую только из живых клеток:

1) волокна; 2) пробка; 3) древесина; 4) камбий.

**А13.** Корневой клубень — это:

1) подземный видоизмененный побег;
2) видоизмененный боковой или придаточный корень;
3) видоизмененный главный корень;
4) утолщение на конце главного корня.

**А14.** Центральный цилиндр корня состоит из:

1) пробки и луба;
2) луба и камбия;
3) камбия и древесины;
4) луба и древесины.

**А15.** Выберите растение с простыми листьями:

1) бузина, ясень;
2) рябина, шиповник;
3) клевер, земляника;
4) клен, дуб.

**А16.** Листопад — это приспособление растений к:

1) цветению;
2) нехватке воды;
3) низким температурам;
4) распространению семян и плодов.

**А17.** Стебель деревьев отличается от корня:

1) наличием пробки;
2) способностью к транспорту веществ;
3) сердцевиной в центре;
4) типом роста.

**А18.** Видоизмененный побег — это:

1) усик гороха;
2) корнеплод моркови;
3) луковица тюльпана;
4) семя фасоли.

**А19.** Однополые цветки встречаются у:

1) яблони; 2) крапивы; 3) редьки; 4) клевера.

**А20.** Выберите признак, характерный для самоопыляемых растений:

1) яркие, крупные цветки;
2) цветут до появления листьев;
3) лепестки венчика плотно прилегают друг к другу;
4) имеют нектар и запах.

**А21.** Двойное оплодотворение заключается в:

1) слиянии двух спермиев и одной яйцеклетки;
2) слиянии двух спермиев друг с другом;
3) слиянии одного спермия с яйцеклеткой, а второго — с центральной клеткой;
4) слиянии двух яйцеклеток и одного спермия.

**А22.** Плод гороха:

1) боб; 2) стручок; 3) стручочек; 4) коробочка.

**А23.** Тело водорослей называется:

1) мицелий; 2) таллом; 3) спорофит; 4) клетка.

**А24.** Водоросли — это низшие растения, т. к. они:

1) обитают в воде;
2) размножаются спорами;
3) не имеют тканей;
4) покрыты оболочкой.

**А25.** Фотосинтез у водорослей проходит в:

1) хлоропластах;
2) хромопластах;
3) лейкопластах;
4) хроматофоре.

**А26.** Мхи отличаются от других высших растений:

1) размножаются спорами;
2) не имеют корней;
3) для оплодотворения необходима вода;
4) в цикле развития доминирует спорофит.

**А27.** Два типа клеток (живые зеленые и мертвые водоносные) характерны для:

1) кукушкиного льна;
2) сфагнума;
3) щитовника мужского;
4) сосны обыкновенной.

**А28.** У всех папоротникообразных:

1) есть корневище;
2) развивается главный корень;
3) споры образуются в спорангиях;
4) листья сложные, многолетние.

**А29.** У можжевельника семена находятся:

1) в женских шишках;
2) в мужских шишках;
3) в плодах;
4) в соплодиях.

**А30.** Сосуды в древесине есть у:

1) Мохообразных и Папоротникообразных;
2) Папоротникообразных и Голосеменных;
3) Голосеменных и Цветковых;
4) Цветковых.

**А31.** Какие растения относятся к семейству Крестоцветные?

1) дурман, петуния;
2) ярутка, горчица;
3) астра, подсолнечник;
4) лук, чеснок.

**А32.** Выберите признак, характерный для растений семейства Сложноцветные:

1) плод — зерновка;
2) снаружи соцветие покрыто оберткой;
3) мочковатая корневая система;
4) листья с дуговым жилкованием.

**А33.** Что общего у Пасленовых и Бобовых?

1) строение цветка;
2) плод ягода;
3) отсутствие камбия в стебле;
4) соцветие кисть.

**А34.** Лилейных относят к классу Однодольных, т. к.:

1) жизненная форма — травы;
2) есть подземные побеги;
3) обоеполые цветки;
4) мочковатая корневая система.

**А35.** Один из признаков семейства Злаковые:

1) стебель соломина;

2) цветок с двойным околоцветником;

3) хорошо развит главный корень;

4) дуговое жилкование.

**А36.** По какому признаку растения объединяются в семейства?

1) строение цветка;

2) тип корневой системы;

3) тип стебля и листьев;

4) жизненная форма.

## Часть В

**В заданиях В1—В3 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Грибы, как и растения, ...

1) способны к фотосинтезу;

2) обладают неограниченным ростом;

3) неподвижны;

4) центральную часть клетки занимает крупная вакуоль;

5) поглощают вещества в виде растворов;

6) запасное вещество — гликоген.

**В2.** Папоротники, как и голосеменные растения, ...

1) размножаются семенами;

2) для оплодотворения не нуждаются в воде;

3) образуют органические вещества из неорганических;

4) имеют органы и ткани;

5) дышат кислородом воздуха;

6) имеют стержневую корневую систему.

**В3.** Выберите признаки, характерные для корней растений:

1) вершина покрыта корневым чехликом;

2) поглощают воду и минеральные вещества из почвы;

3) есть конус нарастания;

4) не способны к ветвлению;

5) в зоне всасывания содержат корневые волоски;

6) в центре расположена сердцевина, клетки которой выполняют запасающие функции.

**При выполнении заданий B4—B6 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**B4.** Установите соответствие между признаками и отделом растений.

| ПРИЗНАК | ОТДЕЛ |
|---|---|
| А) тело — слоевище, не разделенное на органы | 1) Мохообразные |
| Б) есть органы и ткани | 2) Зеленые водоросли |
| В) участвуют в образовании торфа | |
| Г) одноклеточные и многоклеточные формы | |
| Д) гаметы образуются в одноклеточных половых органах | |
| Е) многие зимуют в стадии зиготы | |

**B5.** Установите соответствие между признаками и тканью растений.

| ПРИЗНАК | ТКАНЬ |
|---|---|
| А) оставляет большую часть стебля дерева | 1) древесина |
| Б) обеспечивает транспорт органических веществ | 2) луб |
| В) ее проводящие элементы представляют собой живые клетки | |
| Г) переносит вещества от корня в стебель | |
| Д) обычно расположена ближе к поверхности стебля | |

**B6.** Установите соответствие между признаками и семейством отдела Цветковых.

| ПРИЗНАК | СЕМЕЙСТВО |
|---|---|
| А) соцветие корзинка | 1) Сложноцветные |
| Б) цветки однополые или обоеполые | 2) Пасленовые |
| В) плод ягода или коробочка | |
| Г) плод семянка | |
| Д) семена с эндоспермом | |
| Е) у некоторых есть прикорневая листовая розетка | |

**В7.** Распределите организмы по царствам, к которым они принадлежат.

| ОРГАНИЗМ | ЦАРСТВО |
|---|---|
| А) вольвокс | 1) Бактерии |
| Б) кокки | 2) Грибы |
| В) бацилла | 3) Растения |
| Г) головня | |
| Д) ламинария | |
| Е) фукус | |

**В8.** Установите последовательность развития мха, начиная со споры:

1) спора;
2) коробочка;
3) предросток (зеленая нить);
4) взрослое растение;
5) антеридии и архегонии;
6) оплодотворение.

## Часть С

**С1.** Докажите, что клубень картофеля — подземный побег.

**С2.** Найдите ошибки в приведенном тексте.

1. Стебель — это часть побега. 2. Молодой стебель деревьев покрыт ризодермой, зрелый стебель — пробкой. 3. В умеренном климате пробка образуется на 2—3-й год жизни стебля. 4. Под пробкой находится луб, состоящий из сосудов. 5. Под лубом расположена древесина, обеспечивающая транспорт минеральных веществ снизу вверх. 6. В центре обычно расположена сердцевина, чаще всего представленная живыми клетками.

**С3.** Какие части листа обозначены на рис. 1.59 цифрами 1, 2 и 3? Какие особенности строения этих частей? Какие функции они выполняют?

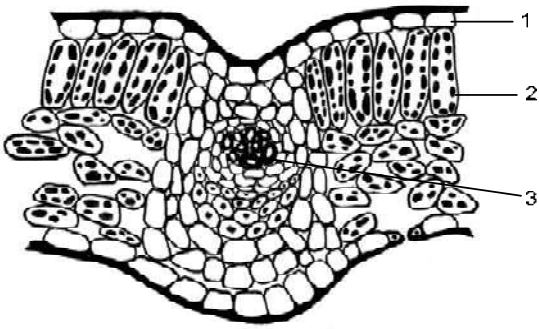
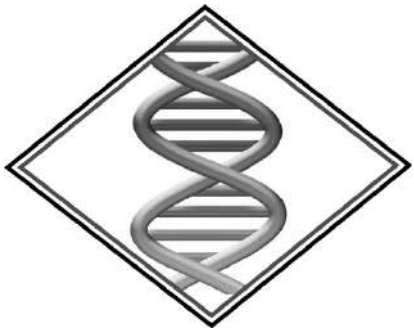



**Рис. 1.59.** К вопросу С3

**С4.** Почему грибы выделены в отдельное царство?

**С5.** Какие приспособления есть у растений для пережидания неблагоприятных условий? Назовите не менее четырех таких особенностей.

**С6.** Какие особенности строения и размножения помогли растениям освоить сушу? Назовите не менее трех особенностей.



# ГЛАВА 2

# Зоология

Зоология (от лат. *"зоо"* и греч. *"логос"*) — наука о животных. Это одна из самых древнейших наук человечества. Основателем зоологии считается древнегреческий ученый Аристотель (IV в. до н. э.), который является автором первых научных трудов о животных (наиболее значимым считается его труд "История животных").

Современная зоология изучает строение, распространение, происхождение, жизнедеятельность и систематику животных.

### Признаки животных

- Гетеротрофный тип питания, т. е. питание готовыми органическими веществами. Но среди животных встречаются исключения: некоторые простейшие имеют миксотрофный тип питания (на свету они питаются как растения, в темноте — как животные). При питании животные в основном поглощают твердую пищу (а не в виде растворов, как грибы или растения).
- В клетке отсутствует клеточная стенка, центральная вакуоль и пластиды, ядро обычно занимает центральное положение.
- Большинство способно к активному передвижению (*искл.:* кораллы).
- Ограниченный рост (*искл.:* губки, усоногие рачки, морские лилии и т. д.).
- Запасное вещество — гликоген.
- У многих образуются системы органов.

### Симметрия тела животных

Для животных характерны разнообразные типы симметрии. Наиболее распространены два типа:

- лучевая или радиальная — есть ось симметрии, через которую проходит множество плоскостей симметрии. Лучевая симметрия встречается у простейших, губок, кишечнополостных и иглокожих;
- двусторонняя — тело животного делится плоскостью на две симметричные части. Этот тип симметрии характерен для большинства животных.

**Значение животных**

- В природе:
  - участвуют в биогенном круговороте веществ;
  - участвуют в образовании почвы;
  - выполняют биологическую очистку воды;
  - образуют осадочные горные породы;
  - образуют коралловые рифы и острова;
  - опыление растений.
- Для человека:
  - пищевое и кормовое;
  - производство одежды и обуви;
  - источники или переносчики болезней;
  - уничтожение или существенное уменьшение урожая;
  - порча продуктов питания;
  - изготовление украшений и сувениров;
  - уничтожение вредителей сельского хозяйства.

# СИСТЕМАТИКА ЖИВОТНЫХ

Основы систематики были заложены К. Линнеем в XVIII в. В настоящее время выделяют 7 основных систематических категорий: царство, тип, класс, отряд, семейство, род и вид.

Согласно современным представлениям, царство Животных делится на два подцарства: Одноклеточные (Простейшие) и Многоклеточные. Из подцарства Простейшие рассматривают три типа: Саркомастигофоры, Инфузории и Апикомплекса (на примере Споровиков).

Подцарство Многоклеточных включает два раздела: Лучистые (изучается на примере типа Кишечнополостные) и Двустороннесимметричные. Среди раздела Двустороннесимметричные рассматривают следующие типы: Плоские черви, Круглые черви, Кольчатые черви, Членистоногие, Моллюски и Хордовые.

# ПОДЦАРСТВО ОДНОКЛЕТОЧНЫЕ (ПРОСТЕЙШИЕ)

Около 39 тыс. видов. Большинство простейших обитает в пресных и морских водоемах; некоторые живут в почве; также встречается значительное число паразитов. Простейшие были открыты Антони ван Левенгуком в XVII в.

## Строение простейших

Простейшие состоят из одной клетки и являются самостоятельными организмами. Большинство характеризуется мелкими размерами — несколько десятков микрометров (некоторые ископаемые формы имели размер 5—6 см).

Форма тела непостоянная (амеба), более или менее постоянная (жгутиковые, инфузории). Симметрия — двусторонняя (жгутиковые) и радиальная (солнечники, радиолярии).

Клетка простейших характеризуется всеми признаками, присущими клеткам эукариот. Она состоит из мембраны, цитоплазмы с органоидами и ядра. В клетке может быть одно или несколько ядер. Например, у инфузорий различают 2 типа ядер: вегетативные и генеративные. Это явление называют *ядерным дуализмом*. Вегетативные ядра контролируют преимущественно синтез белков в клетке; генеративные — участвуют в половом процессе.

У многих простейших в мембране появляются специальные структуры, которые увеличивают ее прочность. К таким структурам относится пелликула (образуется за счет уплотнения периферического слоя эктоплазмы и наличия в нем опорных фибрилл) и скелет: наружный (раковина, выделяемая эктоплазмой клеток) или внутренний (скелетные капсулы или иглы, образующиеся в эндоплазме клетки). Скелет состоит из органических и неорганических веществ (карбонат кальция или оксид кремния).

Цитоплазма разделена на эктоплазму (расположена ближе к наружной мембране) и эндоплазму. В эндоплазме содержатся органоиды, типичные для животных клеток. Наряду с ними встречаются специальные органоиды: сократительные и пищеварительные вакуоли, трихоцисты, светочувствительный глазок.

## Жизнедеятельность простейших

**Питание.** Большинство простейших — гетеротрофы, но некоторые имеют смешанный (миксотрофный) способ питания. Захват и заглатывание пищи происходит через любой участок мембраны или через специализированный участок — клеточный рот или клеточную глотку. Простейшие поглощают твердые комочки пищи (фагоцитоз) или растворенные органические вещества (пиноцитоз). Процесс переваривания пищи происходит в пищеварительных вакуолях. Удаление непереваренных остатков осуществляется через любой участок мембраны или через специализированный — порошицу.

**Выделение.** Происходит с помощью сократительных вакуолей, которые в простейшем варианте представляют собой пузырек в цитоплазме, периодически наполняющийся жидкостью, которая затем удаляется из клетки. В более сложном варианте сократительная вакуоль состоит из центрального резервуара и приводящих каналов. Их функции — удаление лишней воды, что позволяет регулировать осмотическое давление в цитоплазме, а также удаление продуктов распада. У морских форм и паразитов сократительные вакуоли отсутствуют.

**Газообмен.** Происходит через всю поверхность тела.

**Раздражимость.** Проявляется в виде направленных движений. Раздражения из внешней среды воспринимаются с помощью специальных белков.

**Размножение.** Характерно бесполое и половое размножение. Для многих паразитов в жизненном цикле характерно чередование полового и бесполого поколений.

**Движение.** Происходит с помощью ложноножек, жгутиков (вращательное движение) и ресничек (гребное движение).

**Образование цист.** Циста — это стадия жизненного цикла некоторых простейших, предназначенная для пережидания неблагоприятных условий. У паразитов стадия цисты служит для перехода через внешнюю среду от одного хозяина к другому. В обоих случаях циста покрыта плотной оболочкой, которая защищает ее от внешнего воздействия.

## Систематика простейших

Согласно современным взглядам, в этом подцарстве выделяют 7 типов, из которых рассматривается только три: Саркожгутиконосцы, Апикомплекса и Инфузории. В основу деления простейших на типы положены строение их ядерного аппарата и органоидов движения, типы размножения и особенности жизненных циклов.

### Тип Саркожгутиконосцы

В этот тип включены две группы животных — саркодовые и жгутиковые, органоидами движения которых являются ложноножки и жгутики соответственно. У некоторых видов одновременно встречаются оба типа органоидов.

#### Подтип Саркодовые

*Амеба протей (от греч. "изменчивая").* Это довольно крупное простейшее (размер до 0,5 мм), с непостоянной формой тела, обитающее в пресных водоемах. Характерно наличие непостоянных выростов цитоплазмы — ложноножек (псевдоподий), которые принимают участие в движении и захвате частиц пищи. Цитоплазма разделена на экто- и эндоплазму. В эндоплазме амебы присутствует одно шаровидное ядро, пищеварительные и сократительные вакуоли (рис. 2.1).

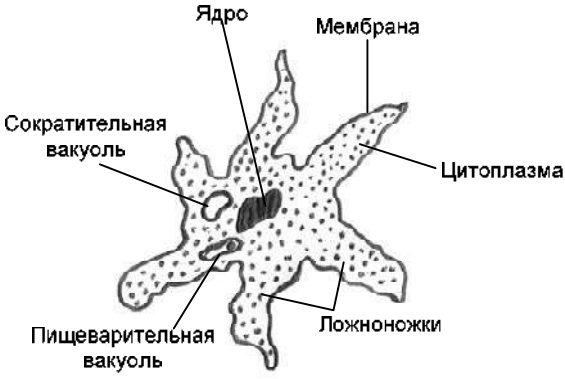



**Рис. 2.1.** Строение амебы

Питание: при движении амеба с помощью ложноножек захватывает пищевые частицы (бактерии, водоросли), выделяет пищеварительный сок и образует пищеварительную вакуоль. После переваривания непереваренные остатки удаляются через мембрану. Сократительная вакуоль обычно одна. При неблагоприятных условиях амеба образует цисту: она выделяет довольно прочную оболочку и превращается в покоящуюся фазу. Цисты выдерживают высыхание, действие низких и высоких температур, обеспечивают перенесение неблагоприятных условий и распространение вида (они легко переносятся ветром). Размножение происходит делением на две особи.

*Дизентерийная амеба* паразитирует в кишечнике человека. Вне организма человека этот вид обычно существует в виде покоящейся стадии — цист. Попав в организм, оболочка цисты разрушается, из нее выходит малая вегетативная форма амебы, которая питается содержимым кишечника, не нанося вреда человеку. При снижении иммунитета или нарушении кишечной микрофлоры эта форма может превращаться в крупную вегетативную форму, которая внедряется в стенку толстого кишечника, вызывая амебную дизентерию. Заражение происходит при употреблении сырой воды из грязных источников, в том числе при купании, и несоблюдении личной гигиены ("болезнь грязных рук"). Мерами профилактики амебной дизентерии являются кипячение воды, соблюдение личной гигиены и гигиены питания.

*Раковинные амебы* — свободноживущие пресноводные формы. Имеют раковину из органических веществ. Типичными представителями являются арцелла и диффлюгия.

*Фораминиферы* — это морские раковинные саркодовые, большинство из которых ведет придонный образ жизни. Характерна раковина из известняка (внешний скелет) или органических веществ. Раковины достигают длины 5—6 см.

*Радиолярии* — морские простейшие с радиальной симметрией. Обладают внутренним скелетом из сульфата стронция или оксида кремния. В цитоплазме выделяют внутрикапсулярную, в которой содержится 1—2 ядра, и внекапсулярную части.

*Солнечники* обитают в пресной и соленой воде. Их многочисленные псевдоподии имеют игольчатую форму, напоминающую солнечные лучи.

## Подтип Жгутиковые

*Эвглена зеленая* — это свободноживущее жгутиковое, обитающее в пресной воде. Форма тела вытянутая, задний конец — заостренный, передний — несколько затупленный (рис. 2.2). Есть один жгутик, с помощью которого эвглена двигается. Жгутик состоит из наружной части и базального тельца (кинетосомы), которое находится в эктоплазме. Снаружи клетка покрыта прочной пелликулой. В клетке содержится одно ядро шаровидной формы, расположенное ближе к противоположному от жгутика концу клетки. В клетке также есть светочувствительный глазок (стигма) красного цвета, расположенный около кинетосомы — он отвечает за восприятие уровня освещенности. Благодаря глазку эвглена способна к положительному фототаксису, т. е. движению к более освещенному участку водоема. В цитоплазме содержится много хроматофоров, содержащих хлорофилл, т. е. эвглена спо-

собна к фотосинтезу. Есть сократительная вакуоль, отвечающая за выделение. У основания жгутика есть глотка. Цитоплазма состоит из более плотной эктоплазмы и эндоплазмы.

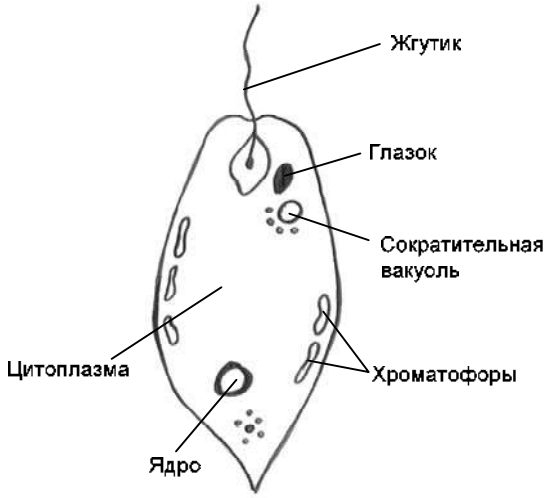



**Рис. 2.2.** Строение эвглены

Для эвглены характерен миксотрофный способ питания, когда на свету в ней с помощью фотосинтеза образуются и запасаются органические вещества (в основном накапливается парамил — это углевод, по структуре близкий к крахмалу). При нехватке освещения эвглена теряет хроматофоры и переходит к гетеротрофному питанию, поглощая органические вещества из окружающей среды.

Размножение у эвглены происходит путем продольного деления, которое начинается с заостренного конца. В результате образуются две дочерние клетки. При этом жгутик переходит к одной из дочерних клеток, у другой он возникает заново. При неблагоприятных условиях эвглена способна образовывать цисты.

К жгутиковым относятся паразитические формы, вызывающие заболевания человека:

- *трипаносома* (вызывает сонную болезнь) паразитирует в крови и спинномозговой жидкости. Трипаносома имеет двух хозяев: человека и муху цеце, с помощью которой она переносится от человека к человеку, т. е. сонная болезнь — трансмиссивное заболевание. Существует природный резервуар трипаносом — антилопы и некоторые другие животные, которые почти не страдают от этого паразита, но являются их носителями;
- *лямблия* (вызывает лямблиоз) паразитирует в кишечнике. Тело грушевидное, 2 ядра, 4 пары жгутиков, есть присоска для прикрепления к стенке кишечника. Заражение происходит при проглатывании цист вместе с водой или пищей;
- *трихомонада* паразитирует в мочеполовых путях человека, вызывая воспалительные процессы.

# Тип Апикомплекса

## Подтип Споровики

Все споровики — паразиты. В их клетках отсутствуют органоиды движения (имеются только на стадии гамет), пищеварительные и сократительные вакуоли. Процессы питания и выделения у споровиков происходят осмотически.

Жизненный цикл споровиков (рис. 2.3) рассматривается на примере *малярийного плазмодия*, вызывающего малярию. Заражение происходит при укусе комара, в слюне которого есть спорозоиты (это половое поколение), которые внедряются в клетки печени человека. В них происходит шизогония — множественное деление, при котором образуются мерозоиты (это бесполое поколение), поражающие эритроциты. В эритроцитах также происходит шизогония, они погибают, новые мерозоиты выходят в плазму крови и снова поражают эритроциты. При гибели эритроцитов в кровь попадают продукты обмена веществ паразита, вызывающие интоксикацию, которая сопровождается повышением температуры и лихорадкой. После нескольких циклов шизогонии паразиты превращаются в покоящуюся стадию — гамонтов, и человек становится носителем малярийного паразита. Комар, укусивший такого человека, получает клетки паразита, которые превращаются в мужские

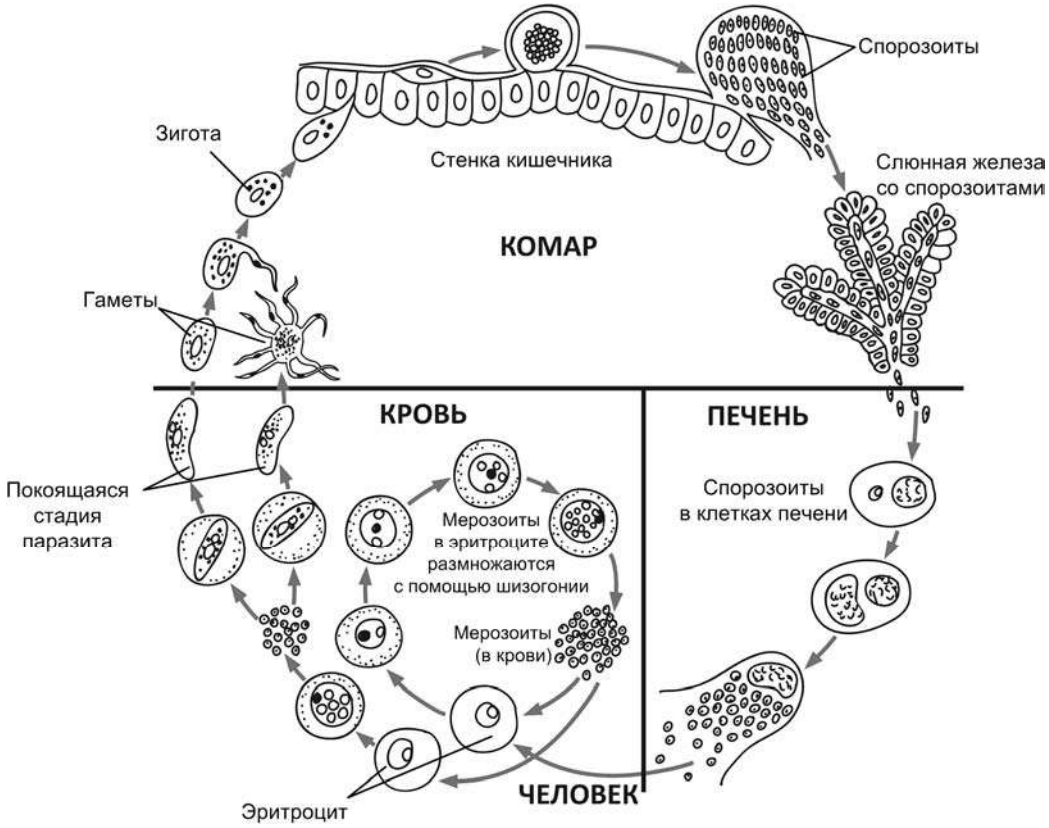



**Рис. 2.3.** Цикл малярийного плазмодия

и женские гаметы в его кишечнике. Затем происходит слияние гамет, возникает зигота (оокинета), внедряющаяся в стенку кишки. После этого она делится мейозом и превращается в ооцисту, в которой происходит митоз и образуются спорозоиты. Затем стенка цисты разрывается, и по гемолимфе спорозоиты попадают в слюнные железы комара.

Бесполое размножение происходит в организме человека, поэтому человек — промежуточный хозяин этого паразита. Половое размножение плазмодия осуществляется в теле малярийного комара, поэтому комар — окончательный хозяин. Поскольку перенос паразита происходит с помощью комара из рода *Анофелес*, то малярия является трансмиссивным заболеванием.

Меры профилактики малярии:

- обследование населения на зараженность плазмодием и лечение;
- борьба с малярийными комарами и ликвидация очагов их размножения;
- профилактические прививки.

К опасным паразитам также относится *токсоплазма*, для которой человек является промежуточным хозяином (окончательный хозяин — кошки). Заражение человека происходит при попадании внутрь вместе с пищей или водой цист паразита. Из них в кишечнике выходят спорозоиты, которые проникают в кровь и разносятся по всему телу, оседая в мышцах, печени и т. д.

## Тип Инфузории

Тип Инфузории получил свое название от лат. *infusum* — настойка, т. к. множество этих простейших были впервые найдены в травяных настоях.

*Инфузория туфелька* обитает в пресных водоемах. Размеры 0,1—0,3 мм, форма тела постоянная, обтекаемая и несколько напоминает туфельку (рис. 2.4). Клетка

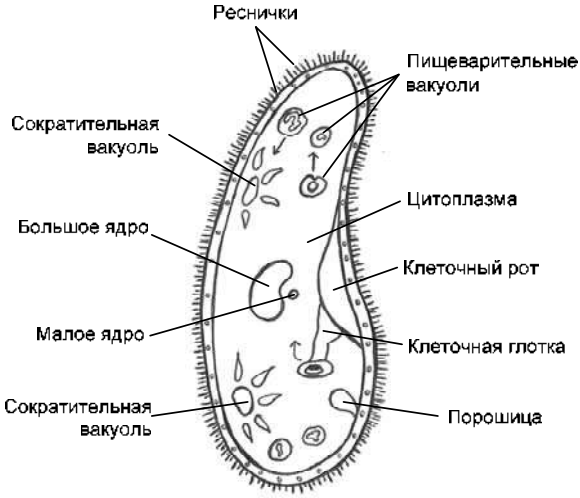



**Рис. 2.4.** Строение инфузории

покрыта пелликулой, состоящей из мембраны и уплотненного периферического слоя цитоплазмы. Под пелликулой расположена эктоплазма; пелликула и эктоплазма со всеми структурами образуют кортекс — это опорный комплекс клетки.

Внутри клетки находятся 2 ядра — макро- и микронуклеус. Макронуклеус имеет бобовидную форму и отвечает за метаболизм клетки, микронуклеус — за половой процесс.

Органоидами движения являются многочисленные реснички, которые по строению сходны со жгутиками. Некоторые инфузории не способны к передвижению и ведут прикрепленный образ жизни (например, *сувойка*). У туфельки реснички распределены равномерно. В эктоплазме расположены защитные образования (трихоцисты), которые при раздражении выстреливают и превращаются в упругую нить.

У инфузории имеется сложная система органоидов пищеварения: предротовое отверстие, клеточный рот, клеточная глотка, пищеварительные вакуоли, порошица. Клеточный рот расположен во впадине тела, окруженной длинными ресничками, и ведет в клеточную глотку. Пища (в основном бактерии) попадает в пищеварительные вакуоли, в которых она переваривается. Непереваренные остатки выбрасываются через порошицу. Среди инфузорий встречаются настоящие хищники — *дидидиум*, *бурсария*, *гусек*, которые питаются другими простейшими.

У туфельки есть две сократительные вакуоли. К каждой вакуоли подходит 5—8 канальцев, обеспечивающих удаление из клетки воды и жидких продуктов жизнедеятельности. Избыток жидкости собирается в канальцы, из них — в центральный резервуар и затем выводится наружу. Обычно сократительные вакуоли работают по очереди, сокращаясь каждые 20—25 с.

Для инфузорий характерно бесполое и половое размножение. Бесполое размножение проходит обычно 1 раз в сутки путем деления клетки надвое в поперечном направлении; ядро делится митозом. Половой процесс инфузорий называется *конъюгацией*. При этом инфузории соединяются попарно и обмениваются генетической информацией. Перед конъюгацией макронуклеус распадается, а микронуклеус делится мейозом на 4 гаплоидных ядра, из которых три распадаются, а оставшееся делится митозом на два. Одно из этих ядер остается в клетке, а второе мигрирует в другую инфузорию. После обмена ядра сливаются, образуя диплоидный синкарион, и особи расходятся. Из синкариона в каждой особи возникает микро- и макронуклеус.

Существуют паразитические инфузории. Так, у человека в толстой кишке паразитирует *инфузория балантидий*. Она разрушает слизистую оболочку кишечника, вызывая заболевание балантидиоз. Попав в организм человека, эта инфузория ведет себя двояко. В первом случае она питается пищевыми частицами, содержащимися в кишечнике, и не наносит никакого вреда (т. е. является комменсалом). В другом случае она внедряется в стенки кишечника и начинает питаться эритроцитами; при этом стенки кишечника разрушаются. Заражение происходит путем попадания в организм цист инфузории, которые могут проникнуть внутрь при несоблюдении правил гигиены: употребление некипяченой воды или немытых овощей и фруктов, грязные руки. Соответственно, профилактическими мерами являются следующие: кипячение воды, соблюдение личной гигиены, мытье овощей и фруктов.

## Значение простейших

- В природе:
  - образование осадочных горных пород — мел, известняк (фораминиферы);
  - основа планктона, т. е. пищевых цепочек в водной среде;
  - почвообразование;
  - биологическая очистка воды;
  - симбионты многих животных: у термитов, жвачных копытных в пищеварительной системе обитают инфузории, участвующие в пищеварении.
- Для человека:
  - вызывают болезни (протозойные заболевания);
  - используются как корм для мальков;
  - используются для очистки сточных вод;
  - являются биоиндикаторами загрязненности водоемов.

# ПОДЦАРСТВО МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ

## Тип Кишечнополостные

Свыше 10 тыс. видов. Все являются водными животными, большинство обитает в морях и океанах. Ведут сидячий или плавающий образ жизни. Существуют в двух жизненных формах: полип и медуза.

### Строение и общие черты организации

Характерна лучевая симметрия тела (4-, 6- и 8-лучевая). Биологическое значение такой симметрии заключается в том, что организм имеет сходные пространственные возможности в захвате пищи и обороне от врагов. В процессе онтогенеза у них закладываются два зародышевых листка — экто- и энтодерма, т. е. это двуслойные животные. Эктодерма образует покровы тела, энтодерма выстилает кишечную полость; между ними находится неклеточное образование — мезоглея, которая может достигать сильного развития (например, у медуз).

Выделяют следующие типы клеток тела кишечнополостных.

- *Клетки эктодермы.*
  - *Эпителиально-мускульные (кожно-мускульные)* составляют основную массу эктодермы. Они имеют цилиндрическую форму, содержат одно мускульное волоконце, расположенное параллельно продольной оси тела. Эти клетки участвуют в движении и образуют покровы тела.
  - *Интерстициальные (промежуточные)* находятся между эпителиально-мускульными; не дифференцированы; из них могут формироваться любые клетки эктодермы (преимущественно стрекательные).

- *Нервные* — клетки звездчатой формы, располагаются под эпителиально-мускульными; контактируют отростками и формируют диффузную нервную систему. У кишечнополостных возникают примитивные рефлексы. У полипов наблюдается сгущение нервных клеток на подошве и около рта. У медуз имеются скопления нервных клеток по краю зонтика, которые иннервируют парус, щупальца и органы чувств, а у сцифомедуз появляются ганглии.
- *Стрекательные* в основном расположены на щупальцах, где образуют скопления. Они обычно грушевидной формы; внутри располагается стрекательная капсула с закрученной стрекательной нитью, в основании которой находятся стилеты. Полость капсулы заполнена едкой жидкостью, которая может переходить в нить. На внешней поверхности клетки имеется чувствительный волосок (книдоциль). Прикосновение к нему вызывает мгновенное выстреливание стрекательной нити, стилеты вонзаются в добычу или врага и раздвигают рану, в которую и попадает стрекательная нить. После выстреливания стрекательные клетки погибают.
- *Половые* участвуют в размножении.

❒ *Клетки энтодермы.*

- *Эпителиально-мускульные* выполняют три функции: образуют покров, участвуют в движении и внутриклеточном пищеварении. Они имеют 2 жгутика и могут образовывать ложноножки для захвата пищевых частиц путем фагоцитоза, которые потом перевариваются в их цитоплазме.
- *Железистые* выделяют пищеварительные ферменты в кишечную полость.
- *Нервные*.
- *Половые*.

В кишечной полости происходит внутриполостное пищеварение; при этом у Кишечнополостных сохранилось внутриклеточное пищеварение. Удаление непереваренных остатков пищи происходит через ротовое отверстие. Дыхание происходит через всю поверхность тела.

Для этих животных характерно половое и бесполое (почкование) размножение. У большинства в жизненном цикле происходит чередование поколений: полипа и медузы. Развитие у большинства видов идет с личинкой (планулой).

## Систематика типа

### Класс Гидроидные

Характеристика класса дается на примере *гидры*.

Это одиночный полип размером 5—7 мм, обитающий в пресных водоемах. На одном конце тела находится ротовое отверстие, окруженное 5—12 щупальцами; на другом — подошва, с помощью которой гидра прикрепляется к субстрату (рис. 2.5). Между экто- и энтодермой расположен тонкий слой мезоглеи. Клетки тела дифференцированы на ряд типов, рассмотренных ранее *(см. общую характеристику)*. В отличие от других полипов, гидра способна к передвижению: наклоня-

ясь и цепляясь щупальцами за субстрат, гидра отрывает подошву и переносит ее на новое место.

Гидра — хищник, захватывающая мелкую добычу (мелкие ракообразные, личинки водных беспозвоночных) и убивающая ее с помощью стрекательных клеток. Газообмен осуществляется через всю поверхность тела. Гидра способна воспринимать раздражения и реагировать на них. У нее очень высокие регенерационные способности — новое животное может возникнуть из 1/200 тела особи.

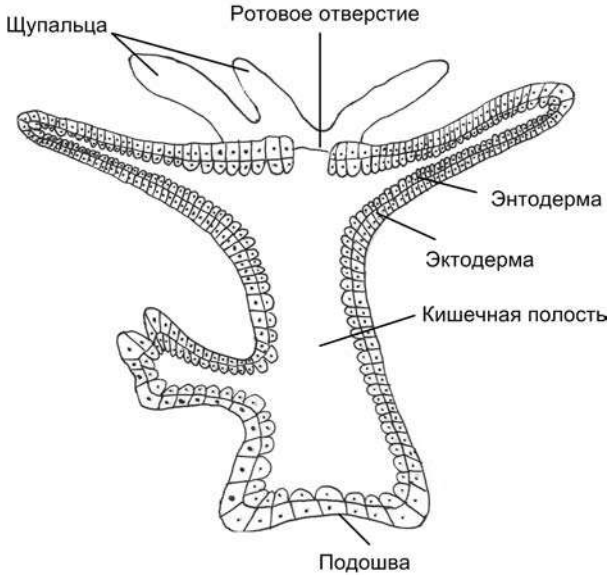



**Рис. 2.5.** Схема строения гидры

Размножение осуществляется бесполым и половым путем. Бесполое размножение происходит летом путем почкования: на теле материнской особи возникают бугорки (почки), из которых развиваются новые гидры. Отделившись от материнской особи, молодая гидра приступает к самостоятельному существованию. Половое размножение начинается в неблагоприятных условиях (осенью). При этом в эктодерме образуются мужские (в верхней части тела) и женские (в нижней части тела) гаметы, т. е. гидра — гермафродит. Оплодотворение обычно перекрестное: сперматозоиды одной гидры проникают к яйцеклетке другой. Затем возникает зигота, которая начинает дробиться. В дальнейшем она покрывается оболочкой и в таком состоянии зимует (взрослые гидры осенью погибают). Весной из нее развивается новая гидра.

Гидра существует только в форме полипа, стадия медузы у гидры отсутствует.

*Морские гидроидные* — это одиночные или колониальные полипы, в цикле развития которых присутствует стадия медузы. От полипов отпочковываются медузы, в которых созревают гаметы, выделяющиеся во внешнюю среду. После оплодотворения развивается зигота, а из нее — свободноплавающая личинка. Через некоторое время она оседает на дно и превращается в полипа.

Представители:

- ❒ португальский кораблик (физалия), который обитает в теплых морях; это представитель колониальных гидроидных. В колонии имеется ствол, на котором расположены отдельные особи. Их кишечные полости объединены в общую систему. Каждая особь в колонии выполняет свои функции. Этот вид опасен для человека;
- ❒ медуза-крестовичок, обитает в Японском море, очень ядовита.

## Класс Сцифоидные

Это только морские обитатели, большая часть цикла которых проходит в фазе медузы. *Сцифомедузы* значительно крупнее гидромедуз. Медуза имеет форму зонтика или колокола (рис. 2.6). По краям зонтика свешиваются щупальца, содержащие стрекательные клетки. На вогнутой стороне тела находится рот (иногда он расположен на ротовом стебельке).

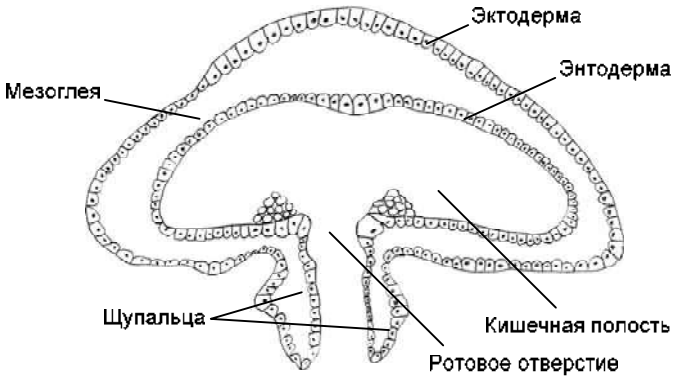



**Рис. 2.6.** Схема строения медузы

Кишечная полость медуз устроена довольно сложно. Пища изо рта попадает в глотку, затем в желудок, расположенный в центре тела под куполом. От желудка отходят неветвящиеся и ветвящиеся каналы, впадающие в кольцевой канал, опоясывающий край зонтика. Пища переваривается в желудке и по каналам транспортируется в разные части тела. Непереваренные остатки удаляются через рот.

У сцифомедуз сильно развита мезоглея. Передвигаются они путем сокращения стенок зонтика (реактивный принцип движения). В связи с подвижным образом жизни медуз у них происходит усложнение нервной системы и органов чувств. Их органы чувств образуют особые комплексы — ропалии (это видоизмененные укороченные щупальца). Внутри такого щупальца находится статоцист (орган равновесия), по бокам — пузыревидные глазки. Глаза медуз имеют роговицу и хрусталик, но выполняют лишь светочувствительную функцию. Также на ропалиях расположены обонятельные ямки (органы обоняния).

*Размножение медуз.* Медузы — раздельнополые животные. Образование половых клеток происходит в энтодерме, после чего они выделятся в воду, где и происходит оплодотворение. Из оплодотворенного яйца развивается личинка (планула), кото-

рая какое-то время плавает, затем оседает на дно, и из нее развивается полип (сцифистома). У полипа появляются поперечные перетяжки, и от него отпочковываются молодые медузы (эфиры). Процесс поперечного деления называется *стробиляцией*. Также при почковании могут возникать новые полипы.

Представители:

- аурелия (морское блюдце), обитает в Баренцевом, Белом и Черном морях, а также в Тихом и Атлантическом океанах у берегов Европы и Азии. Имеет уплощенную форму с совершенно прозрачным телом, окрашены только половые железы (розовые или фиолетовые);
- медуза корнерот, обитает в Черном море. При контакте может вызвать ожоги;
- медуза цианея, обитает в северных частях Атлантического и Тихого океанов, а также в морях Северного Ледовитого океана. Это одна из самых крупных медуз: купол до 2 м в диаметре, щупальца — до 20—30 м.

### Класс Коралловые полипы

Это морские колониальные (красный коралл) и одиночные (актиния) животные, развивающиеся без смены поколений. Многие имеют известковый скелет. Их кишечная полость разделена перегородками на камеры. Имеются мускульные клетки, образующие продольные и поперечные мышцы. Сильно развита мезоглея. Размножение бесполое (почкование) и половое. Гаметы формируются в энтодерме, развитие — с личинкой (планулой). Стадия медузы в жизненном цикле отсутствует. Выделяют две группы современных кораллов: 6-лучевые (к ним относится актиния) и 8-лучевые (к ним относится красный коралл).

### Значение кишечнополостных

- Очистка воды.
- Участие в круговороте кальция и образовании осадочных горных пород, коралловых рифов и островов.
- Для человека:
  - пищевое (страны Юго-Восточной Азии);
  - в качестве материала украшений, сувениров и ювелирных изделий (красный и черный коралл);
  - источник опасности медуз некоторых видов для купальщиков.

## Тип Плоские черви

15 тыс. видов. Часть из них — свободноживущие (водные, наземно-воздушные и почвенные), большинство — паразиты.

### Общие признаки

- Двусторонне-симметричные животные.
- Трехслойность (в эмбриональном периоде развиваются не два, а три зародышевых листка: эктодерма, энтодерма и мезодерма).

- Тело имеет листовидную или лентовидную форму, оно сплющено в спинно-брюшном направлении.
- Есть кожно-мускульный мешок. На поверхности тела находится однослойный эпителий, который у свободноживущих форм покрыт ресничками. Под ним расположены 3 слоя мышц: кольцевые, продольные и диагональные. Между спинной и брюшной стороной тела располагаются пучки мышц.
- Полости тела нет, пространство между внутренними органами заполнено паренхимой. Она выполняет следующие функции: транспорт веществ, запас веществ, опору для внутренних органов.
- Пищеварительная система слепо замкнута. Она состоит из передней и средней кишки и заканчивается слепо, поэтому удаление непереваренных остатков пищи происходит через рот. Характерно внутриклеточное и внутриполостное пищеварение, осуществляющееся в средней кишке.
- Кровеносной и дыхательной систем нет. Газообмен происходит через кожу. У многих эндопаразитов анаэробное дыхание.
- Выделительная система протонефридиального типа.
- Гермафродиты. Оплодотворение внутреннее, развитие прямое или с метаморфозом.
- Нервная система лестничного типа: она состоит из парного мозгового ганглия и нервных стволов, соединенных кольцевыми перемычками (комиссурами).

## Происхождение

Наиболее примитивными плоскими червями являются ресничные черви. Они произошли от фагоцителлоподобных предков. Паренхима этих предков расслоилась на два функциональных пласта: внутренний, отвечающий за пищеварение, и промежуточный, имеющий опорное значение. Погружение внутреннего слоя вглубь тела способствовало образованию рта, расположенного на нижней поверхности, что, в свою очередь, привело к билатеральной симметрии. Первые ресничные черви не имели кишечника, и их эволюция шла по пути усложнения организации.

От прямокишечных ресничных червей произошли трематоды, что можно доказать большим сходством в их строении. Вероятно, на первом этапе эволюции взрослые формы вели свободный образ жизни, а их личинки через симбиоз с моллюсками перешли к паразитизму. В дальнейшем взрослые формы также перешли к паразитизму.

От ресничных червей также произошли моногенеи (еще один класс плоских червей, также паразиты). Ленточные черви произошли от моногеней, с которыми у них имеются сходные признаки — строение личинки, половой и выделительной систем.

## Систематика типа

### Класс Ресничные черви (Планарии, Турбеллярии)

Это преимущественно свободноживущие организмы. Большинство водные, реже встречаются почвенные и обитающие на поверхности почвы во влажных местах.

Характеристика ресничных червей дается на примере *молочной (белой) планарии* (рис. 2.7 и 2.8).

Обитает в пресных водоемах. Тело уплощенное и вытянутое, 2—3 см длиной. Снаружи находится кожно-мускульный мешок, состоящий из однослойного реснитчатого эпителия и 3-х слоев мышц (кольцевых, продольных и диагональных).

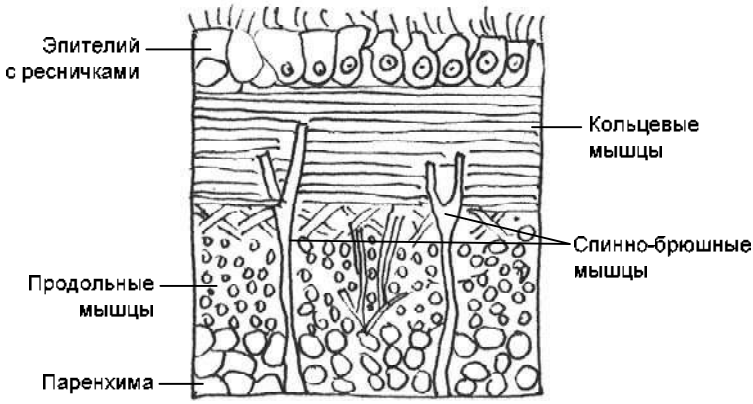



**Рис. 2.7.** Строение стенки тела планарии

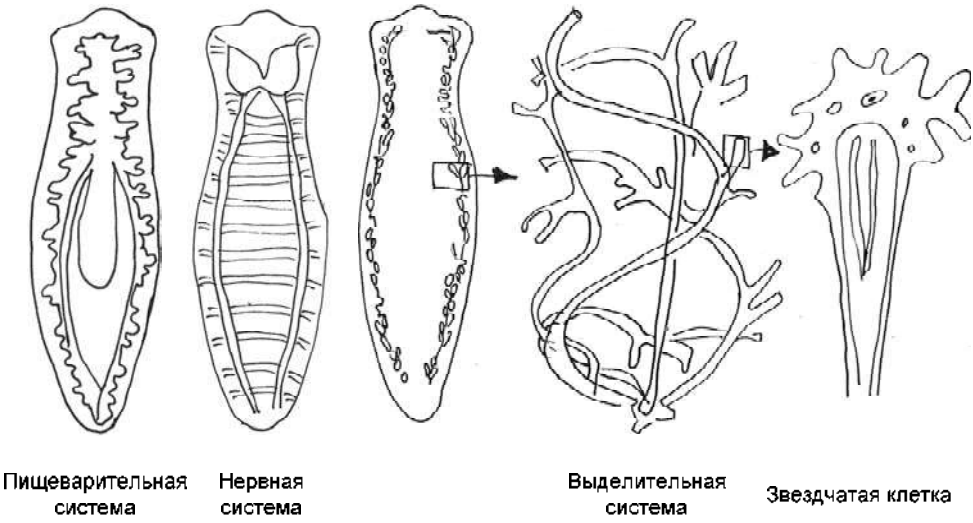



**Рис. 2.8.** Строение систем органов планарии

Пищеварительная система начинается ротовым отверстием на брюшной стороне тела, которое открывается в глотку, переходящую в кишечник. Средняя кишка делится на 3 ветви: переднюю и 2 задние. Планария — хищник, питается мелкими животными.

Выделительная система состоит из терминальных (звездчатых) клеток, лежащих в паренхиме, и выделительных канальцев, сливающихся в два крупных канала. Они открываются наружу выделительными порами.

Нервная система состоит из двух головных нервных узлов и нервных стволов, среди которых наиболее развиты брюшные. Из органов чувств развиты зрение (два глаза) и осязание (осязательные клетки на поверхности тела).

Как и все плоские черви, планария — гермафродит: у каждой особи имеются мужские и женские половые железы — гонады. Мужская система представлена двумя семенниками, состоящими из семенных мешочков и семявыносящих каналов. Женская система состоит из парных яичников и отходящих от них яйцеводов. На яйцеводах расположены желточники — это специальные железы, продуцирующие желточные клетки. Материал этих клеток используется развивающимися яйцеклетками. В размножении участвуют два партнера, которые оплодотворяют друг друга (хотя возможно и самооплодотворение). После оплодотворения развивается яйцо, состоящее из зиготы, группы желточных клеток и покрытое скорлупой. Планарии откладывают кокон, включающий несколько яиц. Из яйца выходит молодая особь, т. е. развитие прямое.

У планарии встречается бесполое размножение, заключающееся в поперечном делении тела на две части. Каждая часть после деления регенерирует недостающую половину.

## Класс Сосальщики (Трематоды)

4000 видов. Все являются эндопаразитами, обитающими во внутренних органах позвоночных животных.

Характеристика класса дается на примере *печеночного сосальщика* (рис. 2.9).

Форма тела листовидная, длина тела 4—5 см. Есть две присоски — ротовая и брюшная (это органы прикрепления), снабженные мощными мышцами. На дне ротовой присоски расположено ротовое отверстие.

Кожно-мускульный мешок представлен тегументом и мышцами. Тегумент состоит из цитоплазматического поверхностного слоя и погруженного в него эпителия без

**Рис. 2.9.** Строение печеночного сосальщика

ресничек. Поверхность тела имеет ребристую структуру. Сосальщики способны поглощать питательные вещества через покровы тела.

*Пищеварительная система* состоит из ротового отверстия, глотки, пищевода и двух основных ветвей кишечника. В кишечнике есть цилиндрический эпителий, отвечающий за внутриклеточное пищеварение. Дыхание — анаэробного типа. Выделительная система представлена терминальными клетками и выделительными канальцами, сливающимися в центральный выделительный канал, заканчивающийся порой. Нервная система состоит из окологлоточного нервного кольца и нервных стволов, связанных перемычками. Органы чувств развиты слабо, есть только осязательные клетки и органы химического чувства.

Мужская часть половой системы представлена парными семенниками, от которых отходят семяпроводы, впадающие в семяизвергательный канал. Женская часть половой системы состоит из непарного яичника, яйцевода, впадающего в оотип (это камера для оплодотворения; в нее также открываются протоки желточников). Из оотипа оплодотворенные яйца поступают в матку.

*Жизненный цикл.* Взрослые особи (мариты) продуцируют огромное количество яиц, которые попадают сначала в кишечник хозяина, а затем с экскрементами наружу (рис. 2.10). Для дальнейшего развития необходимо, чтобы яйца попали в воду. В воде из яйца выходит первая личиночная форма — мирацидий, похожая на планарию: покрыта реснитчатым эпителием, имеет протонефридии и глазки. Мирацидий находит в воде моллюска (малого прудовика) и внедряется в него. В моллюске с личинкой происходит метаморфоз: она сбрасывает ресничный покров и превращается в спороцисту. В ней развивается вторая личиночная форма — редия. Редии имеют овальную или удлиненную форму, ротовую присоску, глотку и кишечник; а также зачатки нервной системы. Стенка спороцисты разрывается, и из нее выходят

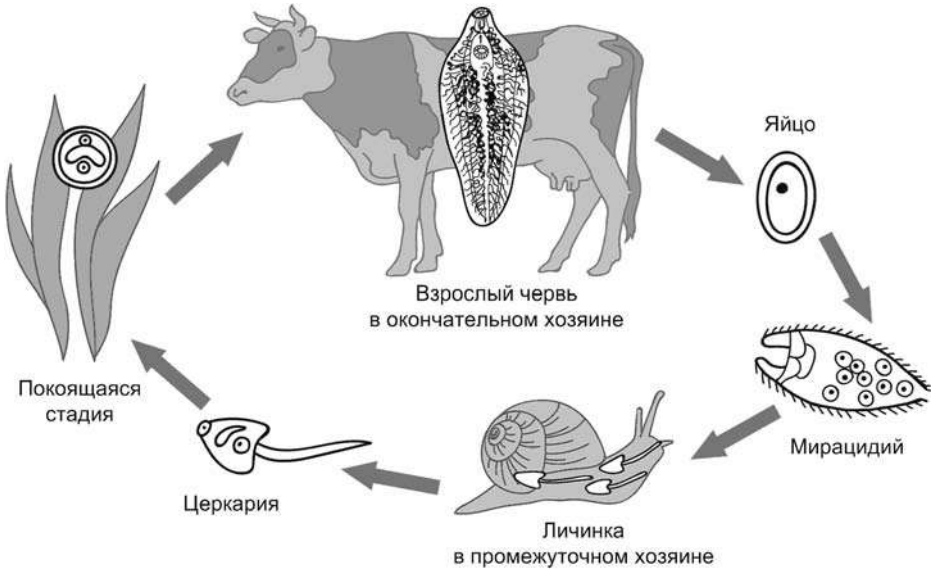



**Рис. 2.10.** Цикл развития печеночного сосальщика

редии, которые активно питаются, поглощая ткани моллюска, а затем они приступают к размножению с помощью партеногенеза. При этом образуется третья личиночная форма — церкарии. По своему строению церкарии похожи на взрослую форму, но они имеют хвост, необходимый для движения. Они покидают тело прудовика и некоторое время свободно плавают. Затем оседают на прибрежную растительность и превращаются в покоящуюся стадию — адолескарию. Коровы вместе с травой на заливных лугах поедают адолескарии, под действием желудочного сока оболочка растворяется и из нее выходит молодая марита, мигрирующая в печень.

В теле окончательного хозяина паразит находится в желчных протоках печени; в теле промежуточного — в паренхимных тканях. Окончательный хозяин печеночного сосальщика — крупный рогатый скот, иногда человек; промежуточный хозяин — моллюск малый прудовик. *Окончательный хозяин* — это организм, в котором происходит половое размножение паразита. *Промежуточный хозяин* — организм, в котором паразит не размножается или размножается бесполым путем.

Меры профилактики заражения печеночным сосальщиком:

- ❒ сокращение численности малого прудовика;
- ❒ изоляция и лечение больных животных;
- ❒ запрет на питье сырой воды;
- ❒ соблюдение личной гигиены (не жевать травинки, сорванные на заливных лугах);
- ❒ установление мест для водопоя в строго определенных местах.

### Класс Ленточные черви (Цестоды)

Около 3000 видов. Все — эндопаразиты, окончательными хозяевами которых являются позвоночные животные. Взрослые формы обитают в кишечнике.

Большинство ленточных червей очень длинные и имеют лентовидную форму тела. На переднем конце тела имеется головка — сколекс с органами прикрепления (крючья, присоски, ботрии — щелевидные присоски), далее выделяют шейку (место роста новых члеников) и членистое туловище — стробилу, которое состоит из незрелых (мужские и гермафродитные) и зрелых члеников (проглоттид). В члениках метамерно повторяется комплекс органов, присущих каждому из них: выделительные трубки, нервные тяжи, хорошо развитые половые органы.

Мужские членики расположены ближе всего к шейке и содержат мужской половой аппарат, в самых первых члениках он недоразвит. В гермафродитных члениках хорошо развит мужской и женский половой аппарат. Мужская половая система представлена семенниками, от которых отходят семявыносящие канальца, сливающиеся в один семяпровод. Он открывается в половую клоаку. Женская половая система состоит из одного яичника и яйцевода, впадающего в оотип (в нем происходит оплодотворение). От оотипа отходит матка, в которой созревают яйца. Зрелые членики располагаются в конце стробилы и полностью заполнены маткой, содержащей оплодотворенные яйца.

Тело цестод покрыто тегументом, состоящим из наружного цитоплазматического слоя, соединенного тяжами с погруженным слоем цитоплазмы с ядрами. На по-

верхности есть выросты (микротрихии), участвующие во всасывании пищи. Под тегументом находится мембрана, под которой расположено 2 слоя мышц: кольцевые и продольные.

Пищеварительная система отсутствует. Анаэробное дыхание. Выделительная система представлена протонефридиями. Имеются 2 боковых выделительных канала, в которые впадают тонкие канальца от звездчатых клеток. На каждом членике есть выделительные поры. Нервная система слабо развита: в сколексе расположен парный ганглий, от которого отходят нервные тяжи (наиболее развиты 2 боковых ствола, соединенных комиссурами). Органы чувств практически не развиты.

Рассмотрим представителей класса Ленточные черви: бычьего цепня, свиного цепня и эхинококка (табл. 2.1).

***Таблица 2.1.*** *Сравнительная характеристика бычьего цепня, свиного цепня и эхинококка*

| **Признак** | **Бычий цепень (цепень невооруженный)** | **Свиной цепень (цепень вооруженный)** | **Эхинококк** |
|---|---|---|---|
| Размер тела | 8—12 м,<br>1—2 тыс. члеников | 2—3 м,<br>до 1 тыс. члеников | 5—6 мм,<br>3—4 членика |
| Органы фиксации на сколексе | 4 присоски | 4 присоски и хитиновые крючья | 4 присоски и хитиновые крючья |
| Половая система | Матка с 17—35 парами боковых ответвлений | Матка с 7—12 парами боковых ответвлений | Мешковидная матка |

*Жизненный цикл бычьего цепня.* Окончательный хозяин — человек; промежуточный — крупный рогатый скот (рис. 2.11). В теле окончательного хозяина паразит находится в тонком кишечнике.

Зрелые членики вместе с фекалиями попадают наружу. Из них в почву и на растения попадают яйца. При проглатывании их скотом, в кишечнике из яиц выходит первая личиночная форма — онкосфера, вооруженная 6-ю крючьями. Через стенку кишечника она попадает в кровь и оседает в мышцах, где превращается во вторую личиночную форму — финну (размером 0,6—0,8 мм). Употребив в пищу непрожаренное или непроваренное мясо, человек заражается этим паразитом.

*Жизненный цикл свиного цепня.* Окончательный хозяин — человек; промежуточный — свинья. В теле окончательного хозяина паразит находится в тонком кишечнике.

Цикл развития — как у бычьего цепня. Человек также может быть промежуточным хозяином этого цепня: при употреблении в пищу немытых овощей внутрь могут попасть яйца паразита, из которых разовьется личинка. Попав в кровь, она осядет в мышцах, где сформирует финну.

*Жизненный цикл эхинококка.* Окончательный хозяин — собаки, волки, лисицы; промежуточный — крупный рогатый скот и человек. В теле окончательного хозяина паразит находится в кишечнике.

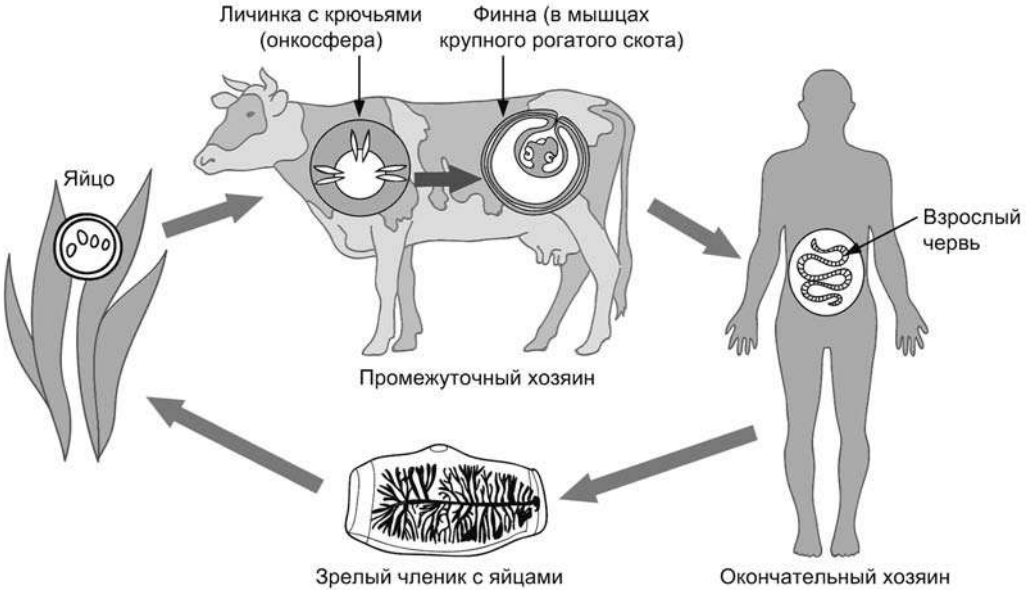



**Рис. 2.11.** Жизненный цикл бычьего цепня

Цикл развития — как у бычьего цепня. Финны эхинококка могут быть очень большими (у крупного рогатого скота их масса достигает 60 кг). Внутри финны образуются дочерние финны путем бесполого размножения.

*Жизненный цикл широкого лентеца.* Окончательный хозяин — человек и хищные млекопитающие, питающиеся рыбой; промежуточный — циклоп и рыбы (рис. 2.12). В теле окончательного хозяина паразит находится в кишечнике.

Из тела окончательного хозяина выделяются яйца, которые для развития должны попасть в воду. В воде из них появляется личинка (корацидий), которая проникает в циклопа — это первый промежуточный хозяин. Если зараженного циклопа проглатывает рыба, то в ее мышцах развивается финна. Человек, употребивший в пищу сырую или плохо прожаренную рыбу, заражается этим паразитом.

*Жизненный цикл карликового цепня.* Этот паразит развивается без смены хозяина. В теле человека паразит находится в кишечнике.

Из тела хозяина во внешнюю среду выделяются яйца, которые попадают в другого человека при несоблюдении правил гигиены. Из яиц выходит онкосфера, которая внедряется в стенку кишечника и образует финну. Финны выпадают в просвет кишечника и превращаются во взрослых особей.

Меры профилактики и борьбы с ленточными червями:

- ❒ термическая обработка мяса и рыбы;
- ❒ соблюдение санитарного контроля над продуктами питания;
- ❒ соблюдение личной гигиены;
- ❒ изоляция и лечение больных животных.

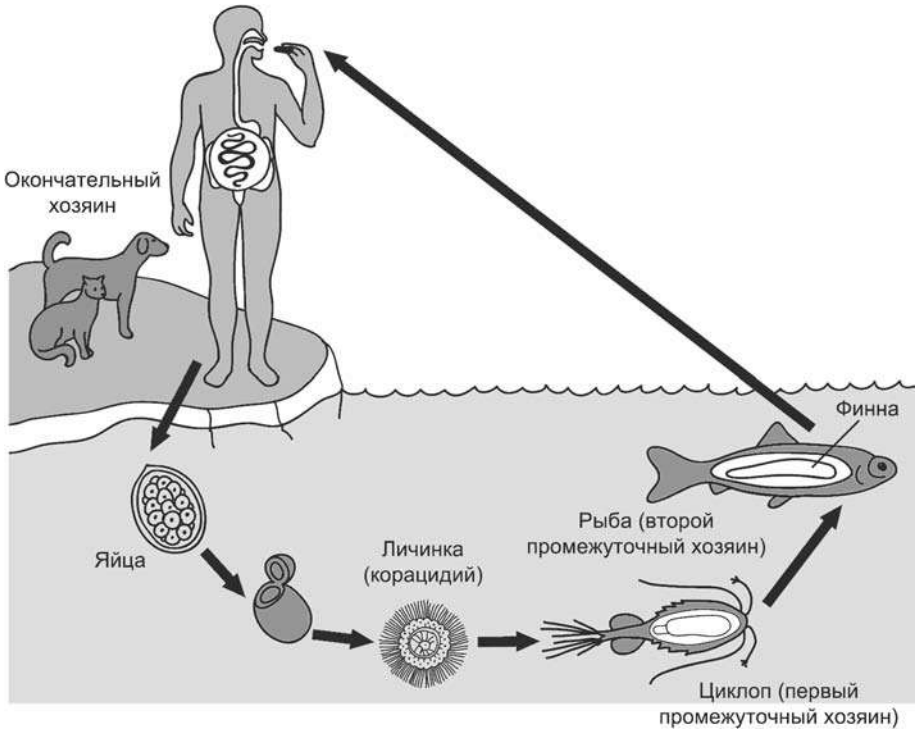



**Рис. 2.12.** Цикл широкого лентеца

## Тип Круглые черви

Бывают свободноживущими (обитают в морях, пресных водоемах и почве) и паразитами (встречаются почти у всех многоклеточных животных и у растений).

### Общие признаки

- Форма тела — круглая в поперечном сечении.
- Двусторонняя симметрия, трехслойность.
- Есть первичная полость тела, заполненная жидкостью.
- Покров тела — кожно-мускульный мешок. Мускулатура представлена одним слоем продольных мышц.
- Пищеварительная система сквозная: появляется анальное отверстие.
- Выделительная система представлена протонефридиями или особыми кожными железами.
- Кровеносной и дыхательной систем нет.
- Нервная система лестничного типа состоит из окологлоточного нервного кольца и нервных стволов с перемычками.

- Раздельнополые животные. Размножение только половое.
- Способность к регенерации отсутствует.

## Класс Собственно Круглые черви (Нематоды)

Этот класс рассматривается на примере *человеческой аскариды*.

Тело веретеновидное. Кожно-мускульный мешок состоит из толстой и многослойной кутикулы, гиподермы и продольных мышц. Изнутри гиподерма образует 4 продольных валика, в которых проходят каналы выделительной системы и тяжи нервной системы.

Первичная полость тела не имеет собственной стенки, заполнена жидкостью и в ней поддерживается повышенное давление. Она выполняет транспортные функции и играет роль гидроскелета, участвуя в движении.

Пищеварительная система состоит из 3-х отделов. Она начинается ротовым отверстием, окруженным тремя губами, и заканчивается анальным отверстием. Передний отдел дифференцирован на ротовую полость, глотку и пищевод; средний и задний отдел не дифференцированы. Питается аскарида содержимым кишечника хозяина. Характерно пристеночное и полостное пищеварение. У аскариды анаэробное дыхание.

Выделительная система представлена одноклеточной кожной железой и двумя выделительными каналами, которые открываются наружу общей порой. На стенках выделительных каналов есть специальные фагоцитарные клетки, выполняющие функцию почек накопления.

Нервная система состоит из окологлоточного нервного кольца и двух стволов — брюшного и спинного. Органы чувств развиты слабо, что связано с паразитическим образом жизни, и представлены осязательными и обонятельными клетками.

Аскариды — раздельнополые животные. У самок половая система парная: от яичников трубчатой формы отходят яйцеводы, переходящие в толстые каналы — матки, от которых отходит непарное влагалище, открывающееся на брюшной стороне тела, ближе к переднему концу. У самцов половая система непарная: один семенник переходит в семяпровод, впадающий в семяизвергательный канал, который впадает в задний отдел кишечника (у самцов нет специального полового отверстия). Характерен половой диморфизм: самка крупнее самца (40 и 25 см соответственно), у самки тело прямое, а у самца задняя часть тела изогнута.

*Цикл развития аскариды.* Аскарида относится к геогельминтам (у геогельминтов часть цикла проходит во внешней среде, в отличие от биогельминтов, цикл которых целиком проходит внутри других животных); это эндопаразит. Она развивается без смены хозяина, а ее личинки мигрируют в теле человека. Чаще всего аскаридой заражаются маленькие дети.

Заражение человека происходит при проглатывании вместе с пищей яиц, содержащих личинку. В кишечнике из яиц выходят микроскопические личинки, проникающие через его стенку в кровеносные сосуды. Далее происходит их миграция (в течение 1—2 недель) по сосудам большого и малого круга кровообращения. За-

тем личинки концентрируются в капиллярах альвеол легких, из которых они проникают в бронхи, трахею и глотку. При откашливании личинки вместе со слизью снова попадают в кишечник, где из них развиваются взрослые особи, приступающие к размножению. В яйцах, попавших во внешнюю среду, через 9—30 дней развивается личинка, и эти яйца становятся инвазионными, т. е. способными к заражению хозяина. Таким образом, взрослая форма — анаэроб, а для развития личинок нужен кислород.

Вред, причиняемый аскаридой человеческому организму, заключается в том, что продукты ее обмена веществ всасываются в кровь и вызывают интоксикацию организма, малокровие (особенно у детей), повышенную утомляемость, снижение иммунитета.

Меры профилактики:

- строгое соблюдение гигиены (мытье рук перед едой и т. п.);
- соблюдение гигиены питания (тщательное мытье овощей);
- соблюдение санитарных норм: недопущение загрязнения водоемов и почв фекалиями, организация закрытых туалетов и мусорных ям;
- борьба с переносчиками яиц (мухами и т. д.).

**Другие паразитические круглые черви**

- Острица — паразитирует в толстой кишке, чаще встречается у детей. Этот червь имеет длину 5—10 мм, самцы меньше самок. Самки выползают ночью из прямой кишки и откладывают яйца на кожу вокруг анального отверстия, вызывая тем самым сильный зуд. Через 6—8 часов яйца становятся инвазионными, поэтому очень часто происходит аутоинвазия (самозаражение).
- Трихинелла спиральная — паразитирует в кишечнике (взрослые особи), личинки инкапсулируются в мышцах. Заражение происходит при употреблении мяса (в основном свинины) с личинками. В желудке капсулы личинок растворяются, и они выходят наружу. Через несколько дней они превращаются во взрослых особей, спариваются, затем самки рожают живых личинок, которые проникают в кровь и разносятся по всему организму, попадая в мышцы, где они инкапсулируются.
- Многие круглые черви — паразиты растений, сильно вредящие сельскому хозяйству (луковичная нематода и т. д.). Они поражают вегетативные органы растений.

Некоторые круглые черви из *класса Волосатиков* паразитируют на беспозвоночных животных. Взрослые формы имеют тонкие и длинные тела, они свободноживущие и обитают в пресной воде, а их личинки паразитируют на водных насекомых.

К типу Круглые черви также относятся одни из самых маленьких многоклеточных животных — *коловратки*, многие из которых имеют микроскопические размеры. Их наиболее характерный признак — ресничный коловращательный аппарат, предназначенный для движения.

### Происхождение

Круглые черви произошли от ресничных червей. Об этом свидетельствуют следующие общие признаки: двусторонняя симметрия тела, трехслойность, отсутствие метамерии, сходное строение нервной системы, ресничный эпителий и протонефридии (у низших круглых червей), у многих развита паренхима в полости тела и кольцевые мышцы.

### Меры профилактики глистных болезней. Борьба с червями-паразитами

Одним из основоположников современной российской гельминтологии (это наука о червях-паразитах) является К. И. Скрябин. Скрябин изучил биологию червей-паразитов, встречающихся в России, и предложил меры по их уничтожению. Основными профилактическими мерами считаются следующие:

- соблюдение личной гигиены и гигиены питания;
- санитарный контроль продуктов питания;
- соблюдение санитарных норм;
- борьба с переносчиками яиц и личинок (с мухами, тараканами, моллюсками и т. п.);
- термическая обработка мяса и рыбы;
- изоляция и лечение больных животных.

## Тип Кольчатые черви

12 тыс. видов. К этому типу относятся морские, пресноводные, почвенные и наземно-воздушные животные.

### Общие признаки

- Двусторонняя симметрия, трехслойность.
- Появляется вторичная полость тела — целóм, выстланная эпителием.
- Тело разделено на сегменты (кольца), в каждом сегменте тела повторяются многие системы органов. Такая закономерность организации называется метамерией. Для кольчатых червей характерны два вида сегментации: истинная гомономная (у свободноживущих) и гетерономная (у сидячих форм и многих малощетинковых). Гомономная заключается в том, что все членики, за исключением первых двух и последнего, построены одинаково. При гетерономной сегментации каждый членик имеет собственные особенности строения и отличается от других.
- Есть кожно-мускульный мешок. Он состоит из кутикулы, однослойного эпителия и двух слоев мышц (продольного и кольцевого).
- Есть кровеносная система замкнутого типа.

- Дыхательная система отсутствует (у малощетинковых; газообмен происходит через всю поверхность тела) или представлена кожными жабрами на параподиях (у многощетинковых).
- Выделительная система состоит из метанефридиев. Метанефридий состоит из воронки (нефростома), открывающейся в целом, извитого выделительного канальца и выделительной поры.
- Нервная система состоит из парных спинных ганглиев и брюшной нервной цепочки.

## Происхождение

Древние кольчатые черви произошли, вероятнее всего, от ресничных червей. Об этом свидетельствуют такие факты, как отсутствие кровеносной системы, первичная, а не вторичная полость тела, ресничный тип движения, протонефридии, а не метанефридии у примитивных кольчатых червей. Скорее всего, предками кольчатых червей были несегментированные животные с вторичной полостью тела и ресничным типом движения.

## Систематика типа

### Класс Малощетинковые (Олигохеты)

Характеристика класса рассматривается на примере *дождевого червя.*

Тело длинное, червеобразное, сегментированное. Число сегментов колеблется от 100 до 180. На первом сегменте тела находится рот, на анальной лопасти — анальное отверстие. На каждом сегменте есть 4 пары щетинок.

Снаружи расположен кожно-мускульный мешок. Тело покрыто однослойным эпителием, часто с большим количеством желез, выделяющих слизь. Слизь уменьшает трение и увлажняет кожу, облегчая газообмен. Кожа выделяет тонкую кутикулу. Под кожей залегают сначала кольцевые, затем — продольные мышцы, изнутри выстланные целомическим эпителием.

Вторичная полость тела заполнена жидкостью, которая играет роль внутренней среды организма. В целóме поддерживается относительно постоянный биохимический состав и осуществляются многие функции организма: транспортная, выделительная, половая, опорно-двигательная. В полости тела также находятся органы половой и выделительной систем.

Рассмотрим внутреннее строение дождевого червя (рис. 2.13).

*Пищеварительная система* разделена на 3 отдела. В переднем отделе выделяют ротовую полость, глотку, пищевод, зоб и желудок. В стенках пищевода имеются железы, секрет которых нейтрализует действие гуминовых кислот почвы. Из желудка пища поступает в среднюю кишку, где происходит переваривание и всасывание. Непереваренные остатки и минеральные частицы почвы поступают в заднюю кишку и через анальное отверстие удаляются из организма. В пищеварительной системе имеются мышцы, обеспечивающие продвижение пищи в одном направлении.

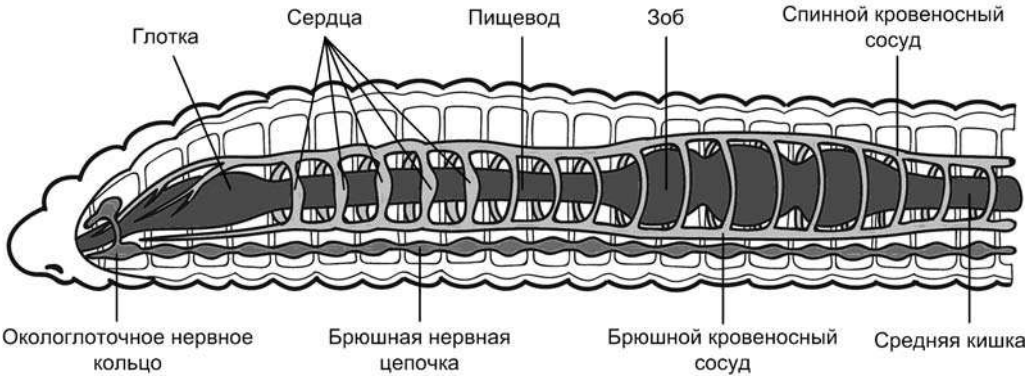



**Рис. 2.13.** Внутреннее строение дождевого червя

*Кровеносная система* представлена двумя главными продольными сосудами, соединенными кольцевыми сосудами. Сердца нет, но кольцевые сосуды в области пищевода пульсируют, выполняя его функцию. В крови присутствует гемоглобин, растворенный в плазме, т. е. кровь — красная. По спинному сосуду кровь течет к головному концу тела, а по брюшному — в обратном направлении. По кольцевым сосудам в передней части тела кровь идет от спинного сосуда в брюшной, в задней части тела — наоборот. Дыхательная система отсутствует: дыхание осуществляется через кожу, снабженную капиллярами.

*Выделительная система* образована метанефридиями. В каждом сегменте — 1 пара метанефридиев, причем каждая пара начинается воронками в одном сегменте, а открывается наружу в другом сегменте.

*Нервная система* включает окологлоточное кольцо, состоящее из пары надглоточных ганглиев, соединенных с парой подглоточных, и брюшную нервную цепочку. Органы чувств представлены чувствительными клетками кожи, глаза отсутствуют.

*Половая система.* Дождевые черви — гермафродиты. Мужские половые железы (семенники, две пары) расположены в 10—11-м члениках; женские (яичники, одна пара) — в 13-м членике. От семенников отходят семяпроводы, которые попарно сливаются и образуют два продольных канала, которые открываются на 15-м сегменте. От яичников отходят яйцеводы, открывающиеся половыми отверстиями на 14-м сегменте. На 9-м и 10-м сегментах есть кожные выпячивания — это семяприемники. У половозрелых червей на 32—37-м сегментах развивается поясок. При оплодотворении поясок выделяет слизистую муфту, соединяющую двух червей. Оплодотворение внутреннее и обычно перекрестное: участвуют две особи, которые обмениваются мужскими гаметами. Затем муфта как бы сползает по телу червя к переднему концу, и в нее попадают яйцеклетки. После этого муфта сползает с тела червя и образуется яйцевой кокон. Из яиц появляются молодые черви, т. е. наблюдается прямое развитие без метаморфоза.

Дождевые черви способны к регенерации: перерезанный червь не погибает, а каждая его часть восстанавливает недостающие концы.

## Класс Многощетинковые (Полихеты)

Самый крупный класс кольчатых червей. В основном это морские свободноживущие донные, реже обитающие в толще воды, животные. Тело состоит из головного отдела, сегментированного туловища и анальной лопасти. На головном отделе находятся глаза и чувствительные придатки — щупальца, усики и пальпы. На туловищных сегментах расположены боковые выросты со щетинками — параподии (это органы движения), чувствительные усики и жабры.

Кожно-мускульный мешок хорошо развит. Тело покрыто эпителием, выделяющим тонкую кутикулу. Часто в покровах тела расположено много одноклеточных желез, выделяющих слизь. Под эпителием расположены кольцевые и продольные мышцы.

Пищеварительная, кровеносная, выделительная и нервная системы сходны с таковыми у олигохет. Отличия: нет зоба; у хищников глотка вооружена хитиновыми челюстями и шипами; роль "сердца" выполняет спинной сосуд. У большинства — кожное дыхание (нереида), но у некоторых развиваются жабры кожного происхождения (пескожил). Из органов чувств развиты зрение (глаза на голове), осязание (чувствительные клетки в коже) и равновесие (статоцисты).

Полихеты — раздельнополые животные. В гонадах образуются половые клетки, которые выпадают в полость тела, где происходит их окончательное созревание. Затем гаметы выходят наружу: у одних видов через специальные отверстия, у других — разрывая стенку тела (взрослая особь обычно при этом погибает). Характерно внешнее оплодотворение. Размножение — половое и бесполое (поперечное деление или почкование). Развитие с личинкой (трохофорой).

## Класс Пиявки

Пиявки — эктопаразиты (питаются кровью) или хищники (проглатывают мелкую добычу целиком). Обитают в водной и наземно-воздушной (тропические леса Южной Америки и Юго-Восточной Азии) среде.

Характеристика класса приводится на примере *медицинской пиявки*.

Это пресноводная форма. Ее тело сплющено в спинно-брюшном направлении, параподии и щетинки отсутствуют. Есть две присоски: на переднем и заднем концах тела. Передняя присоска окружает рот и имеет треугольную форму; задняя — округлую. Сегментация тела ложная: каждому истинному сегменту соответствует 3—5 наружных колец.

Кожно-мускульный мешок представлен однослойным эпителием (на поверхности — кутикула) с большим количеством желез и пигментных клеток и мышцами (кольцевыми и продольными). Целóм редуцирован и превращен в лакунарную систему, содержащую кровь. Большая часть полости тела заполнена паренхимой.

В пищеварительной системе появляется хоботок или челюсти для прокусывания кожи жертвы. В ротовую полость открываются протоки слюнных желез, секрет которых содержит гирудин — вещество, препятствующее свертыванию крови. Глотка служит для насасывания крови, которая по пищеводу поступает в желудок. В нем появляются карманообразные боковые выросты, в которых хранится высосанная кровь. От желудка отходит средняя кишка, переходящая в заднюю кишку.

Кровеносная система сильно редуцирована, и ее функцию выполняет лакунарная система. Дыхание осуществляется всей поверхностью тела. Выделительная, нервная и половая системы похожи на таковые у олигохет. Из органов чувств развиты глаза, органы осязания и химического чувства. Оплодотворение внутреннее, развитие прямое. Не способна к регенерации.

## Значение кольчатых червей

- Важное звено в питании рыб, млекопитающих и других животных. Например, для повышения численности осетровых рыб в Каспийском море были специально акклиматизированы нереиды, завезенные из Азовского моря.
- Участвуют в почвообразовании, улучшая структуру и аэрацию почвы. Рыхлят и обогащают почву минеральными веществами.
- Участвуют в круговороте веществ.
- Выполняют очистку морской воды.
- Применяются в лечебных целях. Медицинскую пиявку специально разводят и используют против гипертонии и некоторых других болезней. Существует даже отдельное направление в медицине — гирудотерапия, т. е. лечение с помощью пиявок.

В табл. 2.2 приведена краткая характеристика основных типов червей.

***Таблица 2.2.*** *Сравнительная характеристика основных типов червей*

| Признак | Тип Плоские черви | Тип Круглые черви | Тип Кольчатые черви |
|---|---|---|---|
| Покровы | Кожно-мускульный мешок, 3 слоя мышц. Тело плоское | Кожно-мускульный мешок, 1 слой мышц. Мощная кутикула | Кожно-мускульный мешок, 2 слоя мышц. Тело разделено на сегменты |
| Полость тела | Отсутствует | Первичная | Вторичная (целом) |
| Пищеваритель-ная система | Состоит изо рта, передней и средней кишки. Слепозамкнута (нет анального отверстия) | Состоит изо рта, передней, средней и задней кишки. Появилось анальное отверстие | Состоит изо рта, передней (глотка, пищевод, желудок), средней и задней кишки. У некоторых есть зоб |
| Дыхательная система | Отсутствует | Отсутствует | Отсутствует или кожные жабры |
| Кровеносная система | Отсутствует | Отсутствует | Замкнутая, сердца нет |
| Выделительная система | Звездчатые клетки и протонефридии | Протонефридии | Метанефридии |
| Половая система | Гермафродиты | Раздельнополые | Гермафродиты и раздельнополые |
| Нервная система | Лестничного типа | Лестничного типа | Окологлоточное кольцо и брюшная нервная цепочка |

# Тип Моллюски (Мягкотелые)

Около 113 тыс. видов. Обитают в водной и наземно-воздушной среде, некоторые моллюски — паразиты.

## Общие признаки

- Двусторонняя симметрия (*искл.:* многие брюхоногие), трехслойность.
- Тело мягкое, несегментированное и состоит из головы, туловища и ноги. На голове находятся рот и органы чувств, в туловище сосредоточены внутренние органы, нога — орган движения, представляющий собой мускульное производное стенки тела.
- Тело покрыто мантией — кожной складкой, участвующей в образовании известковой раковины. Между мантией и телом образуется мантийная полость, в которой размещаются различные органы: жабры, органы химического чувства, отверстия задней кишки, выделительной и половой систем.
- Кожно-мускульного мешка нет. Есть вторичная полость тела. Большая часть целóма замещена паренхимой; остатки полости тела сохраняются около сердца и половых желез.
- Есть раковина или ее остатки.
- Кровеносная система незамкнута. Она образована двухкамерным или трехкамерным сердцем, лежащим в околосердечной сумке, сосудами и лакунами. В сердце — артериальная кровь.
- Выделительная система представлена почками. Воронки почек обращены в околосердечный целóм, а выделительные отверстия открываются в мантийную полость.
- Нервная система диффузно-узлового типа. Она состоит из нервных узлов, соединенных нервными стволами (у примитивных форм нервная система лестничного типа).
- Первичноротые животные.

## Систематика моллюсков

### Класс Брюхоногие

Это самый многочисленный класс моллюсков — включает свыше 90 тыс. видов. Большинство — морские бентосные формы, но встречаются и пресноводные, и наземные.

У брюхоногих хорошо выражены все три отдела тела: голова, нога и туловище. Раковина цельная, имеет форму спирали или конуса, но встречаются виды с редуцированной раковиной (слизни). Раковина может иметь крышечку (живородка), которая закрывает ее входное отверстие (устье). Раковина обычно состоит из двух

слоев: внешний слой из рогового вещества, внутренний — известковый. Под раковиной расположена мантия, передний край которой свисает над туловищем, образуя мантийную полость. Край мантии может образовывать длинную трубку — сифон, выступающий из-под раковины.

Пищеварительная система состоит изо рта, глотки, пищевода, зоба, желудка, средней и задней кишки и анального отверстия. В глотке расположен язык, на котором находится специфический орган — терка (радула) для перетирания пищи. Есть пищеварительные железы: слюнные (у некоторых брюхоногих слюна содержит серную кислоту), протоки которых открываются в глотку и печень, протоки которой впадают в желудок. Дыхательная система представлена одной или двумя жабрами или одним легким, имеющим собственное дыхательное отверстие. Кровеносная система состоит из двухкамерного сердца, сосудов и лакун. Кровь голубого оттенка, т. к. дыхательный пигмент гемоцианин содержит ионы меди. Выделительная система представлена одной почкой. Нервная система состоит из 5 пар нервных узлов, соединенных нервными стволами, и нервов. Из органов чувств развиты зрение (глаза на вершине щупалец или на голове), осязание и обоняние (чувствительные клетки на щупальцах), осфрадии (органы химического чувства, расположенные у основания жабр), равновесие (статоцисты, расположенные в ноге).

Половая система: есть раздельнополые формы (в основном это морские виды из подкласса переднежаберных) и гермафродиты (наземные и пресноводные виды из подкласса легочных). Половые железы непарные, с одним половым протоком. Оплодотворение внутреннее, обычно перекрестное. Развитие прямое или с личинкой. Первая личиночная стадия (трохофора) обычно проходит внутри яйца, а из него выходит вторая личиночная стадия (велигер или парусник).

Представители: улитки (рис. 2.14), слизни, прудовики.

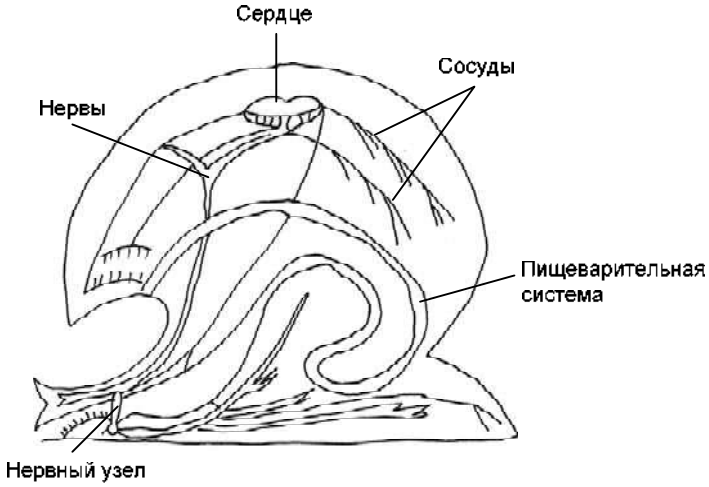



**Рис. 2.14.** Строение улитки

## Класс Двустворчатые

Около 20 тыс. видов. Это исключительно водные формы, преимущественно морские.

Для двустворчатых характерны два (редуцирована голова) или один (у неподвижных редуцирована и голова, и нога) отдела. Нога имеет клиновидную форму. У некоторых видов (например, у мидий) в ноге есть специальная биссусная железа, выделяющая клейкие нити, с помощью которых моллюск прикрепляется к субстрату. Для всех характерна раковина из двух створок, полностью прикрывающих тело (рис. 2.15). Створки раковины чаще всего симметричны. Стенка раковины состоит из трех слоев: внешнего конхиолинового (имеет покровительственную окраску), среднего известкового и внутреннего перламутрового. Если между мантией и створкой раковины попадает инородная частица, то может образоваться жемчужина. Створки раковины соединены на спинной стороне связкой. У большинства видов на створке имеется замок: это зубцы и углубления на внутренней поверхности; зубцы одной створки входят в углубление другой и наоборот. Створки раковины могут раскрываться (с помощью связки) и закрываться (с помощью двух мускулов-замыкателей). Мантия имеет форму двух складок кожи, свешивающихся со спины по бокам к брюшной стороне. Наружный слой мантии железистый (выделяет раковину), внутренний покрыт мерцательным эпителием (обеспечивает ток воды в мантийной полости).

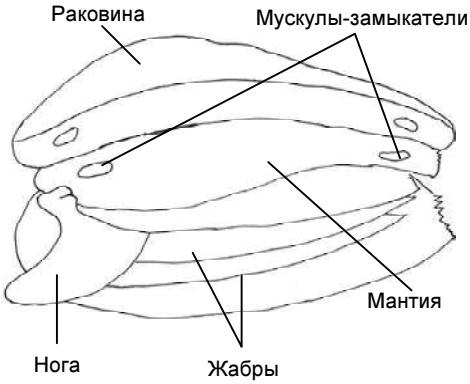



**Рис. 2.15.** Строение беззубки

Снизу складки мантии могут быть свободными или срастаться, образуя отверстие для ноги и задние отверстия сифонов. Сифоны также образованы мантией. По нижнему сифону вода входит внутрь моллюска, попадая в мантийную полость, по верхнему — выходит наружу.

Пищеварительная система содержит фильтрующий аппарат. Она представлена ртом, пищеводом, желудком, средней и задней кишкой; слюнные железы, глотка и терка отсутствуют. Есть печень, чьи протоки впадают в желудок. Дыхательная система представлена жабрами. Кровеносная система состоит из трехкамерного сердца (два предсердия и один желудочек), сосудов и лакун. Сквозь желудочек сердца

проходит задняя кишка. Орган выделения — почки (так называемые боянусовы органы). Нервная система упрощена, состоит из трех пар нервных узлов, соединенных нервными стволами, и нервов. Органы чувств слабо развиты и представлены осфрадиями (у основания жабр, по краю мантии, на сифонах) и органами равновесия (статоцисты в ноге).

Двустворчатые моллюски раздельнополые. Половая система представлена парными половыми железами и половыми протоками. Оплодотворение наружное, развитие происходит с личинкой — велигером или глохидием (эта личинка является эктопаразитом рыб, поселяясь на их жабрах и на коже; характерна для пресноводных моллюсков — беззубки, перловицы).

Представители: перловица, жемчужница (пресноводные), устрица, мидия, морской гребешок, беззубка, тридакна, корабельный червь (морские).

## Класс Головоногие

Самый малочисленный класс моллюсков — всего около 700 современных видов. Это исключительно морские формы, способные к активному и быстрому передвижению (реактивный принцип движения).

У головоногих есть туловище и голова, а нога преобразована в щупальца и особую двигательную воронку. Щупалец может быть 8 (осьминог, щупальца одинаковой длины и строения) или 10 (кальмар, каракатица, 2 щупальца ловчих и 8 более коротких обычных); у наутилуса — до 90 щупалец. На щупальце находятся присоски для захвата добычи. Раковина у головоногих редуцирована (*искл.:* наутилус, у которого есть спирально закрученная раковина, разделенная на камеры). Мантия на брюшной стороне образует мантийную полость, открывающуюся наружу поперечной щелью. Из этой щели выступает воронка. На внутренней поверхности мантии существуют хрящевые выступы (запонки), которые как бы "пристегивают" мантию к телу. В коже имеются особые пигментные клетки, позволяющие головоногим изменять свою окраску.

Пищеварительная система состоит из ротовой полости, глотки (есть язык с теркой), пищевода, желудка, средней и задней кишки. Есть роговые челюсти, очень твердые, служащие для измельчения добычи. Пищеварительные железы хорошо развиты. В заднюю кишку впадает проток чернильной железы, секрет которой имеет защитное значение. Кровеносная система хорошо развита, есть трехкамерное сердце, сосуды и лакуны. Органы дыхания — парные жабры. Органы выделения — 2 или 4 почки. Нервная система наиболее сложна из всех моллюсков: нервные узлы образуют скопление — мозг, расположенный около глотки.

Органы чувств хорошо развиты. Особенно сложного развития достигают глаза: они по строению напоминают глаза млекопитающих: сверху глаз покрыт роговицей, далее находится радужная оболочка со зрачком, а под ними — хрусталик с собственными мышцами. Полость глазного яблока заполнена стекловидным телом, дно глаза выстлано зрительными клетками, к которым подходит зрительный нерв.

Все головоногие — раздельнополые животные с прямым развитием. Половые железы и половые протоки непарные. После спаривания самка откладывает яйца, из которых выходят молодые особи.

Представители: кальмар, осьминог, каракатица, наутилус, из вымерших форм — аммониты.

### Значение моллюсков

- Для человека:
  - пищевое (кальмары, осьминоги, улитки, устрицы);
  - промежуточные хозяева червей-паразитов (малый прудовик);
  - производство украшений и ювелирных изделий (из раковин, из жемчуга);
  - вредители культурных растений (улитки, слизни);
  - сельскохозяйственное (получение удобрений — из раковин);
  - разрушение водных построек: моллюски-древоточцы (класс Двустворчатые) типа корабельного червя; обрастают днища морских кораблей, заселяют подводные части гидросооружений — моллюск дрессена (класс Двустворчатые);
  - получение чернильной жидкости, из которой изготавливают натуральную тушь и чернила высшего качества.
- В природе:
  - выступают важным объектом питания других животных;
  - участвуют в биологической очистке воды;
  - разрушают и минерализуют органические остатки (брюхоногие, питающиеся детритом);
  - образуют осадочные горные породы.

## Тип Членистоногие

Свыше 1 млн видов. Занимают все среды жизни: почвенную, водную, наземно-воздушную, также встречается значительное число паразитов.

### Общие признаки

- Двусторонне-симметричные, трехслойные, первичноротые животные.
- Конечности членистые (они покрыты кутикулой, состоящей из хитина, и членистое строение обеспечивает их подвижность).
- Гетерономная сегментация тела. Сходные сегменты объединены в 3 отдела — голова, грудь, брюшко. На голове находятся органы чувств и ротовой аппарат; на груди — крылья и конечности, на брюшке также могут находиться конечности.

- Внешний скелет из кутикулы, состоящей из хитина. Кутикула может быть пропитана солями кальция или кремнеземом, что придает ей дополнительную прочность. Кутикула состоит из нескольких слоев. Рост членистоногих из-за нерастяжимости кутикулы прерывистый и сопровождается линькой. В период линьки старая кутикула отслаивается и сбрасывается; новая тонкая кутикула некоторое время не препятствует росту животного до отвердевания покровов. Изнутри к кутикуле прикрепляются мышцы из поперечнополосатой мышечной ткани.
- Смешанная полость тела (миксоцель), образующаяся за счет слияния вторичной и первичной полости тела. Миксоцель заполнена жидкостью.
- Незамкнутая кровеносная система, состоящая из сердца, сосудов и лакун. Сердце расположено на спинной стороне тела, состоит из камер и имеет остии (парные боковые отверстия), через которые кровь поступает в сердце.
- Нервная система представлена нервными узлами и брюшной нервной цепочкой. Головной ганглий крупный (максимальный размер — у насекомых). В пределах типа наблюдается тенденция к слиянию узлов брюшной нервной цепочки. Органы чувств хорошо развиты и очень разнообразны.

## Происхождение членистоногих

Предковая группа — кольчатые черви. Сходство членистоногих с кольчатыми червями проявляется в следующих признаках: членистости тела, двусторонней симметрии, брюшной нервной цепочке, двуветвистости конечностей.

## Классификация типа

### Подтип Трилобитообразные. Класс Трилобиты

К этой группе относятся вымершие представители типа Членистоногих, обитавшие в морских водоемах до конца палеозойской эры. Тело разделяется на голову и туловище, покрытое мощным панцирем. Гомономная сегментация.

### Подтип Жабродышащие. Класс Ракообразные

Около 30 тыс. видов. В основном — водные животные, дышащие при помощи жабр. Подавляющее большинство — это донные или планктонные организмы. Есть небольшая группа неподвижных прикрепленных организмов (морские желуди и морские уточки). Некоторые виды обитают на суше — мокрицы, крабы. Встречаются паразиты.

Характеристика класса производится на примере *речного рака* (рис. 2.16).

Речной рак обитает в пресной воде. Тело разделяется на головогрудь и брюшко. Сегменты тела несут по паре двуветвистых конечностей. Конечность состоит из базальной части (протоподит), от которой отходят две ветви: экзоподит (наружная) и эндоподит (внутренняя). К базальной части крепятся жабры.

На головогруди расположены: 2 пары усиков — 1-я пара — короткие антеннулы, 2-я пара — длинные антенны (органы осязания и обоняния), 3 пары челюстей (верхние — мандибулы и 2 пары нижних — максилл, служащие для захвата и из-

мельчения добычи), 3 пары ногочелюстей (удерживают и отцеживают пищу), 5 пар ходильных конечностей (участвуют в движении). Первая пара ходильных ног видоизменена в клешни (обеспечивают защиту, захват и расчленение добычи). На брюшке расположено 5 пар конечностей; у самцов первые две пары видоизменены в копулятивный аппарат, остальные три пары выполняют плавательную функцию. У самок первая пара брюшных ног редуцирована, остальные служат для плавания и вынашивания молоди.

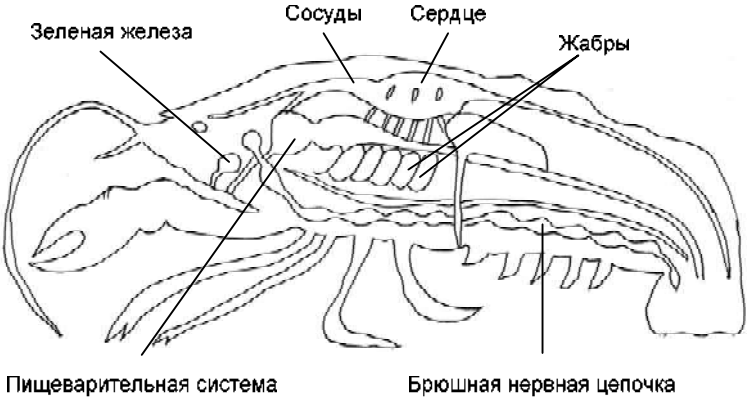



**Рис. 2.16.** Внутреннее строение речного рака

*Покров тела и мускулатура.* Это кутикула, состоящая из хитина и пропитанная карбонатом кальция. Между слитными отделами тела или сегментами, а также между члениками конечностей находятся мягкие мембраны. На головогруди расположен карапакс — спинная складка. В состав кутикулы и гиподермы входят различные пигменты. Наиболее стойкие из них — красные (именно поэтому вареные раки имеют красную окраску: остальные пигменты при варке разрушаются). Мышцы хорошо развиты, их основная часть сосредоточена в брюшке и конечностях.

*Пищеварительная система* представлена передним, средним и задним отделом. Она начинается ртом, открывающимся в пищевод, который переходит в желудок. Желудок имеет два отдела (жевательный, содержащий хитиновые зубья и перетирающий пищу; и цедильный — пища переваривается и фильтруется). В средней кишке происходит переваривание и всасывание пищи. Задняя кишка прямая; через нее удаляются непереваренные остатки. Есть печень, чьи протоки впадают в среднюю кишку. В печени может происходить полостное и внутриклеточное пищеварение. Речной рак питается живыми и мертвыми животными, а также живыми растениями.

*Дыхательная система* — жабры. Многие мелкие ракообразные не имеют жабр и дышат с помощью кожи.

*Кровеносная система* включает сердце, 6 крупных сосудов и систему лакун. Сердце содержит 3 пары отверстий и расположено в особом мешочке, в который и попадает кровь из выносящих жаберных сосудов. В сердце находится артериальная кровь, поступающая в него через остии. У ракообразных кровь от сердца идет в со-

суды, далее в лакуны и омывает все внутренние органы, становясь венозной; затем она собирается в систему венозных сосудов и поступает в жабры, где превращается в артериальную, далее кровь направляется в сердце.

*Выделительная система* состоит из двух антеннальных (зеленых) желез — почек. Каждая почка состоит из концевого мешочка и извитого канальца. Выделительные отверстия находятся у основания антенн.

*Нервная система* состоит из надглоточных ганглиев, окологлоточного кольца и брюшной нервной цепочки. Органы чувств: зрение — сложные глаза на стебельках (состоят из отдельных глазков — омматидиев; каждый из них воспринимает небольшую часть изображения, поэтому такое зрение называют мозаичным), у других ракообразных встречаются простые глаза; осязание (антенны) и обоняние (антеннулы) и органы равновесия (статоцисты, расположенные у основания антеннул).

*Половая система* ракообразных представлена половыми железами и их протоками. Среди представителей класса встречаются раздельнополые животные и гермафродиты. Развитие прямое или с личинкой.

Речной рак — раздельнополое животное с выраженным половым диморфизмом. После спаривания яйца находятся на конечностях самки. Развитие яиц длится примерно 3 месяца, после чего из них в начале лета вылупляются молодые особи (у речного рака прямое развитие), которые также некоторое время (10—12 дней) держатся на конечностях самки. Живет речной рак до 20 лет.

Систематика ракообразных:

- низшие раки:
  - *подкласс Жаброногие* — это самая примитивная группа ракообразных. У них наиболее гомономная сегментация, листовидные грудные конечности, голова не слита с грудными сегментами. Развитие с личинкой. Могут размножаться с помощью партеногенеза. Представители: жаброног, щитень, дафния, артемия;
  - *дафния* — мелкие водные животные, относящиеся к планктону. Характеризуются крупными антеннами, одним сложным глазом и одним простым. Играют важную роль корма для мальков искусственно разводимых рыб;
  - *подкласс Максиллоподы.* Образуется головогрудь, нет жабр, грудные конечности служат только для движения. К ним относятся свободноживущие (циклопы) и паразитические (паразит рыб — карповая вошь, паразит крабов — саккулина) формы. Некоторые виды ведут прикрепленный образ жизни (морские уточки и морские желуди);
  - *циклопы* — это мелкие водные животные, относящиеся к планктону. Один из наиболее характерных признаков — наличие одного сложного глаза. Являются промежуточными хозяевами гельминтов (широкого лентеца). Используются как корм для рыб;
- высшие или десятиногие раки. От предыдущих групп отличаются постоянным количеством сегментов и наличием 5-ти пар ходильных конечностей. В основ-

ном это крупные водные животные, но встречаются и сухопутные формы (некоторые крабы, мокрицы). Представители: крабы, омары, креветки, лангусты, ракотшельник, мокрица, водяной ослик, бокоплавы.

Значение ракообразных:

- пищевое; многие виды — промысловые животные;
- в качестве корма для рыб в рыборазводных хозяйствах;
- промежуточные хозяева гельминтов;
- вредители рыбоводства (карповая вошь);
- наносят вред кораблям (обрастают дно и уменьшают скорость движения).

## Подтип Хелицеровые. Класс Паукообразные

Около 60 тыс. видов. Наземно-воздушные, почвенные, водные (например, паук-серебрянка) животные и паразиты.

### Внешнее строение

Происходит слияние отделов тела: у пауков образуются головогрудь и брюшко; у большинства клещей тело слитное. Между головогрудью и брюшком у пауков возникает перетяжка.

На головогруди располагаются простые глаза, хелицеры, педипальпы (ногощупальца) и 4 пары ходильных ног (из 7 члеников каждая). Усиков нет. Хелицеры служат для размельчения пищи или прокусывания добычи; педипальпы — для захвата и удержания добычи, могут также являться органами осязания и обоняния, т. к. содержат чувствительные волоски. Конечности брюшка редуцированы; рудименты брюшных ног могут выполнять половую или дыхательную функции.

Есть паутинные бородавки (обычно 3 пары, это видоизмененные рудименты брюшных конечностей), в которых образуются нити паутины. Паутина играет важную роль в добывании пищи, размножении и расселении вида. У многих паукообразных есть ядовитые железы. Ядовитые и паутинные железы — это кожные производные. Покровы представлены гиподермой, образующей кутикулу.

### Внутреннее строение

*Пищеварительная система* (рис. 2.17) состоит из трех отделов: передней, средней и задней кишки. Передняя кишка пауков состоит из глотки, пищевода и сосательного желудка. Пауки с помощью коготка, расположенного на хелицере, впрыскивают в жертву яд, который одновременно содержит пищеварительные ферменты. Затем они высасывают полупереваренную пищу за счет сокращения мышц глотки и желудка. Средняя кишка образует слепые отростки (у пауков — 5 пар), что увеличивает объем. Есть печень, которая выделяет ферменты и участвует во внутриклеточном пищеварении. Для пауков характерно внекишечное пищеварение.

*Кровеносная система* включает сердце, сосуды и лакуны. Сердце находится в брюшке, трубчатой (пауки) или овальной (клещи) формы, с остиями. У многих клещей кровеносная система слабо развита.

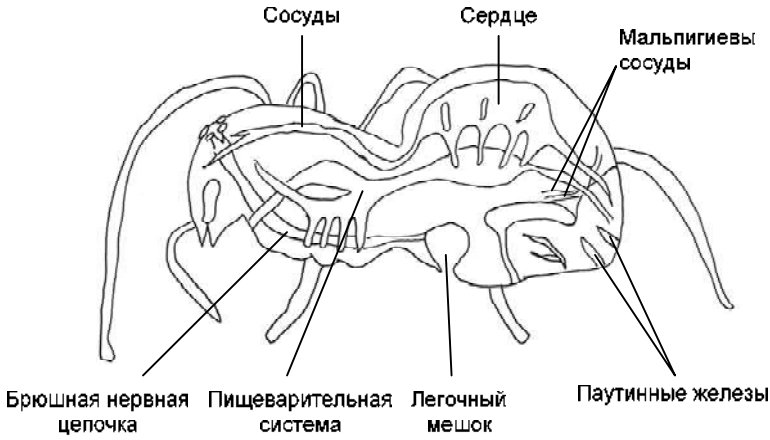



**Рис. 2.17.** Внутреннее строение паука

*Дыхательная система* представлена трахеями (система тонких трубочек, находятся в грудном отделе или брюшке) или одной парой легких (расположены в брюшке). Некоторые клещи не имеют органов дыхания, у них газообмен происходит через покровы тела.

*Выделительная система* представлена мальпигиевыми сосудами. Они впадают в кишечник на границе среднего и заднего отдела. Мальпигиевы сосуды способствуют экономии влаги.

У многих развивается особая ткань — жировое тело, расположенное в полости тела и выполняющее запасающую функцию.

*Нервная система.* Есть окологлоточное нервное кольцо и брюшная нервная цепочка. Как и у остальных членистоногих, наблюдается тенденция к слиянию ганглиев цепочки. Органы зрения развиты слабо и представлены простыми глазами (у пауков чаще всего 8 глаз, расположенных в два ряда). Основные органы чувств — это осязательные волоски и трихоботрии (улавливают колебания воздуха), расположенные на конечностях. У некоторых паукообразных развито обоняние.

*Размножение и развитие.* Раздельнополые животные, у некоторых выражен половой диморфизм (самка крупнее самца). Половые железы парные. Оплодотворение внутреннее. После спаривания самка откладывает кокон, содержащий яйца, из которых выходят молодые особи, т. е. для большинства паукообразных (кроме клещей) характерно прямое развитие. У паука-крестовика откладывание яиц происходит осенью, а появление молодых особей — весной. У некоторых видов яйца развиваются в половых путях самки, поэтому характерно живорождение (скорпионы).

### Систематика паукообразных

- *Скорпионы* — самые древние паукообразные. Обитают в странах с теплым климатом, в России встречается всего несколько видов. В основном это ночные хищные животные. Тело расчленено на головогрудь, переднебрюшье и заднебрюшье. Все ядовиты, но для человека их яд не очень опасен.

- *Сенокосцы.* Внешне похожи на пауков, но перетяжки между головогрудью и брюшком нет. Это хищники, питающиеся мелкими насекомыми. Они не плетут паутины.
- *Сольпуги.* Внешне похожи на пауков, но отличаются от них рядом признаков: головогрудь не слитная, педипальпы похожи на ходильные ноги. Ходильные ноги густо покрыты волосками. В основном обитают в странах с теплым климатом. Не ядовиты.
- *Пауки.* Плетут паутину, из которой строят ловчие сети (тенетные пауки). Паутина состоит из нитей основы, на которых кругами располагаются клейкие нити. К паукам относятся паук-крестовик, тарантул, каракурт, паук-птицеяд, паук-серебрянка.
- *Клещи.* В основном мелкие формы, паразиты или свободноживущие. Свободноживущие клещи — это преимущественно почвенные животные, участвующие в почвообразовании. Паразиты поражают различных животных, в том числе человека, и растения. Являются переносчиками (собачий клещ, таежный клещ) различных заболеваний: клещевого энцефалита, возвратного тифа, туляремии. Могут сами вызывать заболевания (так, чесоточный зудень вызывает чесотку). Многие дикие животные являются хозяевами клещей, т. е. резервуаром инфекции. Человек, попавший в зону распространения инфекции, подвергается опасности заражения. *Цикл развития (на примере иксодовых клещей)*: из яиц вылупляются нимфы и нападают на мелких животных (грызуны и т. д.); напившись крови, они отваливаются, затем линяют и превращаются в нимфу другого возраста, также нападающую на мелких млекопитающих; нимфа третьего возраста после линьки превращается во взрослую особь, которая нападает на крупных млекопитающих; насосавшись крови, самки отваливаются и откладывают яйца, после чего погибают.

**Меры предупреждения заболеваний, передающихся через клещей. Борьба с клещами-паразитами**

- Противоинфекционные прививки.
- Развитие соответствующей службы, выявляющей очаги распространения заболеваний и ведущей борьбу с клещами.
- Уничтожение грызунов — диких хозяев клещей.
- Применение специальной одежды и репеллентов при посещении природных сообществ, где велика численность клещей.
- Осмотр одежды после посещения леса.

## Подтип Хелицеровые. Класс Мечехвосты

Это древняя группа, широко распространенная в палеозое и мезозое. К настоящему времени сохранилось несколько видов — это водные животные, обитающие в тропических районах.

## Подтип Хелицеровые. Класс Ракоскорпионы

Это вымершая группа. Во внешнем строении сочетали признаки двух групп — раков и скорпионов.

## Подтип Трахейнодышащие. Класс Многоножки

К этой группе относятся животные с характерным обликом, обитающие в наземно-воздушной и почвенной средах. Их длина варьирует от нескольких миллиметров до 10—20 см. Тело разделено на голову и длинное туловище, состоящее из множества сегментов, каждый из которых несет 1—2 пары конечностей.

## Подтип Трахейнодышащие. Класс Насекомые

Самый многочисленный класс типа членистоногих. Занимают все среды жизни. Распространены повсеместно.

### Внешнее строение

Тело разделено на голову, грудь и брюшко. На голове находятся одна пара усиков (сяжек), глаза и ротовой аппарат из трех пар челюстей (одна пара челюстей сливается и образует нижнюю губу). На груди, состоящей из трех слившихся сегментов, расположены три пары ходильных конечностей и одна-две пары крыльев. Брюшко лишено конечностей (на нем располагаются дыхальца — отверстия трахей и яйцеклад, который может превращаться в жало или утрачиваться).

Тип и строение ротового аппарата зависят от условий питания. Выделяют грызущий (жуки, прямокрылые), грызуще-лижущий (пчелы), колюще-сосущий (комары, клопы), сосущий (бабочки) и лижущий (мухи) ротовые аппараты. Грызущий ротовой аппарат образован верхними челюстями (мандибулы), нижними челюстями (максиллы) и нижней губой. У некоторых насекомых ротовой аппарат редуцирован и не функционирует (имаго поденок).

Конечности насекомых состоят из пяти отделов. В зависимости от выполняемой функции, выделяют следующие типы конечностей: бегательные, ходильные, плавательные, прыгательные, хватательные, роющие. Исходные типы — бегательный и ходильный; от них прослеживаются морфологические переходы к специализированным типам ног.

Крыльев обычно две пары. Иногда передняя пара крыльев превращается в жесткие пластинки — надкрылья (жуки). У двукрылых задняя пара крыльев редуцирована и превратилась в жужжальца. У некоторых насекомых обе пары крыльев редуцированы (вши, блохи, рабочие особи муравьев); у самых примитивных насекомых крыльев нет. Крыло — это складка стенки тела. Оно состоит из двух слоев, покрытых кутикулой, и узкой полости между ними. В толще крыла проходят каналы (в них расположены трахеи, нервы и лакуны), которые образуют жилки, могущие ветвиться.

Покровы тела состоят из кожи (гиподерма) и кутикулы из хитина. Изнутри к кутикуле прикрепляются мышцы и некоторые внутренние органы. В гиподерме много

желез: восковых, пахучих, ядовитых. Также в ней могут содержаться пигменты, определяющие окраску.

### Внутреннее строение

*Пищеварительная система* (рис. 2.18) представлена передним, средним и задним отделами. Передняя кишка подразделяется на глотку, пищевод, зоб (есть не у всех насекомых) и мускульный желудок. В желудке могут развиваться хитиновые зубья для перетирания пищи. В переднюю кишку открываются протоки слюнных желез, секрет которых содержит пищеварительные ферменты. В средней кишке происходит переваривание и всасывание пищи. На границе с передней кишкой могут находиться особые пилорические придатки — это пищеварительные железы.

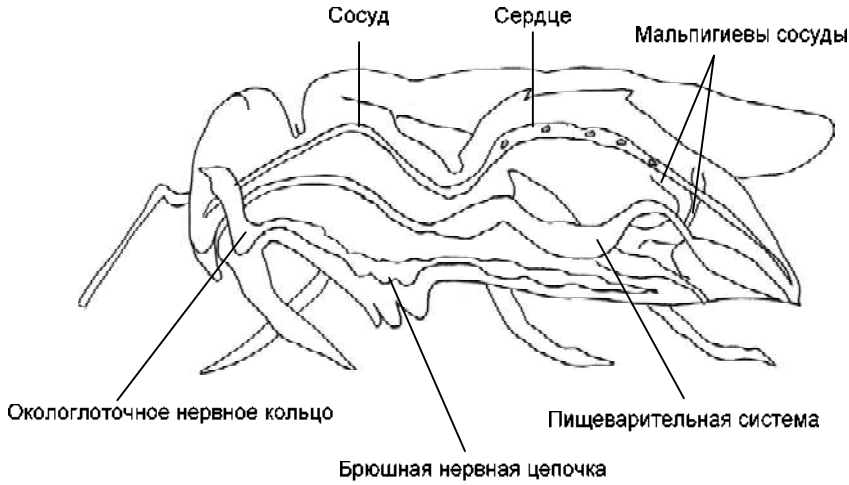



**Рис. 2.18.** Внутреннее строение насекомого

Печени нет, ее роль играет железистый эпителий средней кишки. Задняя кишка участвует в выделении продуктов обмена и непереваренных остатков. Среди насекомых выделяют травоядных, хищников, паразитов и сапрофагов (питаются мертвой органикой).

Хорошо развито жировое тело, служащее для накопления питательных веществ и запаса метаболической воды. Иногда часть жирового тела видоизменяется в орган свечения (светляки).

*Дыхательная система* представлена системой трахей, открывающихся наружу дыхальцами. Трахеи ветвятся и окружают все внутренние органы. Транспорт газов к органам осуществляется непосредственно через трахеи, минуя кровеносную систему.

*Кровеносная система.* Сердце имеет форму трубки, разделенной на камеры. Каждая камера имеет одну пару остий. От сердца отходит аорта, из которой кровь (гемолимфа) поступает в полость тела. У некоторых насекомых гемолимфа может

быть ядовитой (божьи коровки). Гемолимфа не выполняет функцию переноса газов, она отвечает только за транспорт питательных веществ.

*Выделительная система.* Это мальпигиевы сосуды, впадающие в заднюю кишку. Основной продукт выделения — мочевая кислота. Дополнительную выделительную функцию выполняют почки накопления — клетки жирового тела.

*Нервная система* состоит из головного мозга, образованного тремя парами нервных узлов и брюшной нервной цепочки. Органы чувств развиты очень сильно: осязание (чувствительные волоски на усиках и по всему телу и одна пара щупиков, находящаяся на нижней губе и нижней челюсти), слух и сейсмическое чувство; обоняние (чувствительные клетки на усиках), вкус (одна пара щупиков на нижней челюсти или чувствительные клетки на лапках передних ног). Есть рецепторы, воспринимающие температуру и влажность (точность определения у некоторых насекомых — разница в 0,5% влажности). Органы зрения — сложные (фасеточные) и простые глаза. Сложные глаза состоят из глазков — омматидиев; их число может достигать нескольких сотен и тысяч, поэтому зрение мозаичное. Многие насекомые обладают цветным зрением.

Поведение насекомых очень сложно, в его основе лежат инстинкты (наиболее сложное поведение у общественных насекомых — пчел, муравьев, термитов).

*Половая система.* Подавляющее большинство — раздельнополые животные, но есть и гермафродиты (австралийский червец). У самцов: парные семенники и семяпроводы, которые впадают в семяизвергательный канал, заканчивающийся совокупительным органом; есть придаточные железы. У самок: парные яичники и яйцеводы и непарное влагалище, часто имеется яйцеклад. У многих насекомых хорошо выражен половой диморфизм: самцы отличаются от самок по окраске, размерам и наличию различных выростов ("рога").

Характерно половое размножение с оплодотворением, но у многих насекомых наблюдается партеногенез (пчелы, муравьи, некоторые жуки). Большинство откладывает яйца, но встречаются и живородящие виды (мясные мухи). Из яиц появляются личинки, которые превращаются либо в куколки, либо во взрослые насекомые, в зависимости от типа развития. У майского жука личинка развивается в течение нескольких лет: в первый год жизни она питается перегноем, во второй — корнями трав и молодых деревьев (например, сосны), на третий — корнями деревьев и кустарников. И только после третьего года развития личинка превращается в куколку. У других видов насекомых развитие личинки до ее превращения может занимать несколько недель или даже дней (двукрылые).

**Развитие насекомых**

Различают насекомых с прямым и непрямым развитием. Прямое развитие наблюдается у небольшой группы насекомых (например, у ногохвосток), большинство видов обладает непрямым развитием. Выделяют два вида непрямого развития насекомых: с неполным превращением (прямокрылые, вши, полужесткокрылые) и с полным превращением (чешуекрылые, жесткокрылые, двукрылые и т. д.).

*Неполное превращение:* яйцо — личинка — имаго (рис. 2.19). Личинка (их часто называют нимфами) очень похожа на имаго, но имеет зачаточные органы (крылья, половые железы) и меньше по размеру. В результате одной или нескольких линек из личинки развивается имаго. Иногда нимфы довольно сильно отличаются от имаго, что связано с наличием особых личиночных или провизорных органов (стрекозы, поденки): трахейные жабры, "маска" (видоизмененная нижняя губа). Нимфы этих насекомых живут в воде и их называют наядами.

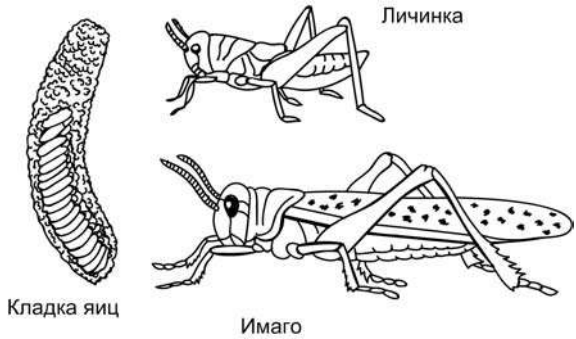



**Рис. 2.19.** Развитие насекомых с неполным превращением

*Полное превращение:* яйцо — личинка — куколка — имаго (рис. 2.20). Личинки не похожи на имаго, часто обитают в другой среде и питаются другой пищей. Личинки несколько раз линяют и превращаются в куколку. На фазе куколки происходит разрушение личиночных органов и формирование органов взрослого насекомого.

**Рис. 2.20.** Развитие насекомых с полным превращением

## Систематика насекомых

❒ Отряды с неполным превращением.

- Отряд Стрекозы: тип ротового аппарата — грызущий, 2 пары прозрачных длинных крыльев. Это активно летающие насекомые, с длинным телом и крыльями и огромными глазами. Хищники, охотятся на других насекомых. Личинки развиваются в воде. Представители: красотки, стрелки, коромысло, бабки.
- Отряд Прямокрылые: тип ротового аппарата — грызущий, 2 пары крыльев. Передние крылья кожистые и образуют надкрылья; вторая пара — тонкие,

складываются веером. Ноги прыгательного типа, тело вытянутое, длинное. Для кузнечиков характерна следующая интересная особенность: органы слуха располагаются на ногах. Питаются растительной пищей. Представители: кузнечики, сверчки, медведка, саранча.

- Отряд Вши: тип ротового аппарата — колюще-сосущий, бескрылые. Ноги с коготками, позволяющими цепляться за шерсть или волосы хозяина; глаза недоразвиты. Все — эктопаразиты. Могут являться переносчиками опасных заболеваний (например, тифа). Представители: вошь человеческая, существующая в двух формах — платяная и головная.
- Отряд Равнокрылые: тип ротового аппарата — колюще-сосущий, 2 пары тонких крыльев. Питаются соком растений, который высасывают с помощью хоботка. Представители: цикады, тли.
- Отряд Полужесткокрылые (клопы): тип ротового аппарата — колющий, 2 пары крыльев. Передние крылья полужесткие, вторая пара — тонкие прозрачные. Травоядные (прокалывают органы растений и высасывают сок) или хищники, реже встречаются паразиты. У многих развиты пахучие железы, выделяющие вещества с резким неприятным запахом. Представители: водомерка, постельный клоп, клоп-солдатик, клоп-черепашка.

❒ Отряды с полным превращением.

- Отряд Жесткокрылые (жуки): тип ротового аппарата — грызущий, 2 пары крыльев. Первая пара крыльев превращена в жесткие надкрылья, выполняющие защитные функции; вторая пара — прозрачные тонкие, отвечающие за полет. Большинство жуков травоядные, но встречаются и хищники, и паразиты. Представители: жужелицы, плавунцы, майский жук, колорадский жук, божьи коровки, долгоносики, короеды.
- Отряд Чешуекрылые (бабочки): тип ротового аппарата — сосущий (у личинок — грызущий), 2 пары крыльев. Крылья покрыты ярко окрашенными чешуйками. Личинки имеют собственное название — гусеницы. У гусениц развиты 3 пары истинных конечностей (на груди) и 5 пар ложных ног (на брюшке). Взрослые бабочки питаются нектаром, большинство личинок травоядные, но некоторые питаются животной пищей (моль). Представители: платяная моль, шелкопряды, бражники, павлиний глаз, капустница. Один вид одомашнен и используется для получения шелка (тутовый шелкопряд).
- Отряд Перепончатокрылые: тип ротового аппарата — грызущий или грызуще-лижущий, 2 пары прозрачных крыльев. Травоядные (пилильщики), хищники (муравьи) или паразиты (наездники). Наездники откладывают яйца в тело других насекомых, их личинок или в яйца. Из яиц наездников развиваются личинки, выедающие тело жертвы изнутри. Таким образом, у наездников паразитируют личинки; взрослые формы обычно не питаются и после размножения погибают.

  Среди представителей этого отряда встречаются общественные насекомые со сложной структурой. Так, у пчел есть матка (крупная самка, откладывающая

яйца), рабочие особи (недоразвитые самки, собирающие пищу, строящие соты и ухаживающие за маткой и личинками) и трутни (это самцы, необходимые для оплодотворения; после спаривания их убивают и выбрасывают из улья). Представители: пилильщики, рогохвосты, муравьи, пчелы, осы, шмели, наездники.

- Отряд Двукрылые: тип ротового аппарата — колющий или лижущий, 1 пара крыльев, вторая пара редуцирована. Личинка червеобразной формы, не имеет конечностей, часто нет и головы. Питаются нектаром, соком растений или кровью теплокровных животных, некоторые виды во взрослом состоянии не питаются (оводы). Иногда самки и самцы одного вида питаются разной пищей: так, у многих комаров самцы питаются нектаром, а самки — кровью. Многие виды являются переносчиками различных заболеваний (малярийный комар). Малярийный комар отличается от обыкновенного комара посадкой на тело жертвы: он приподнимает брюшко вверх (у обыкновенного брюшко расположено параллельно поверхности). Также есть отличие между личинками: у обыкновенного комара личинка расположена наклонно к поверхности воды и имеет длинные дыхательные трубочки; у малярийного личинка расположена параллельно к поверхности воды и имеет короткие дыхательные трубочки. Представители: комары, слепни, мухи, оводы, мошки, москиты, журчалки.
- Отряд Блохи: тип ротового аппарата — колюще-сосущий, бескрылые. Все — эктопаразиты. Тело сплющено с боков, ноги прыгательного типа. Могут переносить различные заболевания (чума). Представитель: блоха человеческая.

**Значение насекомых**

❒ В природе:

- играют огромную роль в биогенном круговороте веществ, в том числе разлагают такие части мертвых организмов, как волосы, перья, рога;
- участвуют в почвообразовании;
- важные объекты в питании других животных;
- опыление растений.

❒ Для человека:

- паразиты человека (вши, блохи, клопы и т. д.);
- переносчики возбудителей различных болезней: малярии — комар анофелес, сонной болезни — муха цеце, чумы — блохи, тифа — вши, лейшманиоза — москиты. Многие насекомые переносят инфекцию на конечностях — мухи, тараканы;
- вредители: снижают урожай и ухудшают его товарные качества, разрушают кожу (кожееды), шерсть (личинки моли), деревянные постройки (термиты, жуки-точильщики), уничтожают леса и зеленые насаждения при вспышке численности;

- регулируют численность растений и животных, в том числе насекомых-вредителей. Некоторые полезные насекомые разводятся искусственно (наездник трихограмма);
- пищевое — мед;
- лекарственное — прополис и т. д.;
- парфюмерная промышленность — пчелиное молочко (выделяется пчелами для выкармливания личинок);
- получение ткани и одежды (тутовый шелкопряд, из коконов которого получают шелк);
- опытный материал для генетики (дрозофила);
- корм для аквариумных рыбок (мотыль — личинки комаров).

В табл. 2.3 приведена сравнительная характеристика основных классов типа Членистоногие. В ней не указаны те системы органов (кровеносная, половая и нервная), которые имеют сходное строение у большинства представителей этого типа.

***Таблица 2.3.*** *Характеристика основных классов Членистоногих*

| **Признак** | | **Класс Ракообразные** | **Класс Паукообразные** | **Класс Насекомые** |
|---|---|---|---|---|
| Внешнее строение | Отделы тела | 2 (головогрудь и брюшко) | 2 (головогрудь и брюшко) | 3 (голова, грудь, брюшко) |
| | Усики | 2 пары | Нет | 1 пара |
| | Глаза | Сложные (фасеточные) | Простые | Сложные (фасеточные) |
| | Ходильные ноги | 5 пар | 4 пары | 3 пары |
| Пищеварительная система | | Состоит из передней, средней и задней кишки | | |
| | | Есть рот,пищевод, жевательный и цедильный желудок, кишка | Есть рот, глотка, пищевод, сосательный желудок и кишка | Есть рот, глотка, пищевод, зоб (не у всех), желудок и кишка |
| Дыхательная система | | Жабры | Легкие и/или трахеи | Трахеи |
| Выделительная система | | Зеленые железы | Мальпигиевы сосуды | Мальпигиевы сосуды |

## Тест по беспозвоночным животным

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Амеба при наступлении неблагоприятных условий:

1) погибает;
2) образует цисту;
3) делится на две новые особи;
4) впадает в оцепенение.

**А2.** Тип питания эвглены:

1) гетеротрофный; 3) автотрофный;
2) хемотрофный; 4) смешанный (миксотрофный).

**А3.** Какой органоид инфузории отвечает за ее деление?

1) сократительная вакуоль; 3) малое ядро;
2) большое ядро; 4) митохондрия.

**А4.** В каком органе человека паразитирует дизентерийная амеба?

1) в желудке; 3) в тонкой кишке;
2) в эритроцитах крови; 4) в толстой кишке.

**А5.** Внутренний слой клеток кишечнополостных называется:

1) целóм; 2) эктодерма; 3) энтодерма; 4) мезодерма.

**А6.** Какие клетки гидры расположены только во внешнем слое?

1) стрекательные; 3) эпителиально-мускульные;
2) нервные; 4) железистые.

**А7.** Основное отличие кораллов от других кишечнополостных:

1) одиночные и колониальные формы;
2) в цикле отсутствует стадия медузы;
3) есть известковый скелет;
4) развитие с личинкой.

**А8.** Газообмен у медуз проходит через:

1) кишечную полость; 3) жабры;
2) поверхность тела; 4) специальные каналы в куполе.

**А9.** Нервная система плоских червей представлена:

1) окологлоточным кольцом и брюшной нервной цепочкой;
2) нервной трубкой, лежащей вдоль спинной стороны тела;
3) двумя нервными стволами, соединенными перемычками;
4) отдельными нервными узлами, соединенными в единую сеть.

**А10.** Кровеносная система у белой планарии:

1) замкнутая, есть сердце; 3) незамкнутая, есть сердце;
2) незамкнутая, нет сердца; 4) отсутствует.

**А11.** В теле окончательного хозяина печеночный сосальщик обитает:

1) в протоках печени; 3) в тонком кишечнике;
2) в клетках печени; 4) в соединительной ткани.

**А12.** Как человек может заразиться свиным цепнем?

1) при работе со свиньями;

2) при употреблении некипяченой воды из пруда;

3) при употреблении в пищу хорошо прожаренной свинины;

4) при купании в реке.

**А13.** Что можно сказать о полости тела круглых червей?

1) имеется, выстлана эпителием, заполнена жидкостью;

2) имеется, без эпителия, заполнена жидкостью;

3) имеется, без эпителия, заполнена клетками;

4) отсутствует.

**А14.** Человек заражается аскаридой, если:

1) употребит в пищу непрожаренную пресноводную рыбу;

2) употребит в пищу бифштекс с кровью;

3) проглотит ее яйца, отложенные несколько часов назад;

4) проглотит ее яйца, отложенные несколько недель назад.

**А15.** Где у аскариды происходит оплодотворение?

1) в теле аскариды; 3) в почве;

2) в кишечнике человека; 4) в воде пресных водоемов.

**А16.** Назовите систему, которая у круглых червей отсутствует:

1) половая; 3) нервная;

2) дыхательная; 4) пищеварительная.

**А17.** Кровеносная система кольчатых червей:

1) замкнутая; сердце отсутствует;

2) замкнутая; имеется сердце;

3) незамкнутая; сердце отсутствует;

4) незамкнутая; имеется сердце.

**А18.** Пиявки относятся к:

1) плоским червям; 3) кольчатым червям;

2) круглым червям; 4) моллюскам.

**А19.** Какая система органов имеется у **всех** кольчатых, плоских и круглых червей?

1) дыхательная; 3) пищеварительная;

2) кровеносная; 4) выделительная.

**А20.** Назовите орган, который имеется у многощетинковых червей, но отсутствует у малощетинковых:

1) сосуды; 2) кишечник; 3) жабры; 4) органы выделения.

**А21.** Какая часть тела виноградной улитки образует мантию?

1) кожный покров; 3) стенка кишечника;

2) стенка полости тела; 4) раковина.

**А22.** Каков образ жизни личинок беззубки?

1) свободноплавающие; 3) паразитируют на жабрах рыб;

2) закапываются в грунт; 4) прикрепляются к подводным растениям.

**А23.** Назовите отдел пищеварительной системы моллюсков, в котором расположена терка:

1) печень; 2) пищевод; 3) глотка; 4) желудок.

**А24.** Что из перечисленного ниже характерно для головоногих моллюсков?

1) есть хорошо развитая раковина;

2) питаются планктоном;

3) имеется 4-камерное сердце;

4) нога преобразована в щупальца.

**А25.** Органом дыхания речного рака является:

1) жабры, расположенные в полости тела;

2) жабры, расположенные на конечностях;

3) легкие кожного происхождения;

4) кожа.

**А26.** Сколько пар усиков у речного рака?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

**А27.** Где происходит развитие оплодотворенных икринок у речного рака?

1) на дне водоема; 3) на подводных растениях;

2) в половой системе самки; 4) на брюшных конечностях самки.

**А28.** Назовите животное, которое в класс Ракообразных **не включают**:

1) дафния; 2) каракатица; 3) мокрица; 4) циклоп.

**А29.** Сколько пар ходильных ног у пауков?

1) 3; 2) 4; 3) 5; 4) 6.

**А30.** Что является органами выделения паука-крестовика?

1) зеленые железы;

2) почки;

3) мальпигиевы сосуды;

4) почки и выделительные трубочки, отходящие от кишечника.

**А31.** Назовите клеща, который является переносчиком клещевого энцефалита:

1) таежный клещ; 3) малинный клещ;

2) чесоточный зудень; 4) паутинный клещ.

**А32.** Какой признак характерен только для паукообразных?

1) хитиновый покров;

2) незамкнутая кровеносная система, сердце на спинной стороне тела;

3) видоизмененные конечности — хелицеры и ногощупальца;

4) окологлоточное нервное кольцо и брюшная нервная цепочка.

**А33.** Сколько отделов тела различают в теле насекомых?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

**А34.** Назовите тип ротового аппарата жуков:

1) грызущий; 2) сосущий; 3) лижущий; 4) грызуще-сосущий.

**А35.** Назовите заболевание человека, возбудителей которого переносят блохи:

1) энцефалит; 2) чума; 3) малярия; 4) грипп.

**А36.** Назовите насекомое, у которого развитие идет с полным превращением:

1) клоп; 2) стрекоза; 3) жук-плавунец; 4) саранча.

## Часть В

**В заданиях В1—В3 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Выберите признаки, характерные для простейших:

1) при неблагоприятных условиях образуют споры;

2) размножаются делением на две клетки;

3) дыхание происходит всей поверхностью тела;

4) хемотрофное питание;

5) есть хищники и паразиты;

6) есть внешний скелет из хитина.

**В2.** Какие особенности строения и жизнедеятельности характерны для червей-паразитов?

1) образуют огромное число половых клеток;

2) хорошо развита нервная система и органы чувств;

3) большинство обитает в анаэробной среде;

4) для дыхания необходим кислород;

5) выделительная система отсутствует;

6) поглощение питательных веществ поверхностью тела.

**В3.** К насекомым с полным превращением относятся:

1) бабочка махаон;
2) оса обыкновенная;
3) клоп-долгоносик;
4) зеленый кузнечик;
5) комнатная муха;
6) тля листовая.

**При выполнении заданий В4—В7 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В4.** Установите соответствие между признаком организма и царства, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК ОРГАНИЗМА | ЦАРСТВО |
|---|---|
| А) активное передвижение | 1) Грибы |
| Б) есть системы органов | 2) Животные |
| В) оболочка клеток состоит из хитина | |
| Г) клетки лишены оболочки | |
| Д) тело образовано гифами | |
| Е) рост в течение всей жизни | |

**В5.** Установите соответствие между признаком и типом животного, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК | ТИП ЖИВОТНОГО |
|---|---|
| А) имеется полость тела | 1) Плоские черви |
| Б) есть брюшная нервная цепочка | 2) Кольчатые черви |
| В) замкнутая кровеносная система | |
| Г) все представители типа — гермафродиты | |
| Д) кишечник слепозамкнут | |

**В6.** Установите соответствие между особенностями и классом животного, для которого они характерны.

| ОСОБЕННОСТИ | КЛАСС |
|---|---|
| А) раковина хорошо развита | 1) Головоногие |
| Б) реактивный принцип движения | 2) Брюхоногие |
| В) обитают только в морской воде | |
| Г) органы выделения представлены одной почкой | |
| Д) раздельнополые, развитие прямое | |
| Е) гермафродиты или раздельнополые, развитие прямое или с личинкой | |

**B7.** Распределите животных, указанных в списке, по классам.

| ЖИВОТНОЕ | КЛАСС |
|---|---|
| А) мокрица | 1) Ракообразные |
| Б) бокоплав | 2) Паукообразные |
| В) тарантул | |
| Г) сенокосец | |
| Д) лангуст | |
| Е) скорпион | |

**B8.** Установите последовательность развития печеночного сосальщика, начиная со взрослой особи:

1) взрослая особь;
2) покоящаяся стадия;
3) личинка с ресничками;
4) яйцо;
5) личинка с хвостом.

### Часть С

**C1.** Почему, когда комар сосет кровь, он не задыхается?

**C2.** Найдите ошибки в приведенном тексте.

1. Кишечнополостные — это трехслойные животные, обитающие в водной среде. 2. Их характерным признаком служит наличие стрекательных клеток, которые используются для защиты от врагов и для добывания пищи. 3. Эти клетки выстреливают стрекательной нитью. 4. После срабатывания стрекательные клетки могут использоваться повторно. 5. Газообмен кишечнополостных происходит всем телом, а пищеварение — только в кишечной полости. 6. У кишечнополостных появляется диффузная нервная система.

**C3.** Какие приспособления возникли у плоских червей-паразитов в связи с их образом жизни? Приведите не менее четырех приспособлений.

**C4.** Что представляет собой жемчужина? У каких групп животных и каким образом она образуется?

**C5.** В середине прошлого века камчатского краба случайно завезли в Баренцево море. Какие негативные последствия возможны?

**C6.** Чем можно объяснить наличие огромного числа экологических групп у насекомых?

## Тип Хордовые

Около 40 тыс. видов. Занимают водную, почвенную и наземно-воздушную среду. Жизненные формы очень разнообразны: есть организмы, способные к полету; к быстрому передвижению по суше, есть активно плавающие водные животные и донные формы; есть специализированные почвенные формы.

## Общие признаки

- Внутренний осевой скелет — хорда (развивается из энтодермы), которая у низших хордовых сохраняется в течение всей жизни, а у большинства позвоночных в онтогенезе замещается позвоночным столбом.
- Нервная система в виде нервной трубки (развивается из эктодермы), лежащей над хордой.
- Пищеварительная система расположена под хордой. Ее передний отдел (глотка) пронизан жаберными щелями. Жаберные щели у бесчерепных и рыб сохраняются в течение всей жизни, а у других позвоночных они имеются лишь в эмбриогенезе, а затем зарастают и у взрослых особей отсутствуют.
- Кровеносная система замкнутая, сердце расположено на брюшной стороне тела.
- Двусторонняя симметрия тела, трехслойность.
- Вторичноротость — у хордовых рот в эмбриогенезе закладывается вторично, на противоположном от первичного рта конце; из первичного рта формируется анальное отверстие.
- Вторичная полость тела — целóм, которая формируется между листками мезодермы и выстлана эпителием мезодермального происхождения.

## Происхождение хордовых

Предками хордовых, вероятнее всего, были малоподвижные или неподвижные водные животные, обладающие вторичной полостью тела. Предки хордовых первоначально собирали пищевые частицы с помощью околоротовых щупалец, которые до сих пор сохранились у ланцетников. От этой группы животных, вероятнее всего, образовались Иглокожие, Полухордовые и Хордовые.

## Систематика типа

### Подтип Оболочники

Включает несколько классов (например, асцидии, сальпы, аппендикулярии) животных, обитающих в морских водоемах. Многие ведут прикрепленный образ жизни, но есть и свободноплавающие виды. Снаружи тело покрыто особой оболочкой. Питание пассивное, как у ланцетника. Гермафродиты, также способны к бесполому размножению почкованием. Развитие с личинкой. У взрослых форм нет хорды и нервной трубки, которые хорошо выражены у личинок.

### Подтип Бесчерепные

К этому подтипу относят один класс — Головохордовые с одним отрядом и одним семейством. Всего в подтип входит около 30 видов.

Характеристика подтипа проводится на примере *ланцетника* (рис. 2.21).

Ланцетник был впервые описан в XVIII в. П. С. Палласом. Это полупрозрачное животное длиной 5—8 см, обитающее на песчаном дне теплых морей. Тело сжато с боков, по его спинной стороне тянется спинной плавник, а на конце находится

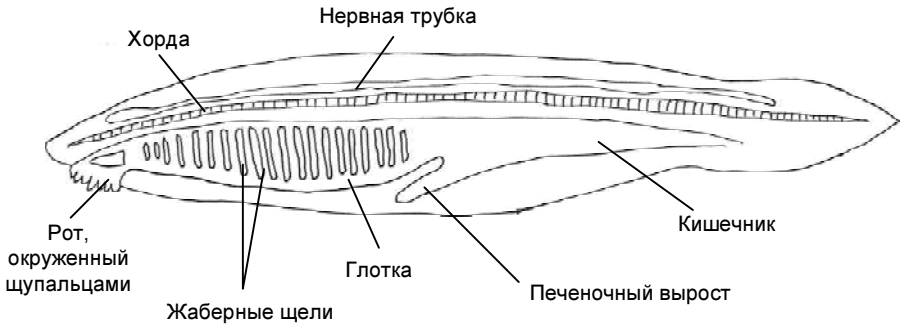



**Рис. 2.21.** Строение ланцетника

хвостовой плавник ланцетовидной формы. На переднем конце тела располагается предротовое отверстие, окруженное щупальцами.

Кожный покров образован эпидермисом (это однослойным эпителий) и дермой (соединительная ткань). В эпидермисе находятся одноклеточные железы, выделяющие слизь, которая предохраняет животное от механических повреждений при закапывании в грунт.

Мускулатура слабо дифференцирована. Большая часть мышц сосредоточена на спинной стороне тела: здесь мышечный слой состоит из двух продольных долей, разделенных перегородками из соединительной ткани на сегменты. Скелетные мышцы имеют метамерное строение. Скелет образован хордой, сохраняющейся в течение всей жизни ланцетника.

Для ланцетника характерен фильтрационный тип питания. С помощью окружающих ротовую воронку щупалец и мерцательного эпителия полости этой воронки создается ток воды. Вода с различными частицами через рот поступает в глотку, где эти частицы задерживаются; затем вода попадает в жаберные щели, а из них — в околожаберную полость.

В глотке есть желобок, выстланный ресничным и железистым эпителием. Железистые клетки выделяют слизь, которая обволакивает пищевые частицы; реснички эпителия двигают эти частицы к ротовому отверстию, где пищевая масса поднимается вверх и затем поступает в кишечник. За глоткой расположен кишечник, который не дифференцирован на отделы. От передней части кишки отходит слепой вырост, называемый печеночным: его клетки вырабатывают пищеварительные ферменты.

Глотку пронизывают жаберные щели (около 100 пар), отделенные друг от друга межжаберными перегородками. Они открываются в околожаберную полость, из которой вода удаляется наружу через специальное отверстие.

Кровеносная система имеет один круг кровообращения. Сердца нет, его функцию выполняет брюшная аорта, несущая венозную кровь. По брюшной аорте кровь идет к переднему концу тела, в жаберные артерии, где она окисляется. Из них кровь собирается в спинную аорту и двигается к заднему концу тела. От переднего конца тела кровь движется назад, от заднего конца тела — вперед; вены, несущие кровь

от переднего и заднего конца тела, сливаются и образуют кювьеровы протоки, впадающие в венозный синус, из которого кровь попадает в брюшную аорту. Органы и ткани ланцетника снабжаются артериальной кровью, которая бесцветна, т. к. не содержит дыхательных пигментов. Поступление кислорода в кровь происходит в жаберных артериях и во всех поверхностных сосудах тела.

Выделительная система представлена нефридиями (до 90 пар), располагающимися в области глотки. Нефридий состоит из длинной трубочки, на одном конце которой находятся специальные клетки — соленоциты. Одним концом нефридии открываются в полость тела, другим — в околожаберную полость. Продукты распада выделяются в околожаберную полость и из нее током воды выводятся наружу.

Нервная система представлена нервной трубкой, от которой отходят нервы. Органы чувств слабо развиты. В коже есть чувствительные клетки, отвечающие за осязание. Вдоль нервной трубки располагаются глазки Гессе, улавливающие световые лучи. Также есть обонятельная ямка на переднем отделе тела.

Ланцетники — это раздельнополые животные. В половых железах образуются гаметы, которые через временно возникающие половые протоки попадают в околожаберную полость, а из нее выводятся в окружающую среду с током воды. Оплодотворение внешнее. После оплодотворения формируется яйцо, из которого развивается свободноплавающая личинка. Развитие ланцетника было впервые изучено А. О. Ковалевским в XIX в., который и доказал, что данный организм относится к хордовым животным.

## Подтип Позвоночные

Около 39 тыс. видов. Обитают в наземно-воздушной, почвенной и водной средах.

### Общие признаки

- Скелет представлен позвоночником, черепом и конечностями.
- В нервной системе появляется головной и спинной мозг.
- Есть сердце.
- Органы выделения — почки.

### Внешнее строение

У наземных позвоночных выделяют голову, шею, туловище, две пары конечностей и хвост; у водных — голову, туловище, две пары конечностей и хвост, шеи обычно нет. Форма тела позвоночных очень разнообразна и отражает приспособления животного к среде обитания.

Покров тела представлен кожей, состоящей из многослойного эпителия (образуется из эктодермы) и дермы (образуется из мезодермы). Кожа может быть покрыта чешуей (рыбы), щитками и костными пластинами (рептилии), перьями (птицы) или волосами (млекопитающие); у амфибий кожа голая. В коже рыб, амфибий и млекопитающих развиты многочисленные железы, у рептилий и птиц они отсутствуют (кроме копчиковой железы птиц). Кожа участвует в обменных процессах, терморе-

гуляции, выделении; выполняет функции механической защиты нижележащих тканей, барьера для микроорганизмов.

*Скелет* развивается из мезодермы и включает 4 отдела: череп, позвоночник, скелет конечностей и их поясов. В связи с развитием головного мозга и челюстного аппарата, череп состоит из мозгового и висцерального отделов. Позвоночник состоит из хрящевых или костных позвонков и подразделяется на отделы (у *рыб* 2 отдела; у *земноводных* — 4; у *рептилий, птиц* и *млекопитающих* — 5). Функции позвоночника: защита, опора, прикрепление конечностей, участие в движении.

Конечности у рыб представлены парными плавниками, у остальных позвоночных парные плавники превратились в конечности наземного типа. Конечности всех наземных позвоночных имеют общий план строения. Скелет парных конечностей соединен с помощью плечевого или тазового поясов с позвоночником.

*Мышцы.* У рыб скелетная мускулатура имеет метамерное строение, которое нарушается в области парных плавников и висцерального черепа. У наземных позвоночных метамерность мышц утрачивается.

**Внутреннее строение**

*Пищеварительная система* включает ротовую полость, глотку, пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечник, заканчивающийся анальным отверстием. В пределах подтипа происходит постепенное отделение ротовой полости от носовой за счет образования костного нёба.

Формируется зубная система. Выделяют два типа зубных систем: гомодонтная (зубы одинаковы по форме и строению, т. е. не дифференцированы) и гетеродонтная (зубы дифференцируются на резцы, клыки и коренные зубы).

Пищеварительные железы хорошо развиты. Слюнные железы впервые появляются у земноводных. Функции слюны: смачивание пищи, участие в пищеварении, умерщвление добычи (яд — видоизмененная слюна). Печень и поджелудочная железа есть у всех позвоночных, их протоки открываются в двенадцатиперстную кишку. Эти железы участвуют в пищеварении и выполняют другие функции (эндокринные, запасающие, барьерные).

*Дыхательная система* представлена жабрами (у рыб) или воздухоносными путями и легкими (у наземных позвоночных). У земноводных важную роль в газообмене играет кожа.

*Кровеносная система* у всех позвоночных состоит из сердца и сосудов. Выделяют три типа сосудов: вены (несут кровь к сердцу), артерии (несут кровь от сердца) и капилляры (в них происходит газообмен). В зависимости от среды обитания, у позвоночных животных развиваются один (круглоротые, рыбы) или два круга кровообращения (все остальные).

В ряду позвоночных происходит усложнение строения сердца (рис. 2.22): двухкамерное (круглоротые, рыбы и личинки амфибий), трехкамерное (амфибии и рептилии), четырехкамерное (крокодилы, птицы, млекопитающие). В сердце между камерами появляются клапаны. У рыб, амфибий и рептилий есть венозная пазуха;

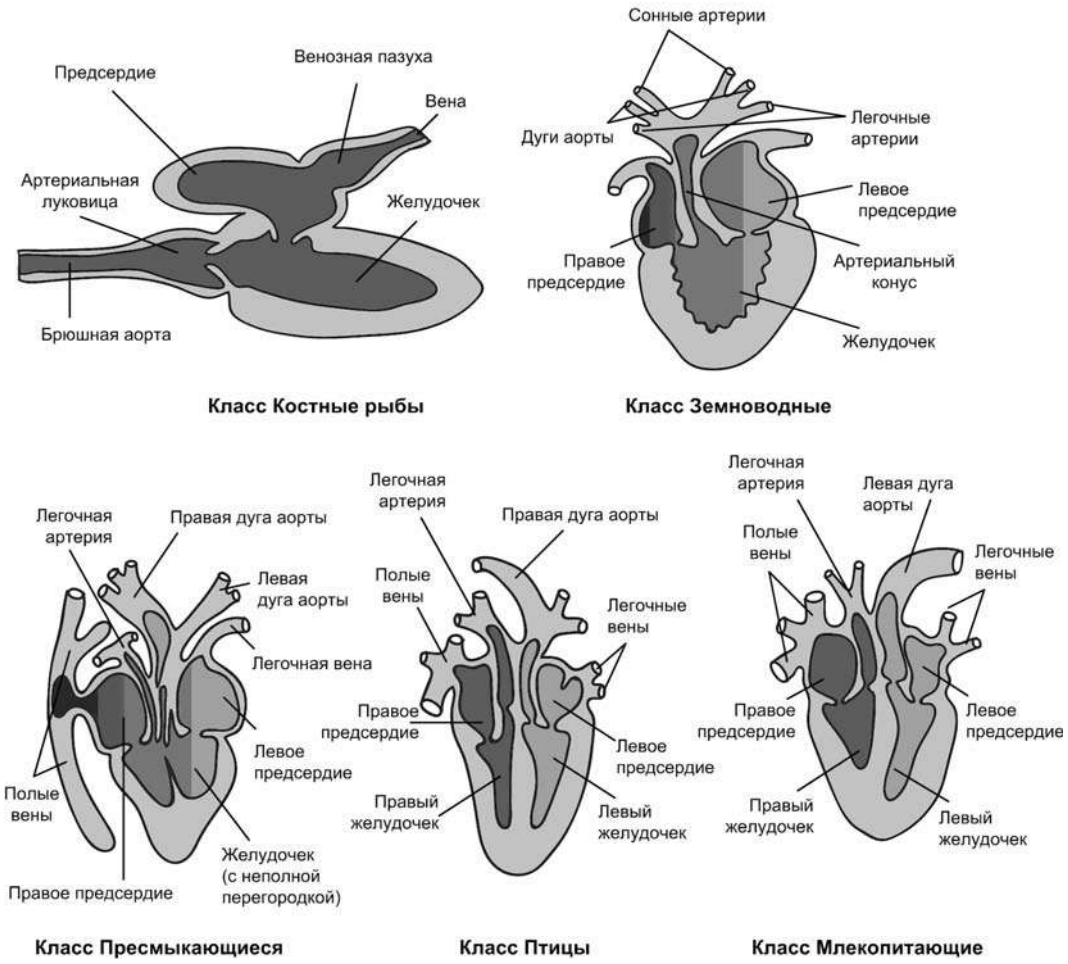



**Рис. 2.22.** Строение сердца различных позвоночных

артериальный конус характерен для хрящевых рыб (у костных вместо него — артериальная луковица) и амфибий.

*Выделительная система* у позвоночных животных представлена различными типами почек. Наиболее примитивное строение имеет предпочка. У нее нет прямой связи с кровеносными сосудами, поэтому продукты обмена из крови поступают не сразу в почку, а выводятся в полость тела. Предпочка функционирует только у низших позвоночных на самых ранних стадиях эмбрионального развития.

Более совершенным органом выделения является туловищная или первичная почка. В ней есть капсула Боумена — Шумлянского и почечное тельце, происходит удлинение выделительного канальца и дифференцировка его отделов. Возникает прямая связь между кровеносной и выделительной системами: продукты обмена сразу поступают из крови в почку, минуя полость тела. Туловищная почка характерна для рыб и амфибий.

У рептилий, птиц и млекопитающих возникает тазовая или вторичная почка (на стадии зародыша у них функционирует первичная почка). Она характеризуется большим числом нефронов и более эффективной работой.

*Нервная система* позвоночных состоит из двух отделов: центрального (головной и спинной мозг) и периферического (нервы, отходящие от головного и спинного мозга). Нервная система отвечает за регуляцию работы организма и его связь с окружающей средой.

В головном мозге позвоночных выделяют 5 отделов: передний мозг, средний мозг, промежуточный мозг, продолговатый мозг и мозжечок (рис. 2.23). Передний мозг содержит кору. Для позвоночных характерно три типа коры: древняя, старая и новая. Древняя кора (палеокортекс или палеопаллиум) располагается в полостях желудочков мозга и в обонятельных долях. В дальнейшем появляется старая кора (архикортекс или архипаллиум), располагающаяся ближе к центральной оси мозга. У рептилий она выделяется в область под названием гиппокамп (расположена над промежуточным мозгом). Позднее всего развивается новая кора (неокортекс или неопаллиум), впервые обнаруженная у рептилий. Она достигает своего максимального развития у млекопитающих.

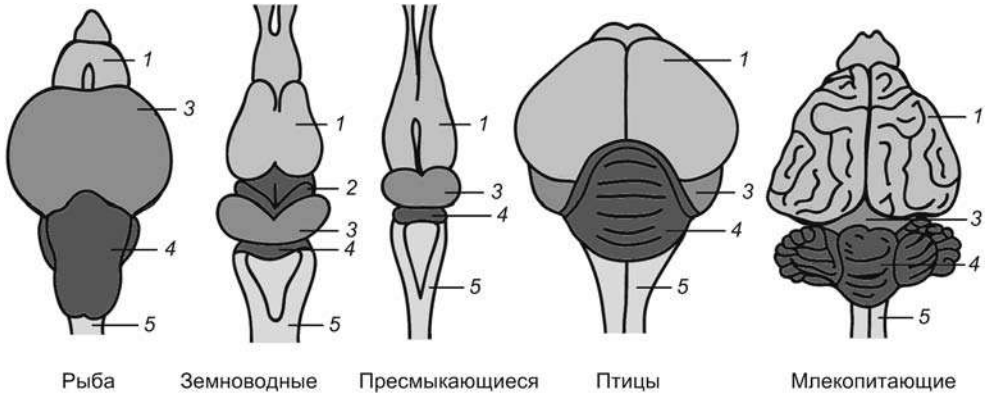



**Рис. 2.23.** Строение головного мозга различных позвоночных: *1* — передний мозг; *2* — промежуточный мозг; *3* — средний мозг; *4* — мозжечок; *5* — продолговатый мозг

Передний мозг отвечает за поведение животного, а также анализ и обработку информации, поступающей от органов чувств. Средний мозг содержит нервные центры зрительных рефлексов, он также может контролировать поведение животного. В промежуточный мозг поступают зрительные импульсы, в дальнейшем направляющиеся в средний мозг. Также он участвует в регуляции обменных процессов и работы различных систем органов. Продолговатый мозг контролирует работу дыхательной, кровеносной и пищеварительной систем. Мозжечок отвечает за координацию движений.

У позвоночных выделяют три типа головного мозга: ихтиопсидный (у рыб и земноводных), зауропсидный (у рептилий и птиц) и маммальный (у млекопитающих). Ведущий отдел мозга ихтиопсидного типа — средний мозг. При зауропсидном ти-

пе ведущим отделом является передний мозг (большие полушария), развитие которых идет за счет полосатых тел, расположенных на дне переднего мозга. При мммальном типе ведущим отделом также является передний мозг, но его развитие идет за счет неопаллиума (новой коры).

У позвоночных имеется 10 (круглоротые, рыбы), 11 (амфибии) или 12 пар (рептилии, птицы и млекопитающие) черепно-мозговых нервов.

*Половая система.* Позвоночные животные раздельнополые, часто с хорошо выраженным половым диморфизмом. Гермафродиты встречаются очень редко. Половые железы парные, имеют выводные протоки (семяпроводы или яйцеводы).

Оплодотворение бывает двух видов: внешнее и внутреннее. У водных животных возможны оба способа, у наземных позвоночных — только внутреннее. Развитие позвоночных животных может быть прямым или с метаморфозом (есть личиночная стадия). Позвоночные по развитию делятся на анамний (без зародышевых оболочек) и амниот (при развитии яйца формируются зародышевые оболочки).

## Систематика подтипа Позвоночные

Позвоночные делятся на анамний и амниот. К анамниям относят три надкласса: Бесчелюстные (один класс — круглоротые; это миноги и миксины), Рыбы (два класса — хрящевые и костные) и Четвероногие (земноводные). К амниотам относят три класса: Рептилии, Птицы и Млекопитающие.

Некоторые авторы делят позвоночных на три надкласса: Круглоротые, Рыбы и Четвероногие.

### Надкласс Бесчелюстные (на примере класса Круглоротых)

Это наиболее примитивные современные позвоночные животные. Обитают в морских и пресноводных водоемах, ведут полупаразитический образ жизни. Не имеют челюстей и парных конечностей.

Характеристика круглоротых приводится на примере *речной миноги.*

Тело миноги удлиненное, сильно вытянутое, состоит из головы, туловища и хвоста. На голове находятся глаза, непарная ноздря и присасывательная воронка, внутри которой расположены роговые зубы. На спине есть два плавника, последний из них переходит в хвостовой плавник. Покров тела представлен кожей с большим количеством одноклеточных желез. Скелет представлен хордой и черепом из хрящевой ткани. Мускулатура имеет метамерное строение.

Пищеварительная система состоит из предротовой воронки с языком, ротового отверстия, глотки, пищевода и кишечника со спиральным клапаном внутри; желудок отсутствует. Есть печень. Дыхательная система представлена жаберными мешками (7 пар), внутри которых расположены жаберные лепестки. Один круг кровообращения, двухкамерное сердце, в сердце — венозная кровь. Органы выделения — первичные (туловищные) почки.

Нервная система состоит из головного и спинного мозга. Головной мозг включает 5 отделов, расположенных в одной плоскости. От него отходят 10 пар черепно-

мозговых нервов. Из органов чувств развиты слух (внутреннее ухо), обоняние, осязание и органы боковой линии; глаза развиты слабо.

Миноги — раздельнополые животные, их половые железы непарные и не имеют специальных протоков. Оплодотворение внешнее, развитие с личинкой.

## Надкласс Рыбы

Около 20 тыс. видов. Обитают в водной среде, хотя некоторые виды могут некоторое время находиться на суше (например, илистые прыгуны).

### Общие признаки

- Орган дыхания — жабры.
- Есть плавники.
- Тело покрыто чешуей.
- Появляются челюсти.
- Холоднокровные животные.

Характеристика особенностей строения приводится на примере *обыкновенного окуня.*

### Внешнее строение

Тело рыбы (рис. 2.24) разделяется на голову, туловище и хвост. Границей между головой и туловищем считают жаберную щель, между туловищем и хвостом — анальное отверстие. Для окуня, как и для большинства рыб, характерна обтекаемая форма тела. Однако встречаются рыбы с плоской (камбала, скаты и другие донные обитатели), змеевидной (угорь) и лентовидной (мурена) формами тела.

На голове находится пара глаз, пара ноздрей и рот. На туловище расположены плавники: парные (грудные и брюшные) и непарные (спинной, хвостовой и анальный). Парные плавники участвуют в поворотах и медленном движении вперед;

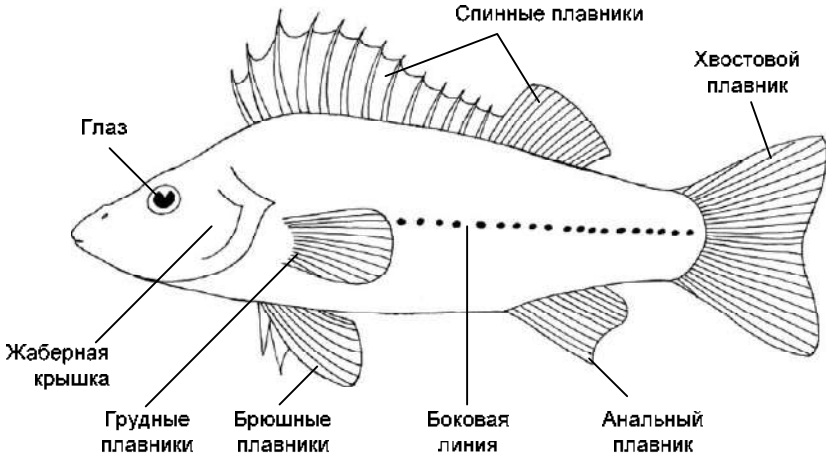



**Рис. 2.24.** Внешнее строение рыбы

непарные — в поддержании равновесия; хвостовой плавник отвечает за быстрое движение вперед.

Покров тела представлен кожей, формирующей чешую: циклоидную (гладкие края) или ктеноидную (зазубренные края), выполняющую защитную функцию. Размеры чешуй увеличиваются по мере роста рыбы. В эпидермисе много одноклеточных желез, которые выделяют слизь, уменьшающую трение и выполняющую антибактериальную функцию.

## Скелет

- *Череп* состоит из мозгового и висцерального отделов (рис. 2.25). В мозговом отделе черепа выделяют затылочные, ушные, клиновидные, обонятельные, лобные

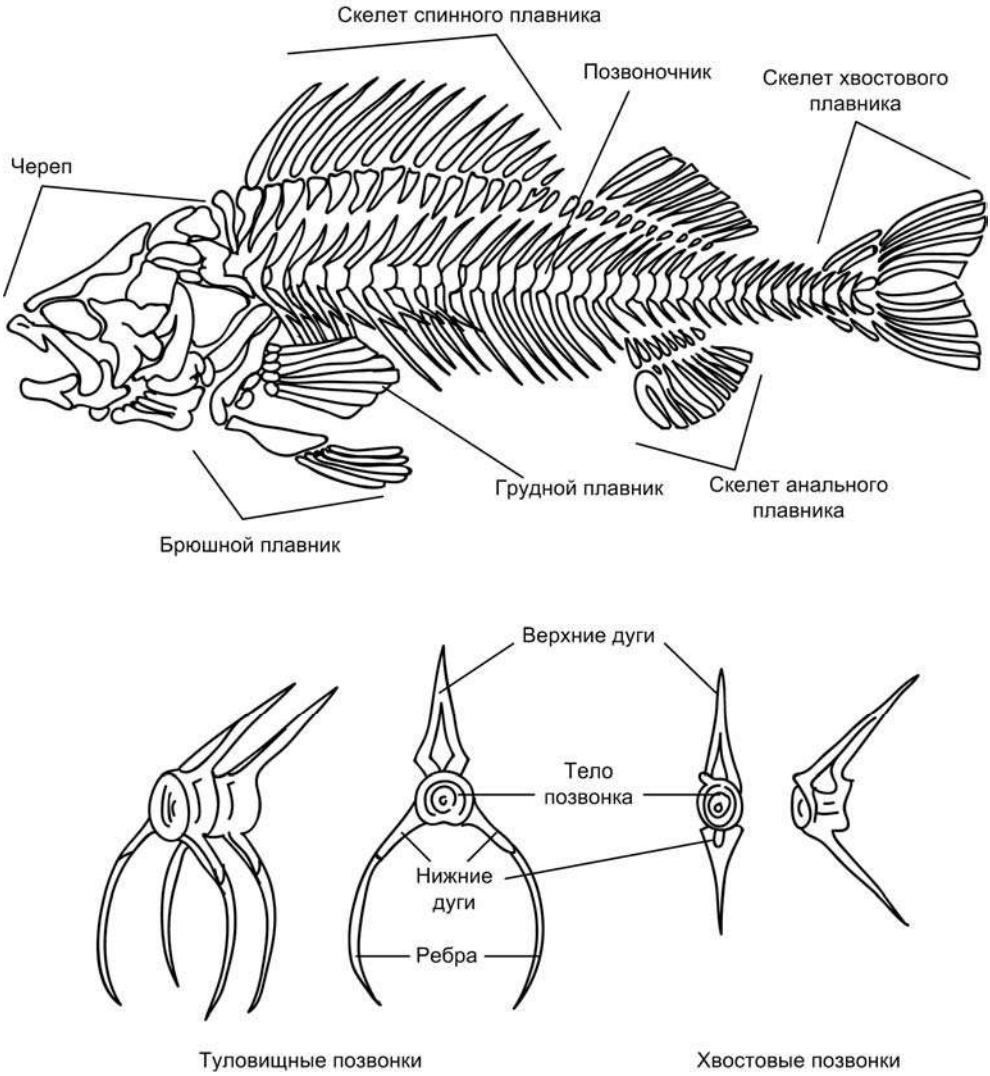



**Рис. 2.25.** Скелет рыбы

и теменные кости; очень много мелких костей (около глазниц и т. п.). В висцеральном черепе выделяют нёбную кость, верхнюю челюсть, нижнюю челюсть, жаберные дуги и жаберную крышку. Череп соединен с позвоночником неподвижно.

- *Позвоночник* состоит из костных двояковогнутых позвонков и включает два отдела: туловищный и хвостовой. Позвонки имеют тело, верхние и нижние дуги. В туловищном отделе верхние дуги смыкаются и образуют спинномозговой канал; нижние дуги не смыкаются и к ним прикрепляются ребра. В хвостовом отделе и верхние, и нижние дуги смыкаются. Между позвонками располагаются остатки хорды, которая в виде тяжа проходит через тела позвонков.
- *Скелет парных плавников.* Плечевой пояс представлен клейтрумом, лопаткой и коракоидом; тазовый пояс — плоской пластинкой, лежащей в толще мышц. Плечевой пояс через ряд небольших костей прикрепляется к позвоночнику. Элементы свободных конечностей: костные или хрящевые лучи.
- *Скелет непарных плавников* составляют костные или хрящевые лучи. Хвостовой плавник — равнолопастной (гомоцеркальный; у костных рыб) и неравнолопастной (гетероцеркальный; у хрящевых).

*Мускулатура* хорошо развита. Значительная часть скелетных мышц (кроме мышц челюстей и плавников) имеет метамерное строение.

**Внутреннее строение**

*Пищеварительная система* (рис. 2.26) начинается ротовой полостью, переходящей в широкую глотку, пронизанную жаберными щелями; четкой границы между ними нет. В ротовой полости есть зубы конической формы (зубная система гомодонтного типа), слюнных желез и настоящего языка нет. Зубы располагаются не только на челюстных, но и на нёбных костях. Глотка переходит в пищевод, который открывается в желудок. От желудка отходит кишечник, в котором у многих рыб (в том числе у окуня) есть слепые отростки (пилорические выросты или придатки), увеличивающие всасывающую поверхность. Кишечник делится на тонкий и толстый. Первый отдел тонкого кишечника — двенадцатиперстная кишка, в которую впадают протоки печени и поджелудочной железы.

*Плавательный пузырь* (см. рис. 2.26) характерен для большинства костных рыб. Он возникает в эмбриогенезе как вырост пищеварительной трубки и выполняет функцию гидростатического органа. У одних рыб во взрослом состоянии он изолирован от пищеварительного тракта, у других — нет (карп, лещ, плотва).

*Дыхательная система.* Орган дыхания рыб — жабры. Каждая жабра состоит из жаберных дуг, двух рядов жаберных лепестков и жаберных тычинок. У костистых рыб, в отличие от хрящевых, нет межжаберных перегородок, и жаберные лепестки сидят непосредственно на жаберных дугах. Жаберные лепестки содержат капилляры и за счет этого имеют ярко-красный цвет. От внутренних стенок жаберных дуг отходят жаберные тычинки (белого цвета), направленные в полость глотки. Жаберные тычинки задерживают добычу, чтобы она не выскользнула через жаберные щели. У костистых рыб развиты 4 пары жаберных дуг. Снаружи жабры прикрывает жаберная крышка.

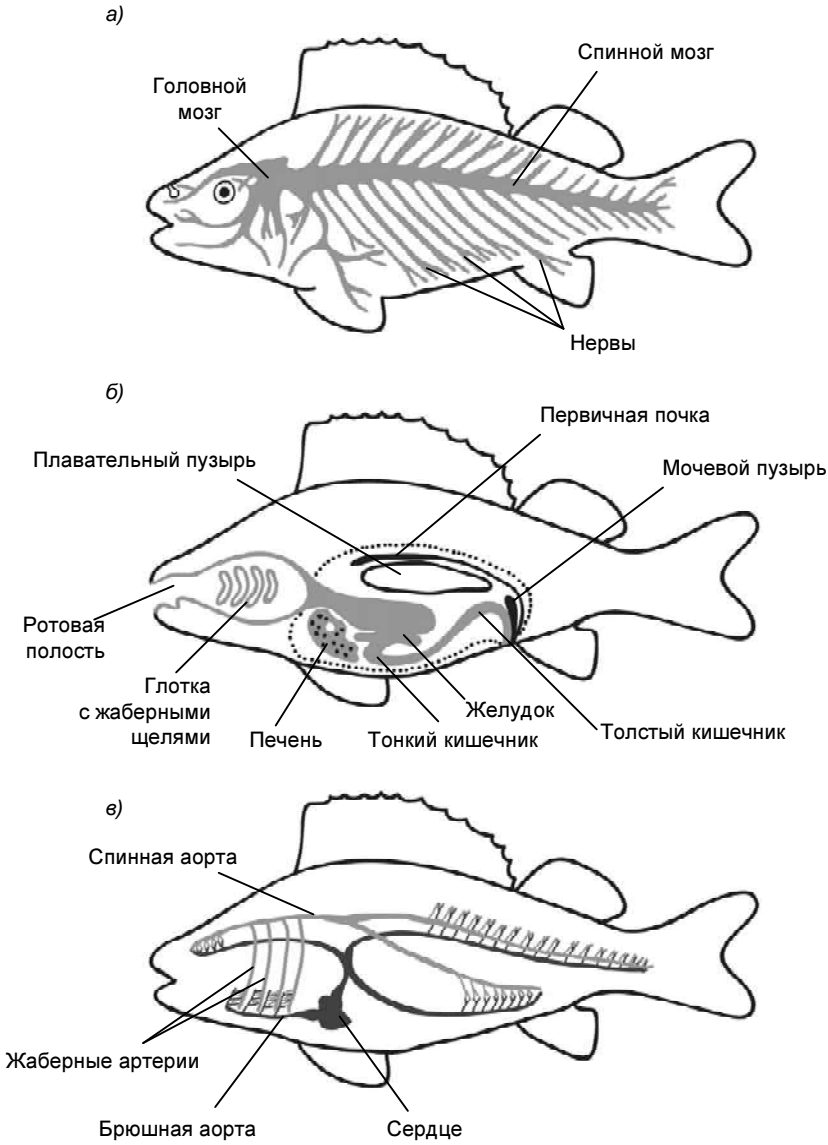



**Рис. 2.26.** Внутреннее строение рыбы: *а* — нервная система; *б* — пищеварительная и выделительная системы; *в* — кровеносная система

Газообмен происходит за счет работы мышц ротовой полости и жаберной крышки. Вода через рот попадает в глотку, затем жаберная крышка приподнимается, и вода из глотки через жаберные щели выходит в околожаберную полость, а затем наружу. Также у некоторых рыб в газообмене принимает участие кожа.

*Кровеносная система* (см. рис. 2.26) состоит из двухкамерного сердца (1 предсердие и 1 желудочек) и сосудов. У рыб один круг кровообращения. У костных рыб, в отличие от хрящевых, нет артериального конуса: брюшная артерия в самом начале имеет вздутие — луковицу аорты, состоящую из гладких мышц. Около предсер-

дия находится венозная пазуха, собирающая кровь со всего тела. Кровь содержит форменные элементы.

В сердце находится венозная кровь. Она попадает в брюшную аорту и далее в приносящие жаберные артерии, которые ветвятся и образуют капиллярную сеть в жаберных лепестках, где и происходит газообмен. Капилляры собираются в выносящие жаберные артерии, кровь проходит в спинную аорту, содержащую артериальную кровь, из которой кровь идет ко всему телу. У рыб по 4 пары приносящих и выносящих жаберных артерий. Далее кровь собирается в вену и поступает в венозную пазуху. Для рыб характерно наличие воротной системы почек (только в левой почке) и печени.

*Выделительная система* (см. рис. 2.26) представлена парными первичными (туловищными или мезонефрическими) почками, которые имеют форму длинных темно-красных тяжей, лежащих под позвоночником. По внутренним краям почек тянутся мочеточники, которые перед выходом наружу объединяются в непарный канал, открывающийся самостоятельным отверстием. У окуня и некоторых других рыб мочеточники впадают в мочевой пузырь, открывающийся наружу.

*Нервная система* (см. рис. 2.26) состоит из спинного и головного (ихтиопсидного типа) мозга и периферических нервов. Передний мозг не разделен на полушария, его крыша эпителиальная и не содержит мозгового вещества; основная функция — обонятельное восприятие. Средний мозг состоит из двух зрительных долей, имеющих на крыше слой серого вещества. В среднем мозге расположены зрительные центры, также он отвечает за поведение животного. Остальные отделы — как у всех позвоночных. От головного мозга отходит 10 пар черепно-мозговых нервов.

*Органы чувств:*

- орган зрения — 2 глаза без век, с шаровидным хрусталиком и плоской роговицей. Аккомодация осуществляется только с помощью перемещения хрусталика. У многих костистых рыб цветное зрение, у хрящевых — черно-белое. Практически все рыбы — близоруки;
- орган слуха представлен внутренним ухом (перепончатым лабиринтом). Во внутреннем ухе находится орган равновесия — три полукружных канала;
- орган обоняния состоит из парных обонятельных мешков, связанных с ноздрями. Каждый обонятельный мешок соединяется с внешней средой двумя отверстиями;
- органом вкуса являются вкусовые почки, расположенные на языке, губах, в ротовой полости, а также в наружном слое коже;
- боковая линия (сейсмосенсорный орган) представляет собой канал, идущий по бокам тела и сообщающийся с внешней средой через отверстия на коже. Внутри канала содержатся многочисленные рецепторы. С ее помощью рыбы воспринимают направление и силу тока воды, движение других водных животных и т. п. Боковая линия характерна только для рыб и личинок земноводных.

*Половая система* рыб состоит из парных половых желез — семенников у самцов и яичников у самок (у обыкновенного окуня один яичник) и их протоков, открывающихся наружу самостоятельным отверстием.

Период размножения рыб называют нерестом. Самки выметывают наружу икринки (яйцеклетки), самцы — молоки (сперматозоиды). Слияние гамет происходит в воде, т. е. оплодотворение наружное, но у большинства хрящевых и некоторых костных оно внутреннее. Развитие у костных рыб непрямое. Для некоторых рыб характерно живорождение.

У рыб, которые выметывает огромное число икринок, забота о потомстве не развита. У видов с небольшим количеством икринок, как правило, забота о потомстве хорошо выражена. Так, самец трехиглой колюшки строит "гнездо" из водорослей, куда самка откладывает икринки. После оплодотворения он охраняет "гнездо" до вылупления мальков. У самца морского конька на брюшной стороне тела есть особая сумка, в которой он вынашивает икринки.

Большинство рыб размножается в том же водоеме, где они обитают. Но существуют проходные рыбы, которые обитают в одних водоемах, а размножаются в других. К ним относятся многие лососевые и осетровые рыбы, которые большую часть своей жизни проводят в море, а для размножения возвращаются в реки. Реже встречается обратная ситуация, когда рыбы размножаются в море, а обитают в пресных водоемах (речной угорь).

**Систематика рыб**

- *Класс Хрящевые рыбы.* Около 700 видов. В основном морские формы. Форма тела торпедообразная (акулы) или уплощенная в спинно-брюшном направлении (скаты). Хвостовой плавник гетероцеркальный. Кожа покрыта плакоидной чешуей, покрывающей все тело рыбы и заходящей на челюсти, выполняя функцию зубов.

  Костной ткани нет, в течение всей жизни сохраняется хрящевой скелет. Характерно 5—7 жаберных щелей без жаберной крышки; каждая из щелей открывается наружу самостоятельным отверстием. Плавательного пузыря нет. В пищеварительной системе (в толстом кишечнике) есть спиральный клапан; кишечник заканчивается клоакой. Оплодотворение внутреннее, большинство откладывает небольшое количество яиц; возможно живорождение.

  Представители: акулы, скаты. К этой группе относятся самые крупные современные рыбы. Так, китовая акула достигает длины 20 м и массы 15 т.

- *Класс Костные рыбы.*

  - *Подкласс Хрящекостные рыбы.* Имеется рострум. Хвостовой плавник гетероцеркальный. Чешуя — в виде костных блях, так называемых жучек. Основа скелета — пожизненно сохраняющаяся хорда. Тела позвонков не развиты, но есть верхние и нижние дуги. В скелете присутствуют хрящевые и костные элементы. Есть жаберная крышка, плавательный пузырь. Оплодотворение наружное. Это проходные или пресноводные формы. Представители: осетр, белуга, стерлядь, севрюга.

  - *Подкласс Двоякодышащие рыбы.* Обитают в пересыхающих, мелких водоемах или водоемах с большим количеством гниющей растительности (т. е.

в водоемах, где ощущается нехватка кислорода в воде) в Австралии, Африке и Южной Америке.

Хорда сохраняется в течение всей жизни. Большая часть скелета — хрящевая. Позвоночник почти не развит и представлен зачатками верхних и нижних дуг позвонков. Чешуя костная. Есть жаберное и легочное дыхание. В качестве органов легочного дыхания функционируют один или два пузыря, открывающиеся на брюшной стороне пищевода. Представители: протоптер, чешуйчатник, рогозуб.

- *Подкласс Кистеперые рыбы.* Это ветвь рыб, от которой произошли первые наземные позвоночные — земноводные. Древние кистеперые были широко распространены в девоне, а до нашего времени дожил только один вид — латимерия (целокант), встречающаяся около Коморских островов, впервые пойманная в 1938 г.

  Латимерия достигает массы до 90 кг. Окраска обычно темная, что свойственно рыбам, обитающим на глубине. Тело покрыто ганоидной чешуей. В скелете отсутствуют позвонки, а позвоночник представлен особым эластичным стержнем. Своеобразно устроены плавники у кистеперых: основание плавника поддерживается одним элементом (гомолог плечевой кости); далее идут два элемента (гомологи лучевой и локтевой костей); к периферии расположен ряд лучей (соответствуют кисти).

- *Подкласс Лучеперые (Костистые).* Это наиболее многочисленная группа рыб — к ней относится более 90% современных видов.

  - *Отряд Сельдеобразные*. Это рыбы мелкого и среднего размера, в основном морские виды, чаще всего ведущие стайный образ жизни. Имеют сжатое с боков тело, чаще всего — серебристой окраски. Чешуя циклоидного типа. Плавательный пузырь не изолирован от пищеварительной системы. Представители: сельдь, сардина, килька, анчоус.

  - *Отряд Лососеобразные*. К этому отряду относятся преимущественно проходные или пресноводные рыбы среднего и крупного размера. Обитают в Северном полушарии. На спине находится 1 спинной плавник и 1 жировой плавник (не имеет лучей). Во время размножения приобретают брачную окраску. Размножаются один раз в жизни, после чего погибают. Представители: семга, горбуша, кета, лосось, форель, омуль.

  - *Отряд Карпообразные.* Крупный отряд костистых рыб, включающий преимущественно пресноводные и проходные формы. Обитают практически повсеместно. Рот выдвижной, тело покрыто циклоидной чешуей. Большинство видов на челюстях не содержит зубов, зубы развиты на глоточных костях. Представители: карп, сазан, плотва, лещ, карась, пескарь, белый амур, пиранья.

  - *Отряд Трескообразные.* Преимущественно крупные рыбы, обитающие в холодных морях; реже — пресноводные (налим). Их брюшные и непарные плавники не имеют колючих лучей. Плавательный пузырь изолиро-

ван от пищеварительной системы. Представители: треска, навага, минтай, налим.

### Происхождение рыб

Наиболее древними рыбами являются панцирные рыбы, обитавшие в водоемах силура и дожившие до карбона. Их скелет состоял в основном из хряща, но они имели костные челюсти и были покрыты костным панцирем; у них были парные плавники. Вероятно, от них произошли все остальные группы рыб.

Первые хрящевые рыбы возникли примерно 300 млн лет назад, приблизительно в начале девонского периода. С конца мезозоя начинают формироваться современные семейства этого класса.

Костные рыбы возникли в середине палеозоя и довольно быстро образовали две ветви: одна ветвь включала двоякодышащих и кистеперых рыб, вторая — хрящекостных и костистых.

### Значение рыб

- Пищевое. Во многих странах рыбы — основа многих блюд национальной кухни.
- Получение рыбьего жира — источника витамина D.
- Получение костной муки (как добавка к корму животных).
- Декоративное — разведение и выращивание рыб в аквариумах.
- Потенциальная опасность для отдельного человека (акулы, ядовитые рыбы).
- Получение клея.

## Класс Земноводные (Амфибии)

Около 2500 видов. Подавляющее большинство обитает в пресной воде и наземно-воздушной среде, некоторые виды — почвенные.

### Общие признаки

- Размножаются в воде, личинки также развиваются в водной среде.
- Яйцеклетки лишены плотных оболочек.
- Орган дыхания — легкие.
- Парные конечности наземного типа.
- Холоднокровные животные.

Характеристика класса дается на примере строения *лягушки*.

### Внешнее строение

Тело состоит из головы, туловища и двух пар конечностей (рис. 2.27). Шейный отдел почти не выражен, и голова сразу переходит в туловище. На голове расположены два глаза с веками, одна пара ноздрей и две барабанные перепонки (позади глаз). Конечности наземного типа развиты слабо и не могут удерживать тело в при-

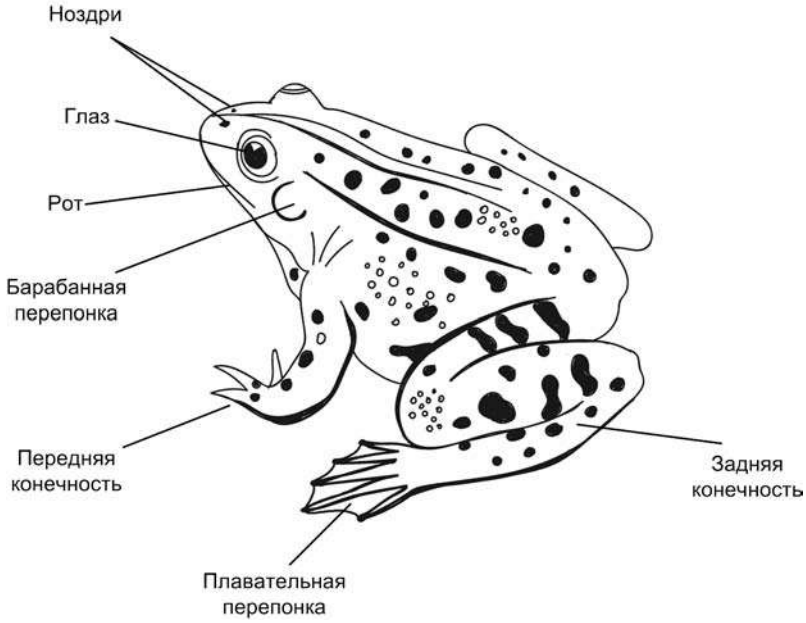



**Рис. 2.27.** Внешнее строение лягушки

поднятом положении. Между пальцами на задней конечности образуются плавательные перепонки.

Кожа голая, содержит многоклеточные железы и кровеносные сосуды. В коже содержатся специальные клетки — хроматофоры, отвечающие за окраску животного. Кожные железы выделяют слизь, которая предохраняет кожу от иссушения и обладает антибактериальным действием. У некоторых видов эти железы выделяют ядовитые вещества, служащие для защиты от хищников. Через кожу также происходит газообмен.

## Скелет

- *Череп* в основном состоит из хрящевой ткани (рис. 2.28). Жаберная крышка редуцирована, жаберные дуги преобразовались в различные элементы: слуховую косточку, гортанные хрящи, подъязычную пластинку. С помощью двух затылочных мыщелков череп соединен с шейным позвонком.
- *Позвоночник.* В нем выделяют 4 отдела: шейный, туловищный, крестцовый и хвостовой. В шейном отделе — 1 позвонок; число туловищных колеблется от 7 (бесхвостые) до 100 (безногие); в крестцовом — 1 позвонок; в хвостовом — 20—36 позвонков (выражен у хвостатых), у бесхвостых он редуцирован и представлен несколькими позвонками, сросшимися в одну кость — уростиль. Тела туловищных позвонков имеют спереди вогнутую, а сзади — выпуклую поверхность. Их верхние дуги образуют спинномозговой канал; с боковых сторон отходят поперечные отростки. Ребер нет.
- *Передняя конечность* включает плечевой пояс и скелет свободной конечности. Плечевой пояс состоит из 2 лопаток; 2 коракоидов и 1 грудины. У представите-

лей отряда бесхвостых развивается 2 ключицы. Грудной клетки нет, поэтому плечевой пояс лежит свободно в толще мышц. Свободная передняя конечность состоит из плеча, предплечья (сросшиеся локтевая и лучевая кости) и кисти (запястье, пясть, фаланги пальцев).

- *Задняя конечность* включает тазовый пояс и скелет свободной конечности. Тазовый пояс состоит из подвздошных и седалищных костей и лобкового хряща; он прикрепляется к крестцовому позвонку. Свободная задняя конечность состоит из бедра, голени (сросшиеся большая и малая берцовые кости) и стопы (предплюсна, плюсна, фаланги пальцев). У земноводных по пять пальцев в каждой конечности (у лягушки на передней конечности 4 пальца).

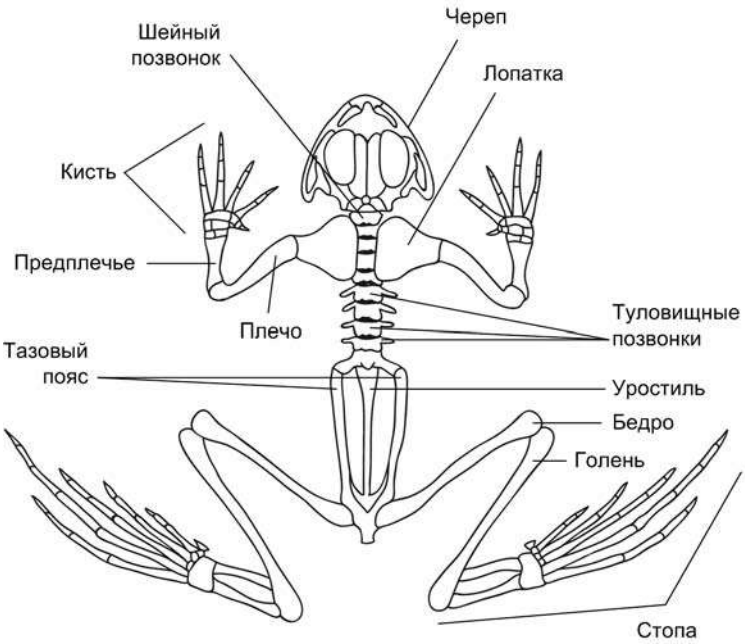



**Рис. 2.28.** Скелет лягушки

*Мышцы*. Метамерия скелетной мускулатуры практически отсутствует. На конечностях развиваются сложно организованные мышцы-антагонисты. Хорошо развиты мышцы ротовой полости (жевательные, мышцы языка, мышцы дна ротовой полости), участвующие в захвате и проглатывании пищи и обеспечивающие вентиляцию легких.

## Внутреннее строение

*Пищеварительная система* (рис. 2.29) начинается ротовой щелью, ведущей в ротоглоточную полость. В ней находятся зубы, язык и открываются протоки слюнных желез (слюнные железы появляются впервые). Зубы конические, мелкие; зубная система — гомодонтного типа. Чаще всего зубы располагаются на верхней челюсти и межчелюстных костях; на нижней челюсти они обычно отсутствуют (у жаб зубов

нет). Язык прикреплен ко дну рта передним концом. Он содержит железистые клетки, выделяющие клейкое вещество для ловли добычи. Секрет слюнных желез не содержит ферментов и выполняет функцию смачивания пищи.

Ротоглоточная полость переходит в короткий пищевод, открывающийся в желудок. От желудка отходит тонкий кишечник, образующий много изгибов и переходящий в толстую кишку, которая заканчивается прямой кишкой, открывающейся в клоаку. Кишечник подвешен к стенке полости с помощью брыжейки. Есть печень (с желчным пузырем) и поджелудочная железа. Протоки поджелудочной железы впадают в протоки желчного пузыря и открываются в 12-перстную кишку.

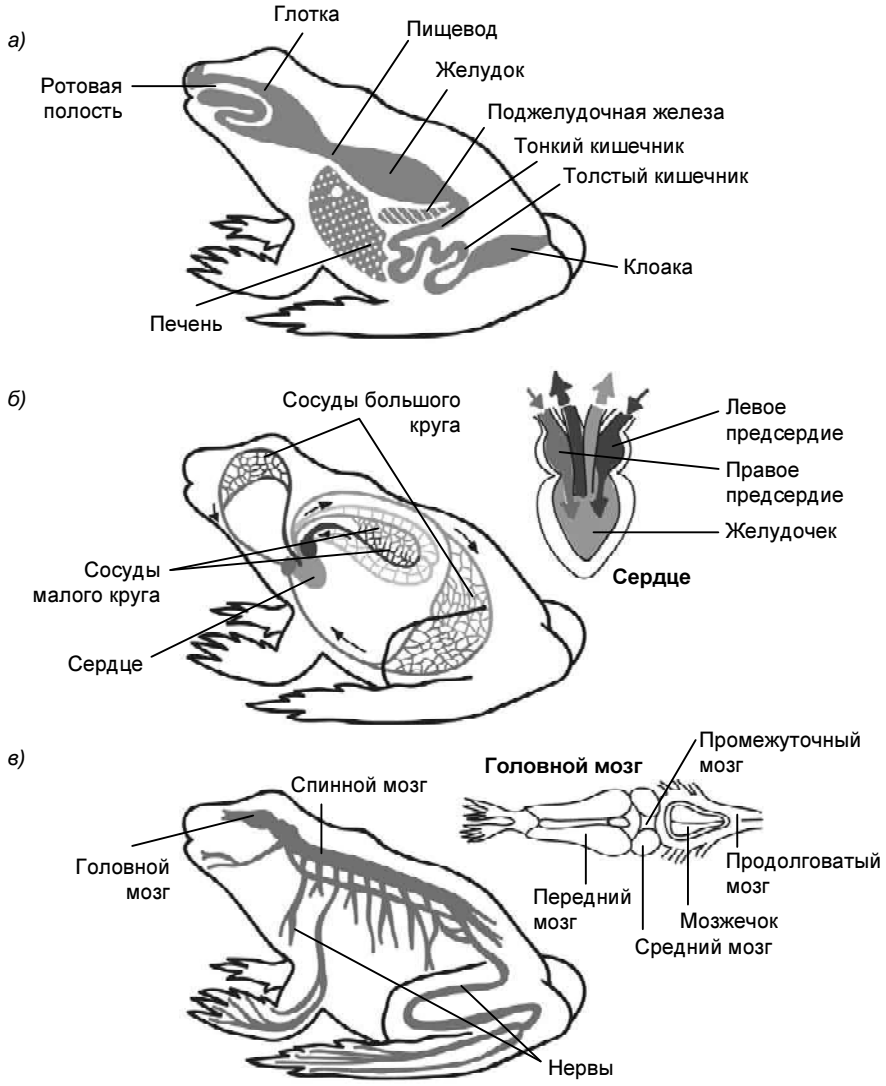



**Рис. 2.29.** Внутреннее строение лягушки: *а* — пищеварительная система; *б* — кровеносная система; *в* — нервная система

*Дыхательная система* состоит из коротких дыхательных путей (носовая и ротоглоточная полость, гортань) и парных легких. Легкие представляют собой полые мешки с крупноячеистыми стенками, открывающиеся в ротоглоточную полость щелью. Важную роль в газообмене (особенно у видов, ведущих преимущественно водный образ жизни) играет кожа — так, у лягушек доля кожного дыхания составляет 50%. У личинок амфибий органом дыхания являются ветвистые наружные жабры.

Механизм вдоха и выдоха довольно сложен из-за отсутствия грудной клетки. При вдохе лягушка открывает ноздри, опускает дно ротовой полости и набирает в нее воздух. После этого ноздри закрываются клапанами, дно ротовой полости поднимается и воздух поступает в легкие. Затем легкие спадаются, сокращаются брюшные мышцы, и происходит выдох.

*Кровеносная система* (см. рис. 2.29) включает сердце и сосуды. У амфибий происходит замещение жаберных артерий рыб гомологичными им сонными артериями (гомологичны первой паре жаберных артерий), системными дугами аорты (гомологичны второй паре) и легочными артериями (гомологичны четвертой паре); появляется задняя полая вена. Кровь содержит все форменные элементы, во взрослых эритроцитах есть ядро.

Сердце трехкамерное (2 предсердия и 1 желудочек). Предсердия сообщаются с желудочком через общее отверстие. В левом предсердии кровь артериальная, в правом — венозная, в желудочке — смешанная (при этом в правой части желудочка преобладает венозная кровь, а в левой части — артериальная). Есть венозная пазуха (сообщается с правым предсердием) и артериальный конус.

У амфибий два круга кровообращения. От артериального конуса отходят три пары артерий (каждая из них начинается самостоятельным отверстием): сонные артерии (несут кровь к голове); системные дуги аорты (несут кровь к остальной части тела); легочные артерии (несут кровь к легким и коже). От передней части (в том числе от кожи) тела кровь собирается в передние полые вены; от задней части тела — в заднюю полую вену; полые вены впадают в венечный синус. Из легких кровь по легочным венам идет в левое предсердие.

*Выделительная система* состоит из парных первичных почек и протоков, впадающих в клоаку. Почки имеют удлиненную форму и лежат по бокам от позвоночника. От них отходят выводные протоки (вольфовы каналы), впадающие в клоаку и служащие у самок только для выделения, у самцов являющиеся одновременно и семяпроводами. Есть мочевой пузырь, открывающийся в клоаку независимо. Основной продукт выделения — мочевина.

*Нервная система.* Центральная нервная система представлена спинным и головным мозгом (ихитопсидного типа); периферическая — нервами, отходящими от них (см. рис. 2.29). В переднем мозге произошло полное разделение полушарий и относительное увеличение этого отдела. Крыша переднего мозга содержит нервные клетки, т. е. в нем появляется старая кора или архипаллиум. Мозжечок развит слабо, что связано с довольно однообразными движениями. Остальные отделы — как у всех позвоночных. От головного мозга отходят 10 пар черепно-мозговых нервов.

*Органы чувств:*

- орган зрения — глаза. Появляются две подвижные кожистые веки, защищающие глаза от высыхания и загрязнения; кроме нижнего и верхнего века есть третье веко — мигательная перепонка. Роговица выпуклая, хрусталик — линзовидный, двояковыпуклый. Аккомодация происходит только с помощью перемещения хрусталика;
- орган слуха состоит из среднего и внутреннего уха. Среднее ухо представлено впервые появившейся барабанной перепонкой и барабанной полостью (в ней находится одна слуховая косточка — стремечко). Есть евстахиева труба, соединяющая полость среднего уха с ротовой полостью. Внутреннее ухо состоит из полукружных каналов, содержащих слуховые рецепторы;
- орган обоняния — парные обонятельные мешки (капсулы) с обонятельными рецепторами. Обонятельные мешки сообщаются с ротовой полостью (при помощи внутренних ноздрей или хоан) и с внешней средой (через ноздри);
- в коже есть температурные, болевые и тактильные рецепторы. В ротовой полости есть осязательные рецепторы, позволяющие ощущать положение пищи;
- у личинок есть боковая линия. У взрослых форм боковая линия сохраняется только у некоторых водных амфибий из отряда Хвостатых. Чувствительные клетки этого органа расположены на поверхности тела.

**Размножение и развитие**

Половая система представлена парными половыми железами — семенниками (у самцов) и яичниками (у самок). От семенников отходят короткие канальца, открывающиеся в вольфовы каналы, которые перед впадением в клоаку образуют семенные пузырьки (для накопления сперматозоидов). У самок есть парные яйцеводы (мюллеровы каналы), впадающие в клоаку.

Размножение обычно происходит весной. В этот период у многих земноводных выражен половой диморфизм: например, самцы остромордой лягушки в брачный период приобретают голубую окраску, а на шее у них развиваются особые мешки — резонаторы, с помощью которых они издают звуки; у самцов тритонов также изменяется окраска и появляется гребень на спине. Для большинства земноводных характерно наружное оплодотворение, но у некоторых видов оно внутреннее (хвостатые, безногие).

После оплодотворения образуются яйца, из которых развиваются личинки, т. е. развитие происходит с метаморфозом (рис. 2.30). Личинка лягушки называется головастиком и по многим признакам похожа на рыб: есть жабры, боковая линия, один круг кровообращения, сердце двухкамерное.

У некоторых земноводных выявлено живорождение (пустынная жаба, пятнистая саламандра). Для ряда видов характерна неотения — размножение на стадии личинки (амбистома и ее личинка аксолотль).

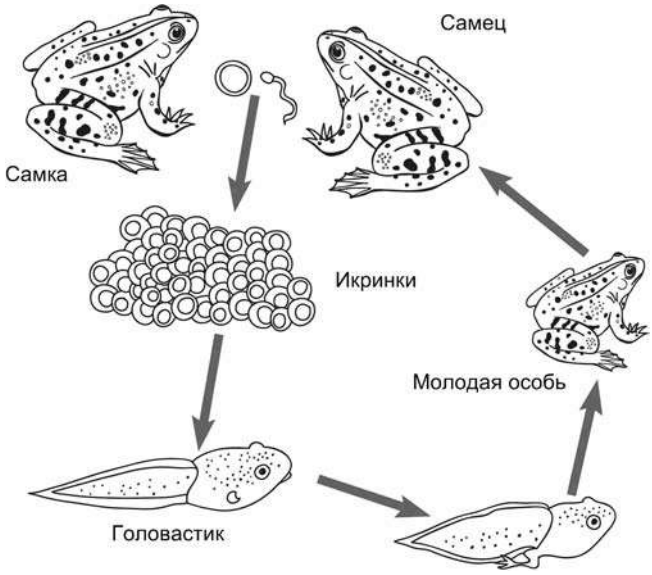



**Рис. 2.30.** Жизненный цикл лягушки

### Сезонная и суточная активность земноводных

Во влажных тропических лесах земноводные активны круглый год, в умеренном поясе они активны лишь в теплое время года, а на зиму впадают в спячку: например, остромордая лягушка и обыкновенный тритон зимуют на суше (под листьями, в закрытых ямах, норах грызунов); травяная лягушка зимует на дне водоемов. В полупустынях и саваннах земноводные впадают в спячку во время засушливого сезона. Суточная активность тесно связана с особенностями обитания: преимущественно наземные животные активны в основном ночью; водные формы активны в течение всех суток или днем.

### Систематика земноводных

- *Отряд Безногие* — это специализированная и примитивная группа амфибий, ведущая подземный образ жизни. Форма тела червеобразная, ног нет, кожа голая с большим количеством желез. Глаза рудиментарны. Обитают в Южной Америке, Азии и тропической Африке. Представители: червяги, рыбозмеи.
- *Отряд Хвостатые.* У них удлиненное тело, хорошо развит хвост, передняя и задняя конечность одинаковой длины. Задние конечности иногда отсутствуют. Есть зачатки ребер, ключица отсутствует; предплечье и голень состоят из двух несросшихся костей. Сильно развито кожное дыхание. Представители: тритоны, саламандры, амбистома, протей.
- *Отряд Бесхвостые* составляют основную массу амфибий. Обитают на всех материках, кроме Антарктиды, но наиболее многочисленны в Южной Америке. Имеют довольно однообразный общий план строения. Представители: лягушки, жабы, квакши, жерлянки.

### Происхождение земноводных

Предковая группа — кистеперые рыбы. Это доказывается наличием в строении таких черт, как легочное дыхание, особенности конечностей (отделы конечностей кистеперых рыб похожи по строению на соответствующие отделы конечностей амфибий).

Около 300 млн. лет назад в пресных водоемах появились первые амфибии — ихтиостеги, которые были переходной формой между кистеперыми рыбами и земноводными. У них имелись рудименты жаберной крышки и настоящий рыбий хвост, кожа была покрыта рыбьей чешуей. Наряду с этим они имели парные пятипалые конечности. От них возникли стегоцефалы, просуществовавшие до мезозоя и давшие начало всем современным группам амфибий, которые появились в конце мезозоя (конец юры — начало мела).

### Значение земноводных

- Уничтожение вредителей сельского хозяйства и переносчиков различных болезней (слизней, личинок комаров и взрослых особей и т. д.).
- В некоторых европейских (Франция) и азиатских (Таиланд, Вьетнам) странах многих земноводных, например лягушек, употребляют в пищу.
- Использование для научных целей (опытов и т. п.).

## Класс Пресмыкающиеся (Рептилии)

Около 7000 видов. Обитают в наземно-воздушной, водной и почвенной средах.

### Общие признаки

- Орган дыхания — легкие.
- Появились зародышевые оболочки.
- Размножаются на суше, внутреннее оплодотворение, развитие прямое.
- Холоднокровные животные.

Характеристика класса рассматривается на примере *прыткой ящерицы*.

### Внешнее строение

У ящерицы тело вытянутое, состоит из головы, шеи, туловища, хвоста и двух пар конечностей (рис. 2.31). Наличие шеи обуславливает подвижность головы. Парные конечности наземного типа, поднимающие тело: коленное сочленение нижних конечностей направлено не в бок, а вперед. Возможна регенерация: так, ящерица при опасности может отбрасывать хвост, который затем вырастает заново.

Кожа сухая, практически лишена желез. Происходит ороговение эпидермиса: верхний слой постоянно снашивается и заменяется клетками, которые образуются в нижнем слое. На поверхности образуются чешуя, щитки и костные пластины. Кожа утратила способность к газообмену, испарению воды и выделению продуктов метаболизма. Ее основная функция — защита от потерь воды (т. е. от испарения).

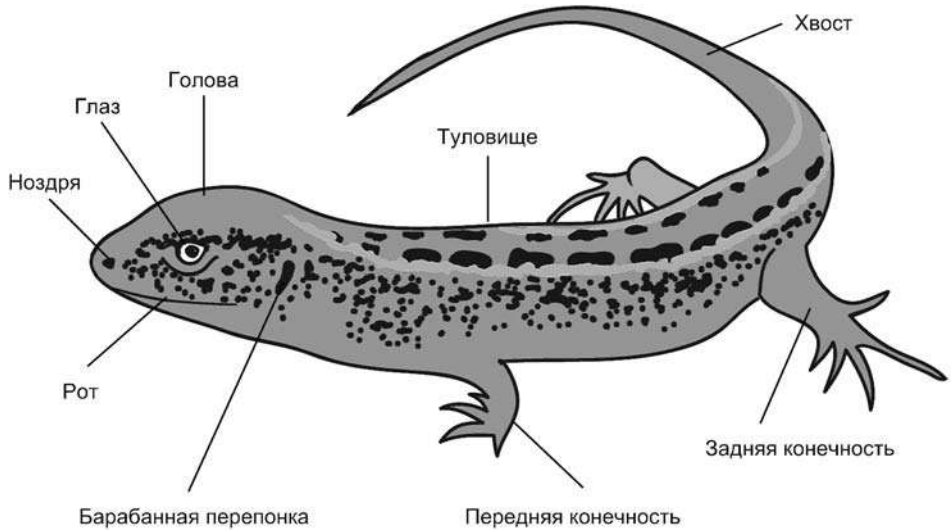



**Рис. 2.31.** Внешнее строение ящерицы

Также кожа содержит пигментные клетки — хроматофоры, придающие окраску животному. Характерна линька, когда сбрасывается верхний слой кожи.

## Скелет

- *Череп.* У рептилий череп почти полностью окостеневает, формируется цельная черепная коробка (рис. 2.32). В черепе содержится большое число костей. Череп соединяется с позвоночником с помощью одного мыщелка.

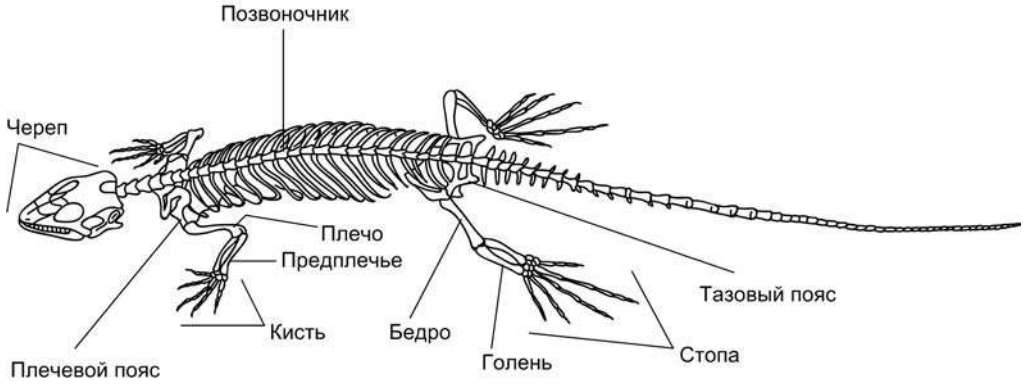



**Рис. 2.32.** Скелет ящерицы

- *Позвоночник* состоит из 5 отделов: шейного (8 позвонков), грудного, поясничного, крестцового и хвостового. В шейном отделе особое строение имеют два первых позвонка: атлант и эпистрофей. К атланту прикрепляется череп, и атлант имеет отверстие, в которое заходит отросток эпистрофея. Вокруг этого отростка и вращается атлант с черепом. Ко всем пояснично-грудным позвонкам крепятся

ребра. Первые пять пар ребер спереди прикрепляются к грудине: у рептилий возникает грудная клетка (у змей грудины нет). Тела хвостовых позвонков разделены тонкой прослойкой на две части, поэтому при отбрасывании хвоста при опасности разрыв происходит не между позвонками, а по этой прослойке.

- *Передняя конечность* состоит из пояса и свободной конечности. Плечевой пояс представлен коракоидом, лопаткой и ключицей. Через коракоид он жестко соединен с грудиной. Скелет свободной конечности включает три отдела: плечо, предплечье (локтевая и лучевая кости), кисть (запястье, пясть, фаланги пальцев).
- *Задняя конечность* состоит из пояса и свободной конечности. Тазовый пояс состоит из подвздошных, седалищных и лобковых костей и прикреплен к крестцовому отделу позвоночника. Скелет свободных конечностей включает три отдела: бедро, голень (большая и малая берцовая кости), стопа (предплюсна, плюсна, фаланги пальцев). В передней и задней конечности по 5 пальцев.

*Мышцы.* Метамерия мышц не сохраняется. Происходит усиление дифференцировки скелетных мышц, развитие жевательной, шейной мускулатуры и мышц конечностей, появляются межреберные мышцы.

**Внутреннее строение**

*Пищеварительная система* начинается ротовой полостью, в которой находятся зубы и язык (рис. 2.33). У большинства рептилий имеются одинаковые зубы (гомодонтная зубная система), прочно прирастающие к челюстям и нёбным костям. На дне ротовой полости расположен язык, прикрепленный сзади и свободный впереди. Он выполняет функции осязания и хеморецептора. У крокодилов и черепах носоглоточные ходы отделены от ротовой полости вторичным нёбом. Слюнные железы хорошо развиты, а слюна содержит пищеварительные ферменты. У многих видов слюна видоизменилась в яд, служащий для умерщвления добычи (змеи).

Ротовая полость переходит в глотку, от которой отходит пищевод, открывающийся в желудок. Желудок хорошо выражен и снабжен сильной мускулатурой. От желудка отходит двенадцатиперстная кишка (тонкий кишечник), в которую впадают протоки печени и поджелудочной железы. Тонкий кишечник переходит в толстый, который заканчивается прямой кишкой, переходящей в клоаку. На границе тонкого и толстого кишечника есть слепая кишка (она хорошо развита у наземных травоядных черепах).

*Дыхательная система.* Воздухоносные пути представлены следующими органами: ноздри, носовая полость, гортань, трахея, бронхи. Трахея появляется впервые. Легкие имеют мелкоячеистое строение. Происходит увеличение поверхности газообмена за счет складчатого ячеистого строения стенок легких.

Во вдохе и выдохе у рептилий активно участвуют межреберные мышцы грудной клетки: рептилии вдыхают и выдыхают воздух через ноздри путем расширения и сужения грудной клетки.

*Кровеносная система.* Два круга кровообращения, трехкамерное сердце (2 предсердия и 1 желудочек) с неполной перегородкой в желудочке (см. рис. 2.33). Арте-

риальный конус редуцирован. В левом предсердии — артериальная кровь, в правом — венозная, в желудочке — смешанная, но очень незначительно благодаря наличию перегородки, которая во время систолы разделяет желудочек на два отдела (хотя и не полностью). У крокодилов сердце четырехкамерное. Кровь содержит все форменные элементы, эритроциты — ядерные.

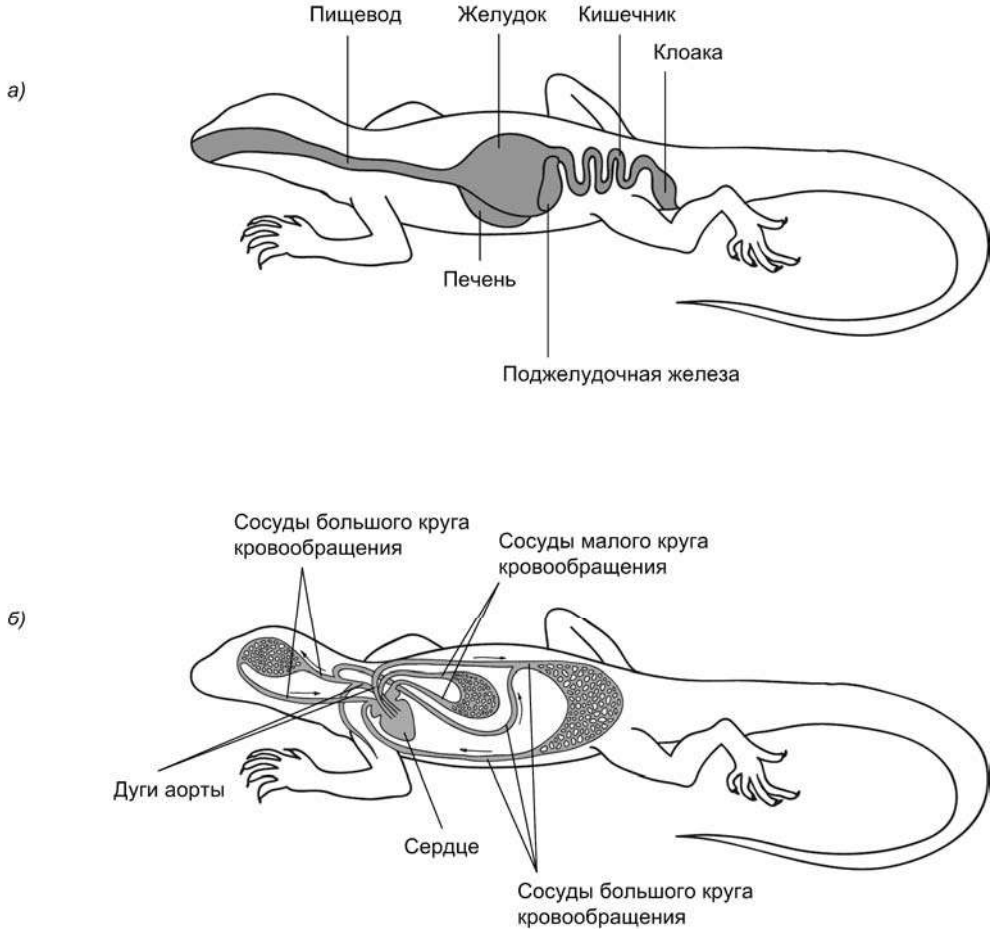



**Рис. 2.33.** Внутреннее строение рептилий:
*а* — пищеварительная система; *б* — кровеносная система

От желудочка отходят три сосуда: легочная артерия (от правой части желудочка, содержит венозную кровь), левая дуга аорты (от середины, смешанная кровь) и правая дуга аорты (от левой части, артериальная кровь). По легочной артерии кровь идет в легкие, где она насыщается кислородом. От правой дуги аорты отходят сонные артерии, снабжающие мозг артериальной кровью. На спинной стороне тела правая и левая дуга аорты сливаются в спинную аорту, которая содержит смешанную кровь с преобладанием артериальной. По ней кровь идет ко всем внутренним органам. Кровь собирается в полые вены (передние и задние), впадающие в веноз-

ный синус, и легочные вены, которые впадают в левое предсердие. Есть воротная система почек и воротная система печени.

*Выделительная система* включает парные вторичные (тазовые) почки, располагающиеся в тазовой области по бокам от клоаки, и мочеточники, которые открываются в клоаку. Почки рептилий — это сравнительно короткие тела продолговатой формы. Есть мочевой пузырь, который открывается в клоаку независимо. Продукты распада — в основном мочевая кислота.

*Нервная система.* Выделяют центральную (головной и спинной мозг) и периферическую нервную систему. Тип мозга зауропсидный. Большие полушария крупные, хорошо развитые, их поверхность гладкая; покрыты корой из серого вещества: развита древняя кора (архикортекс) и появляется зачаток новой коры (неокортекс). Средний мозг рептилий теряет свое значение ведущего отдела, его размер уменьшается. Мозжечок развит лучше, чем у амфибий. Остальные отделы — как у всех позвоночных. Также есть особый теменной орган, состоящий из прозрачного переднего отдела и бокалообразной задней части. Он воспринимает световые раздражения и хорошо развит у клювоголовых и ящериц. От головного мозга отходит 12 пар черепно-мозговых нервов.

*Органы чувств:*

- органы зрения — глаза. Они снабжены двумя подвижными веками, есть третье веко — мигательная перепонка. Хорошо развиты слезные железы. Характерна аккомодация глаза с помощью перемещения хрусталика и изменения его кривизны. У змей и гекконов верхнее и нижнее веко срастаются и становятся прозрачными;
- орган слуха представлен средним и внутренним ухом. Есть барабанная перепонка и одна слуховая косточка (стремечко). Во внутреннем ухе расположена обособившаяся улитка и полукружные каналы. У некоторых видов барабанная перепонка отсутствует;
- органы обоняния — внутри парных ноздрей расположены обонятельные рецепторы. Есть специальный якобсонов орган, представляющий собой слепо заканчивающуюся полость, отходящую от крыши рта. Он воспринимает запах пищи, находящейся во рту;
- органы осязания: язык и отдельные волоски на краях чешуй;
- органы вкуса — вкусовые луковицы в ротовой полости и в глотке;
- у некоторых змей (гремучие змеи) есть специальные ямки (на голове), воспринимающие тепловое излучение.

*Половая система.* Рептилии — это раздельнополые животные, для некоторых видов характерен половой диморфизм. Есть парные половые железы (семенники у самцов и яичники у самок) и протоки, открывающиеся в клоаку. У самцов есть совокупительный орган. В яйцеводах есть железы, секрет которых образует вокруг яйца наружные оболочки. Яйцо снаружи покрыто либо кожистой оболочкой (ящерицы), либо скорлупой (крокодилы).

Оплодотворение внутреннее. Характерно откладывание яиц (черепахи, крокодилы, змеи), яйцеживорождение (в теле самки образуются яйца, но не откладываются во внешнюю среду, а в них развивается молодая особь; встречается у веретеницы, медянки), реже живорождение (гадюки, сцинки). Развитие прямое. Забота о потомстве может быть сильно развита (крокодилы) или практически отсутствовать (ящерицы, черепахи).

У некоторых видов ящериц и змей открыт партеногенез: самцы обычно отсутствуют, а самки откладывают неоплодотворенные яйца, из которых развиваются новые особи.

**Систематика рептилий**

- *Отряд Черепахи* — наиболее специализированная группа рептилий. Есть костный панцирь, состоящий из карапакса (верхняя часть) и пластрона (нижняя часть), в который заключено туловище; в него могут убираться шея, голова, конечности и хвост. Характерно вторичное нёбо. Зубов нет, они заменены роговыми чехлами на челюстных костях. Головной мозг развит слабо, а спинной, наоборот, очень сильно. Зрение хорошее, слух слабый. Все откладывают яйца. Представители: бисса (каретта), степная черепаха, болотная черепаха.
- *Отряд Клювоголовые* — один современный вид: гаттерия, обитающая на островах недалеко от Новой Зеландии. Внешне похожа на ящерицу, но имеет ряд отличных от нее признаков. Между телами позвонков сохраняется хорда. Имеются остатки панциря на брюшной поверхности в коже. Хорошо развит теменной глаз (он имеет хрусталик и сетчатку). Барабанной перепонки нет. Откладывает яйца, развитие эмбрионов в яйце происходит очень медленно (более года).
- *Отряд Крокодилы* — вторичноводные животные, распространенные в экваториальных, тропических и субтропических районах. Хищники и рыбоядные формы. Тело сплюснуто сверху вниз, а хвост — с боков. На задних лапах 4 пальца с плавательными перепонками, на передних 5 пальцев и перепонки нет. Зубы сидят в альвеолах, как у млекопитающих. Развивается вторичное костное нёбо. Четырехкамерное сердце. Откладывают яйца, которые охраняются самкой до вылупления молодых особей. Молодые крокодильчики некоторое время также находятся под защитой самки. Представители: крокодил, кайман, аллигатор, гавиал.
- *Отряд Чешуйчатые* — включает два подотряда: Змеи и Ящерицы. *Змеи* — это безногие рептилии. Имеют длинное тело, ползают или "пресмыкаются", что дало название всему классу. Нет подвижных век и барабанных перепонок. Характерно подвижное сочленение левой и правой половин челюстного аппарата, нет плечевого пояса, но есть остатки тазового пояса. Очень много позвонков (от 100 до 430), ребра свободные, т. к. нет грудины. Одно легкое, второе — рудиментарно; мочевого пузыря нет, почки и половые железы сильно вытянуты. Головной мозг небольшого размера. Линька происходит целиком (как чулок), включая поверхностный слой век. Выделяют ядовитые и неядовитые формы (последних большинство). Представители: удав, питон, анаконда, уж, полоз, кобра, гремучая змея, гадюка. *Ящерицы* — наиболее многочисленная группа современных реп-

тилий. Распространены на всех континентах, кроме Антарктиды. Представители: агама, геккон, варан, игуана, хамелеон, веретеница.

**Происхождение рептилий**

Предковая группа — древние амфибии (стегоцефалы). Первыми рептилиями были котилозавры, появившиеся в палеозойскую эру. По многим признакам они были близки к стегоцефалам: один крестцовый позвонок, слабое развитие шейного отдела позвоночника, не специализированные короткие конечности.

Дальнейшая эволюция шла по пути увеличения подвижности, уменьшения веса скелета, изменения строения конечностей и черепа. От котилозавров произошли первоящеры (давшие начало отряду клювоголовых), черепахи, предки зверей (зверозубые ящеры) и диапсидные рептилии, от которых появились крокодилы, крылатые ящеры, динозавры, чешуйчатые и предки птиц.

Наиболее многочисленной группой вымерших рептилий являются *динозавры*. Они появились в триасе и просуществовали до конца мезозойской эры. Размеры динозавров очень сильно варьировали: встречались мелкие виды (длина тела 30—50 см) и настоящие гиганты длиной до 30 м и массой до 50 т, т. е. самые крупные наземные животные нашей планеты. По питанию среди динозавров различают травоядных животных и хищников.

Динозавры были распространены по всему земному шару. Они обитали во влажных тропических лесах, около водоемов, на открытых травянистых пространствах и даже в пустынях. Однако в конце мезозоя все динозавры вымерли. Основными причинами обычно называют следующие: изменение климата, интенсивные процессы горообразования, смена растительности, катастрофические явления (предполагают падение метеорита).

В отдельную группу выделяют водных рептилий того времени (ихтиозавров и плезиозавров), а также крылатых ящеров. *Ихтиозавры* внешне напоминали современных дельфинов. Они питались водными животными, в основном рыбами. *Плезиозавры* характеризовались длинной шеей и мощным телом с хорошо развитыми ластами. Ихтиозавры и плезиозавры вымерли в конце мезозоя. *Крылатые ящеры* были способны к полету и обладали крыльями. Их крылья представляли собой складки кожи. На грудине у них, как и у птиц и рукокрылых, был развит киль. Среди них встречались очень крупные формы: птеранодоны достигали массы 50—60 кг и имели размах крыльев до 12 м, хотя размеры большинства видов не превышали одного метра.

**Значение рептилий**

- Пищевое (в основном страны Азии и Африки).
- Уничтожение вредителей сельского хозяйства (ящерицы и змеи, в основном в тропических странах).
- Получение яда и производство из него лекарств.
- Производство кожных изделий: сумок, обуви, ремней, чемоданов.

- Производство украшений (используется панцирь черепахи каретта).
- Представляют опасность для отдельного человека (ядовитые змеи, крокодилы).

## Класс Птицы

Около 9000 видов. Обитают в наземно-воздушной среде, могут использовать водную и почвенную среды. Птицы распространены по всему земному шару.

### Общие признаки

- Есть перья, передние конечности превращены в крылья, большинство способно к полету.
- Откладывают яйца.
- Четырехкамерное сердце и полное разделение артериального и венозного кровотоков.
- Теплокровные животные.
- Высокий уровень развития нервной системы и органов чувств.

Характеристика птиц дается на примере *сизого голубя*.

### Внешнее строение

Для птиц характерна обтекаемая форма тела. Есть голова (очень подвижна за счет гибкости мышц шеи), шея, туловище, хвост и две пары конечностей. Верхняя и нижняя челюсти покрыты роговым чехлом, который образует клюв. Передние конечности видоизменены в крылья. На концах пальцев нижней конечности находятся когти; нижняя часть ног (обычно цевка, иногда еще и голень) покрыта роговыми щитками. На нижних конечностях у птиц обычно 3 или 4 пальца, но бывает и 2 (африканский страус). При четырехпалой конечности чаще всего первый палец обращен назад, а три других вперед. Иногда встречается другое расположение: два пальца вперед, два пальца назад (дятлы).

Покров тела образован тонкой сухой кожей, лишенной желез. Есть только копчиковая железа, секрет которой сохраняет эластичность перьевого покрова и повышает его водоотталкивающие свойства (у некоторых птиц, например у страусов, ее нет).

Птицы покрыты перьями разного вида, которые находятся на определенных участках тела — *птерилиях*. Участки тела, лишенные перьев, называются *аптериями*. Перо (рис. 2.34) состоит из стержня и опахала; нижняя часть стержня, погруженная в кожу, называется *очином*. *Опахало* (рис. 2.35) состоит из многочисленных длинных бородок первого порядка, на которых сидят бородки второго порядка, снабженные мелкими крючками, которые сцепляют бородки между собой.

Выделяют следующие типы перьев (рис. 2.36):

- контурные — самые крупные перья, имеющие классическое строение, описанное выше. Среди контурных перьев выделяют маховые (длинные перья, формирующие лопасть крыла), рулевые (длинные перья хвоста) и кроющие (покрывают верхнюю часть крыла);

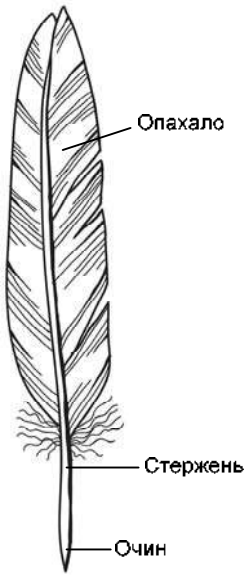



**Рис. 2.34.** Внешнее строение пера

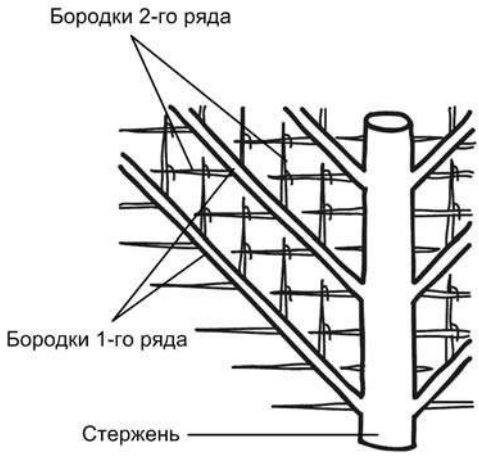



**Рис. 2.35.** Микроскопическое строение пера

- пуховые — бородки не сцепляются между собой и не образуют сомкнутого опахала;
- нитевидные — имеют длинный и тонкий стержень с зачатками бородок на вершине;
- пух — имеет укороченный стержень, от вершины которого бородки отходят одним пучком;
- щетинки — это перья, полностью лишенные бородок и состоящие только из стержня. Чаще всего находятся в углах рта.

Функции перьев: участие в терморегуляции и движении, защита, образование плоскостей для полета (на крыльях и на хвосте), участие в ловле добычи (щетинки).

**Рис. 2.36.** Типы перьев

## Скелет

В целом скелет птиц прочный и легкий, что достигается высоким содержанием минеральных солей в костях, срастанием отдельных костей и пневматичностью костей (рис. 2.37).

- *Череп* характеризуется увеличением черепной коробки, крупными глазницами и срастанием костей. В висцеральном отделе происходит пол-

ное срастание нёбных костей, преобразование челюстных костей в клюв. Ряд костей черепа имеет полости, заполненные воздухом.

- *Позвоночник* состоит из 5 отделов. Шейный отдел (11—25 седловидных позвонков) длинный и обладает значительной подвижностью, что обусловливается строением позвонков. Первые два позвонка (атлант и эпистрофей) типичны для амниот. Грудные позвонки (от 3 до 10) сращены между собой и крестцом. Они несут ребра, неподвижно соединенные с грудиной и образуют грудную клетку. Ребро состоит из двух отделов, благодаря чему грудина может приближаться или отодвигаться от позвоночника, т. е. изменять объем грудной клетки. У большинства птиц (кроме страусов) грудина несет вырост — киль, служащий для прикрепления грудных мышц. Поясничные позвонки полностью срастаются между собой, с подвздошными костями тазового пояса и с крестцовыми позвонками. Крестцовые позвонки также срастаются с частью хвостовых позвонков, при этом образуется сложный крестец (истинно крестцовых позвонков только 2). В хвостовом отделе от 6 до 9 свободных позвонков; он заканчивается копчиковой костью (несколько сросшихся позвонков), к которой крепятся рулевые перья.

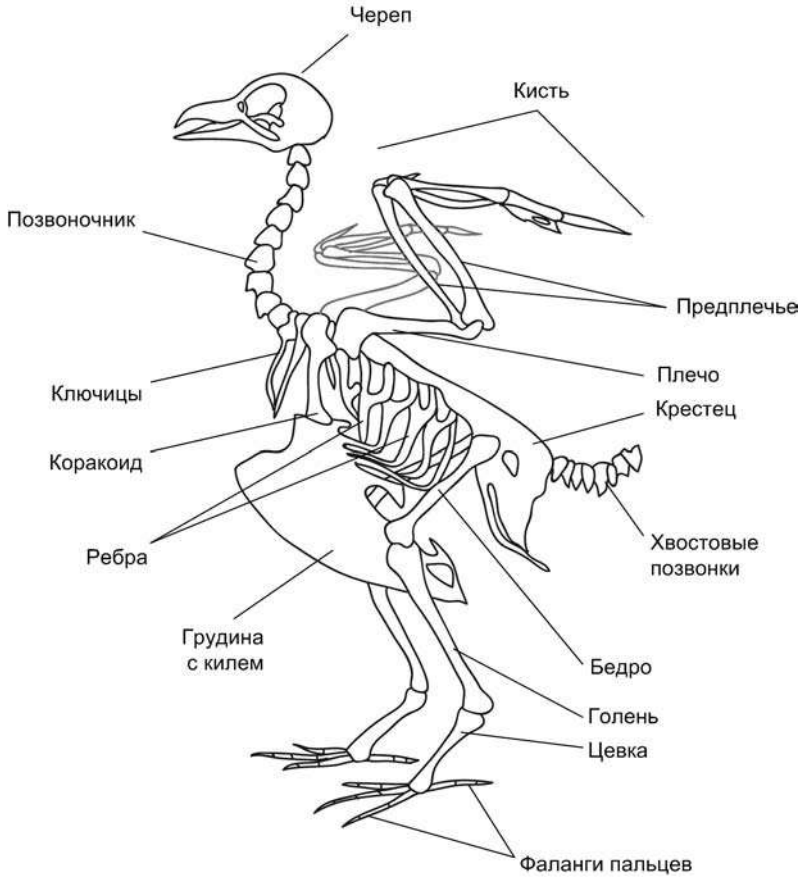



**Рис. 2.37.** Скелет птицы

- *Передняя конечность* состоит из пояса и свободной конечности. Плечевой пояс состоит из лопатки, коракоида и ключицы. Левая и правая ключица срастаются между собой, образуя кость под названием вилочка, что придает поясу дополнительную упругость. Плечевой пояс прикреплен к грудине и грудным позвонкам. Свободная передняя конечность представлена плечом, предплечьем (локтевая и лучевая кости), пряжками (сросшиеся кости запястья и пясти), фалангами пальцев. Из пальцев сохраняются только три.
- *Задняя конечность* состоит из пояса и свободной конечности. Тазовый пояс состоит из подвздошной, седалищной и лобковой костей, сросшихся между собой и со сложным крестцом. Свободная задняя конечность состоит из бедра, голени (большая берцовая и малая берцовая кости, которая рудиментарна и срастается с большой), цевки (сросшиеся кости предплюсны и плюсны), фаланг пальцев.

*Мускулатура.* Происходит увеличение массы скелетных мышц, усложнение мускулатуры шеи, мышц крыла, задних конечностей, грудной клетки. Хорошо развита подкожная мускулатура, позволяющая менять положение перьев. Основные мышцы — грудные (до 20% массы тела), опускающие крыло при полете, и подключичные мышцы, поднимающие крыло. На нижних конечностях развита особая мышца — глубокий сгибатель пальцев, которая фиксирует пальцы в согнутом положении и не дает птице упасть, например, во время сна.

**Внутреннее строение**

*Пищеварительная система.* Органом захвата пищи является клюв, состоящий из надклювья и подклювья. В основании надклювья может находиться восковица (голуби), которая служит органом осязания. Строение клюва очень разнообразно и отражает экологическую специализацию птицы.

Пищеварительная система (рис. 2.38) начинается ротовой полостью, в которой отсутствуют зубы. К дну ротовой полости прикреплен подвижный язык, у разных птиц имеющий различную форму. Слюнные железы хорошо развиты. Ротовая полость переходит в глотку и далее в длинный пищевод, который у многих птиц расширяется и образует зоб, в котором временно пребывает пища и происходит ее первичная химическая обработка. У голубей стенки зоба выделяют особое вещество (так называемое молочко), которым они выкармливают птенцов. Ниже расположен желудок, обычно состоящий из двух отделов: железистого (расположен первым по ходу движения пищи и отвечает за химическую обработку пищи ферментами) и мускульного (обеспечивает перетирание пищи с помощью стенок и мелких камешков, которые птицы специально заглатывают). Сильнее всего мускульный отдел развит у птиц, питающихся грубым кормом (куриные). От желудка отходит тонкий кишечник, который переходит в толстый, не дифференцированный на толстую и прямую кишку. На границе между тонким и толстым кишечником у птиц есть два небольших слепых отростка. Толстый кишечник открывается в клоаку, на спинной стороне которой имеется вырост — фабрициева сумка (это железа внутренней секреции). Для всех птиц характерна очень высокая скорость пищеварения. У голубя нет желчного пузыря, у большинства птиц — есть.

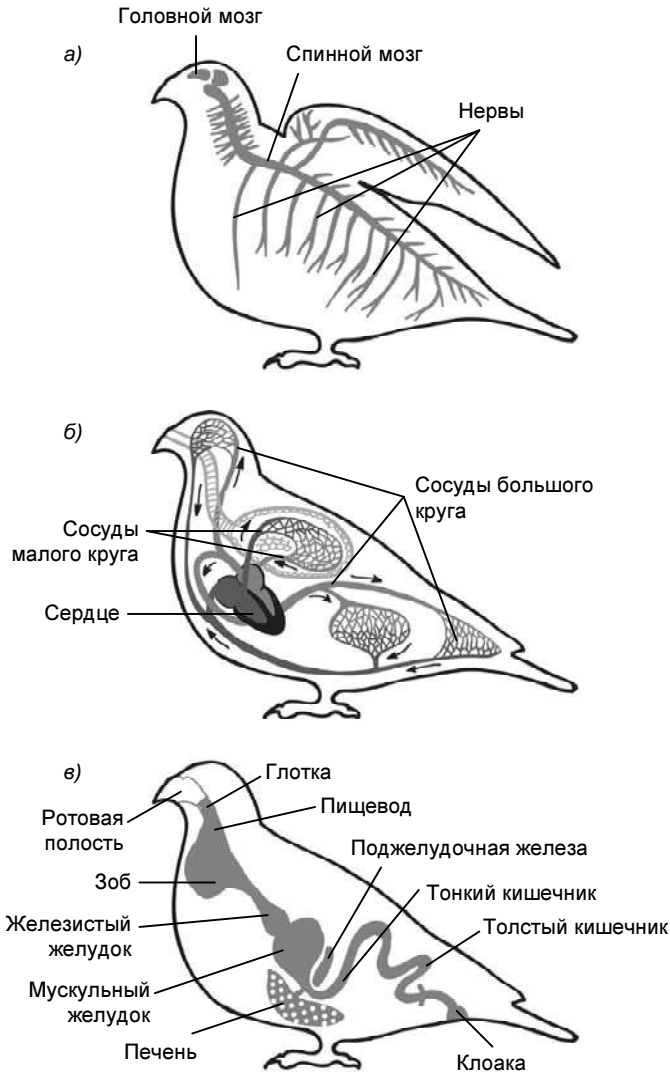



**Рис. 2.38.** Внутреннее строение птицы: *а* — нервная система; *б* — кровеносная система; *в* — пищеварительная система

*Дыхательная система.* В ее состав входят легкие (парные, без полости внутри) и воздухоносные пути (ноздри, носовая полость, гортань, трахея, бронхи, воздушные мешки).

У птиц есть верхняя (она свойственна всем позвоночным и находится перед трахеей) и нижняя гортань (развита только у птиц, находится в месте разделения трахеи на бронхи). Нижняя гортань играет роль голосового аппарата — в ней находятся голосовые связки. К ним крепятся специальные певчие мышцы, которые могут менять их положение и форму, следовательно, и разнообразить звуки.

Войдя в легкие, бронх многократно ветвится на вторичные бронхи. Часть из них выходит за пределы легкого и образует воздушные мешки (всего 5 пар). Объем воздушных мешков в 10 раз больше объема легких. Вторичные бронхи сообщаются между собой с помощью тонких каналов — парабронхов, от которых отходят бронхиолы (радиально расположенные ячеистые выросты), густо оплетенные кровеносными сосудами, в которых происходит газообмен.

*Механизм дыхания.* При вдохе грудина отодвигается от позвоночника, грудная клетка расширяется, объем полости тела увеличивается, воздушные мешки расширяются и засасывают воздух. При этом воздух из трахеи поступает в задние воздушные мешки и в легкие, а из легких — в передние воздушные мешки. При выдохе грудина смещается к позвоночнику, объем грудной клетки и полости тела уменьшается и под давлением внутренних органов воздух из задних мешков поступает в легкие, а из передних мешков — наружу. Более полному насыщению крови кислородом способствует движение крови в легких навстречу току воздуха.

Таким образом, у птиц насыщение крови кислородом происходит дважды — при вдохе и при выдохе. Такой механизм дыхания получил название *двойного дыхания* (рис. 2.39).

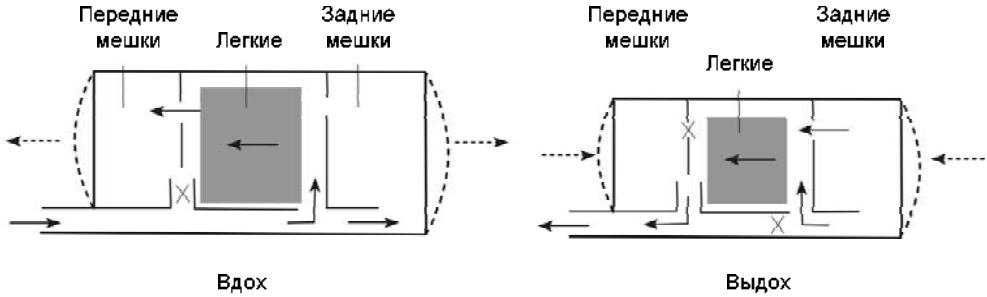



**Рис. 2.39.** Механизм дыхания у птиц

*Кровеносная система* (см. рис. 2.38) включает два круга кровообращения, четырехкамерное сердце (2 предсердия и 2 желудочка) и сосуды. Сердце разделено перегородкой на две половины, в левой содержится артериальная кровь, в правой — венозная. У птиц относительные размеры сердца значительно больше, чем у других позвоночных (даже по сравнению с млекопитающими). Артериальная и венозная кровь у птиц никогда не смешивается. Кровь содержит все форменные элементы, эритроциты — безъядерные. У птиц происходит редукция левой дуги аорты и почти полная редукция воротной системы почек.

От правого желудочка кровь поступает в легочные артерии и двигается в легкие, где она окисляется. Из легких она собирается в легочные вены и впадает в левое предсердие. Из него артериальная кровь поступает в левый желудочек и выбрасывается в правую дугу аорты, от которой отходят различные артерии, несущие кровь ко всем органам. Из органов венозная кровь собирается в вены: из передней части в верхнюю полую вену; из задней части — в заднюю полую вену. Обе вены впадают в правое предсердие. Развита воротная система печени.

*Выделительная система* представлена парными вторичными (тазовыми) почками и мочеточниками, открывающимися в клоаку. Почки лежат в области крестца; они темно-красного цвета, округлой формы. Мочевого пузыря нет. Продукты распада (в основном — мочевая кислота) поступают по мочеточникам в клоаку, где происходит обратное всасывание воды. Продукты распада удаляются вместе с непереваренными остатками через анальное отверстие.

*Нервная система* (см. рис. 2.38) состоит из центральной (головной и спинной мозг) и периферической (нервы, отходящие от них) нервной системы. Тип мозга — зауропсидный.

Головной мозг крупный (рис. 2.40). Большие полушария сильно развиты (за счет полосатых тел дна мозга), их поверхность гладкая; кора развита слабо (в основном архикортекс); обонятельные доли очень малы. Также сильно развит средний мозг с крупными зрительными долями и мозжечок. Промежуточный и продолговатый мозг — как у других позвоночных. От головного мозга отходят 12 пар черепно-мозговых нервов.

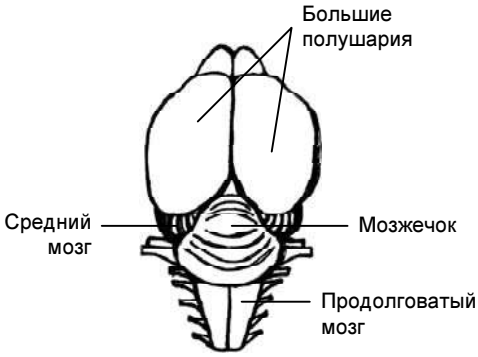



**Рис. 2.40.** Строение головного мозга птицы

*Органы чувств:*

- органы зрения. Глаза крупные, с подвижными веками, есть мигательная перепонка. У большинства зрение монокулярное, есть виды с бинокулярным зрением (совы). Характерна двойная аккомодация, которая достигается изменением кривизны хрусталика и расстояния между хрусталиком и сетчаткой. Зрение цветное, очень острое (сапсан может заметить добычу с расстояния в 1 км);
- органы слуха: наружное ухо (барабанная перепонка и зачаток наружного слухового прохода), среднее ухо (одна слуховая косточка — стремечко, расположенная в полости среднего уха), внутреннее ухо (улитка и полукружные каналы). Слух очень острый;
- органы обоняния: обонятельные клетки в ноздрях. У большинства птиц развито очень слабо (*искл.:* падальщики);
- органы осязания: осязательные рецепторы на языке, восковице, нитевидных перьях и коже;

- орган вкуса представлен вкусовыми почками (с вкусовыми рецепторами), расположенными в глотке и в ротовой полости на языке.

*Половая система.* Птицы — раздельнополые животные, чаще всего с хорошо выраженным половым диморфизмом (*искл.:* пингвины). У самцов — парные семенники, от которых отходят семяпроводы, открывающиеся в клоаку. Копулятивных органов обычно нет (*искл.:* страус). У самок система асимметрична и состоит из левого яичника и левого яйцевода. Яйцевод одним концом открывается воронкой в полость тела, а другим — в клоаку. В стенках яйцевода имеются железы, секрет которых образует вокруг яйца наружные оболочки.

В период размножения половые железы сильно увеличивают свою массу, вне этого периода их масса невелика. Для птиц характерно внутреннее оплодотворение, откладывание и насиживание яиц, прямой тип развития.

*Строение яйца птицы (на примере яйца курицы).* На анимальном полюсе желтка расположен зародышевый диск, из которого развивается зародыш (рис. 2.41). Желток содержит запасные питательные вещества и воду. Белок — это вторичная яйцевая оболочка, также содержит запас питательных веществ и воды и выполняет амортизационную функцию. Снаружи белок одет двумя тонкими оболочками, которые расходятся на тупом конце яйца, образуя воздушную камеру. Самая внешняя оболочка — скорлупа, состоящая в основном из карбоната кальция. Она используется зародышем для построения скелета. В скорлупе есть поры для газообмена. От скорлупы идут уплотненные тяжи белка (халазы), имеющие закрученную форму и прикрепляющиеся к желтку. Они предохраняют желток от толчков и поддерживают положение зародышевого диска сверху.

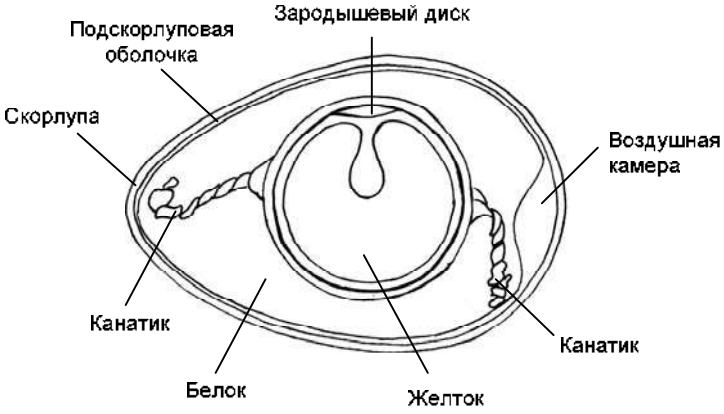



**Рис. 2.41.** Строение яйца птицы

## Развитие птиц

После откладки яиц самка (иногда самец) приступает к насиживанию, которое длится от 11—14 дней (у мелких птиц) до двух месяцев (грифы, альбатросы). Перед вылуплением птенец с помощью "яйцевого зуба" прокалывает скорлупу. Затем он расширяет отверстие и постепенно выходит из яйца.

Птенцы бывают трех типов: выводковые, полувыводковые и птенцовые (гнездовые). Птенец выводкового типа вылупляется зрячий и покрытый пухом; он способен ходить и самостоятельно склевывать корм (куриные, гусеобразные). Птенец птенцового типа вылупляется слепым, голым и беспомощным; он требует повышенной заботы родителей (воробьинообразные). Полувыводковые птенцы занимают промежуточное положение между этими двумя группами: они покрыты пухом, часто способны самостоятельно ходить, но не могут сами добывать корм.

### Сезонные явления в жизни птиц

- *Линька* — это регулярная смена оперения. Большинство птиц линяет дважды в год — весной и в конце лета, хотя встречаются и одна, и три линьки. Линька может быть постепенной, когда перья выпадают по очереди и птица не теряет способности к полету (воробьиные, соколообразные); или одновременной, когда птица теряет все контурные перья и становится не способной к полету (куриные, гусеобразные).
- *Сезон размножения.* В умеренном поясе происходит с середины весны и до середины лета. Перед началом сезона размножения птицы приобретают брачную окраску. Характерно брачное поведение: ритуальные схватки, пение, токование, ухаживание. После того как пара образовалась, птицы строят гнезда (на земле, деревьях, скалах и т. д.). По характеру размещения гнезд выделяют колониальных (чайки, гуси, ласточки) и одиночно гнездящихся птиц (совы, орлы, мухоловки). Самка или самец или оба родителя насиживают яйца, из которых вылупляются птенцы. В кладке обычно от 1 до 12 яиц. У птиц возможен один, два или три цикла размножения за один год.
- *Сезонные перелеты или миграции.* Перелеты возникли из-за смены времен года и наиболее выражены у птиц умеренного пояса и более северных областей. По отношению к миграциям выделяют оседлых, кочующих и перелетных птиц. Оседлые виды постоянно обитают в данной местности (синицы, воробьи, вороны); кочующие виды зимой перемещаются на небольшие расстояния (свиристели, снегири); перелетные виды на зиму улетают на значительное расстояние от мест гнездования, иногда на тысячи километров (ласточки, жаворонки, гуси). Перелеты осуществляются как днем, так и ночью. Во время миграций птицы ориентируются по звездам, Солнцу, а также по рельефу местности.
- *Подготовка к зиме.* Может выражаться в виде следующих форм деятельности: запасание корма, собирание в стаи, усиленное питание. Запасание корма характерно для птиц разных отрядов (сойка, поползень, синицы), в основном обитающих в лесах. Птицы запасают преимущественно растительную пищу (семена и плоды), реже они делают запасы из насекомых (синицы, поползень) или мелких грызунов (совы). Собирание в стаи встречается у мелких воробьиных птиц, причем часто эти стайки включают представителей разных видов (синицы).

### Систематика птиц

- *Подкласс Плавающие птицы.* Обитают в Южном полушарии. Летать не могут, но киль хорошо выражен. Передние конечности превращены в ласты, поэтому

прекрасно плавают. Аптерий нет, стволы перьев расширены и уплощены, опахала слабо развиты. Линяют один раз в год. Чаще всего колониальные. Моногамы, насиживают попеременно, 1—2 яйца в кладке. Представители: пингвины.

- *Подкласс Бескилевые птицы.* Обитают в теплом климате (Африка, Австралия, Южная Америка). Аптерий нет, грудина без киля, крылья недоразвиты, летать не могут. Копчиковой железы нет. Задние конечности мощные, длинные, на них хорошо развито два или три пальца. К ним относятся самые крупные современные птицы. Представители: страус, нанду, эму, киви.

- *Подкласс Типичные птицы.* Обладают всеми типичными признаками птиц. Рассматриваются следующие наиболее важные отряды.

  - *Отряд Гусеобразные.* Это птицы средних и крупных размеров, чья жизнь тесно связана с водой. Обитают по берегам морских и пресноводных водоемов. Питаются растительной или животной пищей. Характерна небольшая голова, длинная шея, короткое массивное туловище, небольшие крылья, короткие ноги с плавательными перепонками. Клюв широкий с роговыми пластинками. Хорошо развит пух и копчиковая железа. В брачный период четко выражен половой диморфизм. Птенцы выводкового типа. Представители: утки, гуси, лебеди.

  - *Отряд Курообразные.* В основном это птицы средних размеров, мелких и крупных видов немного. Питаются растительной пищей. Характерна небольшая голова, относительно короткая шея и клюв, плотное туловище, короткие, широкие и закругленные крылья, короткие и сильные ноги. В брачный период четко выражен половой диморфизм. О птенцах заботится только самка. В основном гнездятся на земле. Птенцы выводкового типа. Представители: куропатка, рябчик, тетерев, глухарь, перепел, фазан, павлин.

  - *Отряд Соколообразные.* Это птицы средних и крупных, реже мелких размеров. Подавляющее большинство — хищники, некоторые виды — падальщики или насекомоядные. Очень характерный внешний облик: загнутый крючком клюв, ноги с острыми изогнутыми когтями, плотное тело с жестким оперением. Представители: птица-секретарь, ястреб, орел, орлан, коршун, гриф, кондор, сокол.

  - *Отряд Совообразные.* Отряд объединяет птиц различного размера, преимущественно с ночной активностью. Большинство — типичные хищники, основной объект питания — мелкие млекопитающие и птицы. Клюв загнут крючком, голова крупная, шея и ноги короткие. Оперение густое и рыхлое, в окраске преобладают серые и бурые тона. Очень хорошо развит слух и зрение. Гнезда строят в дуплах, на скалах, иногда на земле. Птенцы гнездового типа. Представители: филин, совы, сычи.

  - *Отряд Ржанкообразные.* В этот отряд включены несколько больших групп птиц: одни из них имеют характерный облик куликов, другие — чаек. Для куликов характерен длинный клюв и ноги, компактное и плотное тело. Верхняя сторона обычно темная, нижняя — светлая. Чайки обладают длинными, заостренными крыльями, удлиненным телом, короткими ногами; между

пальцами развивается перепонка. Гнездятся парами или колониально. Питаются животной пищей, в основном различными беспозвоночными животными. Птенцы полувыводкового типа. Гнезда строят на земле. Представители: бекас, вальдшнеп, чибис (кулики), поморники, чайки, крачки.

- *Отряд Воробьинообразные.* Это самый крупный отряд класса птицы, включающий около 5000 видов, т. е. свыше 50% всех птиц. Воробьинообразные — это птицы мелкого и среднего размера, широко распространенные во всех природных зонах Земли. Большинство из них питаются насекомыми или растительной пищей. Клюв чаще всего небольшой, крылья длинные острые (ласточки) или широкие короткие (воробей). Размножаются 1—3 раза в год. У многих выражен половой диморфизм. Строят гнезда, иногда очень сложной формы и конструкции. Птенцы гнездового типа. Представители: ласточки, жаворонки, трясогузки, дрозды, соловьи, синицы, воробьи, скворец, ворона, ворон.

**Происхождение птиц**

Предковая группа — рептилии. Ближе всего к птицам стоят ящеротазовые рептилии (архозавры), среди которых выделяется группа, имеющая признаки, сходные с птицами: движение на задних ногах, строение таза, наличие покровных чешуек, по строению напоминающих перо. Эволюция этой группы шла путем приспособления к лазанью по деревьям и способности к перепрыгиванию с ветки на ветку. В дальнейшем чешуйки передней конечности удлинились и сформировали зачаток плоскости крыла. Следующий этап — расширение краев чешуй и превращение их в перья, что позволило освоить полет.

В юрских отложениях был найден скелет животного, которого назвали *археоптериксом*. У него был перьевой покров, крылья, сросшиеся в дужку ключицы, цевка, птичий таз. Наряду с этим он имел признаки, характерные для рептилий: отсутствие рогового клюва, зубы, узкая грудина без киля, брюшные ребра. В настоящее время археоптерикса не считают предком птиц, вероятно, он представляет собой одну из боковых ветвей в эволюции данной группы.

**Значение птиц**

- ❒ Пищевое.
- ❒ Промысловое.
- ❒ Декоративное: разведение и содержание в неволе (канарейки, попугаи и т. д.).
- ❒ Уничтожение вредителей сельского хозяйства.
- ❒ Вредители сельского хозяйства (скворцы в южных регионах уменьшают урожай винограда, черешни; грачи уничтожают всходы кукурузы и поедают ее семена; золотистая щурка поедает пчел).
- ❒ Расселение и возобновление лесов (кедровка и сибирская сосна; сойка и дуб).
- ❒ Для производства одежды (пуховики и т. п.), постельных предметов (перины, подушки).

- Опасность для авиации.
- Спортивная охота (с соколами).

### Экологические группы птиц

Экологическая группа включает животных различных систематических групп, объединенных в одну группу по сходным признакам их биологии. В качестве примеров рассматриваются следующие экологические группы птиц.

- *Птицы леса.* Птицы этой группы обычно пестро окрашены, имеют короткие, широкие и закругленные крылья и длинный хвост. В нее входят воробьинообразные, дятлы, куриные.
- *Водные птицы.* Объединяет птиц, активно использующих водную среду. На пальцах у них есть плавательные перепонки, оперение густое, хорошо развиты пух и копчиковая железа. К этой группе относятся гуси, утки, бакланы, поганки.
- *Околоводные птицы.* Представители этой группы обитают по берегам водоемов или в заболоченной местности. Для них характерны длинные ноги, шея и клюв (хотя клюв может быть и коротким). Это кулики, журавли, цапли.
- *Птицы открытых травянистых пространств.* Птицы этой группы характеризуются длинными ногами и шеей, массивным туловищем. Часто они плохо летают. Это страусы, дрофы, нанду.
- *Хищные птицы.* Все птицы этой группы питаются животной пищей. Для них характерен загнутый крючком клюв и острые когти. В эту группу входят представители отрядов Соколообразные, Совообразные, Воробьинообразные (сорокопуты) и некоторые другие.

## Класс Млекопитающие (Звери)

4 тыс. видов. Млекопитающие распространены по всему земному шару и заселяют наземно-воздушную, водную и почвенную среды обитания.

### Общие признаки

- Выкармливание детенышей молоком.
- Живорождение (кроме первозверей).
- Есть волосяной покров.
- Дифференцированные зубы: есть клыки, резцы и коренные зубы.
- Теплокровные животные.
- Высокий уровень развития нервной системы, что обуславливает сложное поведение.

### Внешнее строение

Тело млекопитающих состоит из головы, шеи, туловища, двух пар конечностей и хвоста. Конечности располагаются под туловищем, поэтому коленный сустав на-

правлен вперед, а локтевой — назад (у рептилий — в сторону). На голове расположены глаза, ноздри и рот; появляются ушные раковины.

Покров тела представлен кожей и подкожной жировой клетчаткой. Кожа выполняет защитную, чувствительную, терморегуляторную и выделительную функции. В коже развиты многочисленные железы: потовые, сальные, млечные и пахучие. Потовые железы выделяют пот, вместе с которым удаляются продукты распада и происходит охлаждение организма (т. е. терморегуляция). У некоторых зверей они не развиты (киты) или их очень мало (собака). Сальные железы открываются в волосяную сумку. Их секрет смазывает волос, предохраняя его от смачивания и снашивания. Млечные железы — это видоизмененные потовые; они выделяют молоко для выкармливания детенышей. У некоторых видов развиты пахучие железы. С помощью их секрета звери защищаются от врагов (скунс) или метят собственную территорию (кошачьи).

К производным эпидермиса относятся когти, ногти, волосы; у некоторых видов встречаются роговые чешуйки (ящер, бобр, крыса), копыта. Волос состоит из основания (корня), погруженного в кожу, и стержня (ствола). В стволе выделяют сердцевину (заполнена воздухом), корковый слой (придает упругость и крепость, содержит пигмент) и кожицу (кутикулу) — это наружный слой. Корень волоса в своей нижней части расширяется в луковицу, которая обеспечивает его непрерывный рост. Корень волоса находится в волосяной сумке. Волосы выполняют защитную функцию и участвуют в терморегуляции.

Выделяют следующие типы волос:

- пуховые или пух, которые образуют подшерсток;
- остевые, располагающиеся между пуховыми и образующие верхний ярус волосяного покрова. Им свойственна защитная функция. У некоторых зверей есть видоизмененные остевые волосы — щетина (кабаны) и иглы (ежи, дикобразы);
- чувствительные (вибриссы), чаще всего расположенные на голове и выполняющие осязательную функцию.

**Скелет**

В целом скелет млекопитающих довольно массивный (рис. 2.42).

- *Череп.* Мозговой череп характеризуется крупной черепной коробкой и уменьшением числа костей за счет редукции и срастания. В висцеральном черепе происходит образование вторичного костного нёба, скуловых и носовых костей. Есть два мыщелка (в затылочной кости) для соединения черепа с первым шейным позвонком.
- *Позвоночник* включает 5 отделов. Между позвонками есть хрящевые диски (мениски). Шейных позвонков 7 (*искл.:* ленивцы), первые два типичны для амниот (с их помощью к позвоночнику присоединяется череп). В грудном отделе от 12 до 15 позвонков, к которым прикрепляются ребра, спереди соединяющиеся с грудиной. Все вместе они образуют грудную клетку. У рукокрылых на грудине хорошо развит киль. В поясничном отделе от 2 до 9 позвонков, они часто несут

рудиментарные ребра. Крестцовый отдел состоит из 4 сросшихся позвонков. Число хвостовых позвонков очень изменчиво.

- *Скелет передних конечностей* представлен поясом и свободной конечностью. Плечевой пояс состоит из ключицы, лопатки и сросшейся с ней коракоидом. У некоторых млекопитающих ключица отсутствует (копытные, хищные). Скелет свободной верхней конечности состоит из плеча, предплечья (локтевая и лучевая кости) и кисти (запястье, пясть и фаланги пальцев).
- *Скелет задних конечностей* представлен поясом и свободной конечностью. Тазовый пояс состоит из сросшихся подвздошной, седалищной и лобковой костей. Он срастается с крестцовым отделом позвоночника. Скелет свободной нижней конечности состоит из бедра, голени (большая и малая берцовые кости) и стопы (плюсна, предплюсна и фаланги пальцев). Характерно пять пальцев, но у многих зверей происходит сокращение числа пальцев.

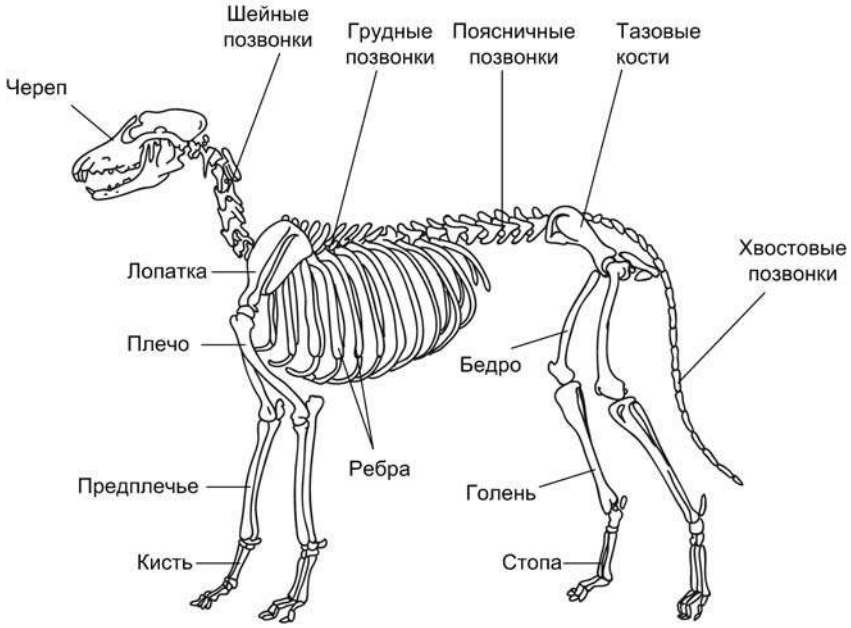



**Рис. 2.42.** Скелет собаки

*Мышцы.* У зверей развивается и дифференцируется жевательная мускулатура; хорошо развита подкожная мускулатура; появляются мимические мышцы. Только для млекопитающих характерна диафрагма — это особая мышца куполообразной формы, разделяющая грудную и брюшную полости и участвующая в дыхательных движениях. В мышцах содержится дыхательный белок — миоглобин.

### Внутреннее строение

*Пищеварительная система* (рис. 2.43) начинается преддверием рта или предротовой полостью, которая расположена между губами, щеками и зубами. У ряда видов преддверие рта расширяется, и образуются защечные мешки (хомяки). Далее рас-

положена собственно ротовая полость, в которой находятся зубы и язык. Зубная система гетеродонтная: есть резцы, клыки, большие и малые коренные зубы. Зубы сидят в ячейках челюстных костей. Зубы меняются в течение жизни: сначала молочные, потом — постоянные. Функции зубов — захват и пережевывание пищи.

В ротовую полость впадают протоки слюнных желез (у млекопитающих их 4 пары). Слюна смачивает и обеззараживает пищу, содержит ферменты и участвует в пищеварении. Язык является органом вкуса и участвует в жевании (переворачивает пищу). Он состоит из мышечной ткани.

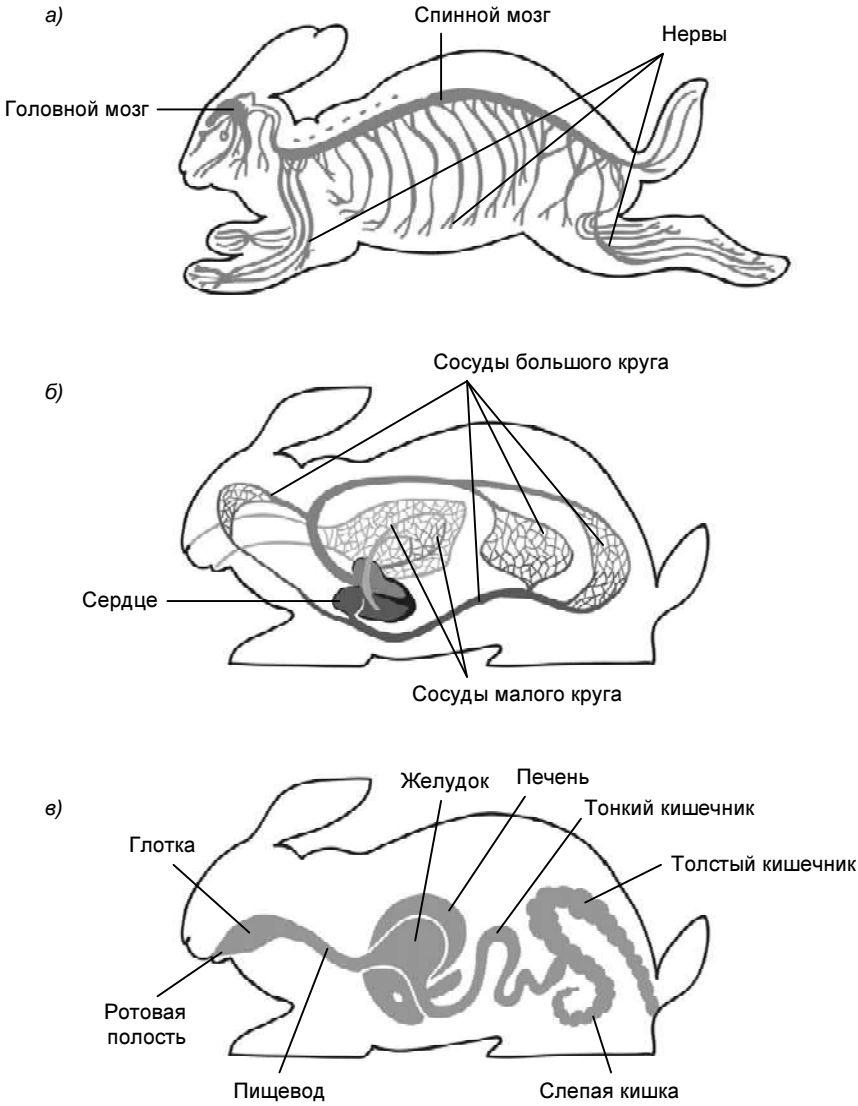



**Рис. 2.43.** Внутреннее строение млекопитающих: *а* — нервная система; *б* — кровеносная система; *в* — пищеварительная система

От ротовой полости отходит глотка, далее пищевод и желудок. Желудок лежит в левой части брюшной полости и может быть однокамерным (приматы) или иметь несколько камер (отделов): 2 (кардиальный и пилорический, у крысы) или 4 (рубец, сетка, книжка, сычуг — у жвачных). От желудка отходит тонкий кишечник, переходящий в толстый. На границе тонкого и толстого кишечника есть слепая кишка, наиболее сильно развитая у растительноядных животных (т. к. в ней происходит расщепление клетчатки). Толстая кишка переходит в прямую, заканчивающуюся анальным отверстием.

*Дыхательная система* представлена воздухоносными путями (ноздри, носовая полость, гортань, трахея, бронхи) и респираторной частью (легкими). В гортани находятся голосовые связки. Легкие имеют альвеолярное строение: бронхиолы заканчиваются легочными пузырьками или альвеолами.

*Механизм дыхания.* Диафрагма сокращается и становится плоской; также сокращаются межреберные мышцы, ребра перемещаются вперед, грудная клетка поднимается, в легкие поступает воздух и происходит вдох. Затем мышцы расслабляются, диафрагма снова становится куполообразной, грудная клетка опускается и происходит выдох.

*Кровеносная система* (см. рис. 2.43) включает два круга кровообращения и четырехкамерное сердце (2 предсердия и 2 желудочка; правая и левая часть полностью отделены друг от друга). Между желудочками и предсердиями есть створчатые клапаны. В левой части сердца кровь артериальная, в правой — венозная. Кровь содержит все форменные элементы, эритроциты — безъядерные.

Из правого желудочка кровь поступает в легочные артерии и двигается в легкие, где она окисляется. Затем кровь собирается в легочные вены и попадает в левое предсердие. Из левого желудочка кровь поступает в левую дугу аорты (правая дуга аорты редуцирована), от которой отходят различные артерии, несущие артериальную кровь ко всем органам. В органах кровь превращается в венозную и собирается в переднюю и заднюю полые вены. Воротная система почек редуцирована; есть воротная система печени.

*Выделительная система* состоит из парных вторичных тазовых почек (метанефрос), мочеточников, мочевого пузыря и мочеиспускательного канала. Почки имеют бобовидную форму и располагаются по бокам от поясничного отдела позвоночника, плотно прилегая к спинной стороне тела в области таза. Основной продукт белкового обмена — мочевина.

*Нервная система* (см. рис. 2.43) состоит из центральной нервной системы (спинной и головной мозг) и периферической нервной системы (нервы, отходящие от мозга). Тип мозга — маммальный.

Большие полушария покрыты корой из серого вещества и соединены мозолистым телом из белого вещества. У одних млекопитающих (насекомоядные, грызуны) поверхность коры гладкая, у других (хищные, приматы) она образует многочисленные извилины и борозды, увеличивающие ее поверхность. В коре расположены нервные центры высшей нервной деятельности.

Также увеличен мозжечок. Он делится на два полушария, имеет собственную кору и отвечает за координацию движений. В среднем мозге выделяют четверохолмие, в котором расположены первичные зрительные и слуховые центры. Функции остальных отделов такие же, как у других позвоночных. От мозга отходят 12 пар черепно-мозговых нервов.

*Органы чувств.* У разных млекопитающих степень развития тех или иных органов чувств различна, что связано с условиями среды обитания.

- *Зрение.* Одна пара глаз с подвижными веками, зрение бинокулярное или монокулярное, цветное или черно-белое. Наилучшее развитие цветное зрение достигает у высших приматов. Наиболее хорошо зрение развито у обитателей открытых пространств, слабее у лесных видов; у почвенных форм глаза редуцированы. Аккомодация достигается только путем изменения кривизны хрусталика за счет работы мышц.
- *Слух*. Выделяют наружное ухо (ушная раковина, наружный слуховой проход и барабанная перепонка), среднее ухо (три слуховые косточки — молоточек, наковальня и стремечко, расположенные в полости среднего уха), внутреннее ухо (улитка и полукружные каналы, содержащие слуховые рецепторы). В полость среднего уха открывается евстахиева труба, соединяющая его с носоглоткой. У некоторых водных млекопитающих ушная раковина редуцирована.
- *Обоняние.* Представлено парными ноздрями со сложной системой раковин в носовой полости. Обоняние развито очень хорошо практически у всех млекопитающих, кроме китообразных.
- *Осязание.* Это кожные рецепторы и рецепторы на осязательных волосках (вибриссах).
- *Вкус.* Основной орган вкуса — язык, содержащий многочисленные вкусовые сосочки с вкусовыми луковицами, в которых расположены рецепторы. Также вкусовые рецепторы встречаются на губах и в полости рта.

**Размножение и развитие**

Раздельнополые животные. У самцов — парные семенники, семяпроводы (гомологи вольфовых каналов), предстательная железа и мочеполовой канал (в пенисе). У самок — парные яичники, яйцеводы (фаллопиевы трубы), матка, влагалище. У большинства млекопитающих половой диморфизм выражен слабо (*искл.:* львы, некоторые копытные).

Внутреннее оплодотворение, детеныш развивается в матке, при этом образуется плацента. Характерно живорождение (кроме однопроходных) и прямое развитие. Детеныши двух типов: слепые и беспомощные (у тех млекопитающих, которые строят укрытия) или зрячие и способные к самостоятельному передвижению. Чаще всего сильно развита забота о потомстве.

**Сезонные явления в жизни млекопитающих**

- *Линька.* Наиболее четко линька выражена у млекопитающих умеренного пояса и происходит дважды в год: весной и осенью.

- *Сезон размножения.* Может быть круглогодичным (приматы, грызуны), но чаще всего он составляет несколько месяцев в году. Число циклов воспроизведения зависит от размера животного: мелкие формы могут размножаться 6—8 раз в году, животные средних размеров — 1—3 раза в год; крупные — 1 раз в год; очень крупные (слоны, киты) — 1 раз в несколько лет. Число детенышей также зависит от размеров: мелкие виды рождают гораздо больше детенышей (10—12), чем крупные (1—2). Во время периода размножения для млекопитающих характерно брачное поведение.
- *Миграции.* Сезонные перемещения млекопитающих менее выражены, чем у птиц. Так, многие горные копытные зимой спускаются вниз, а летом, наоборот, поднимаются наверх; обитатели саванн в засушливый период двигаются к крупным, непересыхающим водоемам. Миграции встречаются у тундровых видов (северный олень): осенью они перемещаются в лесотундру или тайгу, а весной возвращаются обратно в тундру. Для рукокрылых умеренных широт характерны настоящие перелеты в другие природные зоны.
- *Спячка.* В основном встречается у зверей умеренного пояса (медведь, барсук, еж, суслик, хомяк) и служит для пережидания неблагоприятных условий (прежде всего, зимы). Реже отмечена летняя спячка, связанная с недостатком пищевых ресурсов на определенной территории. Чаще всего она характерна для пустынных или степных видов (суслики).
- *Запасание корма.* В основном характерно для грызунов, чьи запасы могут быть очень большими: у бобра запас веток может достигать 20 $м^3$, у суслика — несколько десятков килограмм зерна. У представителей отряда хищных также встречаются запасы пищи: остатки добычи или добыча целиком прячется в укромное место и затем используется.

**Происхождение млекопитающих**

Предками зверей были примитивные и малоспециализированные палеозойские зверозубые рептилии. У этих животных было развито вторичное костное нёбо, зубы располагались в альвеолах, нижняя челюсть состояла из одной кости, возникли два затылочных мыщелка.

Эволюция млекопитающих была связана с появлением теплокровности (и, как следствие этого, высокого уровня обмена веществ), живорождения и сильного развития нервной системы, которая обеспечивала сложность поведения и разнообразные приспособительные реакции.

Первые млекопитающие появились в триасе. Это были мелкие животные с небольшим головным мозгом, питавшиеся разнообразной животной пищей. Они дали начало однопроходным и сумчатым, чуть позднее возникли плацентарные. Наиболее древней группой плацентарных являются насекомоядные. От них отделились 2 ветви, приведшие к рукокрылым и к примитивным хищникам — креодонтам. От креодонтов образовались ластоногие, современные хищные и копытные, давшие две группы: парно- и непарнокопытных. Часть копытных, по-видимому, образовалась от насекомоядных. Также непосредственно от насекомоядных возникли грызуны и приматы.

**Систематика млекопитающих**

- *Подкласс Первозвери.* Включает только один современный отряд однопроходных или яйцекладущих. Это наиболее примитивные млекопитающие, обитающие в Австралии, на Тасмании и Новой Гвинее. Они откладывают яйца, но выкармливают детенышей молоком. Сосков нет, поэтому протоки млечных желез открываются отверстиями на определенных участках кожи. У взрослых форм нет зубов. В скелете есть коракоид. Есть клоака, в которую открываются половые протоки, мочевой пузырь и кишечник. Головной мозг развит слабо. Температура тела непостоянна.

  К этой группе относятся три современных рода: утконос, ехидна и проехидна. *Ехидна* обитает в кустарниковых зарослях. Она покрыта иглами, под которыми расположена шерсть. Питается ехидна беспозвоночными животными. Во время размножения откладывает одно яйцо себе в сумку, которая образуется непосредственно перед размножением. В сумке из яйца появляется детеныш, который находится в сумке до тех пор, пока у него не начинается развитие игл.

  *Утконос* использует для жизни водную и наземно-воздушную среду. В воде он кормится (в основном мелкими беспозвоночными), а на суше проводит основную часть суток. На голове расположен "клюв", покрытый изнутри роговыми пластинками. Наружное ухо отсутствует. На лапах между пальцами есть плавательные перепонки, на передних они развиты сильнее, чем на задних. Для отдыха и защиты от хищников утконос строит норы. Спаривание происходит в воде, после чего самка в специально построенной норе откладывает яйца.

- *Подкласс Сумчатые.* Около 250 видов. Обитают в Австралии и на прилегающих островах, в Южной и Северной Америке (опоссумы). Зубы мало специализированы. У большинства есть кожистая сумка на животе, в которую помещаются новорожденные и открываются соски. Для самок характерны парные половые пути. Новорожденные детеныши имеют очень маленький размер и недоразвиты (так, у серого кенгуру детеныш достигает длины 2,5 см при длине взрослой особи почти в 3 м). У детеныша пищеварительная и дыхательная системы разобщены, что позволяет ему не захлебываться, когда мать впрыскивает молоко ему в рот.

  К сумчатым относятся кенгуру, опоссумы, сумчатые мыши и крысы, сумчатый волк, коала (сумчатый медведь).

- *Подкласс Плацентарные.* К этому подклассу относится подавляющее большинство млекопитающих, обладающих всеми признаками класса, рассмотренными ранее. Изучение данной группы проводится на примере некоторых основных отрядов.

  - *Отряд Насекомоядные.* Это животные небольших и средних размеров, с удлиненной головой и вытянутым носом. Тело покрыто густой шерстью, у некоторых развиваются иглы. Конечности стопоходящие. Головной мозг развит довольно слабо, полушария практически без извилин, из органов чувств ведущими являются обоняние и осязание, зрение плохое. Представители: крот, еж, землеройка, выхухоль.

- *Отряд Рукокрылые.* Один из наиболее крупных отрядов плацентарных млекопитающих, разделенный на два подотряда (крыланы и летучие мыши) и включающий около 900 видов. К нему относятся мелкие и средние животные, способные к полету.

  Передние конечности рукокрылых видоизменены в крылья. Между передними конечностями, телом и задними конечностями расположена летательная перепонка. Также характерна относительно крупная ушная раковина. На грудине развивается киль, к которому крепятся мышцы, участвующие в полете.

  Основной орган чувств — слух; глаза маленькие, зрение слабое. Для большинства летучих мышей характерна эхолокация — они испускают ультразвуковые волны и воспринимают их отражение (эхо) от различных объектов, с помощью чего определяют расстояние до предмета, а также его форму и размеры. Питаются насекомыми или плодами растений, некоторые виды — кровью теплокровных животных.

  Характерна сумеречная и ночная активность. При наступлении зимы рукокрылые умеренного пояса впадают в спячку или мигрируют в более теплые регионы, у тропических видов спячки обычно не бывает. Поселяются в пещерах, в дуплах, в человеческих сооружениях (чердаки домов, купола). В основном колониальные виды. Представители: крылан, вечерница, ушан, десмод (вампир).

- *Отряд Грызуны.* Это самый крупный отряд: он включает почти 1600 видов, что составляет около 40% всех млекопитающих. В основном это животные мелкого или среднего размера, реже встречаются очень крупные формы (капибара — до 50 кг и 130 см).

  Клыков нет, резцы стачиваются и растут всю жизнь. Между резцами и коренными зубами есть большое пространство — диастема. Большинство питается растительной пищей, в связи с чем характерен очень длинный кишечник, а также хорошо развитая слепая кишка. Высокая плодовитость: самка в среднем рожает 4—6 детенышей несколько раз в год; молодые особи быстро достигают половой зрелости (иногда на 2—3 месяце жизни). Представители: мышь, полевка, крыса, хомяк, сурок, суслик, белка, летяга, бобр, ондатра, дикобраз, тушканчик.

- *Отряд Зайцеобразные.* Это животные средних и мелких размеров, по некоторым признакам очень схожие с грызунами: нет клыков, есть диастема и т. д. Основными отличительными признаками отряда являются наличие двух пар резцов в верхней челюсти (у грызунов — одна пара) и желудок, состоящий из двух отделов — фундального (в нем происходит бактериальная обработка пищи) и пилорического (переваривание пищи). Представители: зайцы, пищухи, кролики.

- *Отряд Хищные.* Основным признаком, по которому животных объединяют в этот отряд, является строение зубной системы. У всех хищных маленькие резцы, крупные (обычно заметно больше других зубов) клыки, коренные зубы с острой режущей поверхностью. Характерны так называемые "хищные

зубы" — это видоизмененные коренные зубы (они крупнее обычных коренных и имеют хорошо развитый режущий край). Обычно развито 4 хищных зуба — по два на каждой челюсти. Головной мозг сильно развит; большие полушария покрыты многочисленными извилинами. Матка двурогая. Детеныши рождаются слепыми и беспомощными.

Основная часть хищных обитает на суше, только некоторые виды приспособились к существованию в водной среде (выдра, калан). Хищные ведут одиночный (тигр, соболь), семейный (львы, волки летом) или стайный (волки зимой) образ жизни. В основном хищные активны ночью или в сумерках, реже встречаются виды с дневной активностью.

Представители: семейство Волчьи (волк, собака, шакал, лисица, песец), семейство Медвежьи, семейство Кошачьи (рысь, леопард, лев, тигр, гепард, ягуар), семейство Гиеновых (гиена) и семейство Куньи (ласка, хорек, горностай, норка, соболь, куница, барсук, выдра).

- *Отряд Ластоногие.* К этому отряду относятся млекопитающие, большая часть жизни которых связана с водной средой. В основном это морские формы, обитающие во всех океанах, кроме Индийского. Ластоногие — это крупные животные с удлиненным телом, с конечностями, видоизмененными в ласты. Кожа толстая, шерстяной покров может быть густым (котик) или сильно редуцированным (морж). Подкожная жировая клетчатка хорошо развита. В скелете отсутствует ключица.

  Слух хорошо развит, но у настоящих тюленей ушных раковин нет. Обоняние также хорошо развито, а зрение — довольно слабо. Многие из ластоногих способны к эхолокации. Все животные этого отряда размножаются на суше. Большинство ластоногих — стадные животные. Представители: тюлень, морж, нерпа, котик, сивуч.

- *Отряд Китообразные.* Это вторичноводные животные, чья жизнь полностью проходит в водной среде. К этому отряду относятся самые крупные животные, когда-либо существовавшие на нашей планете: так, синий кит, достигающий 30 м в длину и массы 150 т, в несколько раз крупнее самого большого динозавра. Обитают во всех морях и океанах нашей планеты, некоторые виды — пресноводные. Питаются планктоном или рыбой, но есть и настоящие хищники (косатка).

  Характерна обтекаемая форма тела, передние конечности превратились в плавники, задние — редуцированы. Кожа голая, без шерсти, с хорошо развитой подкожной жировой клетчаткой, потовых и сальных желез нет. У части видов нет зубов — вместо этого у них развивается цедильный аппарат под названием "китовый ус". Он состоит из роговых пластин, сидящих по бокам нёба. Слюнные железы практически не развиты.

  Органы чувств хорошо развиты, кроме обоняния. Для всех китообразных характерна эхолокация. Размножаются в воде. Самка рожает обычно одного крупного детеныша, для которого характерен очень быстрый рост. Представители: усатые киты (синий кит, сейвал, серый кит), зубатые киты (кашалот; дельфины — афалина, косатка, белуха, нарвал).

- *Отряд Хоботные.* Это наиболее крупные современные наземные млекопитающие, обитающие в Африке и Азии. Основной признак слонов — наличие хобота, представляющего собой сросшуюся с носом верхнюю губу; большие уши и особое строение подошвы: под кожей находится специальное вещество, пружинящее при ходьбе. Клыков у слона нет, а резцы верхней челюсти превратились в бивни, которые растут в течение всей жизни животного. Ключицы нет. Кожа очень толстая и практически лишена волос. Беременность длится почти два года — 20—22 месяца. К этому отряду относятся два вида — индийский слон и африканский слон.

- *Отряд Непарнокопытные.* Это травоядные животные крупных размеров, у которых на конечностях наиболее сильно развит один (третий) палец (лошадь) или три пальца (носорог), остальные редуцированы. В основном обитают на открытых травяных пространствах, некоторые виды — лесные. Ведут одиночный или стадный образ жизни. У некоторых видов волосяной покров редуцирован (носороги). Характерен однокамерный желудок и относительно длинный кишечник; клыков нет. Представители: лошадь, осел, зебра, кулан, носорог, тапир.

- *Отряд Парнокопытные.* Это травоядные животные средних и крупных размеров, у которых на конечностях наиболее сильно развито два (третий и четвертый) или четыре пальца, остальные редуцированы. На концах фаланг пальцев находятся копыта. Обитают на открытых травяных пространствах, в лесах, тундре и в горах. Ведут стадный или одиночный образ жизни.

  Парнокопытные делятся на две группы: жвачные и нежвачные. У жвачных тело стройное, конечности длинные, есть рога; желудок многокамерный, состоящий из четырех отделов, пища после проглатывания отрыгивается в рот для повторного пережевывания. У нежвачных — массивное туловище, нет рогов, есть все типы зубов, причем клыки выдаются из ротовой полости; желудок однокамерный. Представители: свинья, кабан, бегемот (нежвачные), олень, косуля, лось, антилопа, жираф, козел, баран, буйвол, зубр (жвачные).

- *Отряд Приматы.* Выделяют два подотряда: низшие обезьяны (лемуры) и высшие обезьяны (все остальные приматы). Это животные средних и крупных размеров, реже встречаются мелкие формы. Питаются растительной или смешанной пищей. Для представителей этого отряда характерна хорошо развитая пятипалая конечность, наличие ключицы, стопохождение, очень подвижные пальцы, причем большой часто противопоставлен остальным. На пальцах находятся ногти, а не когти. Приматы характеризуются сильным развитием головного мозга, их большие полушария покрыты корой с большим числом извилин. Из органов чувств лучше всего развито зрение (бинокулярное, цветное), слабее всего — обоняние. Могут размножаться в течение всего года, самки рожают обычно одного, иногда 2—3 детенышей. Представители: лемур, макака, мартышка, павиан, бабуин, гиббон, человекообразные обезьяны (орангутан, горилла, шимпанзе), человек.

***Таблица 2.4.*** *Основные классы типа Хордовые*

| Признак \ Группа | | Класс Костные рыбы | Класс Земноводные | Класс Пресмыкающиеся | Класс Птицы | Класс Млекопитающие |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Покровы тела | | Кожа, покрытая чешуей. В коже много желез, выделяющих слизь | Тонкая голая кожа. Много кожных желез, выделяющих слизь | Кожа сухая, без желез, покрыта роговыми образованиями | Кожа сухая, тонкая, покрыта перьями. Одна железа — копчиковая | Кожа покрыта шерстью. Есть кожные железы |
| Отделы скелета | | Череп, позвоночник (2 отдела) и скелет плавников | Череп, позвоночник (4 отдела), передние и задние конечности | Череп, позвоночник (5 отделов), передние и задние конечности | Череп, позвоночник (5 отделов), передние (крылья) и задние конечности | Череп, позвоночник (5 отделов), передние и задние конечности |
| Пищеварительная система | общее | Рот, ротовая полость, глотка, пищевод, желудок, тонкий и толстый кишечник. У всех есть печень и поджелудочная железа | | | | |
| | отличия | Глотка с жаберными щелями. Есть зубы. Языка и слюнных желез нет | Есть клоака. Появляется язык и слюнные железы (слюна без ферментов) | Есть клоака. Слюна с ферментами | Нет зубов. Есть клоака, зоб. В желудке два отдела: железистый и мускульный | Клоаки нет, кроме однопроходных. Зубы дифференцированы |
| Сердце | | Двухкамерное | Трехкамерное, без перегородки в желудочке | Трехкамерное, с неполной перегородкой в желудочке | Четырехкамерное, полная перегородка | Четырехкамерное, полная перегородка |
| Круги кровообращения | | 1 круг | 2 круга | 2 круга | 2 круга, кровь не смешивается | 2 круга, кровь не смешивается |
| Дыхательная система | | Жабры | Легкие и кожа. У личинок есть жабры | Воздухоносные пути и легкие | Воздухоносные пути и легкие. Есть воздушные мешки | Воздухоносные пути и легкие. В легких есть альвеолы |
| Выделительная система | | Первичные почки, мочеточники, мочевой пузырь и мочевое отверстие | Первичные почки, мочеточники, клоака. Есть мочевой пузырь | Вторичные почки, мочеточники, клоака. Есть мочевой пузырь | Вторичные почки, мочеточники, клоака. Нет мочевого пузыря | Вторичные почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал |
| Половая система | | Парные семенники и яичники и половые протоки | Парные семенники и яичники и половые протоки | Парные семенники и яичники и половые протоки | Парные семенники и семяпроводы, непарный яичник и яйцевод | Парные семенники и яичники и половые протоки. Есть матка |

***Таблица 2.4*** *(окончание)*

| Признак \ Группа | | Класс Костные рыбы | Класс Земноводные | Класс Пресмыкающиеся | Класс Птицы | Класс Млекопитающие |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Оплодотворение | | Наружное, редко внутреннее | Наружное и внутреннее | Внутреннее | Внутреннее | Внутреннее |
| Развитие | | Непрямое. Откладывают яйца | Непрямое, встречается прямое. Откладывают яйца | Прямое. Откладывают яйца или яйцеживорождение | Прямое. Все откладывают яйца | Прямое. Живорождение; откладка яиц — только у первозверей |
| Нервная система | общее | Головной и спинной мозг и нервы. В головном мозге — 5 отделов | | | | |
| | отличия | Крыша переднего мозга — эпителиальная. Ведущий отдел — средний мозг | Передний мозг разделен на 2 полушария, их крыша — нервная. Мозжечок развит слабо | Тип мозга зауропсидный. Большие полушария покрыты корой. Мозжечок развит лучше, чем у амфибий | Тип мозга — зауропсидный. Сильно развиты большие полушария, средний мозг и мозжечок | Тип мозга — маммальный. Большие полушария покрыты корой (она гладкая, или имеет извилины и борозды. Также хорошо развит мозжечок |
| Зрение | | Глаза без век, роговица плоская. Близорукие | Появляются веки и мигательная перепонка, роговица выпуклая | Есть веки и мигательная перепонка | Есть веки и мигательная перепонка. Зрение цветное, очень острое | Есть веки, мигательная перепонка недоразвита. Зрение цветное и черно-белое |
| Слух | | Только внутреннее ухо | Среднее и внутреннее ухо, есть барабанная перепонка и слуховая косточка (стремечко) | Среднее и внутреннее ухо, есть барабанная перепонка и слуховая косточка (стремечко) | Среднее и внутреннее ухо, есть барабанная перепонка и слуховая косточка (стремечко) | Наружное, среднее и внутреннее ухо. Есть барабанная перепонка и 3 слуховые косточки (молоточек, наковальня и стремечко) |
| Особенности других органов чувств | | Есть боковая линия | У личинок есть боковая линия | — | Плохо развито обоняние | — |

**Значение млекопитающих**

- ❒ Пищевое.
- ❒ Декоративное.
- ❒ Промысловая и спортивная охота.
- ❒ Служебное (охрана, погранслужба и т. п.).
- ❒ Производство одежды и других изделий из шерсти.
- ❒ Производство меховых изделий.
- ❒ Вредители сельского хозяйства, складов, жилищ (грызуны).
- ❒ Переносчики различных заболеваний.
- ❒ Уничтожение вредителей сельского хозяйства.
- ❒ Потенциальная опасность для отдельного человека.

В табл. 2.4 приведена краткая сравнительная характеристика всех классов из типа Хордовых, рассмотренных ранее.

## Тест по теме "Тип Хордовые"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Выберите признак, характерный только для типа Хордовых:

1) развитие из трех зародышевых листков;

2) орган дыхания — жабры или легкие;

3) нервная система имеет форму трубки;

4) замкнутая кровеносная система.

**А2.** Какой вид имеет нервная система хордовых?

1) два нервных ствола, соединенных перемычками;

2) цепочка нервных узлов, расположенная вдоль хорды;

3) окологлоточное нервное кольцо и брюшная нервная цепочка;

4) нервная трубка.

**А3.** Каким образом питается ланцетник?

1) собирает донных животных, медленно перемещаясь по дну;

2) фильтрует пищу из воды, поступающей в глотку;

3) подкарауливает добычу;

4) животное поедает мертвые организмы, лежащие на дне.

**А4.** Как по отношению к хорде расположена нервная трубка ланцетника?

1) под хордой;

2) над хордой;

3) сбоку от хорды;

4) внутри хорды.

**А5.** Сколько камер в сердце ланцетника?

1) 1 предсердие и 1 желудочек;

2) 2 предсердия и 1 желудочек;

3) сердце ланцетника камер не имеет;

4) у ланцетника сердца нет.

**А6.** Какой из плавников речного окуня является парным?

1) хвостовой; 2) брюшной; 3) анальный; 4) боковой.

**А7.** В каких органах у костных рыб происходит газообмен?

1) в жаберных тычинках; 3) в жаберных лепестках;

2) в жаберных дугах; 4) в жаберных щелях.

**А8.** Где у большинства костных рыб проходит оплодотворение?

1) в половых протоках самки; 3) в яичнике;

2) в воде; 4) в семяпроводах.

**А9.** В какой орган из сердца по сосудам поступает кровь у рыб?

1) в жабры; 2) в легкие; 3) в головной мозг; 4) в почки.

**А10.** Основной орган чувств для рыб — это:

1) глаза; 3) обоняние;

2) внутреннее ухо; 4) боковая линия.

**А11.** Назовите отряд костистых рыб, к которому относят сазана, карася, плотву, леща, толстолобика:

1) Карпообразные; 3) Окунеобразные;

2) Сельдеобразные; 4) Трескообразные.

**А12.** Назовите животных, которые служат основной пищей для китовой акулы:

1) крабы и донные моллюски;

2) мелкие рачки, обитающие в верхних слоях воды;

3) крупные рыбы;

4) морские млекопитающие.

**А13.** Выберите экологический фактор, который ограничивает распространение земноводных на Земле:

1) плотность почвы;

2) влажность воздуха;

3) интенсивность солнечного излучения;

4) температура воды.

**А14.** Что из перечисленного для земноводных **не характерно**?

1) орган дыхания — легкие;
2) клоака;
3) парные почки;
4) неполная перегородка в сердце.

**А15.** Назовите отдел скелета земноводных, в состав которого включают воронью кость:

1) грудная клетка;
2) кисть;
3) плечевой пояс;
4) тазовый пояс.

**А16.** Какая кровь поступает в головной мозг земноводных?

1) смешанная;
2) артериальная;
3) у одних видов смешанная, у других артериальная;
4) венозная.

**А17.** Что представляет собой легкое земноводных?

1) мелкие разветвленные трубочки, окружающие все внутренние органы;
2) мелкие трубочки, на конце которых расположены небольшие пузырьки;
3) мешкообразный орган, поделенный перегородками на небольшое число отсеков;
4) небольшой парный вырост, образующийся как расширение глотки.

**А18.** Какой из отделов головного мозга земноводных развит лучше, чем у рыб?

1) мозжечок;
2) передний мозг;
3) продолговатый мозг;
4) средний мозг.

**А19.** Какой из признаков является отличительной особенностью рептилий?

1) конечности состоят из трех отделов;
2) неполная внутрижелудочковая перегородка;
3) легкие;
4) два круга кровообращения.

**А20.** Что происходит с уровнем обмена веществ пресмыкающихся при постоянном повышении температуры внешней среды?

1) не изменяется;
2) замедляется;
3) увеличивается;
4) сначала увеличивается, потом замедляется.

**А21.** Назовите пресмыкающихся, у которых в сердце полная перегородка:

1) змеи; 2) ящерицы; 3) крокодилы; 4) гаттерия.

**А22.** Сколько кровеносных сосудов отходит от желудочка сердца у пресмыкающихся?

1) один; 2) два; 3) три; 4) четыре.

**А23.** Куда у прыткой ящерицы открываются мочеточники?

1) в клоаку; 3) в семяпроводы;

2) в мочевой пузырь; 4) наружу.

**А24.** Что из перечисленного имеется не только у пресмыкающихся, но и у земноводных?

1) сухая кожа без желез;

2) наружное, среднее и внутреннее ухо;

3) поясничный отдел позвоночника;

4) неполная межжелудочковая перегородка в сердце.

**А25.** Назовите самые крупные мышцы птиц:

1) бедренные; 3) межреберные;

2) большие грудные; 4) мышцы голени.

**А26.** Сколько кровеносных сосудов отходит от сердца птиц?

1) один; 2) два; 3) три; 4) четыре.

**А27.** Назовите вещество, которое у птиц является конечным продуктом обмена белков:

1) мочевина; 3) мочевая кислота;

2) ионы аммония; 4) амины.

**А28.** Какой признак характерен для птенцов выводковых птиц?

1) сросшиеся веки глаз; 3) покрыты пухом;

2) не могут ходить; 4) не способны склевывать корм.

**А29.** Назовите ископаемое животное, которое имело признаки пресмыкающихся и птиц:

1) археоптерикс; 2) стегоцефал; 3) птеродактиль; 4) страус моа.

**А30.** Что характерно для всех птиц и для пресмыкающихся?

1) имеется клоака; 3) легкие и легочные мешки;

2) два отдела желудка; 4) четырехкамерное сердце.

**А31.** Какой признак впервые появился у млекопитающих?

1) кора больших полушарий;

2) три слуховые косточки;

3) живорождение и хорошо развитая забота о потомстве;

4) кишечник, состоящий из тонкой и толстой кишки.

**А32.** Сколько позвонков в шейном отделе позвоночника жирафа?

1) шесть; 2) семь; 3) восемь; 4) десять.

**А33.** Назовите ткань, которой образована диафрагма у млекопитающих:

1) костная; 3) хрящевая;

2) мышечная; 4) соединительная.

**А34.** У какой группы млекопитающих многокамерный желудок?

1) нежвачные парнокопытные;

2) жвачные парнокопытные;

3) непарнокопытные;

4) хоботные.

**А35.** Назовите представителя отряда Непарнокопытные:

1) олень; 2) зебра; 3) кабан; 4) антилопа.

**А36.** Назовите отряд, к которому относят ежей, кротов, землероек:

1) Грызуны; 3) Рукокрылые;

2) Насекомоядные; 4) Копытные.

## Часть В

**В заданиях В1—В3 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Какие признаки характерны для хрящевых рыб?

1) нет плавательного пузыря;

2) 3-камерное сердце;

3) оплодотворение внутреннее;

4) зубы дифференцированы;

5) есть клоака и первичные почки;

6) жабры снаружи прикрыты жаберными крышками.

**В2.** Какие факторы среды ограничивают численность пресмыкающихся в пустынях?

1) температура и влажность воздуха;

2) газовый состав атмосферы;

3) наличие пищи;

4) количество древесной растительности;

5) уровень антропогенного воздействия;

6) количество перегноя в почве.

**В3.** К отряду Грызуны относятся:

1) заяц-беляк;
2) белка обыкновенная;
3) землеройка;
4) полевка степная;
5) суслик крапчатый;
6) еж обыкновенный.

**При выполнении заданий В4—В7 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В4.** Установите соответствие между признаком и классом животных, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК | КЛАСС |
|---|---|
| А) трехкамерное сердце | 1) Млекопитающие |
| Б) клетки тела снабжаются смешанной кровью | 2) Пресмыкающиеся |
| В) наличие желез в эпидермисе кожи | |
| Г) эмбрион развивается в матке | |
| Д) постоянная температура тела | |

**В5.** Установите соответствие между особенностями размножения и классом животных, для которого он характерен.

| ОСОБЕННОСТЬ РАЗМНОЖЕНИЯ | КЛАСС |
|---|---|
| А) наружное оплодотворение | 1) Земноводные |
| Б) внутреннее оплодотворение | 2) Рептилии |
| В) прямое развитие | |
| Г) постэмбриональное развитие с метаморфозом | |
| Д) зародыш развивается в воде | |
| Е) яйцеклетки содержат зародышевые оболочки | |

**В6.** Установите соответствие между строением сердца и животным, которому оно характерно.

| ЖИВОТНОЕ | СЕРДЦЕ |
|---|---|
| А) большая белая акула | 1) двухкамерное |
| Б) треска обыкновенная | 2) трехкамерное |
| В) огненная саламандра | 3) четырехкамерное |
| Г) миссисипский аллигатор | |
| Д) египетская кобра | |
| Е) пустельга обыкновенная | |

**B7.** Установите соответствие между особенностями дыхательной системы и животных, для которых они характерны.

| ОСОБЕННОСТЬ | КЛАСС |
|---|---|
| А) в газообмене участвуют только легкие | 1) Птицы |
| Б) есть воздушные мешки | 2) Земноводные |
| В) дыхательные пути короткие | |
| Г) характерно двойное дыхание | |
| Д) вдох и выдох обеспечивают мышцы ротовой полости | |

**B8.** Установите последовательность размножения и развития лягушки, начиная с брачного периода:

1) оплодотворение;

2) формирование молодой особи;

3) исчезновение хвоста;

4) появление личинок с одним кругом кровообращения;

5) у самцов развиваются резонаторы.

## Часть C

**C1.** Почему не вымирают рыбы, откладывающие мало икринок?

**C2.** Найдите ошибки в приведенном тексте.

1. По отношению к сезонным миграциям выделяют три группы птиц — оседлые, кочующие и перелетные. 2. Перелетные птицы ориентируются по Солнцу и звездам. 3. Кочующие виды ежегодно совершают миграции на тысячи и десятки тысяч километров. 4. Оседлые птицы постоянно обитают в определенной местности. 5. К оседлым птицам относятся скворцы, ласточки и стрижи. 6. Разные особи одного вида могут быть перелетными или оседлыми, в зависимости от индивидуальных особенностей.

**C3.** Почему амфибии сохраняют тесную связь с водной средой? Ответ обоснуйте.

**C4.** Какие изменения во внутреннем строении позволили пресмыкающимся вытеснить древних земноводных? Назовите не менее четырех особенностей.

**C5.** Какие черты строения птиц непосредственно связаны с приспособлением к полету? Назовите не менее четырех приспособлений.

**C6.** Докажите, что пресмыкающиеся — предки млекопитающих животных. Приведите не менее четырех доказательств.

# ИТОГОВЫЙ ТЕСТ ПО ЗООЛОГИИ

## Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Выберите признак, характерный только для царства Животных:

1) запасное вещество — гликоген;
2) наследственность и изменчивость;
3) обладают раздражимостью;
4) клетки лишены клеточных оболочек.

**А2.** Малярийный плазмодий поражает именно эти клетки человека:

1) кишечника и желудка;
2) эритроциты и лейкоциты;
3) эритроциты и клетки печени;
4) тромбоциты.

**А3.** В образовании осадочных горных пород участвуют:

1) простейшие и кишечнополостные;
2) плоские и круглые черви;
3) моллюски и насекомые;
4) рыбы и земноводные.

**А4.** Двусторонняя симметрия впервые появляется у:

1) простейших;
2) кишечнополостных;
3) моллюсков;
4) хордовых.

**А5.** Свободноживущие плоские черви отличаются от плоских червей-паразитов:

1) наличием сквозного кишечника;
2) их эпителий имеет реснички;
3) нервной системой лестничного типа;
4) хорошо развитой дыхательной системой.

**А6.** Первичной полостью тела и сквозной пищеварительной системой обладают:

1) плоские черви;
2) круглые черви;
3) кольчатые черви;
4) моллюски.

**А7.** Кровеносная система моллюсков состоит из:

1) сердца, сосудов и лакун;
2) сосудов и лакун;
3) сердца и сосудов;
4) у моллюсков кровеносной системы нет.

**А8.** Выберите паразитический организм:

1) белая планария;
2) луковичная нематода;
3) пескожил;
4) циклоп.

**А9.** Заразиться широким лентецом можно, если:

1) употребить в пище непрожаренное мясо крупного рогатого скота;

2) выпить некипяченой воды из пресного водоема;

3) съесть слабопросоленную пресноводную рыбу;

4) съесть слабопросоленную морскую рыбу.

**А10.** Бесполое размножение возможно для:

1) паукообразных; 3) плоских червей;

2) моллюсков; 4) костных рыб.

**А11.** Назовите животное, которое в класс Паукообразных **не включают**:

1) собачий клещ; 3) сенокосец;

2) скорпион; 4) водомерка.

**А12.** Какая особенность внутреннего строения характерна только для насекомых?

1) две пары усиков и 1—2 пары крыльев;

2) орган дыхания — только трахеи;

3) незамкнутая кровеносная система;

4) в пищеварительной системе есть средняя и задняя кишка.

**А13.** Среди беспозвоночных животных в настоящее время господствуют:

1) ракообразные; 3) головоногие моллюски;

2) насекомые; 4) круглые черви.

**А14.** Жесткие надкрылья, грызущий ротовой аппарат, развитие с полным превращением имеют:

1) Чешуекрылые; 3) Прямокрылые;

2) Двукрылые; 4) Жесткокрылые.

**А15.** К общественным насекомым относятся каждая из двух групп:

1) бабочки и термиты; 3) пауки и осы;

2) пчелы и шмели; 4) тли и муравьи.

**А16.** Внекишечное пищеварение характерно для:

1) гидры; 2) скорпионов; 3) пауков; 4) клещей.

**А17.** Какие животные не используют кислород для дыхания?

1) водные ракообразные;

2) дождевые черви, кроты и другие почвенные обитатели;

3) черви-паразиты, обитающие в пищеварительной системе хозяина;

4) личинки насекомых, обитающие под корой деревьев.

**А18.** Отличительным признаком насекомых является:

1) наличие двуветвистых конечностей;
2) регулярная линька;
3) одна пара усиков;
4) сложные фасеточные глаза.

**А19.** Какие классы животных относят к типу Хордовых?

1) Брюхоногие и Двустворчатые;
2) Рыбы и Земноводные;
3) Птицы и Насекомые;
4) Рыбы и Ракообразные.

**А20.** Скелет бесчерепных животных представлен:

1) позвоночником и парными конечностями;
2) хордой;
3) кутикулой из хитина;
4) хрящами и мышцами.

**А21.** В процессе эволюции позвоночных сердце впервые появляется у:

1) ланцетника;
2) речного окуня;
3) травяной лягушки;
4) прыткой ящерицы.

**А22.** К отряду Костнохрящевых рыб относятся:

1) акулы и скаты;
2) осетр и белуга;
3) латимерия и протоптер;
4) карп и щука.

**А23.** Костные рыбы, в отличие от хрящевых:

1) имеют плавательный пузырь;
2) обитают в морях и океанах;
3) характеризуются внутренним оплодотворением и прямым развитием;
4) имеют двухкамерное сердце и замкнутую кровеносную систему.

**А24.** У земноводных впервые появляется:

1) череп и позвоночник;
2) барабанная перепонка и одна слуховая косточка;
3) многочисленные кожные железы;
4) тонкий и толстый кишечник.

**А25.** Почему земноводные не считаются настоящими наземными животными?

1) у них трехкамерное сердце без перегородки;
2) развитие с личинкой, имеющей много общего с рыбами;
3) размножение происходит в воде;
4) кожа тонкая, голая, способна к газообмену.

**А26.** Первыми рептилиями являются:

1) динозавры;
2) котилозавры;
3) стегоцефалы;
4) ихтиостеги.

**А27.** У змей, в отличие от ящериц:

1) нет грудной кости;
2) хорошо развит головной мозг;
3) живорождение;
4) не происходит линька.

**А28.** Артериальная и венозная кровь не смешивается у:

1) земноводных и пресмыкающихся;
2) пресмыкающихся и птиц;
3) земноводных и млекопитающих;
4) птиц и млекопитающих.

**А29.** Выберите особенность скелета, характерную только птицам:

1) позвоночник состоит из 5 отделов;
2) череп включает в себя мозговую и висцеральную части;
3) на задних конечностях есть цевка;
4) передняя конечность включает плечо, предплечье, кисть.

**А30.** В чем заключается основное значение киля?

1) дает большую подвижность грудины в полете;
2) непосредственно участвует в изменении направления полета;
3) обеспечивает обтекаемую форму тела птицы;
4) увеличивает площадь прикрепления к грудине скелетных мышц.

**А31.** Миграции птиц служат приспособлением к:

1) изменению температуры;
2) уменьшению межвидовой конкуренции;
3) нехватке корма;
4) антропогенным воздействиям.

**А32.** У птиц мочеточники впадают в:

1) мочевой пузырь;
2) клоаку;
3) толстый кишечник;
4) мочеиспускательный канал.

**А33.** Выберите признак, характерный для пищеварительной системы млекопитающих:

1) хорошо развиты пищеварительные железы (слюнные, поджелудочная и печень);

2) зубная система гомодонтного типа;

3) у подавляющего числа видов есть зоб и многокамерный желудок;

4) кишечник не дифференцирован на толстый и тонкий.

**А34.** В спячку **не впадает**:

1) суслик степной;
2) бурый медведь;
3) барсук обыкновенный;
4) полевка лесная.

**А35.** К отряду Парнокопытных относят:

1) лошадей;
2) бегемотов;
3) носорогов;
4) слонов.

**А36.** Киты и дельфины являются млекопитающими, т. к.:

1) рождают живых детенышей;

2) способны к эхолокации;

3) дышат кислородом воздуха;

4) питаются рыбой и другими водными животными.

## Часть В

**В заданиях В1—В3 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Какие признаки можно отнести к многоклеточным животным?

1) синтез органических веществ из неорганических с использованием световой энергии;

2) гетеротрофный тип питания;

3) наличие хитина в клеточной стенке;

4) запасное вещество — гликоген;

5) только половое размножение;

6) наличие нервной системы и рефлексов.

**В2.** Кровеносная система птиц характеризуется следующими особенностями:

1) имеет два круга кровообращения;

2) от сердца отходят две артерии;

3) в сердце — неполная перегородка между желудочками;

4) к головному мозгу поступает артериальная кровь, а к остальным органам — смешанная;

5) венозная кровь течет только по венам, а артериальная — только по артериям;

6) венозная и артериальная кровь не смешиваются.

**В3.** Какие особенности земноводных сформировались в связи с обитанием в наземно-воздушной среде?

1) замкнутая кровеносная система;

2) малый круг кровообращения;

3) голая тонкая кожа;

4) появление легких;

5) наличие отделов в позвоночнике;

6) две пары конечностей, состоящих из трех отделов.

**При выполнении заданий В4—В7 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В4.** Установите соответствие между особенностью размножения и группой животных, для которой она характерна.

| ОСОБЕННОСТЬ | ГРУППА ЖИВОТНЫХ |
|---|---|
| А) раздельнополые или гермафродиты | 1) Круглые черви |
| Б) раздельнополые животные | 2) Кишечнополостные |
| В) только половое размножение | |
| Г) чередование полового и бесполого поколений | |
| Д) формирование зародыша из двух зародышевых листков | |

**В5.** Установите соответствие между особенностями строения и группой животных, для которой она характерна.

| ОСОБЕННОСТЬ | ГРУППА ЖИВОТНЫХ |
|---|---|
| А) все виды — раздельнополые | 1) Гидроидные |
| Б) большая часть жизненного цикла — стадия медузы | 2) Сцифоидные |
| В) морские и пресноводные организмы | |
| Г) гаметы образуются в энтодерме | |
| Д) у некоторых видов нет стадии медузы | |

**В6.** Установите соответствие между отрядом насекомых и типом превращения.

| ОТРЯД | ТИП ПРЕВРАЩЕНИЯ |
|---|---|
| А) Чешуекрылые | 1) полное превращение |
| Б) Перепончатокрылые | 2) неполное превращение |
| В) Прямокрылые | |
| Г) Полужесткокрылые | |
| Д) Жесткокрылые | |
| Е) Двукрылые | |

**B7.** Установите соответствие между признаком и классом животных, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК | КЛАСС |
|---|---|
| А) три слуховые косточки | 1) Млекопитающие |
| Б) газообмен происходит в альвеолах | 2) Птицы |
| В) хорошо развиты воздушные мешки | |
| Г) кожа сухая, тонкая, практически без желез | |
| Д) большие полушария гладкие, кора практически не развита | |
| Е) у всех видов зрение цветное | |

**B8.** Установите последовательность систематических категорий, начиная с наибольшей:

1) Горилла;
2) Хордовые;
3) Горилла восточная;
4) Приматы;
5) Позвоночные;
6) Млекопитающие.

## Часть С

**C1.** Паразитический клещ, напавший на человека, выпивает не более 1—2 мл крови. Чем же опасен его укус?

**C2.** Найдите ошибки в приведенном тексте.

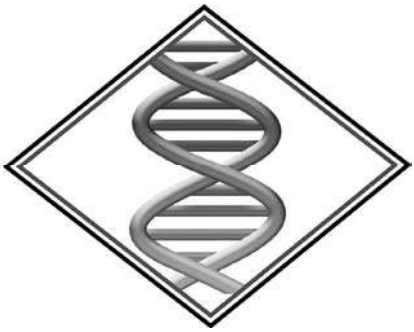
1. К моллюскам относят животных с мягким нечленистым телом и мантией. 2. У всех моллюсков хорошо развита раковина, выполняющая защитную функцию. 3. Тело моллюсков состоит из трех отделов — головы, туловища и ноги. У некоторых видов голова отсутствует. 4. Кровеносная система моллюсков замкнутая, имеется сердце. 5. Органы выделения — мальпигиевы сосуды, открывающиеся в кишечник. 6. Дыхательная система представлена жабрами или легкими.

**C3.** К каким изменениям в биогеоценозе леса приведет сокращение численности волков в результате их уничтожения человеком?

**C4.** Почему крокодилов относят к пресмыкающимся, а не к земноводным, если они большую часть жизни проводят в воде?

**C5.** Какой тип развития насекомых превращения считается более прогрессивным и эволюционно молодым? Ответ поясните.

**C6.** Какие приспособления к зимнему времени года есть у птиц, постоянно обитающих в умеренной зоне России? Назовите не менее четырех приспособлений.



# ГЛАВА 3

# Анатомия

Анатомия (от греч. *"анатоме"* — рассечение) — это наука, изучающая форму и строение живых организмов. Соответственно, анатомия человека занимается изучением строения человеческого организма. Одним из первых анатомов считается знаменитый древнегреческий врач Гиппократ, который описал некоторые органы тела человека и сформулировал учение о четырех типах темперамента.

В рамках изучения этого раздела биологии также рассматриваются физиология человека и основы гигиены. Физиология — это наука, изучающая протекание процессов в организме. Гигиена занимается вопросами сохранения здоровья человека в быту, во время трудовой деятельности и на отдыхе.

Организм человека состоит из различных частей, но функционирует как единое целое. Основной структурной единицей человеческого организма, согласно клеточной теории, является клетка. Клетка человека имеет типичное строение, характерное для клеток животных. Более подробно строение клетки и ее жизнедеятельность рассмотрены в *главе 4*.

Клетки объединяются в ткани, из которых состоят органы. Органы образуют системы органов, формирующие целостный организм.

## ТКАНИ ЧЕЛОВЕКА

*Ткань* (рис. 3.1) — это совокупность клеток и неклеточных структур, обладающих сходным строением, имеющих общее происхождение и выполняющих определенные функции.

### Эпителиальная ткань

*Эпителиальные ткани* расположены на поверхности тела человека, выстилают полости тела и органов и входят в состав желез.

Функции эпителия:

- ❒ защитная (барьерная);
- ❒ выделительная;

**Рис. 3.1.** Типы тканей человека

- ❒ секреторная;
- ❒ всасывание.

Клетки эпителиальной ткани плотно прилегают друг к другу, межклеточного вещества мало. Клетки эпителия образуют пласты, расположенные на базальной мембране. В этих пластах отсутствуют кровеносные и лимфатические сосуды, поэтому питание клеток происходит диффузно через базальную мембрану. Все эпителиальные ткани обладают высокой регенерационной способностью.

Выделяют покровный и железистый эпителий. *Покровный эпителий* делится на две разновидности: однослойный и многослойный.

*Однослойный (простой) эпителий.* Все клетки этого эпителия своими нижними полюсами прикреплены к базальной мембране. Выделяют следующие виды (рис. 3.2):

- ❒ плоский — покрывает внутренние органы (ротовая полость, пищевод, альвеолы, плевра);
- ❒ кубический — выстилает канальцы почек, протоки желез;
- ❒ цилиндрический — расположен на внутренней поверхности слизистой желудка, кишечника;
- ❒ многорядный мерцательный (реснитчатый) — выстилает воздухоносные пути.

*Многослойный эпителий.* В этой ткани к базальной мембране прикреплены только клетки нижнего слоя, остальные слои с ней не связаны и расположены на нижележащих слоях.

Выделяют:

- ❒ многослойный ороговевающий — находится на поверхности кожи (рис. 3.3). Его наружный слой состоит из мертвых клеток, которые периодически слущиваются и заменяются новыми;
- ❒ многослойный неороговевающий — расположен на поверхности роговицы, в ротовой полости и пищеводе;
- ❒ переходный — встречается в почечной лоханке, мочеточниках, мочевом пузыре. При функционировании этих органов меняется объем их полостей, в связи с чем толщина эпителиального пласта то возрастает, то снижается.

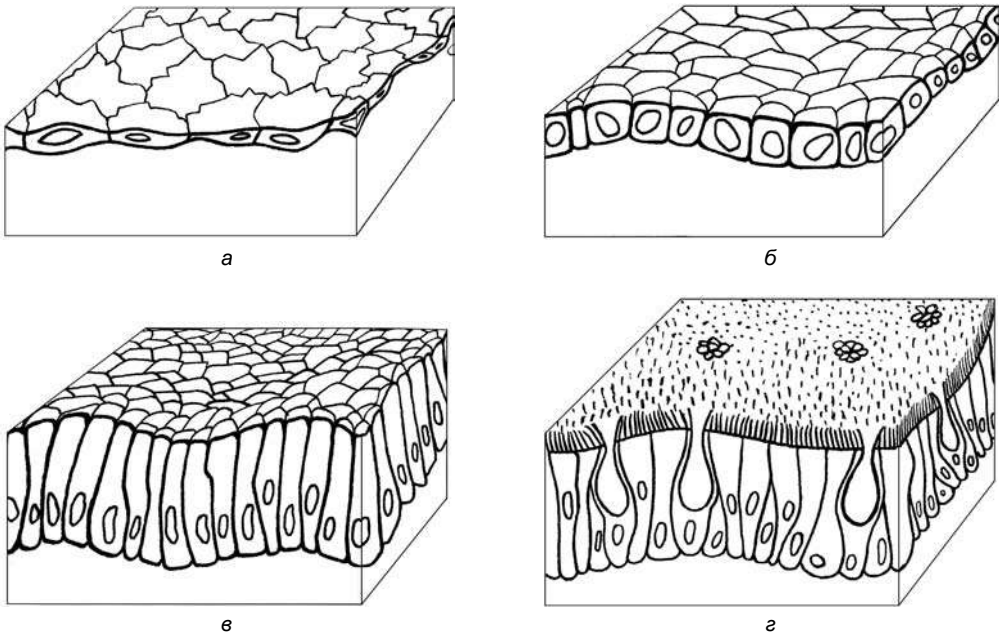



**Рис. 3.2.** Типы простого эпителия: *а* — плоский; *б* — кубический; *в* — цилиндрический; *г* — реснитчатый

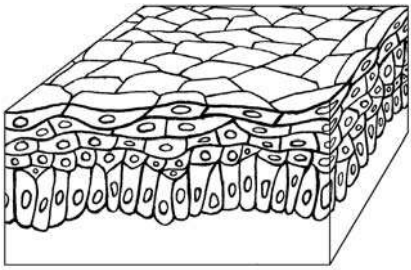


**Рис. 3.3.** Многослойный ороговевающий эпителий

*Железистый эпителий* — это эпителий, способный вырабатывать особые вещества (секреты). Его клетки называются секреторными и образуют железы: эндокринные (внутренней секреции, рис. 3.4) и экзокринные (внешней секреции, рис. 3.5). Эндокринные железы не имеют выводных протоков, и их вещества выделяются непосредственно в кровь (гипофиз, щитовидная железа и т. п.).

Экзокринные железы (потовые, слюнные и т. п.) имеют концевые отделы, где образуются секреты и выводные протоки, по которым эти вещества выделяются на поверхность организма или в полость органа.

Кроме эндокринных и экзокринных желез, в организме человека есть железы смешанной секреции, способные одновременно выделять вещества и в полость органов (по протокам), и напрямую в кровь. К ним относятся поджелудочная и половые железы.

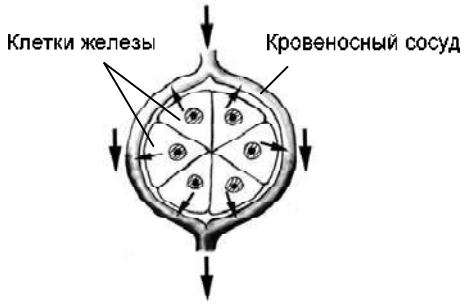



**Рис. 3.4.** Схема строения железы внутренней секреции

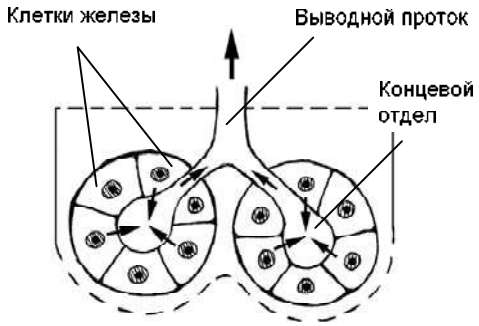



**Рис. 3.5.** Схема строения железы внешней секреции

По форме концевых отделов железы бывают: трубчатые, альвеолярные (концевой отдел похож на пузырек или мешочек), смешанные (альвеолярно-трубчатые).

В организме человека также присутствуют одноклеточные железы, обычно располагающиеся в слизистых оболочках внутренних органов.

## Соединительная ткань

Соединительная ткань состоит из клеток и межклеточного вещества, в котором выделяют основное вещество и волокна. Межклеточное вещество кости твердое, крови и лимфы — жидкое. Все соединительные ткани развиваются из мезодермы.

Функции:

- пластическая — эта ткань участвует в восстановительных процессах при тканевых повреждениях;
- защитная — иммунная (происходит выработка антител и фагоцитоз) и механическая защита;
- трофическая — принимает участие в обменных процессах и регуляции питания клеток;
- опорная — одной из разновидностей соединительной ткани является костная и хрящевая ткань, образующие скелет.

### Клетки соединительной ткани

- Фибробласты — постоянные и наиболее многочисленные клетки соединительной ткани. Принимают непосредственное участие в формировании межклеточных структур: синтезируют и выделяют вещества, необходимые для построения волокон.
- Фиброциты — это фибробласты, заключенные между близко расположенными волокнами. Имеют сильно вытянутую форму, синтетическая активность сильно понижена.
- Гистиоциты (макрофаги) — это свободные клетки, способные к направленному движению. Участвуют в иммунных реакциях.

- Тучные клетки (тканевые базофилы) — большие клетки с крупными гранулами, содержащими гепарин и гистамин. Участвуют в иммунных и аллергических реакциях. Гепарин препятствует свертыванию крови.
- Плазматические клетки — небольшие клетки овальной формы; синтезируют и выделяют основную массу разнообразных антител (иммуноглобулинов). Участвуют в иммунных реакциях.
- Адвентициальные клетки — характерна вытянутая звездчатая форма, ядро овальной формы. Являются относительно малодифференцированными клетками, способны к митозу и превращению в другие типы клеток.

## Волокна соединительной ткани

- Коллагеновые — волокна, обеспечивающие механическую прочность. Они не ветвятся, слабо растяжимы, прочны на разрыв и способны объединяться в пучки.
- Эластиновые (эластические) — волокна, имеющие форму тонких ветвящихся нитей, образующих сеть. Не объединяются в пучки, обладают малой прочностью.
- Ретикулиновые — это тонкие ветвящиеся волокна, которые формируют трехмерную сеть, в ячейках которой находятся клетки и тканевая жидкость.

## Виды соединительной ткани

*Рыхлая волокнистая соединительная ткань.* Входит в состав кожи, слизистых оболочек, кровеносных и лимфатических сосудов, формирует прослойки внутри органов. В ней преобладают клетки над межклеточным веществом, в котором волокна расположены в разных направлениях и довольно рыхло.

*Плотная волокнистая соединительная ткань.* Преобладает межклеточное вещество, особенно много волокон. Плотная соединительная ткань входит в состав сухожилий, фасций и дермы кожи.

*Жировая ткань* расположена в подкожно-жировом слое, сальниках, капсулах органов и т. д. Она состоит из скопления жировых клеток. Ее основная функция — синтез и накопление липидов, а также терморегуляция. У человека выделяют белую и бурую жировые ткани, отличающиеся строением: в клетках белого жира липидная капля одна и занимает ее большую часть; в клетках бурого жира содержится много мелких капель.

*Кровь и лимфа* формируют внутреннюю среду организма, в которую также входит тканевая жидкость, и обеспечивают гомеостаз — относительное постоянство химического состава и физико-химических свойств клеток.

*Костная ткань.* В ней межклеточное вещество преобладает над клетками и содержит большое количество минеральных солей (фосфаты кальция и магния), придающих кости твердость. Оно состоит из основного вещества и оссеиновых[1] волокон. Костная ткань образует кости скелета.

---

[1] Белок оссеин является разновидностью коллагена.

Клетки костной ткани:

- остеобласты — молодые клетки, продуцирующие органические элементы костной ткани (коллаген и т. д.). Это крупные клетки, расположенные на поверхности формирующихся костных балок. Постепенно дифференцируются в остеоциты;
- остеоциты — зрелые клетки костной ткани, лежащие в особых полостях межклеточного вещества, соединенных между собой многочисленными костными канальцами. Имеют форму уплощенного овала с многочисленными отростками, которые контактируют с другими остеоцитами;
- остеокласты — крупные многоядерные клетки, находятся на поверхности костной ткани в местах ее резорбции. Разрушают кость и хрящ.

*Хрящевая ткань.* Преобладает межклеточное вещество. В межклеточном веществе располагаются коллагеновые и эластические волокна. Хрящевая ткань (кроме суставных поверхностей) покрыта плотной соединительной тканью — надхрящницей, в которой содержатся кровеносные сосуды. К клеткам хрящевой ткани относятся хондробласты и хондроциты. Хондробласты — это незрелые клетки хрящевой ткани; овальной формы, из них формируются хондроциты. Хондроциты — это зрелые клетки хрящевой ткани; они несколько раз делятся митозом и образуют группу клеток, лежащих вместе — так называемые "изогенные группы".

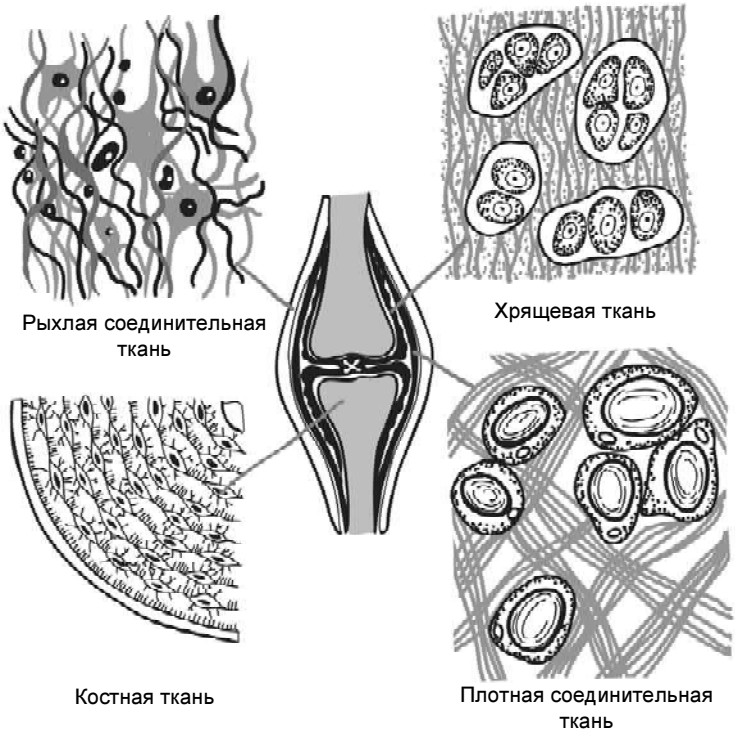



**Рис. 3.6.** Схема строения разных видов соединительной ткани

Выделяют гиалиновый, эластический и волокнистый хрящи. *Гиалиновый хрящ* входит в состав ребер, грудины, покрывает суставные поверхности костей, образует скелет воздухоносных путей. *Эластический хрящ* образует скелет наружного уха и слухового прохода, гортани. *Волокнистый хрящ* входит в состав межпозвонковых дисков и связок.

Некоторые виды соединительной ткани изображены на рис. 3.6.

## Нервная ткань

Нервная ткань формирует нервную систему. Основными ее свойствами является возбудимость и проводимость. Состоит из нервных клеток (нейронов) и нейроглии.

*Нейроны* состоят из тела и отростков. Отростки бывают двух типов: длинный, ветвящийся на конце аксон и короткие, сильно ветвящиеся дендриты (рис. 3.7). Аксоны передают нервный импульс от тела клетки к другому нейрону или к клетке рабочего органа; по дендритам возбуждение поступает к телу клетки. По количеству отростков нейроны бывают уни- (1 отросток), би- (2) и мультиполярные (3 и более). В соответствии с функциями нейроны бывают чувствительные или афферентные (передают информацию в нервный центр), ассоциативные и двигательные или эфферентные (передают информацию от нервного центра). Ядра нейронов крупные. В цитоплазме находятся обычные органоиды, характерные для клеток человека, но встречаются и специальные, например, нейрофибриллы (это совокупность волокнистых структур цитоплазмы). Нейроны не способны к митозу.

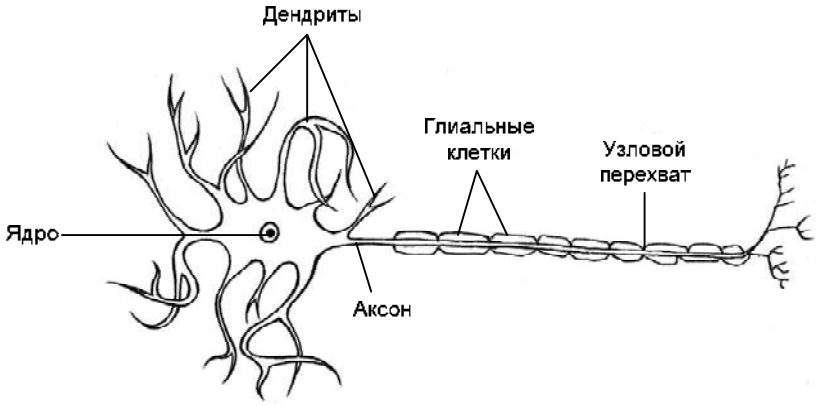



**Рис. 3.7.** Строение нейрона

*Нейроглия* — комплекс клеточных элементов, выполняющих в нервной ткани опорную, разграничительную, защитную, секреторную и трофическую функции.

Отростки нейронов входят в состав *нервных волокон*, образуя их осевые цилиндры, а в совокупности с клетками нейроглии образуют нервные волокна. Пучки нервных волокон, покрытые соединительнотканной оболочкой, образуют *нервы*.

Различают два типа волокон.

- Безмиелиновые (безмякотные) — характерны для вегетативной нервной системы. Клетки нейроглии плотно прилегают друг к другу, образуя непрерывные тяжи. В безмякотном нервном волокне содержится несколько отростков различных нейронов.
- Миелиновые (мякотные) — содержат один осевой цилиндр (дендрит или аксон нейрона), покрытый оболочкой из глиальных клеток. Между соседними глиальными клетками находится сужение волокна — узловой перехват (перехват Ранвье). Наружный слой миелинового волокна называется шванновской оболочкой (неврилемма).

Нервные волокна заканчиваются нервными окончаниями. Различают три вида нервных окончаний.

- Двигательные (эффекторные) — расположены в мышцах и железах. К ним относят моторные бляшки — комплекс взаимосвязанных нервных окончаний и клеток поперечнополосатых мышц.
- Чувствительные — специализированные концевые образования чувствительных нейронов. Делятся на экстерорецепторы (внешние) и интерорецепторы (внутренние). Воспринимают температуру, боль и т. д.

Синапсы (рис. 3.8) — это контакт двух нейронов или нейрона и мышечного волокна. Состоит из пресинаптического окончания, синаптической щели и постсинаптического окончания. Синапсы бывают аксосоматические (аксон + тело нейрона), аксоаксональные, аксодендритические и дендродендритические. По способу передачи импульса выделяют химические и электрические синапсы. В химических синапсах нервный импульс передается из одного нейрона в другой с помощью особого вещества — медиатора (в качестве примеров медиаторов можно привести ацетилхолин, норадреналин, серотонин, глутаминовую кислоту, γ-аминомасляную кислоту и т. д.). Нервный импульс, придя в окончание первого нейрона, вызывает выброс в синаптическую щель молекул медиатора,

**Рис. 3.8.** Строение синапса

которые воздействуют на окончание второго нейрона и генерируют импульс в нем. В электрических синапсах передача импульса происходит биоэлектрическим путем за счет контакта между нейронами. На одном нейроне может быть несколько тысяч синапсов.

## Мышечная ткань

Мышечная ткань — это ткань, способная к произвольному и непроизвольному сокращению и обеспечивающая все двигательные процессы в организме человека. Сокращение сопряжено с большими затратами энергии, которая выделяется при распаде АТФ. В процессе сокращения участвуют специальные органоиды — миофибриллы. У человека выделяют две разновидности мышечной ткани: гладкую и поперечнополосатую (скелетная и сердечная).

*Гладкая мышечная ткань* входит в состав стенок внутренних органов, сосудов. Структурной единицей ее является клетка — миоцит (рис. 3.9). Миоцит — это одноядерная клетка, имеющая веретеновидную форму с заостренными концами. Ядро занимает центральное положение. В цитоплазме содержатся гранулы гликогена — это энергетический запас клетки. Сократительным аппаратом миоцита являются миофиламенты (микрофибриллы), состоящие из сократительных белков, расположенные в цитоплазме на периферии клетки и имеющие продольную ориентацию. Снаружи миоцит покрыт базальной мембраной. Гладкие мышцы сокращаются непроизвольно (их работа регулируется вегетативной нервной системой) и медленно, но могут достигать большой силы сжатия; мало утомляются.

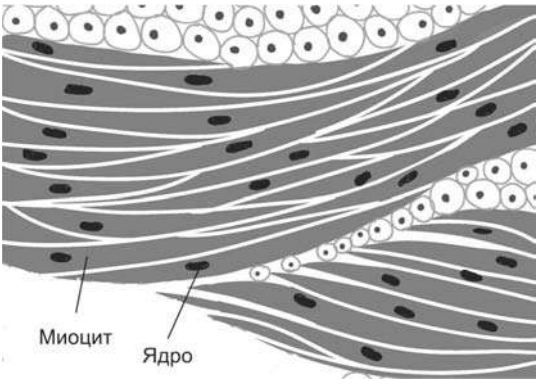



**Рис. 3.9.** Строение гладкой мышцы

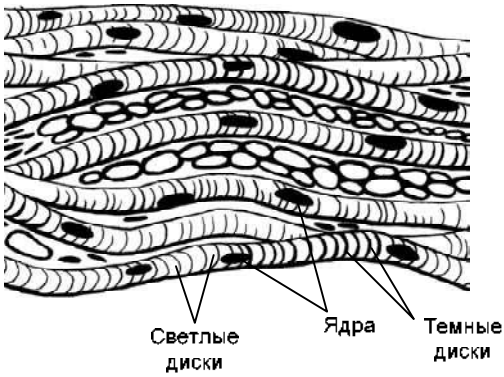



**Рис. 3.10.** Строение поперечнополосатой мышечной ткани

*Поперечнополосатая скелетная мышечная ткань* (рис. 3.10) образует скелетные мышцы, мышцы языка, глотки и др. Структурной единицей является мышечное волокно, представляющее собой неклеточную структуру — симпласт (т. е. у скелетной мышечной ткани нет клеточного строения). Мышечное волокно состоит из саркоплазмы (цитоплазмы) и многочисленных ядер, расположенных на периферии. Снаружи волокно покрыто оболочкой (сарколеммой); несколько мышечных воло-

кон имеют общую оболочку — так образуется мышечный пучок; несколько мышечных пучков также имеют общую оболочку — так образуется мышца.

Сократительным аппаратом являются продольно ориентированные волокна — миофибриллы, построенные из сократительных белков и занимающие большую часть волокна. Миофибриллы состоят из чередующихся темных и светлых полос (дисков), которые расположены на одном уровне, поэтому волокно приобретает поперечнополосатую исчерченность. Поперечная исчерченность миофибрилл объясняется наличием в их составе миофиламентов, состоящих из белка актина (тонкие нити, образуют светлый участок — диск "И") и миозина (толстые нити, образуют темный участок — диск "А"). В мышечном волокне хорошо развиты митохондрии и гладкая эндоплазматическая сеть, остальные органоиды развиты слабее. Также в мышечном волокне содержатся гранулы гликогена и дыхательный белок (миоглобин), который способен связывать и отдавать кислород (действует аналогично гемоглобину). Поперечнополосатые мышцы сокращаются быстро, произвольно и непроизвольно и быстро утомляются.

*Поперечнополосатая сердечная мышечная ткань* образует сердечную мышцу — миокард. Структурной единицей ее является клетка (кардиомиоцит). Сердечная мышца сокращается непроизвольно, ее клетки содержат больше митохондрий, чем волокна скелетной мышечной ткани. Более подробно строение этой ткани рассмотрено в *разд. "Сердце" далее в этой главе*.

## Тест по теме "Ткани"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Клетки какой ткани способны выделять биологически активные вещества?

1) эпителиальной; 3) соединительной;

2) мышечной; 4) костной.

**А2.** Кровь и лимфа относятся к:

1) нервной ткани; 3) мышечной ткани;

2) соединительной ткани; 4) проводящей ткани.

**А3.** В какой ткани нет кровеносных сосудов?

1) в рыхлой соединительной; 3) костная;

2) кубический эпителий; 4) поперечнополосатая мышечная.

**А4.** Выберите признак, характерный преимущественно только для нервной ткани:

1) выделение продуктов распада;

2) сократимость;

3) возбудимость и проводимость;

4) синтез органических веществ.

**А5.** Поперечнополосатые мышцы сокращаются:

1) произвольно;
2) непроизвольно;
3) произвольно и непроизвольно;
4) самостоятельно.

**А6.** Нервное волокно — это:

1) длинный отросток нервной клетки, покрытый оболочкой;
2) пучок нервных отростков под общей оболочкой;
3) несколько тел нейронов, покрытых оболочкой;
4) то же самое, что и нерв.

**А7.** Реснитчатый эпителий расположен:

1) на внутренней стенке желудка;
2) в носовой полости;
3) в печени;
4) снаружи крупных сосудов.

**А8.** Железы внутренней секреции:

1) расположены только в брюшной полости;
2) выделяют гормоны в пищеварительный тракт;
3) не имеют протоков;
4) образованы соединительной тканью.

**А9.** Двигательные нейроны отвечают за:

1) движение человека в целом;
2) движение отдельных мышц тела;
3) передачу нервного импульса от мозга;
4) передачу нервного импульса к мозгу.

**А10.** Назовите два основных белка мышц:

1) гемоглобин и миоглобин;
2) актин и миозин;
3) кератин и коллаген;
4) пепсин и трипсин.

**А11.** Быстрее всего утомляются:

1) поперечнополосатые мышцы;
2) гладкие мышцы;
3) мышцы сердца;
4) мышцы кровеносных сосудов.

**А12.** Из предложенного списка веществ выберите медиатор:

1) инсулин;
2) коллаген;
3) ацетилхолин;
4) миелин.

**А13.** Эпителий слизистой желудка:

1) плоский;
2) кубический;
3) цилиндрический;
4) переходный.

**А14.** Неклеточным строением обладает:

1) кровь и лимфа;
2) мышечное волокно скелетной мышцы;
3) мышечное волокно сердца;
4) нервный узел.

**А15.** Твердое межклеточное вещество встречается:

1) в плотной соединительной ткани;
2) в костной ткани;
3) в многослойном ороговевающем эпителии;
4) в жировой ткани.

## Часть В

**В задании В1 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Гладкая мышечная ткань, в отличие от поперечнополосатой...

1) состоит из одноядерных клеток;
2) состоит из многоядерных волокон;
3) быстро сокращается и быстро устает;
4) находится в стенках внутренних органов;
5) регулируется вегетативной нервной системой;
6) составляет основную массу сердца.

**При выполнении заданий В2 и В3 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В2.** Установите соответствие между признаками и типом отростков нейронов, для которых они характерны.

| ПРИЗНАК | ТИП ОТРОСТКА |
|---|---|
| А) входит в состав нервных волокон | 1) дендрит |
| Б) покрыт миелиновой оболочкой | 2) аксон |
| В) сильно ветвится | |
| Г) проводит импульс к телу нейрона | |
| Д) проводит импульс от тела нейрона | |

**В3.** Установите соответствие между функциями и типом ткани человека, для которой они характерны.

| ФУНКЦИЯ | ТИП ТКАНИ |
|---|---|
| А) обеспечивает транспорт веществ по организму | 1) нервная |
| Б) отвечает за всасывание веществ | 2) эпителиальная |
| В) регулирует работу внутренних органов | 3) соединительная |
| Г) выделяет ферменты и гормоны | |
| Д) воспринимает и обрабатывает информацию из внешней среды | |

### Часть С

**С1.** Какие особенности эпителиальной ткани помогают ей выполнять свои функции?

**С2.** Некоторые яды блокируют проведение нервного импульса. Объясните механизм действия таких ядов.

**С3.** Найдите и исправьте ошибки в нижеприведенном тексте.

1. Соединительная ткань выполняет опорную и защитную функцию в организме человека. 2. Ее разновидностью являются кровь, лимфа и гладкие мышцы. 3. В ее межклеточном веществе практически нет волокон. 4. Межклеточное вещество крови и лимфы — жидкое. 5. Рыхлая соединительная ткань входит в состав сухожилий. 6. Хрящевая ткань чаще всего расположена на концах костей.

# ОРГАНЫ И СИСТЕМЫ ОРГАНОВ

*Орган* — это часть организма человека, отличающаяся свойственной лишь ему формой и строением и приспособленная к выполнению определенной функции. Органы состоят из тканей. Каждый орган содержит все типы тканей, одна из которых является основной, или рабочей (эта ткань выполняет главную функцию органа). Органы анатомически и функционально объединяются в системы органов.

*Система органов* — это ряд органов, имеющих общий план строения, единство происхождения и выполняющих одну большую функцию. Некоторые органы могут объединяться в аппараты. *Аппарат* может иметь различное строение и происхождение, но выполнять общую функцию (опорно-двигательный аппарат) или органы, составляющие аппарат, различны по своим функциям, но связаны онтогенетически (мочеполовой аппарат).

# НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Нервная система человека регулирует и координирует работу внутренних органов, осуществляет связь организма с внешней средой, обеспечивает работу организма как единого целого, а также отвечает за сознательную деятельность человека.

Основными свойствами нервной системы являются проводимость и возбудимость. В основе деятельности нервной системы лежит *рефлекс*. Рефлекс — это ответная реакция организма на воздействие внешних или внутренних факторов, осуществляемая нервной системой.

Путь, по которому проходит нервный импульс при осуществлении рефлекса, называется *рефлекторной дугой* (рис. 3.11). Она состоит из 5 звеньев.

- Рецептор — отвечает за восприятие информации. Чаще всего это нервное окончание. Каждый рецептор приспособлен к восприятию сигналов от определенного раздражителя и имеет свой порог чувствительности. В зависимости от расположения, выделяют экстерорецепторы (находятся в коже, слизистых оболочках и т. д.), проприоцепторы (расположены в мышцах, сухожилиях и суставных сумках) и интероцепторы (находятся во внутренних органах). В зависимости от характера воспринимаемого раздражения выделяют:
  - механорецепторы (воспринимают прикосновение и давление);
  - болевые рецепторы;
  - хеморецепторы (воспринимают химический состав);
  - терморецепторы (воспринимают температуру);
  - фоторецепторы (воспринимают свет).

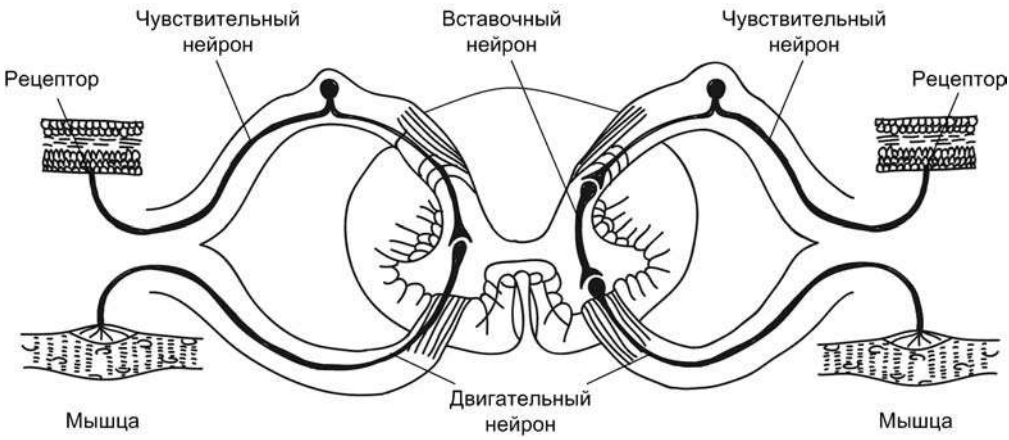



**Рис. 3.11.** Схема рефлекторной дуги: слева — двухнейронная; справа — трехнейронная

- Чувствительный (афферентный) нейрон, передающий информацию в нервный центр.
- Нервный центр, в котором происходит обработка информации и формирование адекватного ответа. Он расположен в мозге или нервных узлах.
- Двигательный (эфферентный) нейрон, передающий информацию к рабочему органу.
- Рабочий орган — это мышца или железа, выполняющая ответную реакцию.

Бывают двухнейронные и многонейронные (обычно рассматривают трехнейронные) рефлекторные дуги. Двухнейронная дуга образована двумя нейронами (чувствительным и двигательным), трехнейронная дуга включает чувствительный нейрон, вставочный нейрон и двигательный нейрон. Примером двухнейронной дуги является дуга коленного рефлекса, трехнейронной — дуга защитного рефлекса (отдергивание руки в ответ на прикосновение горячего к коже).

## Отделы нервной системы

Классификация отделов нервной системы представлена на рис. 3.12. Центральная нервная система обеспечивает обработку информации и формирование ответа, периферическая — восприятие и передачу информации.

Функциональные отделы: соматическая нервная система иннервирует скелетные мышцы и обеспечивает связь организма с окружающей средой; вегетативная (автономная) регулирует обменные процессы и работу внутренних органов.

**Рис. 3.12.** Отделы нервной системы

### Спинной мозг

Спинной мозг — это длинный тяж цилиндрической формы диаметром около 1 см, расположенный внутри позвоночного канала. На уровне первого шейного позвонка он переходит в продолговатый мозг, на уровне 2-го поясничного позвонка заканчивается мозговым конусом, от которого отходит терминальная нить. Имеет два утолщения: шейное и пояснично-крестцовое (в этих местах отходят нервы, иннервирующие конечности). На поверхности спинного мозга находится мягкая оболочка, состоящая из соединительной ткани, снаружи от которой расположена паутинная оболочка из соединительной ткани, а снаружи от нее — твердая оболочка также из соединительной ткани. Оболочки спинного мозга выполняют защитные и барьерные функции.

На поверхности спинного мозга расположены две продольные борозды (срединная щель и задняя срединная борозда). В центре находится спинномозговой (центральный) канал, заполненный спинномозговой жидкостью (рис. 3.13). Вверху он сообщается с IV желудочком головного мозга.

Вокруг спинномозгового канала располагается серое вещество, состоящее из коротких отростков и тел нейронов и глиальных клеток. Оно отвечает за обработку

информации и формирование ответа на раздражение. Серое вещество имеет передние, задние и боковые выступы — рога. Рога спинного мозга содержат различные по функции нейроны. В передних рогах находятся двигательные нейроны, в задних — вставочные нейроны, в боковых — вегетативные нейроны. Вокруг серого вещества расположено белое вещество. Белое вещество образовано отростками нейронов и формирует восходящие и нисходящие проводящие пути, соединяющие спинной мозг с головным.

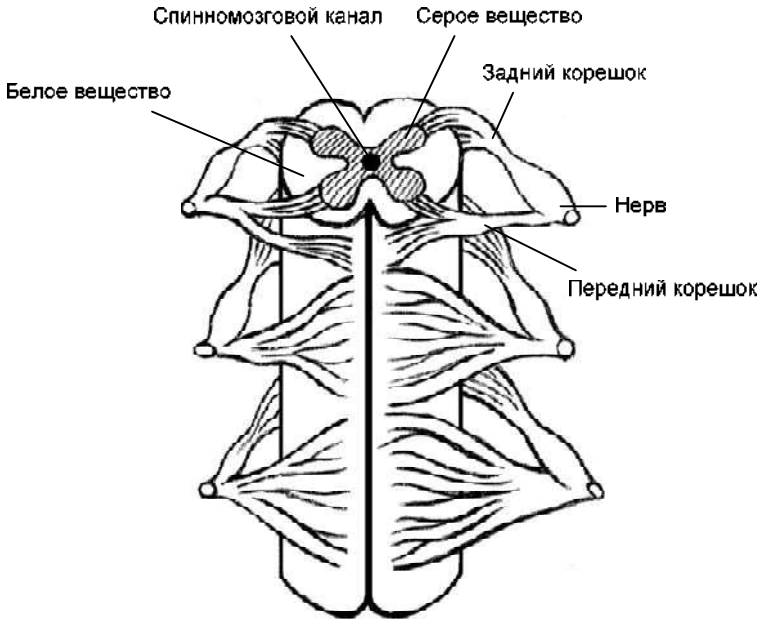



**Рис. 3.13.** Строение спинного мозга

От спинного мозга отходит 31 пара спинномозговых нервов. Каждый из них начинается двумя корешками: передними (двигательными) и задними (чувствительными). По ходу задних корешков располагаются спинномозговые узлы, в которых лежат тела чувствительных нейронов.

*Функции спинного мозга:* рефлекторная (осуществление рефлексов) и проводниковая (проведение импульсов в головной мозг и обратно). Примеры спинномозговых рефлексов: коленный рефлекс; сгибание и разгибание конечностей, отдергивание руки при прикосновении к горячему. При повреждении спинного мозга у человека может развиться паралич.

## Головной мозг

Головной мозг находится внутри черепа. Средняя масса мозга — 1,5—1,6 кг. Он защищен тремя оболочками: наружной твердой, средней паутинной и внутренней мягкой (все оболочки образованы соединительной тканью). Непосредственно к мозгу прилегает мягкая или сосудистая оболочка. Она очень тонкая, образована

рыхлой соединительной тканью, богата сосудами и эластичными волокнами. Кнаружи от нее располагается паутинная оболочка. Между веществом мозга, покрытым мягкой оболочкой, и паутинной оболочкой находится подпаутинное пространство, заполненное спинномозговой жидкостью. Снаружи от паутинной оболочки находится твердая оболочка из плотной соединительной ткани. Оболочки головного мозга также выполняют защитные и барьерные функции.

Некоторые бактерии и вирусы вызывают воспаление оболочек мозга (менингит) или самого мозга (энцефалит, человек заражается при укусе клеща-переносчика).

От головного мозга отходит 12 пар черепно-мозговых нервов. Их ядра находятся в сером веществе головного мозга. Если импульс по нерву идет только из головного мозга к органам, то его называют *эфферентным* (двигательным); если, наоборот, от рецепторов в мозг, то *афферентным* (чувствительным). Если же в составе нерва есть чувствительные и двигательные волокна, то он относится к *смешанным*. Обонятельный, зрительный и преддверно-улитковый нервы — чувствительные; глазодвигательный, блоковый, отводящий, добавочный и подъязычный — двигательные; остальные — смешанные.

Головной мозг состоит из белого и серого вещества. Серое вещество представлено дендритами и телами нейронов и образует ядра и кору, которая покрывает большие полушария и мозжечок. Белое вещество образовано длинными отростками нейронов.

Головной мозг включает 5 отделов: продолговатый, задний (мост и мозжечок), средний, промежуточный, передний (рис. 3.14). Стволовую часть мозга образуют продолговатый мозг, мост и средний мозг.

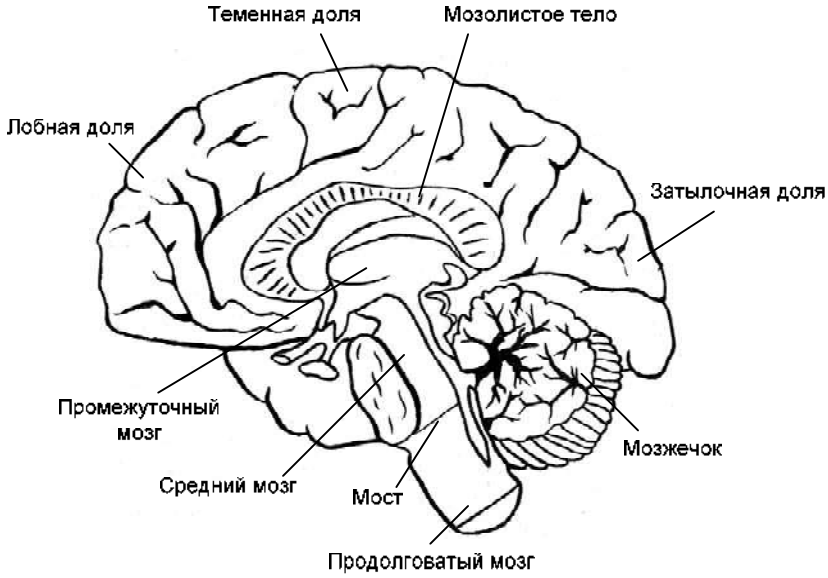



**Рис. 3.14.** Строение головного мозга

Также в стволе мозга выделяют *ретикулярную формацию* — это нервные клетки и нервные волокна, образующие сеть. Ретикулярная формация связана со всеми органами чувств, двигательными и чувствительными областями коры и спинным мозгом. Она регулирует уровень возбудимости и тонуса центральной нервной системы, участвует в регуляции сознания, эмоций, сна и бодрствования, целенаправленных движений.

В головном мозге есть 4 полости, называемые желудочками. Боковые желудочки (I и II) расположены в больших полушариях, III желудочек — в промежуточном мозге, IV желудочек находится на уровне продолговатого мозга. Все желудочки мозга соединены друг с другом, а IV — еще и со спинномозговым каналом. Желудочки головного мозга заполнены спинномозговой (цереброспинальной) жидкостью.

## Отделы мозга

### Продолговатый мозг

Продолговатый мозг является продолжением спинного мозга. Выполняет две функции: рефлекторную и проводниковую. От него отходят IX—XII пары черепно-мозговых нервов.

Продолговатый мозг содержит нервные центры следующих рефлексов: дыхания, сердечной деятельности, пищеварения, глотания, жевания и защиты (чихание, кашель). Проводниковая функция выполняется белым веществом, которое связывает вышележащие отделы со спинным мозгом.

### Задний мозг

Задний мозг состоит из варолиева моста и мозжечка. *Мост* появляется только у млекопитающих. Он выполняет проводниковую функцию, и от него отходят V—VIII пары черепно-мозговых нервов.

*Мозжечок*[1] есть у всех позвоночных. В нем различают два полушария, покрытые корой, и червь. Мозжечок состоит из белого и серого вещества. Белое вещество проникает между серым и как бы ветвится, образуя белые полоски. Серое вещество образует кору и ядра (скопления тел нейронов между белым веществом). Снаружи мозжечок покрыт корой из серого вещества толщиной 1—2,5 мм, состоящей из 3-х слоев. Мозжечок отвечает за координацию движений и регуляцию тонуса мышц.

### Средний мозг

Средний мозг состоит из четверохолмия (передние и задние бугры) и ножек мозга. От среднего мозга отходят III и IV пара черепно-мозговых нервов. Передние бугры четверохолмия являются центром первичных зрительных, а задние бугры — первичных слуховых рефлексов. Также в среднем мозге есть красное ядро, участвующее в регуляции мышечного тонуса и сокращений мышц.

---

[1] Иногда в литературе мозжечок называют малым мозгом.

## Промежуточный мозг

Промежуточный мозг состоит из таламуса и гипоталамуса. *Таламус* в основном образован серым веществом и является подкорковым центром всех видов чувствительности, кроме обонятельной. Также таламус участвует в формировании эмоций. *Гипоталамус* участвует в поддержании гомеостаза, в регуляции обмена веществ, в поддержании постоянной температуры тела, состояния сна и бодрствования, регулирует потребление пищи и воды. В гипоталамусе образуются некоторые гормоны (вазопрессин и окситоцин), поступающие в нейрогипофиз. Также он выделяет факторы, стимулирующие или подавляющие синтез гормонов гипофиза.

## Передний мозг

Передний мозг представлен большими полушариями, достигающими наибольшего развития у человека. У человека два полушария, которые соединены между собой мозолистым телом, состоящим из белого вещества. Каждое полушарие делится на 4 доли: лобную, теменную, затылочную и височную. Доли отделены друг от друга крупными бороздами: между лобной и теменной находится центральная (Роландова) борозда; между височной, лобной и теменной — латеральная (Сильвиева) борозда; между теменной и затылочной — теменно-затылочная борозда. В каждое полушарие поступает информация от противоположной части тела. Также для человека характерна функциональная асимметрия полушарий: левое отвечает за абстрактно-логическое мышление, правое — за образное.

На поверхности полушарий развивается кора, образованная серым веществом и покрытая большим количеством борозд и извилин, увеличивающих ее поверхность. Под корой находится белое вещество. Толщина коры — от 1,3 до 5 мм, общая площадь — примерно 2000 см$^2$. В коре выделяют 6 слоев: молекулярный, наружный зернистый, пирамидный, внутренний зернистый, ганглиозный и слой полиморфных клеток (веретеновидный). В молекулярном слое залегают мультиполярные ассоциативные нейроны. В наружном зернистом находятся мелкие мультиполярные нейроны. В пирамидном слое находятся нейроны пирамидной формы. Во внутреннем зернистом — мелкие нейроны звездчатой формы. В ганглиозном (внутреннем пирамидном) — крупные нейроны пирамидной формы. В веретеновидном слое — различные по форме и размерам нейроны. Также в каждом слое располагаются нервные волокна. В коре насчитывается 10—14 млрд нейронов.

В коре происходит анализ всех раздражений, поступающих из внешней и внутренней среды. В процессе эволюции происходит локализация функций в коре — в ней выделяют так называемые "ядра" (это участок расположения наибольшего количества нейронов, в которых точно проецируются все структуры периферического рецептора). *Лобная доля* коры — самая крупная (29% всей поверхности коры и 50% массы мозга), отвечает за мышление и интеллект; в ней находятся речевые и двигательные центры. *Височная доля* содержит ядра слухового анализатора. *Затылочная доля* — ядра зрительного анализатора. *Теменная доля* отвечает за общую чувствительность (температурная, болевая и осязательная), кожно-мышечную чувствительность, включает ядра двигательного анализатора.

Двигательная область коры содержит зоны, управляющие движением мышц тела. Величина двигательных зон того или иного отдела тела зависит от его значения: наибольшие зоны характерны для мышц кисти и мышц лица.

Кора отвечает за взаимодействие организма с окружающей средой и контролирует работу внутренних органов. Также считается, что кора является материальной основой психической деятельности человека.

В толще белого вещества каждого полушария имеются скопления серого вещества — так называемые "ядра", которые залегают ближе к основанию мозга (поэтому их называют базальными или подкорковыми центральными). К ним относятся полосатое тело (участвует в управлении движением и регуляции мышечного тонуса), ограда и миндалевидное тело.

## Соматическая и вегетативная нервная система

Соматическая нервная система регулирует работу скелетной мускулатуры и обеспечивает чувствительность.

Вегетативная (автономная) нервная система регулирует работу внутренних органов и систем и обменных процессов. Ее деятельность не зависит от воли человека. Вегетативная нервная система имеет двухнейронное строение: первый нейрон располагается в отделах центральной нервной системы (в мозге); второй нейрон — в вегетативных ганглиях, находящихся вне мозга.

Из головного мозга в составе черепно-мозговых нервов или из спинного мозга в составе передних корешков спинномозговых нервов выходят преганглионарные волокна (чаще всего это миелиновые волокна), которые приходят в вегетативные узлы или ганглии. В них (ганглиях) лежат нейроны эфферентного (двигательного) вегетативного пути. Их аксоны, выходя из ганглиев, образуют постганглионарные волокна (чаще всего это безмиелиновые волокна), которые направляются к органам и тканям. Вегетативные волокна идут в составе соматических нервов или самостоятельно образуют вегетативные нервы.

Выделяют два основных отдела вегетативной нервной системы: парасимпатический и симпатический (рис. 3.15). Центры *парасимпатического отдела* расположены в головном (средний и продолговатый мозг) и спинном мозге (крестцовый отдел). Парасимпатический отдел оказывает изолированное, непосредственное влияние на функцию органа, т. к. постганглионарные волокна парасимпатической нервной системы короткие, и ганглии расположены вблизи иннервируемого органа или внутри него. Кроме того, медиатор парасимпатической нервной системы (ацетилхолин) нестойкий и быстро разрушается. Парасимпатические волокна входят в состав черепно-мозговых нервов, например в состав блуждающего нерва (действуют на сердце, трахею, бронхи, легкие, органы пищеварительной системы, почки).

Центральный отдел *симпатической нервной системы* расположен в боковых рогах спинного мозга (грудной и поясничный отдел). Вегетативные ганглии этого отдела расположены справа и слева от позвоночника. При возбуждении симпатической нервной системы происходит одновременное воздействие на функции разных органов: постганглионарные волокна симпатического отдела длинные, а ганглии распо-

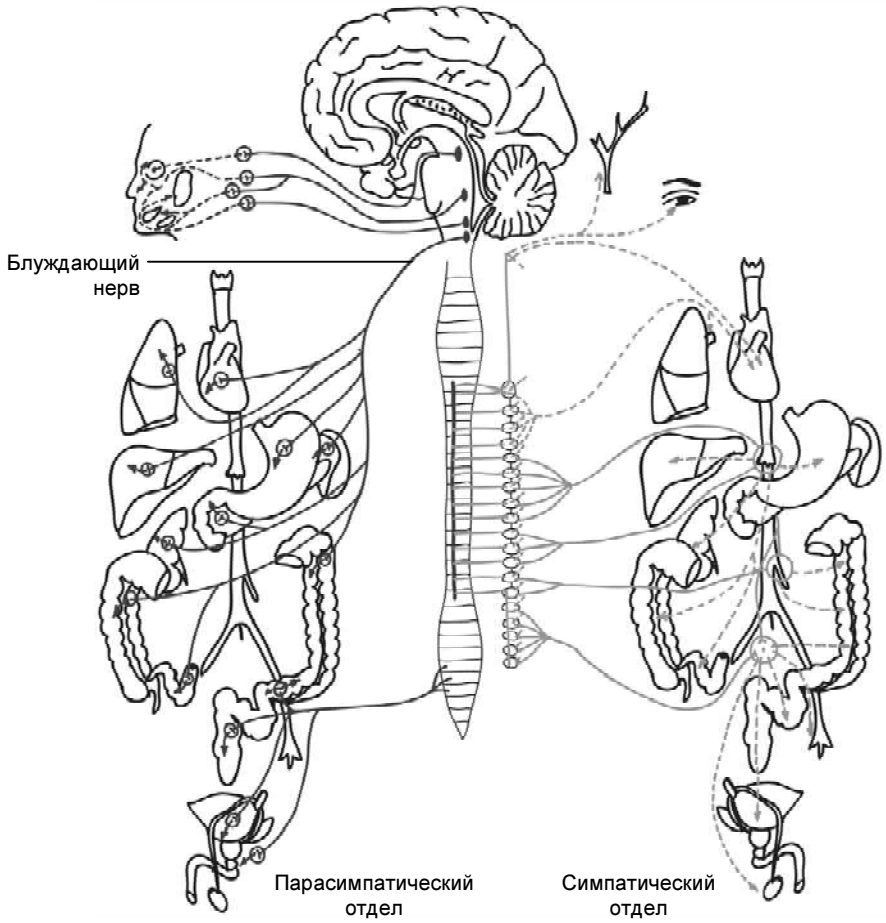



**Рис. 3.15.** Отделы вегетативной нервной системы

лагаются вдали от иннервируемого органа. При передаче возбуждения медиаторы симпатической нервной системы (адреналин и норадреналин) поступают в кровь и оказывают влияние на работу внутренних органов.

На функции органов парасимпатический и симпатический отдел вегетативной нервной системы оказывают противоположное воздействие (табл. 3.1).

***Таблица 3.1.*** *Влияние симпатического и парасимпатического отделов на некоторые органы человека*

| **Орган** | **Влияние симпатического отдела** | **Влияние парасимпатического отдела** |
|---|---|---|
| Сердце | Учащение и усиление сокращений | Замедление и ослабление сокращений |
| Сосуды | Сужение | Расширение |
| Трахея, бронхи | Расслабление гладких мышц | Сокращение гладких мышц |

***Таблица 3.1*** *(окончание)*

| Орган | Влияние симпатического отдела | Влияние парасимпатического отдела |
|---|---|---|
| Желудок | Ослабление сокоотделения и движений | Усиление сокоотделения и движений |
| Кишечник | Ослабление волнообразных движений | Усиление волнообразных движений |

В вегетативной нервной системе выделяют еще один отдел — метасимпатический. Рефлекторные дуги этого отдела не проходят через мозг: его нейроны лежат вне центральной нервной системы. Они расположены непосредственно в регулируемых органах. Метасимпатический отдел участвует в регуляции работы органов желудочно-кишечного тракта, сердца, сосудов, бронхов и других внутренних органов.

## Тест по теме "Нервная система"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Назовите структуры, которые включают в состав периферической нервной системы:

1) спинной мозг, нервы и нервные узлы;

2) нервы и нервные узлы;

3) нервы;

4) нервные узлы.

**А2.** Какие ионы участвуют в проведении нервного импульса?

1) $Na^+$ и $Cl^-$;
2) $Mg^{2+}$ и $Na^+$;
3) $Fe^{2+}$ и $K^+$;
4) $Na^+$ и $K^+$.

**А3.** Какой из нейронов расположен первым в рефлекторной дуге?

1) двигательный;
2) чувствительный;
3) ассоциативный;
4) вставочный.

**А4.** Белое вещество спинного мозга образовано...

1) ядрами нейронов и нейроглии;

2) телами нейронов и нейроглии;

3) аксонами;

4) дендритами и телами нейронов.

**А5.** Из какой ткани состоят оболочки, защищающие головной и спинной мозг?

1) нервной;
2) эпителиальной;
3) соединительной;
4) мышечной.

**А6.** Тела каких нейронов в сером веществе спинного мозга отсутствуют?

1) чувствительных; 3) вегетативных;

2) двигательных; 4) вставочных.

**А7.** Сколько пар черепно-мозговых нервов отходит от головного мозга?

1) 9; 2) 10; 3) 11; 4) 12.

**А8.** Какой отдел головного мозга непосредственно переходит в спинной мозг?

1) продолговатый мозг; 3) промежуточный мозг;

2) средний мозг; 4) мост.

**А9.** Нервный центр какого безусловного рефлекса расположен в среднем мозге?

1) зрачкового; 3) мигательного;

2) чихательного; 4) обонятельного.

**А10.** Какой отдел головного мозга включает кору?

1) мост; 3) промежуточный мозг;

2) средний мозг; 4) мозжечок.

**А11.** Назовите долю коры больших полушарий, в которой находится центральный отдел слухового анализатора:

1) лобная; 2) теменная; 3) височная; 4) затылочная.

**А12.** Через какой участок головного мозга обязательно проходят дуги условных рефлексов?

1) кора больших полушарий;

2) задний мозг;

3) продолговатый мозг;

4) гипоталамус.

**А13.** Какие отделы головного мозга образуют ствол мозга?

1) средний мозг, мозжечок и продолговатый мозг;

2) мост, средний и продолговатый мозг;

3) мост, мозжечок, средний, промежуточный и продолговатый мозг;

4) промежуточный, средний и продолговатый мозг.

**А14.** Какой признак характерен для мозга человека и для мозга всех млекопитающих?

1) есть речевой нервный центр;

2) лобная доля коры является самой крупной в больших полушариях;

3) в коре больших полушарий есть чувствительные и двигательные зоны;

4) большие полушария покрыты корой с извилинами и бороздами.

**А15.** В каком отделе мозга находятся нервные центры сосания и глотания?

1) кора больших полушарий;

2) средний мозг;

3) промежуточный мозг;

4) продолговатый мозг.

**А16.** Какой из отделов головного мозга координирует произвольные и непроизвольные движения человека?

1) промежуточный мозг; 3) средний мозг;

2) мозжечок; 4) продолговатый мозг.

**А17.** Какое действие не является рефлексом?

1) учащение сердцебиения при сильном испуге;

2) поворот головы в сторону неожиданного источника звука;

3) сокращение мышц при ходьбе;

4) вдох и выдох.

**А18.** Какое свойство характерно для большинства нейронов?

1) способность к митозу;

2) выделение ферментов и гормонов;

3) возбудимость;

4) движение.

**А19.** Какую функцию выполняет белое вещество мозга?

1) двигательную; 3) чувствительную;

2) рефлекторную; 4) проводниковую.

**А20.** Какая зона находится в затылочной доле коры?

1) кожно-мышечная; 3) слуховая;

2) зрительная; 4) осязательная.

## Часть В

**В задании В1 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Выберите свойства, характерные для нейронов:

1) большинство нейронов человека — униполярные;

2) имеют отростки: дендриты и аксоны;

3) образуют многочисленные контакты с другими нервными клетками;

4) запасают большие количества углеводов и липидов;

5) способны к делению;

6) способны к передаче нервного импульса.

**При выполнении заданий В2 и В3 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В2.** Установите соответствие между особенностями строения и функциями и отделами головного мозга, для которого они характерны.

| СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ | ОТДЕЛ МОЗГА |
|---|---|
| А) регулирует работу сердца и дыхательной системы | 1) средний мозг |
| Б) способен синтезировать гормоны | 2) промежуточный мозг |
| В) отвечает за чувство сытости | 3) продолговатый мозг |
| Г) поддерживает тонус мышц | |
| Д) содержит нервные центры чихания и кашля | |
| Е) содержит нервные центры зрительных и слуховых рефлексов | |

**В3.** Установите соответствие между функциями и отделами вегетативной нервной системы, для которого они характерны.

| ФУНКЦИИ | ОТДЕЛ |
|---|---|
| А) ослабляет перистальтику кишечника | 1) симпатический отдел |
| Б) уменьшает частоту дыхания | 2) парасимпатический отдел |
| В) замедляет слюноотделение | |
| Г) усиливает сердцебиение и сужает сосуды | |
| Д) действует в минуту опасности | |
| Е) усиливает выделение пищеварительных ферментов | |

**В4.** Составьте правильную последовательность рефлекторной дуги, начиная с рецептора:

1) двигательный нейрон;

2) чувствительный нейрон;

3) рабочий орган;

4) рецептор;

5) нервный центр.

## Часть С

**С1.** Человек не может поднять со стола кружку с молоком, при этом его мышцы работоспособны. Объясните данное явление.

**С2.** Чем отличается головной мозг человека от мозга других млекопитающих? Приведите не менее трех отличий.

**С3.** Ладонь руки человека не чувствует боли или температуры окружающей среды, но мышцы работают нормально. Какие нарушения и в каких частях нервной системы могли произойти у этого человека?

# ЭНДОКРИННАЯ СИСТЕМА

Эндокринная система образована железами внутренней (гипофиз, эпифиз, вилочковая железа, щитовидная железа, паращитовидные железы, надпочечники) и смешанной секреции (поджелудочная и половые железы). Она регулирует работу органов и систем органов. Изучением желез внутренней секреции занимается эндокринология.

Железы, образующие эндокринную систему, выделяют биологически активные вещества — гормоны. Гормоны образуются и действуют в малых количествах, характеризуются высокой биологической активностью и специфичностью. Они не являются источниками энергии и не выполняют структурные функции. По химической природе гормоны бывают производными аминокислот (тироксин, адреналин), пептидами (вазопрессин, окситоцин, кальцитонин, паратгормон), белками (инсулин, соматотропин) и стероидами (кортикостероиды, половые гормоны).

Гормоны разносятся кровью по всему организму и попадают на клетки органов-мишеней (это орган, на который действует данный гормон). Далее действие гормона зависит от его природы: стероидный гормон воспринимается рецепторами мембраны, проходит сквозь нее и взаимодействует с внутриклеточными рецепторными белками цитоплазмы. При этом формируется комплекс "рецептор — гормон", который проникает в ядро клетки и воздействует на определенный участок ДНК. Гормон белковой или аминокислотной природы воздействует на клетку-мишень через систему циклических мононуклеотидов.

Также существуют *тканевые гормоны*, которые выделяют отдельные эндокринные клетки, расположенные в других органах организма человека. В качестве примера можно привести следующие гормоны:

- гастрин — стимулирует секрецию соляной кислоты в желудке;
- секретин — стимулирует экзокринную секрецию поджелудочной железы;
- гистамин — вызывает аллергические реакции, расширяет сосуды и усиливает секрецию желудочного сока;
- простагландины — это производные ненасыщенных жирных кислот с 20-ю атомами углерода; участвуют в развитии воспалительных и аллергических реакций;
- кинины — регулируют сокращение гладких мышц, участвуют в воспалительных реакциях.

## Гипоталамус

Гипоталамус состоит из нейронов и нейросекреторных клеток. Нейросекреторные клетки гипоталамуса состоят из серого вещества и образуют скопления — крупноклеточные и мелкоклеточные ядра. Нейросекреторные клетки выполняют две

функции: образуют гормоны и передают нервный импульс. Синтез гормонов контролируется нейронами.

Нейрогормоны гипоталамуса:

- вазопрессин и окситоцин образуются в клетках крупноклеточных ядер. Эти гормоны по отросткам нейросекреторных клеток перемещаются в заднюю долю гипофиза (нейрогипофиз) и накапливаются в ней. В дальнейшем они поступают в кровь. *Вазопрессин (антидиуретический гормон)* сужает просвет сосудов, повышает давление, регулирует водный обмен, усиливает реабсорбцию воды в почках. *Окситоцин* стимулирует гладкие мышцы матки и миоэпителий молочной железы;
- рилизинг-гормоны (тропные гормоны) образуются в клетках мелкоклеточных ядер. Затем они поступают в капилляры и далее направляются в гипофиз, где усиливают или замедляют выработку гормонов в аденогипофизе.

## Гипофиз

Гипофиз расположен в клиновидной кости черепа, имеет бобовидную форму и очень небольшую массу (0,5—0,7 г). Снаружи он покрыт соединительнотканной капсулой. Гипофиз состоит из 3-х долей: передней и средней (они образуют аденогипофиз) и задней (нейрогипофиз). Аденогипофиз образован эпителиальной тканью, а нейрогипофиз — нервной тканью.

Передняя доля гипофиза построена из аденоцитов (эпителиальные клетки), формирующих тяжи. Аденоциты вырабатывают следующие гормоны:

- *соматотропин* (гормон роста) регулирует рост человека. При его недостатке в детском возрасте развивается карликовость, при избытке — гигантизм. При избытке этого гормона у взрослых людей развивается акромегалия, проявляющаяся в увеличении кистей, стоп и лицевой части черепа;
- *тиреотропный гормон* регулирует работу щитовидной железы;
- *адренокортикотропный гормон* регулирует работу мозгового слоя надпочечников;
- *гонадотропные гормоны* воздействуют на половую систему;
- *пролактин* влияет на работу молочной железы во время беременности и на лактацию после родов.

Задняя доля гипофиза контактирует с клетками гипоталамуса. По отросткам этих клеток в нейрогипофиз поступают и накапливаются гормоны окситоцин и вазопрессин, а затем они выделяются в кровь и разносятся по всему организму.

## Эпифиз (шишковидное тело)

Находится между большими полушариями и мозжечком. Снаружи он покрыт капсулой из соединительной ткани, от которой внутрь отходят перегородки, разделяющие железу на дольки. Эпифиз вырабатывает серотонин и мелатонин. Мелато-

нин по химической природе представляет собой видоизмененную аминокислоту триптофан и является антагонистом меланотропного гормона гипофиза. Он участвует в регуляции сна и угнетает функцию органов размножения. Серотонин также является производным триптофана. Он участвует в свертывании крови, усиливает выработку пролактина, уменьшает аллергические и воспалительные реакции, регулирует настроение.

## Щитовидная железа

Щитовидная железа расположена в области шеи по обеим сторонам трахеи, позади щитовидного хряща. Снаружи она покрыта капсулой из соединительной ткани, от которой вглубь органа отходят перегородки, разделяющие ее на дольки, состоящие из пузырьков (фолликулов). Клетки фолликула поглощают йод из крови и образуют тироксин и трийодтиронин (оба гормона содержат йод). Тироксин повышает интенсивность основного обмена (при этом увеличивается теплопродукция), влияет на процессы роста и развития, увеличивает интенсивность окислительных реакций в клетках, повышает возбудимость нервной системы и сердечной мышцы.

Также в щитовидной железе вырабатывается гормон кальцитонин. Он не содержит йод и действует на минеральный обмен, уменьшая содержание кальция в крови. По своему действию является антагонистом гормону паращитовидных желез.

При гипофункции железы в детстве развивается болезнь кретинизм, в зрелом возрасте — микседема и зоб; при гиперфункции — базедова болезнь. *Кретинизм* — это болезнь, при которой сильно задерживается развитие организма (в том числе половой и нервной систем), появляется задержка роста, снижается интенсивность обменных процессов и понижается сопротивляемость болезням. *Зоб* — при нехватке йода в пище; ткань щитовидной железы сильно разрастается, и на шее образуется вздутие. *Микседема* — характерна умственная и физическая отсталость, происходит нарушение белкового, углеводного и водно-минерального обменов. Эта болезнь сопровождается утолщением кожи, т. к. в ней увеличивается объем соединительной ткани и задерживается вода. *Базедова* болезнь связана с гиперфункцией щитовидной железы. Человек худеет, у него повышается нервная возбудимость, часто наблюдается пучеглазие. Также нарушается углеводный и водно-минеральный обмен, усиливается распад жира в жировой ткани.

## Околощитовидные (паращитовидные) железы

Это от 2 до 8 желез, расположенных на задней поверхности щитовидной железы, а иногда — внутри нее. И в том, и в другом случае они размещаются под общей со щитовидной железой капсулой. Образованы из эпителиальных клеток, которые расположены в виде тяжей, между которыми находятся тонкая прослойка рыхлой соединительной ткани. Клетки паращитовидной железы секретируют паратгормон — он повышает уровень ионов кальция в плазме крови, усиливает всасывание ионов кальция в кишечнике и реабсорбцию ионов кальция в почках.

При нехватке паратгормона или при удалении паращитовидных желез возникает заболевание, характеризующееся приступами мышечных судорог вплоть до смер-

тельного исхода. При избытке этого гормона повышается уровень ионов кальция в крови, усиливается выделение фосфатов с мочой, кости становятся мягкими, они часто деформируются.

## Вилочковая железа (тимус)

Вилочковая железа состоит из парных шейных частей, расположенных по бокам трахеи, и непарной части, расположенной в грудной полости. Каждая часть состоит из долек, которые частично изолированы друг от друга. Снаружи — соединительнотканная капсула. Тимус вырабатывает несколько видов гормонов (например, тимозин, тимопоэтин), которые действуют на лимфоциты в лимфоузлах и селезенке: под их действием они превращаются в Т-лимфоциты.

Кроме образования гормонов, вилочковая железа участвует в кроветворении и поддержании иммунитета. Наибольшую массу эта железа имеет у новорожденных, к началу полового созревания она постепенно атрофируется, и у взрослых людей тимус практически не функционирует.

## Надпочечники

Надпочечники — это парные органы овальной или вытянутой формы, расположенные над почками. Снаружи они покрыты капсулой из соединительной ткани. Надпочечники являются органом-мишенью для адренокортикотропного гормона гипофиза. Надпочечники состоят из коркового и мозгового вещества.

*Корковое вещество* образовано эпителиальной тканью. Его клетки выделяют следующие гормоны:

- *альдостерон*, регулирующий водно-минеральный обмен (он усиливает обратное всасывание $Na^+$ в почках) в организме. При нехватке альдостерона может развиться бронзовая болезнь;
- *глюкокортикоиды* (кортизон, кортикостерон), участвующие в регуляции белкового, жирового и углеводного обмена, а также оказывающие противовоспалительное действие;
- *половые гормоны* (андрогены и эстрогены). Они влияют на нормальное развитие половой системы человека.

*Мозговое вещество* образовано видоизмененными нервными клетками и нервными волокнами. Эти клетки вырабатывают адреналин и норадреналин. При воздействии сильных раздражителей секреция этих гормонов резко увеличивается. *Адреналин* повышает артериальное давление, увеличивает число сокращений сердца, расширяет коронарные сосуды, увеличивает кровоток в печени и скелетных мышцах, повышает уровень глюкозы в крови. *Норадреналин* оказывает аналогичное действие, но на некоторые функции действует противоположно (замедляет работу сердца).

## Поджелудочная железа

Поджелудочная железа является железой смешанной секреции. Ее эндокринная часть представлена островками Лангерганса, которые сформированы клеточными скоплениями, богатыми капиллярами. Среди этих клеток выделяют две разновидности: альфа-клетки (вырабатывают глюкагон), бета-клетки (их большинство, они секретируют инсулин).

Инсулин повышает проницаемость мембран для глюкозы, которая поступает в клетки и там либо расщепляется, либо превращается в гликоген, поэтому уровень сахара в крови снижается. Глюкагон усиливает расщепление гликогена до глюкозы и повышает уровень сахара в крови. То есть по своему действию глюкагон и инсулин являются антагонистами. При нарушении работы β-клеток снижается секреция инсулина и может возникнуть сахарный диабет — болезнь, характеризующаяся повышением уровня глюкозы в крови, нарушением углеводного и жирового обмена, ухудшением реабсорбции глюкозы в почках.

## Половые железы

Половые железы (у женщин яичники; у мужчин семенники) — это железы смешанной секреции. В них образуются половые клетки и синтезируются половые гормоны. В семенниках синтезируются андрогены — мужские половые гормоны (например, тестостерон); в яичниках вырабатываются эстрогены (эстрадиол и др.) — женские половые гормоны. Работа половых желез контролируется гонадотропными гормонами гипофиза.

Под действием половых гормонов происходит развитие половой системы и вторичных половых признаков, сперматогенез и овогенез, рост и развитие опорно-двигательного аппарата и организма в целом.

## Желтое тело

Это временная эндокринная железа. Она развивается только у женщин (в яичнике) после овуляции. Если беременность не наступает, то желтое тело разрушается, если она возникает, то эта железа сильно развивается. Желтое тело выделяет гормон прогестерон, регулирующий обмен веществ организма в период беременности. Также этот гормон действует на матку (эти действия направлены на создание благоприятных условий для восприятия зиготы) и угнетает рост других фолликулов.

## Плацента

Это временная эндокринная железа. Она развивается только у женщин во время беременности. Ее основная функция — осуществление связи между ребенком и организмом матери, но в плаценте также образуются некоторые гормоны, действующие на организм беременной женщины.

В табл. 3.2 в краткой форме представлены основные железы внутренней и смешанной секреции, их гормоны и действие.

***Таблица 3.2.*** *Эндокринные железы*

| Железа | Гормоны | Регулирует |
|---|---|---|
| Гипоталамус | Тропные | работу гипофиза |
| | Окситоцин | работу половой системы |
| | Вазопрессин | давление в сосудах и водный обмен |
| Гипофиз | Тропные | работу других желез |
| | Соматотропин | рост |
| Щитовидная железа | Тироксин | уровень обменных процессов, возбуждение нервной системы, рост и развитие |
| | Кальцитонин | уровень $Ca^{2+}$ в крови |
| Паращитовидные железы | Паратгормон | уровень $Ca^{2+}$ в крови |
| Надпочечники | Альдостерон | уровень $Na^{+}$ в крови |
| | Кортикостероиды | обмен органических веществ |
| | Половые гормоны | половое созревание, гаметогенез |
| | Адреналин | сердцебиение, давление и кровоток в сосудах, уровень глюкозы в крови |
| | Норадреналин | сердцебиение, давление и кровоток в сосудах |
| Поджелудочная железа | Инсулин | уровень глюкозы в крови |
| | Глюкагон | уровень глюкозы в крови |
| Половые железы | Андрогены и эстрогены | половое созревание, гаметогенез |

## НЕЙРОЭНДОКРИННАЯ РЕГУЛЯЦИЯ

Все функции организма человека регулируются двумя способами: нервным и эндокринным (рис. 3.16). В основе нервной регуляции лежит передача нервного импульса, в основе эндокринной — действие гормона.

**Рис. 3.16.** Схема нейроэндокринной регуляции

Рассмотрим нейроэндокринную регуляцию на примере. Большие полушария головного мозга с помощью нервных импульсов действуют на гипоталамус, усиливая или уменьшая выделение им тропных гормонов. Эти гормоны (либерины и статины) действуют на клетки аденогипофиза, вызывая усиление или ослабление его работы. Гормоны аденогипофиза регулируют работу других желез внутренней секреции, гормоны которых действуют непосредственно на органы тела человека.

Секреция тропных гормонов гипоталамуса регулируется по принципу отрицательной обратной связи: при повышении в плазме крови концентрации гормонов желез внутренней секреции секреция тропных гормонов ослабевает и наоборот.

## Тест по теме "Эндокринная система"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Какой отдел головного мозга способен к синтезу гормонов?

1) мост; 3) промежуточный мозг;

2) средний мозг; 4) кора больших полушарий.

**А2.** Какое вещество из приведенных ниже гормоном **не является**?

1) соматотропин; 2) глюкагон; 3) адреналин; 4) пепсин.

**А3.** Какой признак характерен для желез смешанной секреции?

1) выделяют разные ферменты;

2) выделяют разные гормоны;

3) вырабатывают гормоны и ферменты;

4) их гормоны могут выделяться по протокам.

**А4.** Какая железа относится к железам внешней секреции?

1) гипофиз; 2) печень; 3) семенник; 4) надпочечник.

**А5.** Адреналин — это:

1) белок; 2) аминокислота; 3) липид; 4) углевод.

**А6.** Гормон тироксин выделяется железой...

1) поджелудочной; 2) щитовидной; 3) надпочечником; 4) эпифизом.

**А7.** Какая болезнь, связанная со снижением функции щитовидной железы, возникает у взрослых людей?

1) сахарный диабет; 3) базедова болезнь;

2) кретинизм; 4) микседема.

**А8.** Выберите железу смешанной секреции:

1) эпифиз; 3) поджелудочная железа;

2) гипофиз; 4) слюнная железа.

**А9.** К какой группе органических веществ относится инсулин?

1) витамины; 2) белки; 3) жирные кислоты; 4) углеводы.

**А10.** При увеличении концентрации адреналина в крови работа сердца...

1) замедляется;
2) ослабляется;
3) не изменяется;
4) усиливается.

**А11.** Выберите железу внутренней секреции из предложенного списка:

1) надпочечник;
2) поджелудочная железа;
3) потовая железа;
4) железы желудка.

**А12.** Какой гормон синтезируется в надпочечниках?

1) тироксин; 2) альдостерон; 3) окситоцин; 4) вазопрессин.

**А13.** В состав какого гормона входит йод?

1) глюкагон; 2) тироксин; 3) кальцитонин; 4) паратгормон.

**А14.** При увеличении концентрации адреналина количество глюкозы в крови...

1) уменьшается;
2) увеличивается;
3) не изменяется;
4) увеличивается или уменьшается, в зависимости от концентрации глюкагона.

**А15.** Какой гормон по своему химическому строению относится к липидам?

1) кальцитонин;
2) тироксин;
3) норадреналин;
4) половые гормоны.

**А16.** Нарушение работы какой железы приводит к гигантизму или акромегалии?

1) поджелудочная железа;
2) гипофиз;
3) печень;
4) половые железы.

**А17.** Укажите гормон, синтезируемый гипофизом:

1) половой гормон;
2) кортикостероид;
3) соматотропин;
4) адреналин.

**А18.** К железам внутренней и внешней секреции соответственно относятся:

1) печень и слюнная железа;
2) слезная железа и надпочечники;
3) поджелудочная и половые железы;
4) гипофиз и сальная железа.

**А19.** Какое из перечисленных ниже веществ относится к гормонам?

1) химотрипсин;
2) липаза;
3) актин;
4) кальцитонин.

**А20.** Какое заболевание вызывается низкой активностью гипофиза?

1) сахарный диабет;
2) базедова болезнь;
3) карликовость;
4) микседема.

## Часть В

**В заданиях В1 и В2 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Щитовидная железа человека:

1) не имеет протоков и выделяет свой секрет непосредственно в кровь;
2) вырабатывает гормоны, регулирующие работу других эндокринных желез;
3) находится под контролем гипофиза;
4) при прекращении работы у взрослого человека развивается микседема;
5) для ее нормального функционирования требуется достаточное поступление йода в организм человека;
6) выделяет тиреотропный гормон.

**В2.** Выберите признаки, характерные для надпочечников:

1) являются непарными эндокринными железами;
2) вырабатывают кортикостероиды и половые гормоны;
3) понижают уровень сахара в крови;
4) вырабатывают гормон стресса адреналин;
5) состоят из коркового и мозгового слоя;
6) регулируют процессы образования мочи в почках.

**При выполнении заданий В3 и В4 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В3.** Установите соответствие между особенностями строения и функционирования и железой внутренней секреции.

| ОСОБЕННОСТЬ | ЖЕЛЕЗА |
|---|---|
| А) образован только нервной тканью | 1) гипофиз |
| Б) синтезирует гормоны окситоцин и вазопрессин | 2) гипоталамус |
| В) синтезирует гормон роста | |
| Г) является частью головного мозга | |
| Д) регулирует работу половых желез и мозгового слоя надпочечников | |

**B4.** Установите соответствие между признаками и болезнью, для которой они характерны.

| ПРИЗНАК | БОЛЕЗНЬ |
|---|---|
| А) связана с гипофункцией щитовидной железы | 1) базедова болезнь |
| Б) повышается уровень обменных процессов | 2) микседема |
| В) увеличивается возбудимость нервной системы | |
| Г) масса тела обычно увеличивается | |
| Д) человек обычно худеет | |
| Е) температура организма человека понижается | |

### Часть С

**C1.** У взрослого человека стали увеличиваться в размерах кисти рук и стопы ног. О нарушении работы какой железы может идти речь? Ответ объясните.

**C2.** Нехватка каких гормонов может привести к задержке физического развития человека? Назовите не менее трех видов гормонов.

**C3.** На примере одного из процессов, происходящих в организме человека, докажите единство нервной и гуморальной регуляции.

# ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ

Опорно-двигательный аппарат человека образован скелетом и мышцами, его основные функции — движение, защита и опора.

## Скелет

Скелет человека образован костями (свыше 200), соединенными между собой. Основные функции скелета: опорная, защитная, участие в минеральном обмене и кроветворении. Скелет человека включает череп, скелет туловища, скелет верхних конечностей и скелет нижних конечностей.

### Череп

Череп (рис. 3.17) состоит из мозгового и лицевого отделов. *Мозговой отдел* включает крышу и основание. Он образован следующими костями: лобная, затылочная, клиновидная, решетчатая (непарные), теменные и височные кости (парные). Кости крыши черепа плоские; они состоят из наружной и внутренней пластинок, между которыми находится губчатое вещество с красным костным мозгом. Кости мозго-

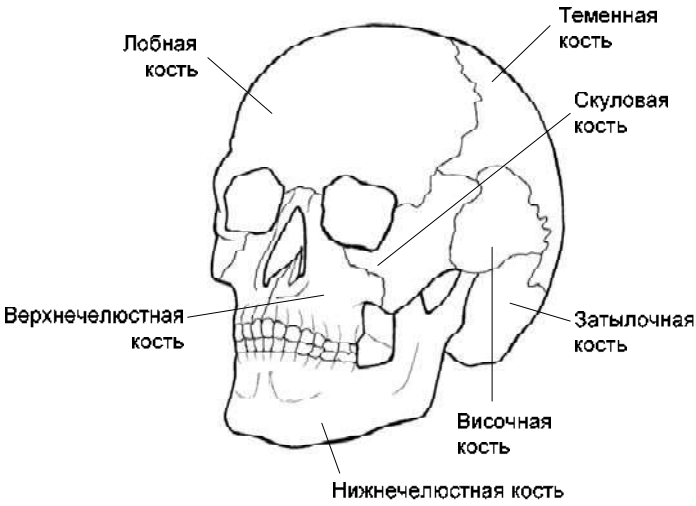



**Рис. 3.17.** Строение черепа

вого черепа соединены неподвижно и образуют прочную "коробку", основной функцией которой является защита головного мозга.

*Лицевой череп* образован парными (верхнечелюстными, нёбными, скуловыми, носовыми, слезными) и непарными (нижняя челюсть, сошник, подъязычная кость) костями. Лицевой череп — это костная основа лица и начальных отделов пищеварительной и дыхательной систем. К костям лицевого черепа прикрепляются жевательные мышцы. Нижняя челюсть — это единственная кость черепа, подвижно соединяющаяся с височной костью с помощью сустава. В лицевой части черепа находятся органы зрения, слуха и обоняния.

У новорожденного кости черепа несросшиеся: между ними находится соединительная ткань, которая образует так называемые роднички. С третьего месяца жизни начинается зарастание родничков, а к 3—4 годам жизни они полностью исчезают. С рождения и примерно до 7 лет череп человека активно растет, затем до начала полового созревания его рост приостанавливается. В период полового созревания происходит окончательное формирование черепа.

Череп соединяется с позвоночником с помощью двух мыщелков.

## Скелет туловища

Этот отдел скелета включает в себя позвоночник и грудную клетку.

*Позвоночник* представляет собой длинный изогнутый столб, состоящий из лежащих один над другим позвонков (рис. 3.18). Выделяют следующие отделы позвоночника: шейный (7 позвонков), грудной (12), поясничный (5), крестцовый (5) и копчиковый (4—5). Всего у человека 33—34 позвонка. Позвонки крестцового и копчикового отдела у взрослого человека срастаются, образуя соответственно крестец и копчик. Позвоночник имеет изгибы: вперед (лордозы) и назад (кифозы). У человека

всего 4 изгиба (2 вперед — шейный и поясничный; 2 назад — грудной и крестцово-копчиковый). Их роль — ослабление ударов, сотрясений и т. п., передающихся позвоночнику при движении. У новорожденного изгибы практически не выражены. Первым появляется шейный изгиб (в 3 месяца), затем — грудной (в 6—7 месяцев), потом поясничный и крестцовый (в 10—12 месяцев). Окончательно изгибы позвоночника формируются к 6—7 годам.

**Рис. 3.18.** Строение позвоночника

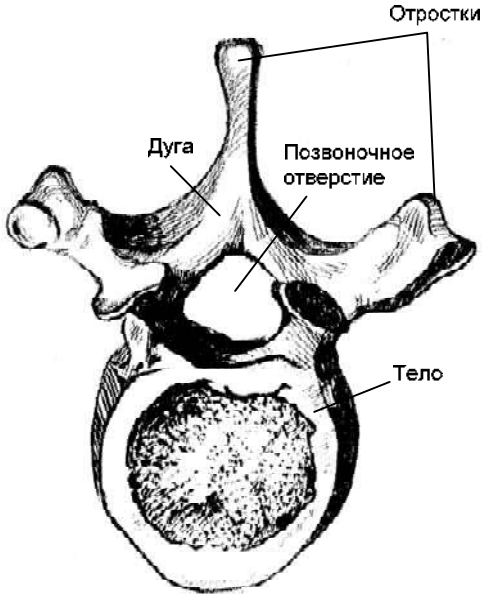



**Рис. 3.19.** Строение позвонка

Каждый *позвонок* состоит из расположенных спереди тела и сзади дуги (рис. 3.19). Дуга и тело позвонка ограничивают широкое позвоночное отверстие (позвоночные отверстия всех позвонков образуют позвоночный канал, в котором расположен спинной мозг). Между позвонками находятся межпозвоночные диски, состоящие из волокнистого хряща. От дуги позвонка отходят 7 отростков: непарный остистый и парные поперечные и суставные (с их помощью позвонки соединяются друг с другом).

Позвонки разных отделов отличаются друг от друга. Так, первый шейный позвонок (атлант) лишен остистого и суставных отростков; второй шейный (осевой или эпистрофей) имеет зуб, на котором вращается атлант вместе с черепом. У грудных позвонков есть специальные реберные ямки для соединения с ребрами; позвоночные отверстия имеют округлую форму. Сверху вниз массивность грудных позвонков увеличивается. Поясничные позвонки — самые крупные и массивные во всем позвоночнике, их позвоночные отверстия треугольной формы.

*Грудную клетку* образуют грудные позвонки, ребра и грудина. Ребра (12 пар) — длинные плоские кости, спереди переходящие в хрящ. С одной стороны ребра прикрепляются к позвонкам грудного отдела. I—VII пары ребер являются истинными — каждое из них прикрепляется к грудине посредством своего хряща; VIII—X пары — ложные ребра: концы их хрящей срастаются между собой, образуя реберную дугу. XI и XII пары — колеблющиеся ребра, их передние концы не доходят до грудины. Грудина — плоская кость, несколько расширяющаяся книзу. Ее нижняя часть заканчивается мечевидным отростком. К ней прикрепляются 10 пар ребер и ключицы. Внутри грудной клетки находятся трахея, легкие, пищевод, сердце, сосуды.

## Верхняя конечность

Состоит из пояса и свободной конечности (рис. 3.20). *Плечевой пояс* включает парные ключицы и лопатки. Ключица — *S*-образная трубчатая кость, на обоих концах которой находятся суставные поверхности. С одной стороны она прикрепляется к грудине, с другой — к лопатке. Она "отодвигает" плечевой сустав от грудной клетки, обусловливая свободу движений руки. Лопатка — плоская кость треугольной формы, находящаяся на спинной стороне тела. Лопатка имеет суставную впадину.

*Скелет свободной верхней конечности* состоит из плечевой кости, костей предплечья (локтевой и лучевой) и костей кисти. Кисть включает в себя кости запястья (8), кости пясти (5) и фаланги пальцев. У большого пальца 2 фаланги (нет средней); у остальных пальцев — по 3.

## Нижняя конечность

Состоит из пояса и свободной конечности (рис. 3.21). *Тазовый пояс* состоит из подвздошной, седалищной и лобковой костей, которые срастаются между собой в области вертлужной впадины (это ямка, в которую входит головка бедренной кости).

*Скелет свободной нижней конечности* состоит из бедренной кости, надколенника, костей голени (большая и малая берцовые) и костей стопы. Стопа: кости предплюсны (7), плюсны (5) и фаланги пальцев. У большого пальца 2 фаланги (нет средней); у остальных пальцев — по 3. В связи с прямохождением человека стопа приобрела сводчатую форму, что уменьшает давление на фаланги, увеличивает прочность и ослабляет нагрузку на позвоночник.

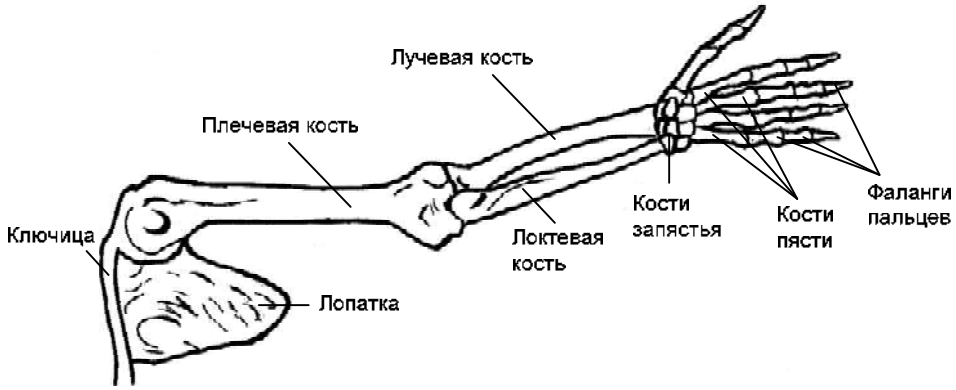



**Рис. 3.20.** Строение верхней конечности

**Рис. 3.21.** Строение нижней конечности

## Состав костей

Кость состоит из минеральных (67%) и органических веществ (33%). Из минеральных основными являются фосфаты кальция и магния, которые придают костям твердость. Кость, лишенную минеральных веществ (например, если кость положили в кислоту на несколько дней), можно завязать узлом. Органические вещества (оссеин и др.) отвечают за упругость и гибкость кости. При прокаливании костей органические вещества разрушаются, кость становится очень хрупкой, и ее можно сломать несильным ударом. С возрастом количество кальция и органических веществ в костях уменьшается, что увеличивает хрупкость костей и ухудшает срастание костей после переломов у людей пожилого возраста.

## Строение кости

Кость — это орган опорно-двигательной системы, образованный костной тканью. В зависимости от строения, выделяют губчатую и компактную костную ткань. В губчатой костной ткани группы костных пластинок, локализованные в межклеточном веществе и состоящие из коллагеновых волокон, располагаются под разными углами друг к другу. В ячейках между ними находится красный костный мозг, выполняющий кроветворную функцию. У взрослого человека красный костный мозг находится в плоских, губчатых и эпифизах трубчатых костей. В компактной костной ткани группы костных пластинок плотно прилегают друг к другу, образуя сложные системы — остеоны. *Остеон* — это структурная единица кости (рис. 3.22). Он состоит из цилиндрических пластинок, вставленных одна в другую, в этих пластинках расположены костные клетки.

В центре каждого остеона проходит центральный (Гаверсов) канал, в котором находятся кровеносные сосуды или нервы. Между остеонами располагаются вставочные пластинки.

Снаружи кость покрыта надкостницей — это соединительная ткань, состоящая из двух слоев (наружного и внутреннего). Наружный слой состоит из плотной соединительной ткани. В нем много кровеносных сосудов и нервов, которые проникают в кость по каналам. Внутренний слой содержит волокна (коллагеновые и эластические) и остеобласты. За счет внутреннего слоя надкостницы происходит рост кости в ширину.

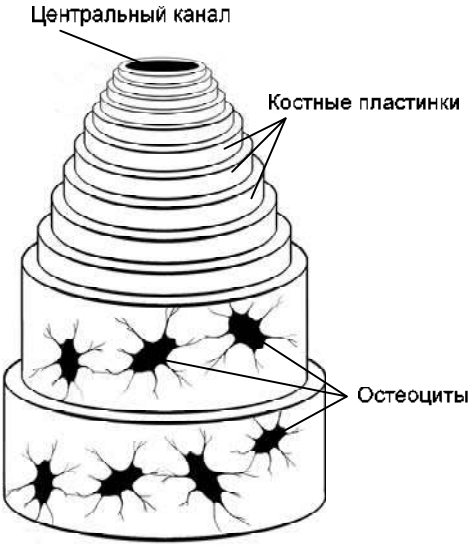



**Рис. 3.22.** Строение остеона

## Классификация костей

- *Трубчатые.* Есть удлиненная средняя часть (диафиз) и утолщенные концы (эпифизы). На поверхности эпифизов находится суставной хрящ без надхрящницы. Диафиз состоит из компактного вещества, эпифизы — из губчатого, покрытого тонким слоем компактного. Внутри диафиза расположена костно-мозговая полость, заполненная желтым костным мозгом (рис. 3.23). Внутри эпифизов находится красный костный мозг. Между эпифизом и диафизом находится пластинка роста, за счет работы которой кость растет в длину. Примеры: бедренная, плечевая, локтевая, лучевая, большая и малая берцовые кости (длинные трубчатые кости); фаланги пальцев, кости пясти (короткие трубчатые кости).

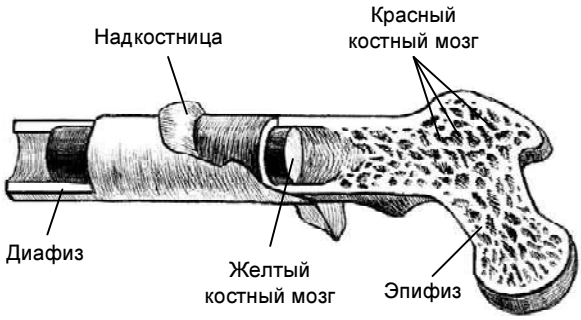



**Рис. 3.23.** Строение трубчатой кости

- *Губчатые.* Состоят из губчатого вещества, покрытого тонким слоем компактного вещества (запястье, предплюсна, надколенник).
- *Плоские* — разновидность губчатых костей, имеющих уплощенную форму. Они участвуют в образовании полостей и поясов конечностей (грудина, ребра, кости крыши черепа).
- *Смешанные.* Имеют сложную форму. Они состоят из нескольких частей, имеющих различное строение и происхождение (кости основания черепа, позвонки).
- *Воздухоносные.* Имеют в своем теле полость, выстланную слизистой оболочкой и заполненную воздухом (лобная и решетчатая кости черепа, верхнечелюстные кости).

## Соединение костей

*Непрерывные соединения костей, или синартрозы*. Кости срастаются друг с другом, образуя прочные соединения (кости черепа, тазового пояса).

*Полуподвижные соединения, или полусуставы* (шейные, грудные и поясничные позвонки) — в этом случае кости срастаются с хрящом, расположенным между ними. От суставов отличаются отсутствием суставных поверхностей и суставной сумки.

*Прерывистые соединения костей — суставы.* Сустав состоит из двух и более суставных поверхностей костей, покрытых суставным хрящом (чаще всего гиали-

новым) без надхрящницы и кровеносных сосудов (рис. 3.24). Между костями находится суставная полость, заполненная суставной (синовиальной) жидкостью, которая уменьшает трение и улучшает скольжение. Снаружи сустав покрыт суставной сумкой (или капсулой). Суставная капсула дополнительно укрепляется связками.

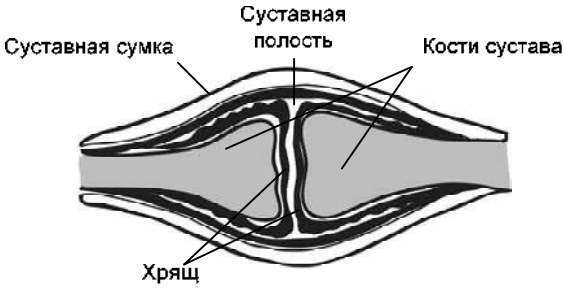



**Рис. 3.24.** Строение сустава

## Повреждения скелета

Основные признаки и способы оказания первой помощи при повреждениях скелета показаны в табл. 3.3.

***Таблица 3.3.*** *Первая доврачебная помощь при повреждениях скелета*

| Повреждение | Признаки | Первая помощь |
|---|---|---|
| Растяжение связок | Боль и припухлость в суставе; иногда — внутренние кровоизлияния | Охладить поврежденный сустав и туго забинтовать |
| Вывих | Сильная боль, кости занимают неестественное положение относительно друг друга, припухлость | Холод, полный покой конечности. **Нельзя вправлять вывих самому**! |
| Перелом | • *Открытый* — сильная боль, возможен болевой шок. Сломанная кость прорывает мышцы и кожу и выходит наружу.<br>• *Закрытый* — сильная боль, при пальпации чувствуются обломки кости, внутренние кровотечения, припухлость; иногда — уменьшение длины конечности | Остановка кровотечения (при необходимости), наложение шины для обездвиживания поврежденного участка (на грудную клетку шина не накладывается — только тугая повязка).<br>При переломе позвоночника пострадавшего надо положить на твердую ровную поверхность. Ни в коем случае нельзя сгибать туловище и вращать голову относительно тела.<br>При переломе голени шину накладывают так, чтобы зафиксировать коленный и голеностопный сустав |

## Заболевания опорно-двигательного аппарата

- *Рахит.* Возникает из-за нехватки витамина D и нарушения минерального обмена. Встречается в основном у детей первых лет жизни. При сильном развитии болезни наблюдается деформация костей.
- *Искривление позвоночника.* Может возникать при нарушениях внутриутробного развития скелета, а также вследствие какого-нибудь заболевания (рахит, полиомиелит, туберкулез и др.), травм (переломы позвоночника), при нарушениях осанки. В более позднем возрасте, уже после окончания формирования скелета, искривления позвоночника развиваются у лиц, труд которых связан с длительным пребыванием в одной позе. Большую роль в образовании искривлений играет мышечная система: при развитии деформации позвоночника нарушается равномерная тяга мышц, окружающих позвоночник, что в свою очередь усугубляет уже имеющееся искривление. Выделяют сколиоз (искривление в бок); кифоз (искривление позвоночника, обычно грудного отдела, выпуклостью назад); лордоз (искривление позвоночника выпуклостью вперед).
- *Плоскостопие* — это уплощение свода стопы. Плоскостопие возникает из-за слабых связок; ожирения; ношения тесной и узкой обуви или обуви на высоком каблуке; длительных нагрузок ("весь день на ногах"); из-за травмы (переломы и т. п.); как следствие рахита. Лечение заключается в подборе специальной (ортопедической) обуви; выполнении специальных упражнений и массаже.

## Мышцы человека

Мышечная система человека образована поперечнополосатыми и гладкими мышцами. Гладкие мышцы осуществляют движение стенок внутренних органов, кровеносных и лимфатических сосудов. Чаще всего располагаются двумя слоями: кольцевым и продольным, реже — спиралью (в артериях).

Поперечнополосатые мышцы образуют скелетную мускулатуру. В теле человека выявлено порядка 400 скелетных мышц. Общая масса скелетных мышц у взрослого человека составляет 30—35% от массы тела. Мышцы человека характеризуются эластичностью, сократимостью и растяжимостью. Эластичность — это способность мышцы приобретать свое прежнее положение и размеры после сокращения. Сократимость — это способность мышцы уменьшать длину, увеличивая толщину; растяжимость — это способность мышцы увеличивать длину, уменьшая толщину.

Функции скелетных мышц:

- движение тела и частей тела относительно друг друга;
- поддержание позы;
- защита внутренних органов;
- участие в терморегуляции;
- участие в образовании звуков речи;
- участие в дыхательных движениях, жевании и глотании;

- ❒ мимика;
- ❒ образование стенок полостей тела.

## Строение скелетной мышцы

Структурно-функциональной единицей мышцы является мышечное волокно (рис. 3.25). Мышечные волокна образуют мышечные пучки. В каждом пучке волокна лежат параллельно, плотно прилегая друг к другу. Пучки отделены друг от друга соединительной тканью, которая содержит сосуды и нервы. Снаружи мышцы окружены фасциями, также состоящими из соединительной ткани (у мимических мышц может отсутствовать).

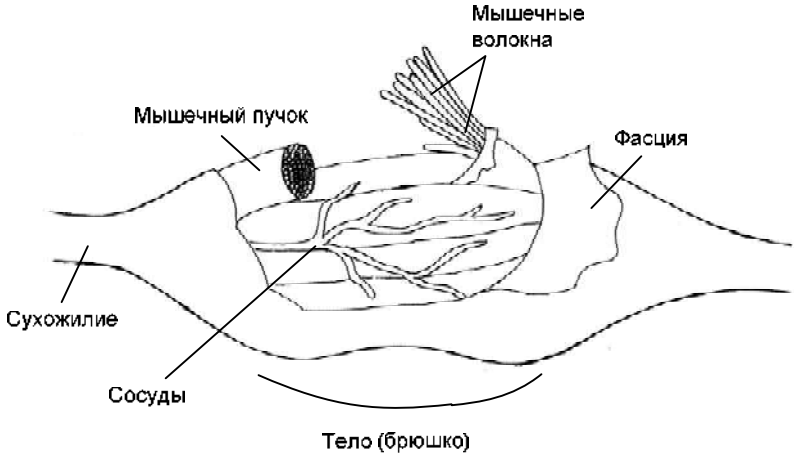



**Рис. 3.25.** Строение скелетной мышцы

Каждая мышца состоит из тела (брюшка), образованного мышечными волокнами, и сухожилий, с помощью которых мышца прикрепляется к костям (*искл.:* мимические мышцы прикрепляются к коже).

Существуют три типа волокон (в зависимости от их толщины и содержания миоглобина): красные (богаты миоглобином и митохондриями; самые тонкие), промежуточные (беднее миоглобином и митохондриями) и белые (меньше всего миоглобина и митохондрий, самые толстые; много микрофибрилл, расположенных равномерно). Белые волокна сокращаются быстрее, но быстрее устают, а красные наоборот. У человека мышцы содержат все типы волокон. Каждое мышечное волокно несет на себе чувствительное нервное окончание и моторную бляшку.

## Работа мышц

Работа мышц проявляется в форме ее сокращения, что позволяет осуществлять движение тела или его части. Выделяют статическую и динамическую работу мышц. Статическая работа заключается в поддержании определенной позы или удержании груза без изменения положения тела. Динамическая работа связана с перемещением тела или его частей в пространстве.

Мышцы человека осуществляют следующие виды движений:

- сгибание (бицепс) и разгибание (трицепс);
- отведение (ягодичная мышца, дельтовидная мышца) и приведение (трицепс);
- вращение внутрь (общее название — супинаторы, например круглая мышца плеча) или наружу (общее название — пронаторы, например портняжная мышца).

Существуют две группы мышц:

- *синергисты:* работают на одно и то же движение в суставе, действуют согласованно (плечевая мышца и бицепс);
- *антагонисты:* работают на противоположные движения в одном суставе, поэтому, когда одна сокращается, другая в это время расслабляется, и наоборот (бицепс и трицепс — сгибание и разгибание в плечевом суставе).

Работа мышц регулируется нервной системой. Сокращение мышцы возникает в результате одновременного сокращения составляющих ее мышечных волокон. Нервный импульс, пришедший в мышцу, приводит к выделению в цитоплазму ионов кальция из гладкой эндоплазматической сети, которые активируют расщепление АТФ. Происходит формирование актинмиозинового комплекса: тонкие актиновые нити (светлый диск) начинают скользить вдоль толстых миозиновых нитей (темный диск). В результате светлые диски почти исчезают, и миофибрилла укорачивается. При расслаблении все вновь восстанавливается. Причиной скольжения нитей при сокращении является химическое взаимодействие между актином и миозином в присутствии АТФ и ионов кальция. При этом действует закон "все или ничего": если импульс вызывает сокращение мышечного волокна, то оно сокращается с максимальной силой, сократиться вполсилы оно не может. Степень сокращения мышцы зависит от числа сократившихся мышечных волокон.

Снижение работоспособности мышц называется *утомлением*. Причинами утомления могут быть: монотонная длительная работа; несоответствие нагрузки силе мышц; неправильный ритм работы; общее состояние организма. Быстрее всего утомление развивается при статической работе. В развитие утомления ведущую роль играет состояние нервных центров. Для преодоления утомления наилучшим считается не полный покой, а "активный отдых", когда работают другие группы мышц.

## Тест по теме "Опорно-двигательный аппарат"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Какой участок кости обеспечивает ее рост в толщину?

1) компактная костная ткань;

2) губчатая костная ткань;

3) наружный слой надкостницы;

4) внутренний слой надкостницы.

**А2.** Сколько позвонков входит в состав шейного отдела человека?

1) 5; 2) 6; 3) 7; 4) 8.

**А3.** Какая кость в основном образована губчатым веществом?

1) бедренная; 3) лопатка;

2) лучевая; 4) большая берцовая.

**А4.** Какие кости соединяются с помощью сустава?

1) затылочная и теменные; 3) плечевая и локтевая;

2) грудные позвонки; 4) ключица и грудина.

**А5.** Какая особенность скелета характерна только для человека?

1) подбородочный выступ;

2) мозговой и лицевой отделы черепа;

3) 5 отделов позвоночника;

4) задние конечности массивнее передних.

**А6.** Эпифизы трубчатых костей человека заполнены:

1) желтым костным мозгом; 3) межклеточной жидкостью;

2) красным костным мозгом; 4) твердым межклеточным веществом.

**А7.** Ребра относят к:

1) трубчатым костям; 3) плоским костям;

2) длинным костям; 4) смешанным костям.

**А8.** Какое неорганическое вещество в большом количестве входит в состав костей?

1) карбонат кальция; 3) фосфат кальция;

2) сульфат кальция; 4) нитрат кальция.

**А9.** Сколько всего костей входит в состав плечевого пояса человека?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

**А10.** Для предупреждения какого заболевания грудных детей рекомендуют выносить на солнце?

1) искривления позвоночника;

2) рахита;

3) остеопороза;

4) плоскостопия.

**А11.** Что произойдет с костью, если ее на несколько дней погрузить в раствор сильной кислоты?

1) станет хрупкой и ломкой;

2) ее можно будет завязать в узел;

3) она полностью растворится;

4) станет более твердой и прочной.

**А12.** Какая из рекомендаций поможет избежать развития плоскостопия?

1) обувь должна иметь небольшой каблук;

2) подошва обуви должна быть плоской;

3) нельзя переносить тяжести в руках;

4) необходимо регулярно ходить босиком.

**А13.** При вывихе необходимо сделать следующее:

1) попытаться вправить кость самому;

2) наложить шину;

3) зафиксировать поврежденную конечность;

4) положить согревающий компресс на сустав.

**А14.** Полуподвижное соединение характерно для...

1) височной кости и нижней челюсти;

2) бедренной и тазовой кости;

3) лобной и височной кости;

4) шейных позвонков.

**А15.** Выберите признак, характерный для скелета человека и других млекопитающих:

1) мозговой череп преобладает над лицевым;

2) очень подвижные пальцы кисти;

3) голень состоит из двух костей;

4) сводчатая стопа.

**А16.** Фасция относится к:

1) мышечной ткани; 3) эпителиальной ткани;

2) костной ткани; 4) соединительной ткани.

**А17.** Для сокращения мышц необходимы:

1) ионы калия; 3) ионы кальция;

2) ионы натрия; 4) ионы магния.

**А18.** Работоспособность скелетной мышцы быстрее всего восстанавливается...

1) при полном покое;

2) при смене форм деятельности;

3) при кратковременном отдыхе;

4) при увеличении нагрузки.

**А19.** Большинство мышц с помощью сухожилий крепятся к костям. Исключением являются:

1) жевательные мышцы; 3) брюшные мышцы;

2) мимические мышцы; 4) грудные мышцы.

**А20.** Из приведенных примеров выберите мышцы-антагонисты:

1) большая и малая ягодичные;

2) двуглавая и трехглавая плеча;

3) трапециевидная и широчайшая;

4) грудная и диафрагма.

## Часть В

**В заданиях В1 и В2 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Плоские кости в скелете человека...

1) обычно соединяются суставами;

2) выполняют защитные функции;

3) содержат красный костный мозг;

4) содержат желтый костный мозг;

5) к ним относятся грудина и ребра;

6) к ним относятся локтевая и лучевая кости.

**В2.** Какие особенности скелета, характерные для человека, связаны с прямохождением и наличием у него второй сигнальной системы?

1) мозговой отдел черепа преобладает над лицевым;

2) позвоночник состоит из 5 отделов; в шейном отделе — 7 позвонков;

3) есть подбородочный выступ;

4) позвоночник имеет изгибы, самые крупные позвонки — поясничные;

5) каждая конечность состоит из трех отделов;

6) сросшиеся тазовые кости.

**При выполнении заданий В3 и В4 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В3.** Установите соответствие между названием костей и типом, к которому они относятся.

| НАЗВАНИЕ | ТИП КОСТИ |
|---|---|
| А) большая берцовая | 1) трубчатая |
| Б) ключица | 2) губчатая |
| В) грудина | |
| Г) надколенник | |
| Д) нижнечелюстная | |
| Е) лучевая | |

**B4.** Установите соответствие между особенностью строения и видом поперечно-полосатых мышц, к которому она относится.

| ОСОБЕННОСТЬ | ВИД МЫШЦЫ |
|---|---|
| А) состоит из длинных многоядерных волокон | 1) скелетная |
| Б) ее сокращение обеспечивает импульс, пришедший по блуждающему нерву | 2) сердечная |
| В) в нее приходят импульсы от соматической нервной системы | |
| Г) прикрепляется к костям с помощью сухожилий | |
| Д) сокращается под воздействием импульсов, возникающих в самой мышце | |

### Часть С

**C1.** Почему открытый перелом гораздо опаснее закрытого? Назовите не менее 2-х причин.

**C2.** Найдите ошибки в приведенном тексте, исправьте их.

1. Кости образованы костной тканью, которая является разновидностью соединительной ткани. 2. Выделяют компактную и губчатую костную ткань. 3. В губчатой костной ткани содержится желтый костный мозг. 4. Компактная костная ткань образует плоские кости. 5. Снаружи кость покрыта надкостницей, которая обеспечивает рост кости в длину. 6. Межклеточное вещество кости твердое.

**C3.** Какие причины могут привести к искривлению позвоночника? Укажите не менее 4-х причин.

# ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА

Внутренняя среда организма включает кровь, лимфу и тканевую жидкость. Они участвуют в процессах обмена веществ и в поддержании гомеостаза.

## Тканевая жидкость

Тканевая жидкость находится в межклеточном пространстве тканей и органов человека. Из нее клетки поглощают необходимые вещества, и в нее они выделяют продукты своего метаболизма. По составу тканевая жидкость близка к плазме крови, но не содержит форменных элементов (кроме небольшого числа лейкоцитов). Состав тканевой жидкости различных органов несколько отличается. Из тканевой жидкости формируется лимфа.

## Лимфа

*Лимфа* — это бесцветная жидкость, находящаяся в лимфатических сосудах. Лимфа состоит из жидкой части, которая похожа на плазму крови, но содержит меньшее количество белков и форменных элементов. В лимфе в основном находятся лимфоциты, но встречаются и другие виды лейкоцитов. Эритроциты в лимфе отсутствуют. В лимфе есть фибриноген, поэтому она также может свертываться.

В образовании лимфы принимает участие тканевая жидкость. Оттекающая от разных органов и тканей, лимфа может иметь определенные отличия в своем составе: периферическая лимфа (лимфа капилляров) имеет в своем составе меньше лимфоцитов, чем центральная (лимфа протоков). В течение суток образуется 2—4 л лимфы (составные части плазмы крови переходят в межтканевую жидкость, а из нее вместе с продуктами обмена веществ — в лимфатические капилляры).

## Кровь

*Кровь* — это соединительная ткань организма с жидким межклеточным веществом. Находится в замкнутой системе сосудов. Часть крови изолируется от общего кровотока и содержится в так называемом депо крови (у человека это печень, селезенка и кожа). При необходимости (например, при увеличении физической нагрузки) кровь из депо поступает в общую циркуляцию.

Функции крови:

- транспортная — перенос газов (кислорода и углекислого газа) и различных веществ (питательных веществ и продуктов обмена веществ);
- регуляторная;
- поддержание гомеостаза;
- иммунная.

### Состав крови

В организме человека содержится 4—5 л крови. Кровь состоит из плазмы и форменных элементов. *Плазма крови* — это жидкое межклеточное вещество, состоящее из 90% воды и 10% растворенных веществ (1% неорганических и 9% органических). Основные органические вещества — белки (альбумины, глобулины и фибриноген) — 7—8% и глюкоза — 0,11%. Альбумины обеспечивают перенос различных веществ; глобулины входят в состав антител и участвуют в иммунных реакциях; фибриноген участвует в свертываемости крови. К неорганическим веществам плазмы относятся различные ионы, в том числе ионы натрия, калия, кальция, хлора, гидрокарбонат-ион. Концентрация ионов составляет примерно 0,9%. Раствор с такой концентрацией называют физиологическим. Плазма без фибриногена называется *сывороткой крови*.

К форменным элементам крови относятся эритроциты, лейкоциты, тромбоциты (рис. 3.26).

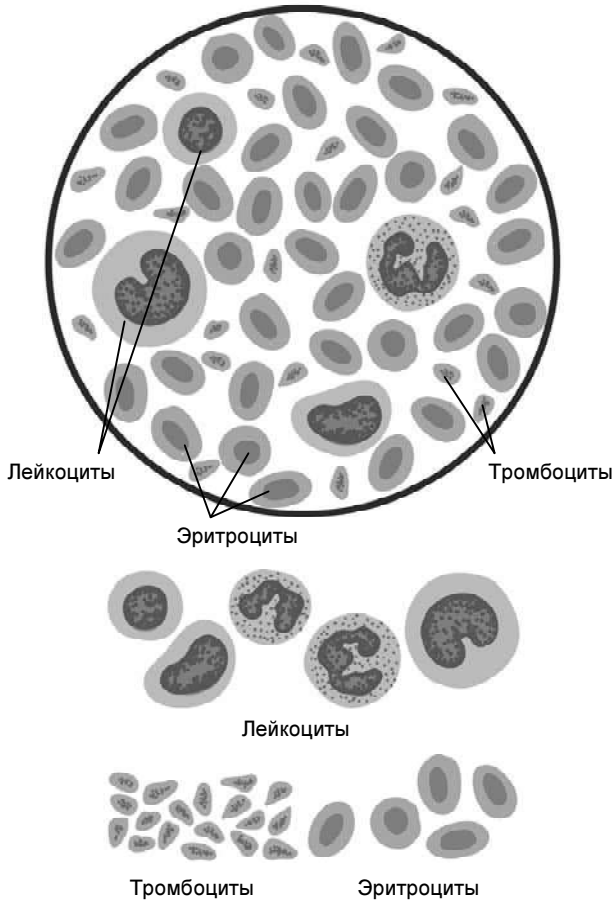



**Рис. 3.26.** Состав крови человека

*Эритроциты (красные кровяные тельца).* 5 млн в 1 мм$^3$, 7—8 мкм. Образуются в красном костном мозге, живут 3—4 месяца. Разрушаются в печени и селезенке. Характерна форма двояковогнутого диска (такая форма увеличивает поверхность клетки). В зрелом состоянии не имеют ядра. Снаружи находится мембрана, внутреннее содержимое на 34% состоит из гемоглобина. Гемоглобин состоит из гема (небелковая часть, содержащая двухвалентное железо) и глобина (это белок). Белковая часть гемоглобина представлена четырьмя полипептидными цепочками, две из них содержат по 141 остатку аминокислот ($\alpha$-цепи), две других — по 146 остатков ($\beta$-цепи). Каждая из цепочек соединена с одной молекулой гема. У женщин уровень гемоглобина несколько ниже, чем у мужчин.

Присоединяя кислород к атомам железа, гемоглобин в альвеолах легких превращается в оксигемоглобин. В тканях организма оксигемоглобин отдает кислород, снова превращаясь в гемоглобин, и там же он вступает в реакцию с углекислым газом, образуя соединение карбогемоглобин. В легких происходит обратный процесс: карбогемоглобин превращается сначала в гемоглобин, а затем — в оксигемоглобин.

Гораздо легче, чем с кислородом, гемоглобин реагирует с угарным газом, образуя прочное соединение карбоксигемоглобин. Оно не способно переносить кислород, что может привести к отравлению организма и смертельному исходу.

При добавлении в кровь особых веществ, препятствующих свертыванию, наблюдается постепенное оседание эритроцитов вниз. У мужчин скорость оседания эритроцитов (СОЭ) в норме составляет 6—9 мм/ч, у женщин — 1—12 мм/ч.

При нехватке эритроцитов или гемоглобина может возникать *анемия (малокровие)*, при которой клетки получают меньше кислорода, чем необходимо для нормальной жизнедеятельности. Человек, больной анемией, характеризуется быстрым утомлением, общей слабостью, бледностью покровов и склонностью к обморокам. Причинами малокровия чаще всего становятся большие кровопотери, нехватка железа или витамина $B_{12}$ в организме или нарушения в работе красного костного мозга.

Основная функция эритроцитов — перенос кислорода от легких ко всем тканям организма и углекислого газа от тканей к легким.

*Лейкоциты (белые кровяные тельца).* 4—9 тыс. в 1 мм$^3$. Образуются в красном костном мозге, лимфатических узлах, селезенке, вилочковой железе (тимусе); живут от нескольких часов до 5—6 месяцев. После поступления в кровь лейкоциты лишь непродолжительное время находятся в кровяном русле — далее они мигрируют в соединительную ткань, расположенную вокруг сосудов. Не содержат гемоглобина. В зрелом состоянии содержат ядро. Способны двигаться против тока крови и изменять свою форму.

Виды лейкоцитов:

- зернистые лейкоциты (гранулоциты) — содержат в цитоплазме различные гранулы. Их ядро в зрелом состоянии обычно сегментировано;
- незернистые лейкоциты (агранулоциты):
  - лимфоциты — выделяют Т- и В-лимфоциты. Среди Т-лимфоцитов есть киллеры (уничтожение чужеродных тел), хелперы (воздействие на В-лимфоциты и усиление их работы) и супрессоры (подавление работы В-лимфоцитов) — они участвуют в иммунных реакциях. В-лимфоциты вырабатывают иммуноглобулины;
  - моноциты — самые крупные из лейкоцитов; являются предшественниками тканевых макрофагов; из крови мигрируют в ткани, где и превращаются в макрофаги. Уничтожают крупные чужеродные частицы.

*Тромбоциты (кровяные пластинки).* 250—350 тыс. в 1 мм$^3$. Это безъядерные элементы крови, представляющие собой периферические участки цитоплазмы гигантских клеток мегакариоцитов, расположенных в красном костном мозге. Кровяные пластинки отделяются от мегакариоцитов, выходят в кровь и циркулируют в ней. Живут 9—10 суток, разрушаются в селезенке и печени. Тромбоциты участвуют в свертывании крови.

## Свертывание крови

Это механизм, защищающий организм от кровопотерь. При нарушении целостности сосуда свертывание крови происходит следующим образом. Сначала тромбоциты прилипают к поврежденной стенке сосуда, и происходит их частичный распад с образованием в присутствии ионов кальция белка тромбопластина. Тромбопластин взаимодействует с белком протромбином (также в присутствии ионов кальция), и образуется белок-фермент — тромбин. Затем тромбин действует на растворимый фибриноген (белок плазмы), превращая его в нерастворимый фибрин. Нити фибрина сокращаются и уплотняют кровяной сгусток (тромб), который останавливает кровотечение, закрывая просвет сосуда. После регенерации стенки сосуда тромб растворяется.

В норме свертывание происходит за 3—8 мин. Существует наследственное заболевание — гемофилия или несвертываемость крови (передается через Х-хромосому).

## Группы крови

Группы крови отличаются друг от друга белками плазмы и форменных элементов. Группа крови в течение жизни не меняется. Знание о группах крови очень важны, т. к. иногда переливание крови от донора (человека, отдающего кровь) к реципиенту (человеку, которому переливают кровь) может сопровождаться агглютинацией (склеиванием) эритроцитов, если не учитывать группы крови этих людей.

Система АВ0 (табл. 3.4) включает четыре группы крови: I (0), II (A), III (B) IV (AB). Склеивание эритроцитов реципиента происходит, если донорская кровь содержит агглютиногены, соответствующие его агглютининам (А — $\alpha$, В — $\beta$), поэтому первую группу крови можно переливать всем людям, а людей с первой группой крови называют универсальными донорами. Четвертую группу можно переливать только людям с четвертой группой, но эти люди могут принимать также кровь I, II и III группы, поэтому их называют универсальными реципиентами. В настоящее время переливание проводят исключительно группа к группе, переливание крови универсального донора возможно только во время боевых действий по жизненным показаниям.

***Таблица 3.4.*** *Группы крови системы АВ0*

| Группа крови | Белки эритроцитов (агглютиногены) | Белки плазмы (агглютинины) |
|---|---|---|
| I (0) | Нет | $\alpha$, $\beta$ |
| II (A) | A | $\beta$ |
| III (B) | B | $\alpha$ |
| IV (AB) | A, B | Нет |

*Система резус-фактора* включает две группы крови: если белок в эритроцитах присутствует, резус-фактор положительный (Rh+, примерно у 85% людей); если нет, то отрицательный (Rh–). В плазме резус-положительных людей нет антигенов

к резус-отрицательному фактору, а в плазме резус-отрицательных — есть, поэтому если человеку с Rh– прилить кровь с Rh+, то также может возникнуть склеивание эритроцитов.

## Иммунитет

Иммунитет — это невосприимчивость организма к болезням (рис. 3.27).

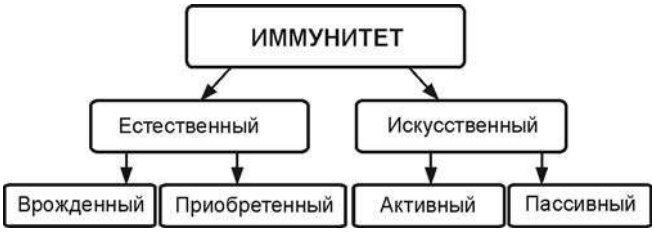



**Рис. 3.27.** Схема иммунитета

Врожденный иммунитет передается по наследству, он обусловлен наследственными особенностями организма: наличием определенных белков (лизоцим, интерферон) и клеток (макрофаги). Приобретенный иммунитет возникает после перенесения болезни, когда в крови образуются антитела к данному возбудителю. При некоторых заболеваниях (оспа) он сохраняется всю жизнь, при других (корь, краснуха) — многие годы. По наследству приобретенный иммунитет не передается.

Пассивный иммунитет возникает под действием лечебной сыворотки, активный — под действием вакцины. *Вакцина* (от лат. *vaccinus* — коровий) — это специально выведенный штамм живых болезнетворных организмов с ослабленным действием или содержащий мертвых возбудителей. При введении вакцины в организме вырабатываются антитела к соответствующему антигену. Впервые вакцинацию стали применять для борьбы с оспой. Английский врач Эдуард Дженнер заметил, что люди, переболевшие коровьей оспой, не заражаются натуральной оспой. После проверки этот метод стал широко использоваться в медицине, благодаря чему натуральная оспа была полностью уничтожена. *Лечебная сыворотка* представляет собой набор готовых антител к определенной болезни (например, противостолбнячная сыворотка). Также готовые антитела через материнское молоко получает ребенок, находящийся на грудном вскармливании.

Большую роль в развитии иммунологии сыграл французский ученый Луи Пастер. Он изучал различные болезни человека и животных и установил, что они вызываются определенными возбудителями. На основе этих знаний он предложил методику предохранительных прививок против таких болезней, как сибирская язва и бешенство.

Иммунный ответ бывает специфическим и неспецифическим. При неспецифическом иммунном ответе антиген уничтожается макрофагами с помощью фагоцитоза. При этом часто возникает *воспаление*, при котором может появляться отек и покраснение пораженного участка, а при сильном воспалительном процессе — и по-

вышение температуры. Часто при воспалении образуется *гной* — мутная жидкость желтовато-зеленого цвета, состоящая из воды, живых и погибших лейкоцитов, фрагментов тканей и т. п. Неспецифический механизм действует при первом контакте с антигеном. Явление фагоцитоза было открыто И. И. Мечниковым в XIX веке. На основе этого им была разработана фагоцитарная теория иммунитета, за что он получил Нобелевскую премию.

Специфический иммунный ответ развивается при повторном контакте с антигеном. Клетки $T_4$ (Т-помощники или Т-хелперы) опознают антиген и действуют на В-лимфоциты, которые усиливают выделение иммуноглобулинов (антител). Антитела взаимодействуют с микроорганизмами и препятствуют их размножению или нейтрализуют выделяемые ими токсины. Комплекс "антиген — антитело" уничтожается клетками $T_8$ (Т-убийцами или Т-киллерами). После уничтожения всех антигенов Т-супрессоры подавляют синтез иммуноглобулинов.

Также иммунитет делят на клеточный и гуморальный. Клеточный иммунитет осуществляется с помощью клеток крови (в основном Т-лейкоцитов). Гуморальный иммунитет осуществляется с помощью иммуноглобулинов (антител).

## Нарушения иммунитета

К основным нарушениям иммунитета относят аллергию, аутоиммунные реакции и иммунодефицит.

*Аллергия* — это повышенная чувствительность организма к каким-либо обычным веществам (аллергенам). Когда эти вещества поступают в организм, они воспринимаются им как вредные и опасные, и к ним начинают вырабатываться антитела, т. е. возникает иммунный ответ. Внешне аллергия может проявляться в виде насморка, кожных высыпаний, покраснения глаз, плохого самочувствия и т. п.

Аллергия может возникать на продукты питания, лекарства, шерсть животных, пыльцу растения и даже домашнюю пыль. При лечении больной принимает противоаллергические лекарственные препараты, а также должен пытаться избегать контакта с аллергенами.

*Аутоиммунные заболевания* — это восприятие собственных тканей, клеток или веществ (чаще всего белков) организма как антигены. В результате этого возникают соответствующие иммунные реакции, приводящие к появлению различных заболеваний (артрит, воспаление сосудов и т. д.). Для лечения таких болезней применяют лекарственные вещества, подавляющие иммунитет.

*Иммунодефициты* характеризуются снижением иммунных возможностей человека. Они могут быть вызваны хронической усталостью или неправильным питанием, а также иметь инфекционную природу — например, вирус иммунодефицита человека (ВИЧ), поражающий $T_4$-лимфоциты и вызывающий СПИД (синдром приобретенного иммунодефицита).

# Тест по теме "Кровь"

## Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** По какому признаку кровь относят к соединительной ткани?

1) выполняет транспортную функцию;

2) ее клетки отличаются друг от друга по строению и функциям;

3) содержит много межклеточного вещества;

4) отвечает за иммунитет.

**А2.** В каком органе человека образуются эритроциты?

1) почки; 3) селезенка;

2) красный костный мозг; 4) печень.

**А3.** Какая кровь называется артериальной?

1) которая течет в артериях;

2) которая течет от сердца;

3) насыщенная кислородом;

4) насыщенная питательными веществами.

**А4.** Основная функция эритроцитов — это:

1) перенос гормонов; 3) иммунитет;

2) транспорт газов; 4) поддержание гомеостаза.

**А5.** Фибриноген находится:

1) в тромбоцитах; 3) в эритроцитах;

2) в лейкоцитах; 4) в плазме крови.

**А6.** Кровь человека поместили в раствор определенной концентрации, при этом эритроциты не изменили своей формы и размера. Что это может быть за раствор?

1) 0,09% NaCl; 3) 3% NaCl;

2) 0,9% NaCl; 4) 9% NaCl.

**А7.** К какой группе органических веществ относятся антитела и альбумины крови?

1) белки; 2) аминокислоты; 3) жиры; 4) витамины.

**А8.** Больному с группой крови I (0) можно переливать кровь:

1) I (0) группы;

2) II (A) и I (0) групп;

3) III (B) и I (0) групп;

4) I (0), II (A), III (B) и IV (AB) групп.

**А9.** Функцию депо крови выполняет:

1) почка; 3) желтый костный мозг;
2) печень; 4) красный костный мозг.

**А10.** Для профилактики какого заболевания человеку делают прививку?

1) язва желудка; 3) сахарный диабет;
2) бешенство; 4) кариес.

**А11.** Для нормального свертывания крови необходим катион именно этого металла:

1) $K^+$; 2) $Ca^{2+}$; 3) $Na^+$; 4) $Fe^{2+}$.

**А12.** Какой белок входит в состав тромба?

1) тромбопластин; 2) фибриноген; 3) фибрин; 4) тромбин.

**А13.** Сколько эритроцитов содержится в 1 $мм^3$ крови взрослого человека?

1) 200—400 тыс.; 3) 4,5—5,5 млн;
2) 2—3 млн; 4) 8—10 млн.

**А14.** Какой вид иммунитета образуется у человека, переболевшего определенным заболеванием?

1) активный искусственный;
2) пассивный искусственный;
3) приобретенный естественный;
4) врожденный естественный.

**А15.** Какое вещество образует наиболее прочное соединение с гемоглобином?

1) азот; 3) угарный газ;
2) кислород; 4) углекислый газ.

**А16.** Назовите ученого, который открыл фагоцитоз:

1) И. И. Мечников; 2) Л. Пастер; 3) Э. Дженнер; 4) И. П. Павлов.

**А17.** Назовите жидкость, из которой образуется лимфа:

1) цитоплазма; 3) сыворотка крови;
2) тканевая жидкость; 4) плазма крови.

**А18.** Какие клетки крови поражаются вирусом СПИДа?

1) Т-лимфоциты; 3) тромбоциты;
2) В-лимфоциты; 4) эритроциты.

**А19.** Человеку с какой группой крови можно переливать кровь любой группы?

1) с I группой; 3) с III группой;
2) со II группой; 4) с IV группой.

**А20.** Какие форменные элементы могут находиться и в лимфе, и в крови человека?

1) эритроциты; 2) лимфоциты; 3) остеоциты; 4) тромбоциты.

## Часть В

**В заданиях В1 и В2 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Эритроциты человека:

1) имеют двояковогнутую форму и содержат гемоглобин;

2) в зрелом состоянии имеют ядро;

3) образуются из клеток красного костного мозга;

4) участвуют в иммунных реакциях организма;

5) разрушаются в печени и селезенке;

6) могут двигаться против тока крови.

**В2.** Выберите правильные суждения о группах крови человека:

1) группа крови человека может изменяться в течение жизни;

2) I (0) группа — универсальный донор;

3) положительный резус-фактор определяется наличием белка в эритроцитах;

4) группы крови отличаются друг от друга по набору липидов;

5) группу крови II (А) нельзя переливать человеку с группой IV (АВ);

6) человеку с положительным резусом нельзя переливать кровь с отрицательным резусом.

**При выполнении задания В3 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В3.** Установите соответствие между характеристикой и видом иммунитета.

| ХАРАКТЕРИСТИКА | ВИД ИММУНИТЕТА |
|---|---|
| А) передается вместе с генами родителей | 1) искусственный |
| Б) формируется после болезни | 2) естественный |
| В) возникает у человека после введения в кровь ослабленных возбудителей болезни | |
| Г) к этому типу относят приобретенный иммунитет | |
| Д) возникает после действия лечебной сыворотки | |

**В4.** Установите правильную последовательность свертывания крови, начиная с повреждения сосуда:

1) образуется тромб и кровотечение останавливается;

2) протромбин превращается в тромбин;

3) повреждение кровеносного сосуда;

4) в кровь выделяется белок тромбопластин;

5) около поврежденного участка начинается распад тромбоцитов;

6) фибриноген превращается в фибрин.

### Часть С

**С1.** Докажите, что лимфа и кровь — ткани человеческого организма. Приведите не менее двух доказательств.

**С2.** Почему при внутривенном введении лекарств используется физиологический раствор? Ответ объясните.

**С3.** Почему специфический иммунный ответ считается более эффективным, чем неспецифический? Свой ответ поясните.

# КРОВЕНОСНАЯ СИСТЕМА

Состоит из сердца и сосудов. У человека замкнутая кровеносная система из двух кругов кровообращения (малый и большой) и четырехкамерное сердце. Главная функция этой системы — обеспечение движения крови.

## СЕРДЦЕ

Сердце асимметрично расположено в грудной полости: большая его часть находится слева от срединной линии. Форма сердца напоминает несколько уплощенный конус. Самый заостренный нижний конец сердца называется верхушкой, верхний конец (где расположены сосуды) — основанием. Средняя масса сердца — 250 г у женщин и 300 г у мужчин; размер у взрослого человека примерно соответствует сжатому правому кулаку.

### Строение сердца

Сердце (рис. 3.28) расположено в околосердечной сумке (перикарде). Перикард имеет форму конуса, замкнут и состоит из двух листков, между которыми находится жидкость. В перикарде есть сосуды и нервы; снаружи он окружен соединительной тканью. По своему происхождению перикард представляет часть вторичной полости тела.

Стенка сердца состоит из трех слоев: внутреннего эндокарда, среднего миокарда, наружного эпикарда. *Эндокард* образован соединительной тканью, он выстилает камеры сердца и покрывает все структуры, выходящие в их просвет. *Миокард* образован поперечнополосатой сердечной мышечной тканью. Структурной единицей является клетка — кардиомиоцит. Соединяясь друг с другом с помощью отростков, эти клетки формируют структуру, сходную со скелетным мышечным волокном. Кардиомиоциты — это одноядерные, реже двуядерные клетки; ядра расположены в центре клетки. В цитоплазме находится сократительный аппарат, органоиды (большинство сосредоточены у полюсов ядра) и гранулы гликогена. Сократительный аппарат похож на скелетные мышцы: он состоит из поперечнополосатых мио-

фибрилл. Выделяют две разновидности сердечной мышечной ткани — рабочую и проводящую. Сердечная мышечная ткань характеризуется сократимостью, возбудимостью и проводимостью. Наиболее толстый слой миокарда — у левого желудочка. *Эпикард* состоит из соединительной ткани (содержит кровеносные сосуды и жировую ткань) и эпителиальной, находящейся на поверхности сердца.

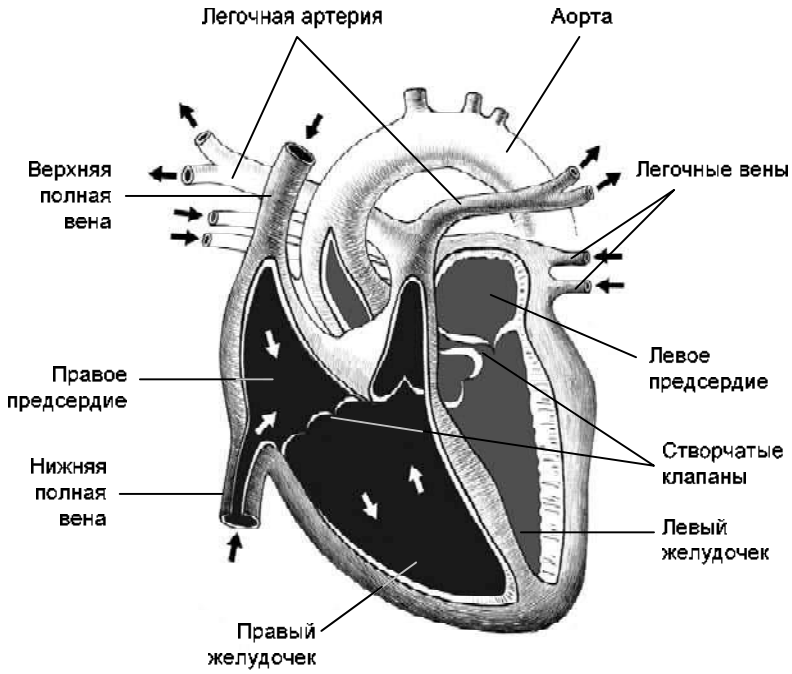



**Рис. 3.28.** Строение сердца

Сердце человека состоит из 4-х камер: двух предсердий и двух желудочков. Между предсердиями и желудочками есть правое и левое предсердно-желудочковые отверстия и створчатые клапаны (в левой части — двухстворчатый (митральный), в правой — трехстворчатый). Они состоят соответственно из двух или трех створок, образованных складками эндокарда. Со стороны желудочка к клапанам прикрепляются сухожилия, которые соединяют их с сосочковыми мышцами (эти мышцы удерживают клапаны и при сокращении желудочков препятствуют обратному току крови). Между правым желудочком и легочным стволом (у отверстия легочного ствола), а также между левым желудочком и аортой (у отверстия аорты) расположены полулунные клапаны. Они состоят из трех заслонок, пропускающих кровь в легочный ствол и аорту и не пропускающий обратно.

В правое предсердие впадают нижняя и верхняя полые вены и венечный синус сердца; в левое предсердие открываются 4 легочные вены; от правого желудочка отходит легочный ствол; от левого желудочка отходит аорта. Правая половина сердца содержит венозную, а левая — артериальную кровь. Нижняя и верхняя полые вены, венечный синус сердца и легочный ствол несут венозную кровь; аорта и легочные вены — артериальную.

## Работа сердца

Работа сердца проявляется в форме сокращений. Сердечный цикл состоит из 3-х фаз:

1. Сокращение (систола) предсердий — длится 0,1 с, створчатые клапаны расслаблены; кровь выбрасывается в желудочки.
2. Сокращение (систола) желудочков — длится 0,3 с, створчатые клапаны "захлопываются", полулунные клапаны открываются; предсердия расслабляются; кровь выбрасывается в артерии.
3. Расслабление (диастола) — длится 0,4 с, предсердия и желудочки расслаблены, полулунные клапаны "захлопываются", створчатые клапаны расслаблены; кровь проходит в предсердия.

Один сердечный цикл длится 0,8 с. В покое у взрослого человека частота сердечных сокращений составляет 70—75 ударов в 1 мин. Систолический объем (объем крови, выбрасываемый в сосуды за одну систолу) равен 70 мл. Минутный объем в покое (объем крови, выбрасываемый в сосуды за 1 мин) равен 4,5—5 л.

Работа сердца регулируется нервным и гуморальным путем. Усиливают работу сердца: нервные импульсы симпатического отдела нервной системы, гормоны адреналин и тироксин, повышение концентрации ионов кальция или натрия. Замедляют работу сердца: нервные импульсы парасимпатического отдела нервной системы, нервные импульсы блуждающего нерва (сильное раздражение волокон этого нерва может привести к полной остановке сердца), ацетилхолин, повышение концентрации ионов калия или магния. Высшие нервные центры регуляции работы сердца находятся в коре больших полушарий. Импульсы, пришедшие от коры, могут как усиливать, так и замедлять работу сердца.

Для сердечной мышцы характерна *автоматия* (т. е. способность сердца сокращаться под влиянием импульсов, возникающих в нем самом). Автоматизм сокращения сердца обусловлен деятельностью атипичной мышечной ткани, представленной двумя типами клеток: *водителями ритма* и *проводящими клетками*. Водители ритма генерируют нервные импульсы, вызывающие сокращение сердца. К водителям ритма относится синусно-предсердный (синоатриальный) и предсердно-желудочковый (атриовентрикулярный) узлы. Проводящие клетки обеспечивают распространение нервного импульса по миокарду от водителей ритма к кардиомиоцитам и образуют проводящую систему сердца. Эта система состоит из пучка Гиса и его разветвлений (волокна Пуркинье).

Атипичные миоциты представляют собой видоизмененные кардиомиоциты. Эти клетки обычно имеют овальную форму; они характеризуются слабым развитием сократительного аппарата без поперечной исчерченности.

Способность сердца автономно сокращаться сохраняется и в изолированном сердце (при определенных условиях).

## Сосуды

У человека выделяют три типа сосудов: артерии, вены и капилляры (рис. 3.29).

*Артерии* — это сосуды, несущие кровь от сердца. Самая крупная артерия человека — это аорта. Стенка артерий состоит из трех оболочек: внутренней, средней и

внешней. Внешняя оболочка образована рыхлой соединительной тканью. Средняя оболочка представлена гладкими мышцами (косо ориентированные пучки) и эластичными волокнами. Внутренняя оболочка состоит их клеток эпителиальной ткани.

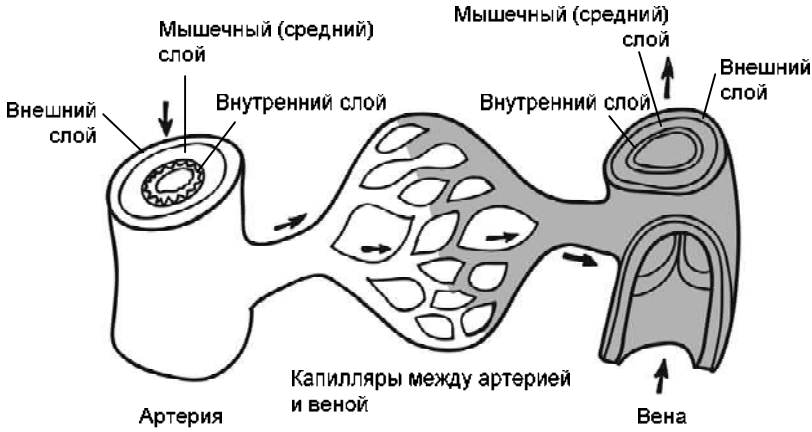



**Рис. 3.29.** Типы кровеносных сосудов человека

*Вены* — это сосуды, несущие кровь в сердце. Стенка вен также состоит из трех оболочек, имеющих схожее строение с оболочками артерий (мышцы средней оболочки развиты слабо, а у некоторых вен отсутствует — вены сетчатки глаза). На внутренней оболочке большинства средних и некоторых крупных вен имеются клапаны, пропускающие кровь только в одном направлении.

*Капилляры* — это самые тонкие и многочисленные сосуды организма человека. Они обеспечивают обмен веществ между кровью и окружающими тканями. Диаметр капилляров в среднем соответствует диаметру эритроцитов. Стенка капилляров состоит из нескольких структурных элементов: внутри эпителиальные клетки на базальной мембране, вокруг которой располагается соединительная ткань. В некоторых органах капилляры отсутствуют: волосы, ногти, суставные хрящи, роговица.

Капилляры расположены между артериолами (мелкие артерии) и венулами (мелкие вены). Из этого правила существует несколько исключений: клубочек почечного тельца (капилляр между двумя артериолами) и печень (капилляр между двумя венулами).

## Круги кровообращения

У человека 2 круга кровообращения — малый и большой (рис. 3.30). Первым описал круги кровообращения английский врач У. Гарвей в XVII в., он же доказал, что кровеносная система человека — замкнутая.

Любой круг начинается в желудочке, а заканчивается в противоположном предсердии. Малый (легочный) круг начинается в правом желудочке. Из него венозная кровь поступает в легочные артерии и идет в легкие, где в капиллярах происходит

газообмен, и кровь становится артериальной. Далее кровь собирается в легочные вены и поступает в левое предсердие. Время движения крови по малому кругу — 4—5 с.

Большой круг начинается в левом желудочке, из которого артериальная кровь поступает в аорту. От аорты отходят артерии, несущие кровь ко всем органам тела. Они постепенно переходят в артериолы и далее в капилляры, в которых происходит газообмен: кровь отдает тканям кислород и забирает углекислый газ, т. е. из артериальной превращается в венозную. Капилляры переходят в венулы и далее в вены. Все вены большого круга впадают в полые вены (верхнюю и нижнюю), которые открываются в правое предсердие. Время движения крови по большому кругу составляет 20—22 с. Дополнением к большому кругу является сердечный круг, который начинается венечными (коронарными) артериями (отходят от аорты) и заканчивается венами сердца, которые сливаются в венечный синус.

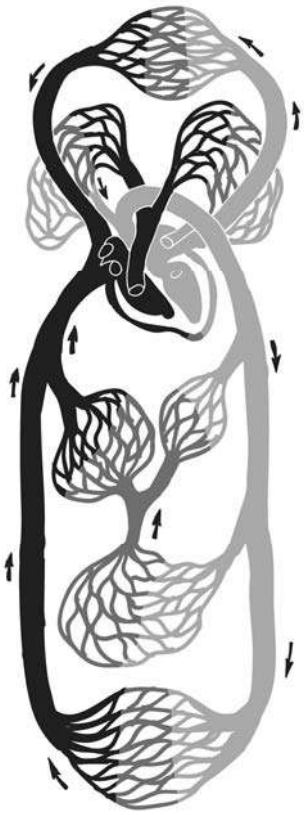


**Рис. 3.30.** Схема кругов кровообращения человека. Стрелки показывают направление движения крови

Кровь в кругах кровообращения движется однонаправленно, что связано с работой сердца. Движение крови обеспечивается работой сердца, сокращением мышц самих сосудов и скелетных мышц. Также важную роль в обеспечении движения крови играют клапаны, расположенные в сердце и в венах.

Между всеми сосудами хорошо заметна разница в давлении (табл. 3.5). Кровь течет от области высокого давления в область низкого. В норме давление взрослого человека должно быть 120—125/60—70 мм рт. ст. Стойкое повышение артериального давления называют гипертонией, понижение — гипотонией. Давление измеряют с помощью специального прибора — тонометра.

***Таблица 3.5.*** *Скорость движения и давление крови в сосудах*

| Сосуд | Скорость кровотока, см/с | Давление, мм рт. ст. |
|---|---|---|
| Артерии | 30—50 | 35—130 |
| Капилляры | 0,5—1 | 20 |
| Вены | 10—20 | 5—9 |

Сокращение сердца вызывает колебание стенок сосудов. Колебание стенок сосудов в ритме сокращений сердца называют *пульсом*. Численно пульс соответствует частоте сердечных сокращений. В мелких артериях пульс почти не прощупывается, в капиллярах — полностью затухает.

Скорость кровотока зависит от близости к сердцу и просвета сосуда. Наименьшая скорость — в капиллярах, что обеспечивает максимальный обмен веществами между кровью и тканями. В движении крови по венам принимают участие скелетные мышцы, окружающие данную вену.

Работу сердечнососудистой системы контролирует нервная и эндокринная системы. Они поддерживают постоянное кровяное давление и скорость кровотока.

*Нервная регуляция.* Разнообразные рецепторы, находящиеся в сосудах, воспринимают информацию и посылают сигнал по нервам в нервные центры продолговатого мозга. В нем формируется ответ, и по эфферентному звену (сосудодвигательный и блуждающий нервы) сигнал приходит в гладкие мышцы сосудов. *Гуморальная регуляция* осуществляется с помощью гормонов и других веществ.

## Первая помощь при кровотечениях

По типу поврежденного сосуда выделяют артериальные, венозные и капиллярные кровотечения.

*Артериальное кровотечение* — сильная струя алого цвета, кровь вытекает пульсируя. Накладывается жгут выше места повреждения (летом — не более 2-х часов, в холодное время — не более 0,5—1 ч); под жгут подкладывается мягкая ткань.

*Венозное кровотечение* — кровь темного цвета, течет непрерывно и равномерно. Необходимо наложить давящую повязку.

*Капиллярное кровотечение* — кровь капает небольшими каплями. Необходимо обработать обеззараживающей жидкостью (йод, бриллиантовая зелень, перекись водорода) и наложить повязку, хотя капиллярное кровотечение останавливается само.

## Факторы, приводящие к болезням кровеносной системы

*Курение.* Вдвое увеличивает вероятность инфаркта миокарда и инсульта. Если измерить пульс курящего человека, то можно заметить, что сначала происходит его замедление, а затем учащение. Одновременно с этим повышается артериальное давление. Также у курящих людей повышается риск развития атеросклероза и других поражений сосудов (коронарных артерий, артерий конечностей).

*Гиподинамия* — это снижение нагрузки на мышцы и уменьшение двигательной активности человека. Она возникает в результате малоподвижного образа жизни. При гиподинамии в сердце и мышцах уменьшается количество митохондрий, нарушается циркуляция крови. При этом ухудшается переносимость физических нагрузок, появляются нарушения в работе сердца и сосудов, повышается риск возникновения атеросклероза, возрастает склонность к ожирению.

*Алкоголь.* При систематическом употреблении алкоголь приводит к изменению сердца и сосудов сердца. Стенки сосудов утолщаются, просвет сосудов увеличивается, что приводит к замедлению тока крови и ухудшению питания сердца. Также

нарушаются обменные процессы в мышечных клетках, которые начинают накапливать жир, что, в свою очередь, приводит к их перерождению.

*Избыточное питание.* Оно приводит к отложению жиров на внутренней поверхности сосудов, просвет сосудов уменьшается, что приводит к атеросклерозу. Также увеличивается масса человека, что приводит к нарушению в работе сердца и других систем органов.

## Лимфатическая система

Лимфатическая система является частью кровеносной системы, т. к. лимфатические стволы впадают в кровяное русло.

Функции лимфатической системы:

- удаление из тканей воды с различными растворенными в ней веществами;
- образование лейкоцитов;
- участие в поддержании иммунитета;
- транспортная;
- всасывание жиров из пищеварительного тракта.

Лимфатическая система включает лимфатические капилляры, сосуды и узлы.

*Лимфатические узлы.* Находятся в области сгибательных поверхностей тела (подколенные, паховые, подмышечные, шейные и т. п.), обычно группами от нескольких штук до нескольких десятков, реже по одному. Их величина колеблется от 0,5—1 до 50—75 мм. Каждый узел имеет капсулу из соединительной ткани и паренхиму, состоящую из лимфоидной ткани. Каждый узел пронизан капиллярами, по которым течет лимфа. Лимфатические узлы задерживают и уничтожают микроорганизмы и другие чужеродные тела; в них происходит образование Т-лимфоцитов.

*Лимфатические капилляры.* Есть во всех органах человека, кроме головного и спинного мозга, глазного яблока, внутреннего уха, эпителия кожи, хрящей, костного мозга и плаценты. Они шире кровеносных капилляров, могут иметь выросты. Их стенка образована эндотелиальными клетками без базального слоя, благодаря чему эти клетки непосредственно контактируют с межклеточным веществом соединительной ткани, которая окружает капилляры. Начальный отдел лимфатических капилляров слепо замкнут. В лимфатические капилляры кишечника всасываются жиры.

*Лимфатические сосуды.* Их стенка состоит из трех слоев: эндотелиального, соединительнотканного и мышечного. Внутри сосудов есть клапаны (их функция аналогична функциям венозных клапанов). Лимфатические сосуды объединяются в более крупные образования — *лимфатические стволы*. Собираясь вместе, стволы образуют лимфатические протоки: из правой верхней половины тела лимфа собирается в правый лимфатический проток; из левой верхней половины тела и нижней половины тела лимфа собирается в грудной проток. Грудной проток впадает в левый венозный угол, правый лимфатический проток — в правый венозный угол.

Движение лимфы происходит за счет сокращения гладких мышц стенок лимфатических сосудов. Возбуждение симпатической нервной системы ведет к сокращению лимфатических сосудов, а парасимпатической — как к сокращению, так и к расслаблению. Усиливает ток лимфы гормон адреналин, процесс пищеварения, прием воды, частые дыхательные движения, активная перистальтика кишечника.

## Тест по теме "Кровеносная и лимфатическая системы"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Как остановить венозное кровотечение?

1) наложить жгут выше места ранения;

2) наложить марлевую повязку и смазать йодом;

3) наложить на рану давящую повязку;

4) наложить шину.

**А2.** Какой кровеносный сосуд приносит кровь в правое предсердие?

1) легочные вены; 3) аорта;

2) легочные артерии; 4) верхняя полая вена.

**А3.** Сколько времени длится сокращение предсердий?

1) 0,1 с; 2) 0,3 с; 3) 0,4 с; 4) 0,8 с.

**А4.** Где в сердце находятся полулунные клапаны?

1) около отверстий вен, приносящих кровь в сердце;

2) между предсердиями и желудочками;

3) между желудочками и артериями;

4) полулунных клапанов в сердце нет.

**А5.** Какая кровь течет по легочным артериям и легочным венам?

1) по легочным артериям — венозная, а по легочным венам — артериальная;

2) по легочным артериям — артериальная, а по легочным венам — венозная;

3) венозная и в артериях, и в венах;

4) артериальная и в артериях, и в венах.

**А6.** Какое изменение вызывается возбуждением симпатического отдела нервной системы?

1) сердцебиение не изменяется;

2) сердцебиение увеличивается;

3) сердцебиение уменьшается;

4) сердцебиение может усилиться или замедлиться.

**А7.** Ионы какого металла необходимы для нормальной работы сердечной мышцы?

1) $Mg^{2+}$; 2) $Na^{+}$; 3) $Fe^{2+}$; $Ca^{2+}$.

**А8.** Малоподвижный образ жизни может привести:

1) к нарушению работы сердца и сосудов;

2) к развитию тромбов;

3) к увеличению сердца;

4) к учащению дыхания.

**А9.** Вены — это:

1) сосуды, несущие венозную кровь;

2) сосуды, несущие артериальную кровь;

3) сосуды, несущие кровь к сердцу;

4) сосуды, несущие кровь от сердца.

**А10.** Какие клетки сердца способны самостоятельно генерировать нервные импульсы?

1) гладкомышечные клетки;

2) обычные поперечнополосатые мышечные клетки;

3) атипичные мышечные клетки;

4) соединительнотканные клетки сердца.

**А11.** Чем лимфатический капилляр отличается от кровеносного?

1) его начальный отдел слепозамкнут;

2) в его стенке три слоя клеток;

3) он переходит в вены;

4) внутри есть клапаны.

**А12.** Где начинается малый круг кровообращения человека?

1) в левом предсердии; 3) в правом предсердии;

2) в левом желудочке; 4) в правом желудочке.

**А13.** Гладкомышечные клетки находятся:

1) во внешней оболочке артерий;

2) в средней оболочке артерий;

3) во внутренней оболочке вен;

4) в стенке капилляров.

**А14.** Клапаны в кровеносной системе человека...

1) перекачивают кровь из предсердия в желудочки;

2) не допускают обратного движения крови;

3) выделяют вещества, регулирующие движение крови;

4) обеспечивают защитные реакции крови.

**А15.** Какой признак характеризует артериальное кровотечение?

1) кровь темного цвета, течет ровной струей;

2) кровь ярко-алая, вытекает, пульсируя;

3) через 3—8 мин останавливается само;

4) его можно остановить с помощью давящей повязки.

**А16.** Сколько времени длится расслабление желудочков в течение одного сердечного цикла?

1) 0,3 с; 2) 0,4 с; 3) 0,5 с; 4) 0,8 с.

**А17.** Какой фактор усилит сердцебиение?

1) выделение инсулина в кровь;

2) повышение концентрации ионов калия;

3) нервный импульс от симпатического отдела;

4) нервный импульс от парасимпатического отдела.

**А18.** Главное отличие сердечной мышечной ткани от скелетной:

1) способна к непроизвольному сокращению;

2) может генерировать нервные импульсы;

3) в ее клетках есть актин и миозин;

4) ее деятельность контролируется головным мозгом.

**А19.** Выберите верное утверждение:

1) давление в капиллярах больше, чем в венах;

2) давление в венах выше, чем в капиллярах;

3) кровь по сосудам течет из области низкого давления в область высокого;

4) скорость движения крови в капиллярах выше, чем в венах.

**А20.** Сердечный цикл состоит из:

1) сокращения предсердий и желудочков;

2) сокращения предсердий, желудочков и общего расслабления;

3) сокращения артерий, предсердий и желудочков;

4) сокращения вен, предсердий и желудочков.

## Часть В

**В заданиях В1 и В2 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** По капиллярам малого круга у человека кровь...

1) из венозной становится артериальной;
2) из артериальной становится венозной;
3) течет быстрее, чем в венах;
4) течет медленнее, чем в венах;
5) течет под большим давлением, чем в венах;
6) течет под большим давлением, чем в артериях.

**В2.** Работу сердца замедляют...

1) углекислый газ и кислород;
2) ионы калия;
3) нервные импульсы от симпатической нервной системы;
4) гормон норадреналин;
5) нервные импульсы блуждающего нерва;
6) глюкоза и сахароза.

**При выполнении задания В3 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В3.** Установите соответствие между особенностями строения и типом кровеносных сосудов, для которого они характерны.

| ПРИЗНАКИ | ТИП СОСУДА |
|---|---|
| А) стенка однослойная | 1) артерии |
| Б) внутри есть клапаны | 2) капилляры |
| В) в них происходит газообмен | 3) вены |
| Г) средний слой состоит из мышечной ткани и хорошо развит | |
| Д) самое низкое давление | |
| Е) в малом круге они содержат венозную кровь | |

**В4.** Установите правильную последовательность кровообращения, начиная с газообмена в капиллярах большого круга:

1) правый желудочек;
2) капилляры большого круга;
3) капилляры в легких;
4) правое предсердие;
5) легочная артерия;
6) нижняя полая вена.

### Часть С

**С1.** Какой отдел сердца имеет самые толстые стенки и почему?

**С2.** Почему постоянный стресс вреден для сердца и сосудов? Приведите не менее трех обоснований.

**С3.** Избыточное поступление холестерина с пищей приводит к нарушению работы органов кровеносной системы. Какие проблемы с кровообращением возникают у человека? К чему они могут привести?

# ПИЩЕВАРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Человек относится к гетеротрофам, поэтому он получает необходимую ему энергию только путем питания. То, что человек употребляет в пищу, называют *пищевыми продуктами*. Пищевые продукты состоят из *питательных веществ* — белков, липидов, углеводов, витаминов и т. д. Питательные вещества усваиваются организмом и необходимы ему для получения энергии и образования новых клеток.

Пищеварение — это процесс расщепления биополимеров пищи до мономеров и их всасывание во внутреннюю среду организма. Ведущую роль в переваривании пищи играют пищеварительные ферменты. В основном это вещества белковой природы. Пищеварительные ферменты специфичны, для их работы необходимы определенные условия (pH, температура).

Функции пищеварительной системы: пищеварение, всасывание, удаление непереваренных остатков, защитная, секреторная, моторная (обеспечивает глотание, жевание и т. п.).

## МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПИЩЕВАРЕНИЯ

*Методы И. П. Павлова:* метод фистулы, метод мнимого кормления и метод изолированного желудка. Эти методы позволили изучить состав и количество пищеварительных соков, регуляцию их образования.

*Метод фистул* заключается в том, что проток железы выводится наружу, что позволяет собирать и изучать чистый секрет данной железы. *Метод мнимого кормления* заключается в том, что у собаки с желудочной фистулой перерезают пищевод, поэтому пища в желудок не попадает. Через несколько минут после начала мнимого кормления начинает выделяться желудочный сок.

*Метод изолированного или маленького желудка:* собаке делают специальную операцию, во время которой из основной массы желудка выкраивался небольшой кусок, своим основанием связанный с желудком. Из этого куска сшивали так называемый маленький желудок, который был изолирован от большого желудка, но имел с последним общую иннервацию и кровоснабжение. Пища и слюна, попавшая в большой желудок, не попадают в маленький желудок. Однако все, что происходит с железами большого желудка, происходит и с железами маленького желудка. Благодаря тому, что в маленький желудок не попадает пища, можно собирать и исследовать чистый желудочный сок.

При изучении слюноотделения Павловым было доказано, что слюна выделяется с помощью безусловных и условных рефлексов. Когда собаке давали пищу, то у нее выделялась слюна (безусловный рефлекс). Затем одновременно с подачей корма зажигали лампу. Через некоторое время слюна выделялась только при зажигании лампы, даже если пища в кормушке отсутствовала (условный рефлекс).

Павлов доказал, что выделение желудочного сока также носит рефлекторный характер. Выделение сока происходит с помощью безусловных или условных рефлексов. При попадании пищи в желудок в нем начинается интенсивное выделение желудочного сока (безусловный рефлекс). При виде или запахе пищи также начинает выделяться желудочный сок, который Павлов назвал запальным или аппетитным (это условный рефлекс).

*Современные методы:*

- зондирование. В полость органов желудочно-кишечного тракта вводится трубка (зонд) и происходит забор пищеварительных соков для изучения их состава и свойств;
- эндоскопия. Это изучение органов с помощью оптических приборов, которые вводятся внутрь пищеварительной системы;
- рентгеноскопия. Больному вводят в пищеварительный тракт особые контрастные вещества (например, сульфат бария) и с помощью рентгеновских лучей изучают органы;
- радиоэлектронные методы. При этом используются специальные "радиопилюли", которые при прохождении по желудочно-кишечному тракту передают с помощью радиоволн информацию о состоянии органов;
- УЗИ (ультразвуковое исследование). На экране получают изображение внутренних органов в результате отражения ультразвука.

## Строение пищеварительной системы

В составе пищеварительной системы (рис. 3.31) выделяют *пищеварительный канал (трубку)* и *пищеварительные железы*. Пищеварительный канал у взрослого человека имеет длину 8—10 м и большую внутреннюю площадь (200—300 м$^2$). Он представляет собой сквозную трубку, незамкнутую с концов.

Органы пищеварительной трубки имеют общий план строения. Самый внутренний слой стенки органов — слизистая оболочка. Она состоит из трех пластинок: эпителиальной, собственной и мышечной. Эпителиальная пластинка представлена многослойным неороговевающим (глотка, пищевод) или однослойным эпителием (желудок, тонкий кишечник). Собственная пластинка представлена рыхлой соединительной тканью, в которой находятся лимфатические узлы, сосуды, нервные окончания. Мышечная пластинка состоит из миоцитов. Слизистая оболочка покрыта слизью, которая вырабатывается железами (бокаловидными и др.), расположенными на протяжении всего пищеварительного канала.

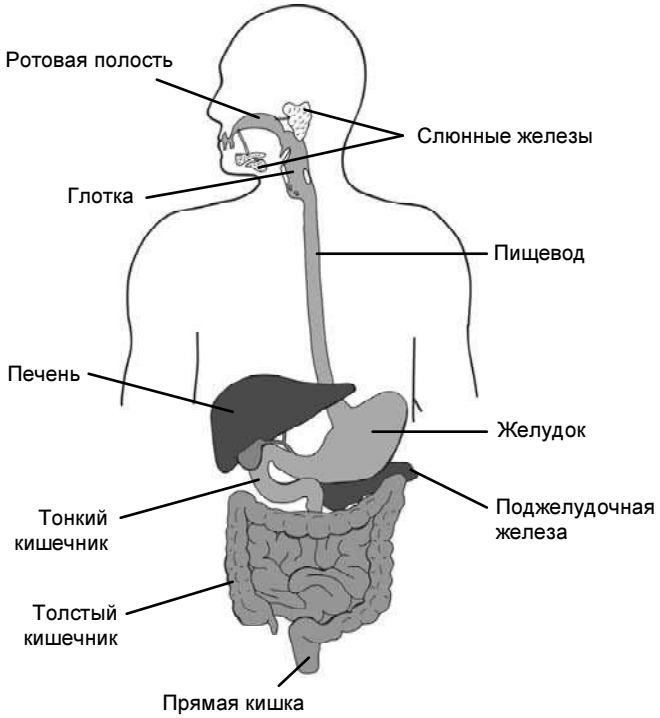



**Рис. 3.31.** Отделы пищеварительной системы человека

Под слизистой оболочкой есть подслизистая оболочка, образованная рыхлой соединительной тканью, в которой находятся лимфоидная ткань, сосуды, железы и нервы. Еще глубже расположена мышечная оболочка, состоящая из двух слоев (кругового и продольного), которые разделены рыхлой соединительной тканью. В основном это оболочка представлена гладкой мышечной тканью, но глотка, верхняя треть пищевода и наружный сфинктер заднего прохода образованы поперечнополосатыми мышцами.

Снаружи большинство органов покрыто серозной оболочкой. Она состоит из соединительной ткани, покрытой однослойным эпителием. Серозная оболочка гладкая и влажная, что облегчает скольжение внутренностей. Некоторые органы пищеварительного тракта не имеют серозной оболочки (глотка, часть пищевода, нижняя часть прямой кишки). Вместо нее эти органы покрыты адвентициальной оболочкой, состоящей из рыхлой соединительной ткани, в которой расположены сосуды и нервы.

## Отделы пищеварительного тракта

*Ротовая полость.* Делится на преддверие рта и собственно полость рта. Преддверие ограничено губами и щеками снаружи, зубами и деснами изнутри. Собственно полость рта сверху ограничена твердым и мягким нёбом; дном полости рта явля-

ется диафрагма рта, на которой лежит язык. В ротовую полость открываются протоки слюнных желез. Полость рта сообщается с глоткой через зев.

В полости рта расположены зубы и язык. Зубы — это производные слизистой оболочки ротовой полости. У человека в течение жизни последовательно сменяются два типа зубов: молочные (появляются с 6—8 мес., существуют до 7—8 лет, затем начинают сменяться постоянными) и постоянные (появляются с 6—7 лет и до конца жизни). Зуб (рис. 3.32) состоит из коронки (выступающая над десной часть), шейки (участок между коронкой и корнем, находится только в десне) и корня (погружен в десну и лежит в луночке челюсти, где фиксирован с помощью связки). Зуб построен из дентина, который в области коронки покрыт эмалью, а в области корня — цементом. *Эмаль* состоит из неорганических солей (96—97%, это фосфат и фторид кальция); в *дентине* примерно 28% органических веществ (в основном коллаген) и 72% неорганических; *цемент* по своему составу приближается к кости (30% органических и 70% неорганических веществ). Внутри зуба находится полость, заполненная зубной пульпой. Пульпа состоит из рыхлой соединительной ткани и содержит сосуды и нервы. По форме зубы делятся на резцы, клыки и коренные зубы. Также выделяют так называемые "зубы мудрости" (они относятся к большим коренным зубам), которые появляются у человека самыми последними. Они прорезываются в возрасте 20—25 лет, иногда еще позднее.

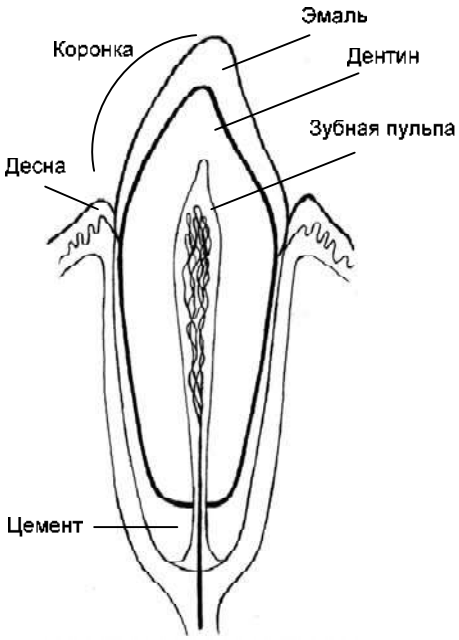



**Рис. 3.32.** Строение зуба

*Зубная формула* ребенка: 2-0-1-2 (половина любой челюсти; большие коренные, малые коренные, клык, резцы). Всего у ребенка 20 молочных зубов.

*Зубная формула* взрослого человека: 3-2-1-2 (половина любой челюсти; большие коренные, малые коренные, клык, резцы). Всего у взрослого человека 32 зуба.

Язык образован поперечнополосатой мышечной тканью, покрытой слизистой оболочкой. Имеет удлиненную овальную форму. Спереди языка находится его верхушка, сзади — корень, а между ними — тело. Слизистая оболочка покрыта неорговевающим многослойным эпителием. Он содержит вкусовые рецепторы, а также участвует в формировании пищевого комка и в образовании звуков речи.

*Глотка* — это воронкообразный канал. Делится на три части: верхнюю (носовая, или носоглотка) — сообщается с носовой полостью; среднюю (ротовая) — сообщается с ротовой полостью; нижнюю (гортанная) — сообщается с гортанью. Также на боковых стенках носоглотки с обеих сторон есть глоточные отверстия слуховых

труб, которые соединяют ее с полостью среднего уха. Вблизи этих отверстий расположены глоточные миндалины (из лимфоидной ткани).

*Пищевод* — это цилиндрическая трубка длиной 22—30 см. Большая часть пищевода находится в шее и грудной полости, меньшая — в брюшной. Пищевод соединяет желудок с глоткой.

*Желудок* располагается левее относительно срединной линии. Его объем — 1,5—2,5 л. У человека — однокамерный желудок. Форма желудка напоминает грушу, но постоянно меняется (в зависимости от количества съеденной пищи, положения тела и т. п.). Вход в желудок называется кардиальным отверстием, к нему прилегает кардиальная часть желудка. Слева от нее расположен свод желудка, переходящий в тело желудка. Выход из желудка называют привратником, а прилегающую часть — пилорической (привратниковой). На выходе из желудка расположен пилорический сфинктер. В слизистой оболочке находится большое количество желез и специальные клетки — эндокриноциты, выделяющие гормоны, регулирующие пищеварение (например, гастрин). В стенке желудка три слоя гладких мышц, а не два, как в большинстве других органов пищеварительного тракта.

*Тонкий кишечник* — это наиболее длинный участок пищеварительного тракта: длина тонкого кишечника составляет 5—6 м (взрослый человек). Он состоит из двенадцатиперстной, тощей и подвздошной кишки. В двенадцатиперстную кишку открываются протоки печени и поджелудочной железы. Тонкая кишка образует петли.

На слизистой оболочке формируются многочисленные складки, ворсинки (рис. 3.33) и микроворсинки (это выросты эпителиальных клеток), которые увеличивают всасывательную поверхность; также в ней расположены многочисленные железы.

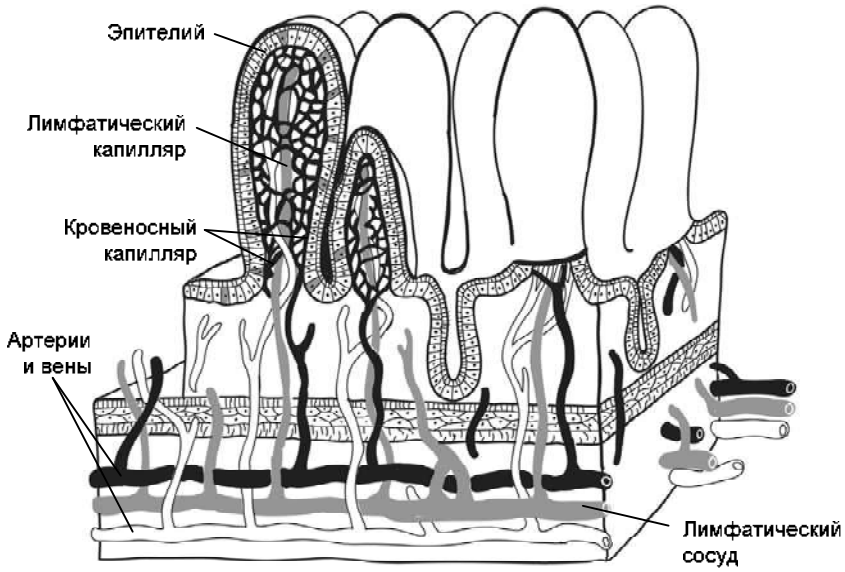



**Рис. 3.33.** Строение ворсинки кишечника

Ворсинки (20—40 на 1 мм$^2$) покрыты однослойным эпителием. Внутри каждой из них есть лимфатический капилляр, слепо начинающийся на вершине. Также в каждую ворсинку входят 1—2 артериолы, которые распадаются на капилляры. Из капилляров кровь собирается в венулы. На эпителиальных клетках ворсинок расположено огромное количество микроворсинок, также увеличивающих всасывательную поверхность. Они содержат ферменты, которые участвуют в пристеночном пищеварении.

*Толстый кишечник* подразделяется на слепую (с червеобразным отростком — аппендиксом), ободочную (восходящая, поперечная и нисходящая) и прямую (заканчивается задним проходом, около которого находится сфинктер) кишку. Длина толстого кишечника — 1,5—2 м. Толстый кишечник населен бактериями, участвующими в пищеварении. В месте перехода тонкого кишечника в толстый находится сфинктер, который пропускает содержимое из тонкого кишечника в толстый небольшими порциями и не пускает его обратно.

## Пищеварительные железы

Пищеварительные железы расположены непосредственно около пищеварительного тракта. К крупным пищеварительным железам относятся слюнные железы, печень и поджелудочная железа. Это железы экзокринной или смешанной (поджелудочная железа) секреции. Все они имеют специальные протоки, ведущие в просвет пищеварительного канала. В стенке канала также находится множество мелких пищеварительных желез, которые вырабатывают пищеварительные ферменты или слизь.

### Слюнные железы

У человека 3 пары больших желез (околоушные (самые крупные), подъязычные и поднижнечелюстные) и несколько малых. Они выделяют слюну (0,5—2 л в сутки), состоящую из воды (до 99%), солей, ферментов и бактерицидного вещества лизоцима. Слюна имеет слабощелочную реакцию.

### Печень

Это самая крупная железа человека — ее масса достигает 1,5—2 кг (рис. 3.34). Имеет красно-бурый цвет. Расположена под диафрагмой, справа от срединной линии. Снаружи печень покрыта соединительнотканной капсулой, а затем серозной оболочкой.

В печень входит печеночная артерия и воротная вена. Воротная вена образует воротную систему печени.

Основные клетки печени — гепатоциты, которые формируют печеночные дольки. Между дольками находятся желчные выводные протоки, которые сливаются в общий печеночный проток. За сутки у человека образуется до 1 л желчи. Желчь — это жидкость желтого цвета, состоящая из воды, ионов, желчных кислот и их солей, желчных пигментов (билирубин), холестерина, но не содержащая пищеваритель-

ных ферментов. Резервуаром для хранения желчи служит желчный пузырь — грушевидный мешок. От него отходит пузырный проток, соединяющийся с общим печеночным протоком — при этом формируется общий желчный проток. Секреция печенью желчи происходит непрерывно. При приеме пищи секреция желчи рефлекторно усиливается.

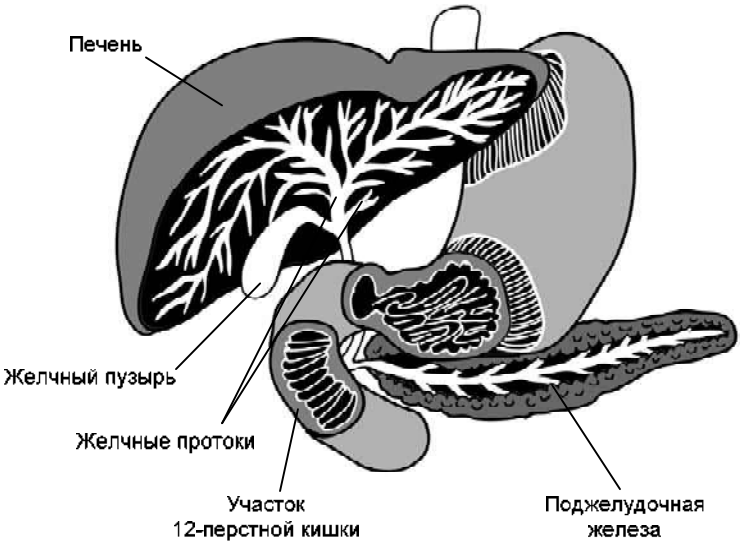



**Рис. 3.34.** Печень и поджелудочная железа

Функции печени:

- участвует в обмене белков, жиров, углеводов;
- запас питательных веществ (гликоген) и некоторых витаминов (A, D);
- депо крови;
- барьерная — очищает кровь от токсинов и других веществ (в том числе лекарств);
- образует желчь, которая эмульгирует жиры и активирует ферменты;
- образование гепарина, препятствующего свертываемости крови;
- синтезирует белки плазмы крови (фибриноген, протромбин);
- разрушение эритроцитов.

## Поджелудочная железа

Расположена в брюшной полости позади желудка, ее масса составляет 60—100 г (см. рис. 3.34). Она состоит из головки, тела и хвоста. Снаружи поджелудочная железа покрыта соединительнотканной капсулой, от которой отходят перегородки, делящие ее на дольки. Дольки состоят из ацинусов, в которых синтезируются ферменты, и начальной зоны выводных протоков. Все протоки, соединяясь вместе, образуют главный выводной проток.

Является железой смешанной секреции. Экзокринная часть является сложной альвеолярно-трубчатой железой. Она образует поджелудочный (панкреатический) сок (в день — 0,5—0,7 л), содержащий разнообразные ферменты.

## Пищеварение

### Пищеварение в ротовой полости

В ротовой полости происходит измельчение и смачивание пищи, ее первичная химическая обработка и частичное обеззараживание, а также формирование пищевого комка.

В пищеварении в ротовой полости принимают участие язык, зубы и слюна. В норме в ротовой полости содержится нормальная микрофлора, угнетающая патогенную. Наиболее важную роль в ротовой полости играют лизоцим, ферменты (амилаза, мальтаза и нуклеаза) и муцины слюны. Амилаза расщепляет крахмал и гликоген до мальтозы и сахарозы, мальтаза расщепляет мальтозу и сахарозу до моносахаридов. Нуклеаза оказывает противовирусное действие, разрушая генетический материал вирусов. Лизоцим обеззараживает пищу, убивая бактерии. Муцины обеспечивают вязкость и ослизняющие свойства слюны. Они способствуют глотанию пищи.

Регуляция слюноотделения осуществляется нервным и гуморальным путем. Слюноотделение происходит с помощью условных (при виде или запахе пищи) или безусловных (при поступлении пищи в ротовую полость) рефлексов. Нервный центр слюноотделения расположен в продолговатом мозге. Также в регуляции принимают участие симпатические (при их действии количество выделяемой слюны уменьшается) и парасимпатические нервы (их импульсы вызывают выделение большого количества жидкой слюны). Торможение слюноотделения вызывается болью или отрицательными эмоциями.

Пища в ротовой полости находится порядка 20 с, а затем в результате глотания попадает в глотку и далее в пищевод и желудок. Во время глотания тормозится работа дыхательного центра (происходит кратковременная остановка дыхания).

### Пищеварение в желудке

Из ротовой полости пищевой комок с помощью глотания поступает в желудок. Время пищеварения в желудке — от 3 до 10 ч. В глубине пищевого комка, попавшего в желудок, продолжают пищеварение ферменты слюны (около 20 мин).

Среди желез желудка выделяют 3 основные группы, представленные следующими типами клеток:

- главные клетки выделяют ферменты;
- обкладочные клетки выделяют соляную кислоту;
- добавочные клетки выделяют слизь.

Желудочный сок (1,5—2 л в сутки) выделяется только железами стенки желудка. Он состоит из воды, соляной кислоты и различных ферментов. Соляная кислота

определяет сильнокислую реакцию среды, стимулирует работу желез желудка, активирует ферменты (например, превращение пепсиногена в пепсин), обладает антибактериальным действием и вызывает денатурацию белков. Ферменты желудочного сока: пепсин (действует на белки, разрушая их до пептидов и аминокислот), химозин (створаживает молоко), липаза (действует на жиры).

Слизь, выделяемая железами желудка, содержит белок муцин и защищает слизистую оболочку от действия желудочного сока, участвует в нейтрализации вирусов и всасывании витамина $B_{12}$.

После завершения переваривания пищи в желудке пищевой комок переходит в тонкий кишечник (двенадцатиперстную кишку). Перемещение пищи в тонкий кишечник происходит порциями благодаря периодическому расслаблению и сокращению пилорического сфинктера. Переход пищи в кишечник длится до тех пор, пока реакция в двенадцатиперстной кишке не станет кислой. Тогда соляная кислота раздражает рецепторы в слизистой оболочке кишки, сфинктер сокращается, и переход пищи из желудка в кишечник прекращается. Как только реакция в кишке становится щелочной, сфинктер снова расслабляется и в кишечник попадает новая порция пищи. Таким образом, этот процесс имеет рефлекторный механизм, и этот рефлекс называется запирательным пилорическим рефлексом.

Регуляция пищеварения в желудке осуществляется с помощью нервных и гормональных механизмов. Нервный механизм — с помощью безусловных (поступление пищи в желудок) и условных (при виде пищи, запахе и т. д.) рефлексов. Гуморальная регуляция происходит с помощью различных биологически активных веществ: так, гастрин и ацетилхолин усиливают сокращения желудка, а адреналин и норадреналин — тормозят.

## Пищеварение в кишечнике

Пищеварение в тонком кишечнике осуществляется ферментами поджелудочной железы и кишечного сока. Также важную роль играет желчь печени.

Пищеварительный сок тонкого кишечника содержит ферменты, переваривающие все питательные вещества до конечных продуктов, в соке толстого кишечника ферментов значительно меньше. Основные ферменты: липазы (действуют на липиды), трипсин и химотрипсин (действуют на белки), амилаза и гликозидаза (действуют на углеводы). В толстом кишечнике содержатся бактерии и микроорганизмы, формирующие "кишечную микрофлору". Микрофлора толстого кишечника участвует в защите от болезнетворных микробов, синтезе витаминов K, $B_6$, $B_{12}$, расщеплении целлюлозы. Также в стенках кишечника есть специальные лимфоидные образования, входящие в состав иммунной системы организма. В кишечнике — слабощелочная среда.

Движение пищи происходит в направлении прямой кишки под действием движений стенок кишечника. В толстом кишечнике формируются и удаляются каловые массы.

## Всасывание

Всасывание — это процесс переноса веществ из полости органов желудочно-кишечного тракта в кровь или лимфу. Общее количество всасываемой ежедневно жидкости составляет 8—9 л.

Всасывание начинается в ротовой полости, но в ней оно незначительно (в кровь поступает вода, лекарства, моносахариды, алкоголь). В желудке также происходит всасывание (вода, алкоголь, витамин $B_{12}$, небольшое количество ионов и моносахаридов).

Основным отделом пищеварительной системы, в котором происходит всасывание, являются тонкий и толстый кишечник. В тонком кишечнике в основном всасываются органические вещества, а в толстом — вода (5—7 л) и ионы.

В лимфу всасываются продукты переваривания липидов и жирорастворимые витамины. В кровь всасываются простые сахара, аминокислоты, вода и ионы, водорастворимые витамины. Всасывание происходит с помощью пассивного и активного транспорта.

## Болезни желудочно-кишечного тракта

- *Инфекционные заболевания* возникают из-за попадания с пищей простейших, бактерий, грибов и продуктов их жизнедеятельности (ботулизм, брюшной тиф, дизентерия, холера, пищевые токсикоинфекции).
- *Глистные заболевания* (гельминтозы) вызываются червями-паразитами. Возникают при попадании в организм человека яиц или личинок гельминтов с пищей или при несоблюдении правил гигиены.
- *Кариес* — болезнь зубов, заключающаяся в постепенном разрушении тканей зуба (сначала эмали, а потом – дентина). Основная причина кариеса — нарушение обмена веществ (например, нехватка фтора в пище) и жизнедеятельность бактерий ротовой полости.
- *Гастрит* — воспаление слизистой оболочки желудка или кишечника. Возникает из-за некачественного и нерационального питания, а также может иметь бактериальную природу. Может перейти в язву желудка или кишечника, при которой повреждаются более глубокие слои органов пищеварения.
- *Аппендицит* — воспаление аппендикса. Причины очень разнообразны: попадание в аппендикс инородного тела, большое количество мясных продуктов (особенно консервов) в пище, деятельность бактерий. Лечение — удаление хирургическим путем. Иногда аппендицит может переходить в перитонит — воспаление брюшины.

Профилактика желудочно-кишечных заболеваний:

- соблюдение правил личной гигиены;
- тепловая обработка продуктов;
- соблюдение технологий при производстве консервов;
- использование качественных и свежих продуктов;

- ветеринарный и санитарный контроль качества продуктов, уничтожение переносчиков, в том числе мух и тараканов;
- регулярное обследование детей на наличие гельминтов.

## Влияние курения и алкоголя на пищеварение

*Курение.* Первыми страдают органы ротовой полости: температура дыма значительно выше температуры воздуха, поэтому повреждается эмаль зубов. Со временем на ней появляются трещинки, и зубы курильщика начинают разрушаться. Также в ротовой полости откладываются различные вещества, из-за чего желтеет эмаль зубов и возникает неприятный запах изо рта. Табачный дым раздражает слюнные железы, которые начинают интенсивно выделять слюну (из-за чего курильщики постоянно сплевывают), часть которой вместе с растворившимися в ней вредными веществами проглатывается. Эти ядовитые вещества действуют на слизистую желудка, уменьшая выделение слизи, что чревато возникновением гастрита, а в дальнейшем и язвы. Часть веществ всасывается в кровь и попадает в печень, вызывая поражение ее клеток и ухудшение ее работы.

*Алкоголь.* В ротовой полости алкоголь подавляет выделение слюны, повышает ее вязкость. При попадании в пищевод спирт действует на гладкие мышцы, ухудшая их работу, что приводит к нарушению глотания. Попав в желудок, спирт действует двояко: в небольших дозах он стимулирует выделение желудочного сока, в больших — резко угнетает (прежде всего, уменьшается количество соляной кислоты и пепсина). Одновременно алкоголь действует на слизистую оболочку, вызывая уменьшение количества выделяемой слизи, что может привести к гастриту и далее к язве. Наиболее сильно от алкоголя страдает печень, т. к. она очищает кровь от спирта, преобразуя его в безвредные вещества. Постоянное потребление больших доз алкоголя приводит к циррозу печени.

## Тест по теме "Пищеварительная система"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Какой рефлекс можно отнести к безусловным?

1) выделение слюны при запахе пищи;

2) усиление сокоотделения при попадании пищи в желудок;

3) выделение желудочного сока при зажигании лампы;

4) выделение слюны при мысли о еде.

**А2.** Вещество слюны, обладающее антибактериальным действием:

1) муцин; 2) лизоцим; 3) пепсин; 4) амилаза.

**А3.** Желчь образуется и попадает соответственно:

1) в печени и в тонкий кишечник;

2) в печени и в толстый кишечник;

3) в железах желудка и в желудок;

4) в поджелудочной железе и в тонкий кишечник.

**А4.** Сколько клыков находится в каждой челюсти человека?

1) 1; 2) 2; 3) 4; 5) 6.

**А5.** Назовите метод, который **не использовал** в своих работах И. П. Павлов:

1) мнимое кормление; 3) зондирование;

2) фистула; 4) изолированный желудок.

**А6.** Какие органические вещества начинают перевариваться в ротовой полости?

1) белки; 2) углеводы; 3) липиды; 4) витамины.

**А7.** В желудке переваривание белков осуществляет:

1) фермент амилаза; 3) фермент трипсин;

2) фермент пепсин; 4) фермент лизоцим.

**А8.** Ворсинки, расположенные на слизистой тонкого кишечника:

1) отвечают за движение пищи;

2) увеличивают поверхность всасывания;

3) выполняют иммунную функцию;

4) обеспечивают полостное пищеварение.

**А9.** Назовите функцию, которую выполняет желчь:

1) расщепление белков и углеводов;

2) активация ферментов в тонком кишечнике;

3) переваривание витаминов;

4) усиление всасывания в толстом кишечнике.

**А10.** Нервные центры большинства пищеварительных рефлексов расположены в:

1) мозжечке; 3) промежуточном мозге;

2) среднем мозге; 4) продолговатом мозге.

**А11.** Среди нижеперечисленных явлений условным рефлексом является:

1) движение пищи по пищеводу;

2) глотание;

3) выделение желудочного сока при виде еды;

4) выделение желчи при приеме пищи.

**А12.** Средний слой в стенке глотки в основном состоит из:

1) соединительной ткани; 3) поперечнополосатых мышц;

2) гладких мышц; 4) хрящевой ткани.

**А13.** Желудочный сок вырабатывается:

1) железами желудка;

2) железами желудка и печенью;

3) железами желудка и поджелудочной железой;

4) печенью и поджелудочной железой.

**А14.** Назовите основной фермент тонкого кишечника, переваривающий белки:

1) пепсин; 2) липаза; 3) трипсин; 4) химозин.

**А15.** Снаружи зубы человека покрыты:

1) эмалью по всей поверхности;

2) эмалью в области коронки и шейки и цементом в области корня;

3) дентином по всей поверхности;

4) дентином в области коронки и цементом в области корня.

**А16.** Всасывание происходит в:

1) ротовой полости и кишечнике;

2) ротовой полости, глотке и кишечнике;

3) желудке и кишечнике;

4) ротовой полости, желудке и кишечнике.

**А17.** В толстом кишечнике:

1) синтезируются некоторые витамины;

2) всасывается основная масса органических веществ;

3) перевариваются белки и липиды;

4) отсутствуют бактерии.

**А18.** Какую функцию выполняет сфинктер, расположенный на выходе из желудка?

1) отвечает за передвижение пищи в кишечник;

2) не пропускает непереваренную пищу из желудка;

3) участвует в расщеплении органических веществ;

4) регулирует давление в желудке.

**А19.** Аминокислоты и моносахариды в основном всасываются в:

1) желудке; 3) толстом кишечнике;

2) тонком кишечнике; 4) прямой кишке.

**А20.** Проток поджелудочной железы впадает:

1) в желудок;

2) в двенадцатиперстную кишку;

3) в подвздошную кишку;

4) в слепую кишку.

## Часть В

**В заданиях В1 и В2 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Выберите признаки строения и функционирования, характерные для желудка человека:

1) расположен в брюшной полости, справа от оси симметрии тела;

2) его стенки трехслойные, с хорошо развитыми железами;

3) средний слой образован гладкими мышцами;

4) желудочный сок образуется благодаря деятельности желез желудка и печени;

5) основные ферменты желудочного сока — амилаза и мальтаза;

6) происходит всасывание витамина $B_{12}$.

**В2.** В процессе пищеварения:

1) углеводы расщепляются в ротовой полости под действием амилазы;

2) белки и углеводы перевариваются в желудке;

3) трипсин расщепляет белки в двенадцатиперстной кишке;

4) жиры перевариваются под действием желчи;

5) химозин действует на белки молока;

6) липаза желудка также работает и в кишечнике.

**При выполнении заданий В3 и В4 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В3.** Установите соответствие между признаком и пищеварительным отделом человека, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК | ОТДЕЛ |
|---|---|
| А) впадают протоки поджелудочной железы | 1) желудок |
| Б) в пищеварении принимает участие желчь | 2) тонкий кишечник |
| В) пищеварение происходит в кислой среде | 3) толстый кишечник |
| Г) пищеварение происходит в щелочной среде | |
| Д) всасывание воды | |
| Е) всасывание органических веществ | |

**В4.** Установите соответствие между признаком и пищеварительной железой человека, для которой он характерен.

| ПРИЗНАК | ЖЕЛЕЗА |
|---|---|
| А) самая крупная железа в организме | 1) слюнная железа |
| Б) выделяет вещество лизоцим | 2) печень |
| В) ее секрет не содержит ферментов | 3) поджелудочная железа |
| Г) образует гормон глюкагон | |
| Д) синтезирует трипсин и химотрипсин | |

### Часть С

**С1.** К каким последствиям может привести постоянное употребление сырого мяса в пищу? Укажите не менее трех возможных последствий.

**С2.** Какую роль играет слюна в пищеварении? Какие рефлексы и при каких условиях обеспечивают выделение слюны?

**С3.** Литературный герой Карлсон предпочитал питаться тортами, конфетами, вареньем и подобными продуктами. Назовите не менее четырех возможных последствий такого образа жизни.

# ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

Обмен веществ — это совокупность превращений веществ и энергии в организме человека, начинающаяся с поступления пищи из внешней среды и заканчивающаяся удалением продуктов распада.

Обмен веществ и энергии состоит из двух параллельно протекающих процессов: ассимиляции и диссимиляции. Ассимиляция (пластический обмен) — это совокупность процессов синтеза органических веществ и накопления энергии. Диссимиляция (энергетический обмен) — совокупность процессов распада органических веществ, сопровождающихся выделением энергии и удалением из организма продуктов распада. В организме может преобладать ассимиляция или диссимиляция, или они могут находиться в равновесном состоянии. Это зависит от состояния здоровья человека, его возраста, от уровня физических и умственных нагрузок.

В пищеварительной системе проходит подготовительный период обмена веществ. Он заключается в переваривании пищи и образовании веществ, которые поступают в кровь и лимфу и далее в клетки тканей и органов, где включаются в ассимиляцию или диссимиляцию.

## ОБМЕН БЕЛКОВ

В пищеварительной системе под влиянием ферментов все белки разрушаются до пептидов или аминокислот. Аминокислоты — это мономеры белков. Из них в организме синтезируются собственные белки; всего в построении белков организма используется 20 аминокислот. Аминокислоты делятся на незаменимые (не могут образоваться в организме) и заменимые (могут образоваться в организме из других аминокислот). В основном незаменимые аминокислоты содержатся в животной пище. Для человека незаменимые аминокислоты: валин, лейцин, изолейцин, треонин, метионин, фенилаланин, триптофан, лизин.

Белки в организме не образуют специальные запасные формы. Конечные продукты расщепления белков — вода, углекислый газ и мочевина (карбамид). Суточная норма белков — 100—120 г.

Необходимо отметить, что азот (один из макроэлементов) усваивается организмом человека только в составе аминокислот. Азотный баланс — это соотношение коли-

чества азота, поступившего вместе с пищей и выведенного из организма. Если эти количества одинаковы, то у организма наблюдается азотистое равновесие. Если азота вводится больше, чем выделяется — это положительный азотный баланс (растущий организм, организм после болезни; организм взрослого человека при наличии раковых опухолей). Если наоборот — отрицательный азотный баланс (голодание, неправильное или неполноценное питание, некоторые инфекционные заболевания).

## Обмен углеводов

В организм человека углеводы поступают в основном с растительной пищей (в виде крахмала, клетчатки и моносахаридов); поступление с животной пищей (в виде гликогена) незначительно. В пищеварительной системе полисахариды распадаются на моносахариды и всасываются в кровь.

Наиболее важным углеводом считается глюкоза, выполняющая энергетическую и пластическую функции. Содержание глюкозы в крови поддерживается на одном уровне — примерно 0,1%. При избытке глюкозы в крови она с помощью инсулина (гормона поджелудочной железы) превращается в гликоген; при нехватке все происходит наоборот (гормон глюкагон). При нехватке инсулина возникает тяжелая болезнь — сахарный диабет, при которой организм не в состоянии самостоятельно поддерживать необходимый уровень глюкозы в крови.

Конечные продукты расщепления углеводов — углекислый газ и вода. Суточная норма углеводов для взрослого человека — 400—500 г.

## Обмен жиров

В пищеварительной системе жиры распадаются на глицерин и жирные кислоты, которые всасываются в лимфу, далее попадают в кровь и разносятся ко всем органам и тканям, где эти вещества используются для синтеза собственных жиров, получения энергии путем окисления или откладываются про запас. Конечные продукты расщепления — углекислый газ и вода. Суточная норма липидов для человека — 100—120 г.

Жиры могут запасаться в организме человека в подкожной жировой клетчатке или в жировой ткани около органов. С пищей в организм человека должны поступать жиры как животного (твердые или насыщенные), так и растительного происхождения (жидкие или ненасыщенные). Ненасыщенные жирные кислоты повышают сопротивляемость болезням, препятствуют отложению холестерола на внутренних стенках сосудов (профилактика атеросклероза).

Обмен органических веществ тесно взаимосвязан между собой. При нехватке жиров, они могут образовываться в организме из белков и углеводов. Недостаток углеводов может компенсироваться белками. Нехватка белков не компенсируется ничем, а при избыточном поступлении белков в организм они превращаются в углеводы и жиры.

## Обмен воды и минеральных веществ

Вода составляет около 75% массы тела человека, потеря организмом 20% воды смертельно. В среднем в организм человека в сутки должно поступать около 2,5 л воды. Количество воды в разных органах неодинаково. Минимальное содержание воды в зубах (10%) и костях (20—25%), максимальное — в мозге (80%).

Недостаточное или избыточное поступление воды оказывает вредное действие на организм. При нехватке увеличивается вязкость крови и других жидкостей, уменьшается скорость обменных процессов и т. п.; при избытке увеличивается нагрузка на почки и сердце. При нехватке воды она способна образовываться при распаде жира — так называемая эндогенная вода (1 г жира при распаде дает 1,1 г воды).

Водный баланс в организме складывается из воды, поступающей вместе с пищей, и воды, удаляемой из организма (пот, моча, пар). Также существует зависимость потребности организма в воде от характера питания (например, при наличии в пище большого количества белков потребление воды усиливается, что связано с участием молекул воды в распаде белков на аминокислоты).

Обмен воды тесно взаимосвязан с обменом минеральных веществ, которые поступают в организм человека в основном в виде ионов. Минеральные вещества играют важную роль в регуляторных процессах, участвуют в передаче нервных импульсов и сокращении мышц, входят в состав костей и зубов. Суточная потребность в минеральных веществах составляет 10—15 г, наибольшую потребность человек испытывает в поваренной соли (хлорид натрия) — до 10 г.

## Режим питания

Режим питания — время и количество приемов пищи в течение дня. Наилучшим режимом питания для взрослого человека считают четырехразовый: завтрак (25% суточного рациона), обед (50%), полдник и ужин (по 12,5%). Суточный пищевой рацион — это количество и соотношение в пище основных органических веществ, необходимых человеку в течение одних суток. Соотношение белков, жиров и углеводов 1:1:4 является оптимальным для человека. Преобладание углеводов связано с тем, что они являются основными источниками энергии для поддержания постоянной температуры тела.

При однообразном питании могут возникать нарушения, связанные с нехваткой или избытком тех или иных веществ в пищевом рационе. По той же причине нецелесообразно питание с большим количеством белков или жиров. Также вредны для организма быстрая еда ("фастфуд"), еда всухомятку. Несоблюдение режима питания приводит к различным болезням.

Количество энергии, расходуемое организмом только на поддержание жизни, называется основным обменом. Основной обмен для взрослого мужчины массой 70 кг равен 1700 ккал/сутки, а для женщины — 1500 ккал/сутки. Повышение энергозатрат организма сверх основного обмена называется рабочей прибавкой (рабочим обменом). Общие затраты энергии складываются из основного и рабочего обменов.

Энергетические затраты организма зависят от выполняемой работы (особенно велики они при интенсивной физической работе), от эмоционального состояния и т. д. При умственном труде основные затраты энергии связаны с работой мозга, при механизированном труде — с работой мышц, в меньшей степени мозга. При самом тяжелом немеханизированном труде все затраты связаны только с работой собственных мышц человека, поэтому такой труд требует максимальных затрат энергии.

## Витамины

Витамины (табл. 3.6) были открыты в XIX в. русским ученым Н. И. Луниным. В основном они поступают в организм с пищей, но некоторые могут синтезироваться в организме ($B_6$, $B_{12}$, D). Витамины делятся на две группы: жирорастворимые (витамины A, D, E, K) и водорастворимые (группа B, витамин C). Витамины являются очень непрочными низкомолекулярными органическими веществами. Они активны в малой концентрации, не являются источником энергии и не запасаются в организме. Многие витамины входят в состав ферментов.

***Таблица 3.6.*** *Основные витамины и их действие*

| **Витамин** | **Где содержится** | **Действие витамина** | **Нехватка (–)/ избыток (+)** | **Суточная норма, мг** |
|---|---|---|---|---|
| C (аскорбиновая кислота) | Цитрусовые, шиповник, черная смородина, капуста (особенно брокколи), щавель, клубника | Регуляция окислительно-восстановительных реакций, участие в поддержании иммунитета | – Кровоточивость десен, цинга, частые заболевания простудного характера | 50—150 |
| A (ретинол) | Яйца, молоко, рыба, печень; в желто-оранжевых овощах содержится провитамин A (каротин) | Участвует в образовании зрительного пигмента и покровных тканей | – Повреждение кожи и роговицы, "куриная слепота"<br>+ Отравления, в том числе со смертельным исходом | 1,5 |
| D (кальциферол) | Рыбий жир, яйца, молоко. Может образовываться в коже под действием солнечных лучей | Участие в минеральном обмене (регуляция всасывания ионов кальция и фосфат-ионов) | – Рахит — искривление костей и их деформация | 2,5 |
| E (токоферол) | Зелень, семена злаков, растительное масло | Антиоксидант (блокирует действие окислителей, например, атомарного кислорода) | – Анемия, атрофия мышц, бесплодие | 10—20 |
| $B_1$ (тиамин) | Орехи, хлеб, злаки, отруби | Клеточное дыхание, углеводный обмен | – Поражение нервной системы, в том числе "бери-бери", сердечная недостаточность | 2—3 |

***Таблица 3.6*** *(окончание)*

| Витамин | Где содержится | Действие витамина | Нехватка (–)/ избыток (+) | Суточная норма, мг |
|---|---|---|---|---|
| $B_2$ (рибофлавин) | Отруби, дрожжи, бобы, мясо, яйца | Участвует в окислительно-восстановительных процессах, в белковом и углеводном обмене | – Ухудшение зрения, поражение слизистой рта | 2—4 |
| $B_6$ (пиридоксин) | Овощи, зерно, бобы, яйца, печень | Кроветворение, липидный и углеводный обмен, является коферментом | – Анемия, дерматит, депрессии, раздражительность | 1,5—3 |
| $B_5$ (пантотеновая кислота) | Все продукты питания | Обмен веществ; входит в состав ферментов | – Утомляемость, дерматит, мышечная слабость | 1,5—3 |
| $B_3$ (PP) никотиновая кислота | Рыба, печень, хлеб грубого помола | Тканевое дыхание, работа печени | – Дерматит, пеллагра, расстройство желудка | 14—15 |
| $B_{12}$ (цианокобаламин) | Мясо, рыба, печень | Кроветворение, рост нейронов | – Анемия, рак крови | 2—5 |

При недостаточном поступлении витаминов в организм развивается гиповитаминоз. Причинами гиповитаминозов чаще всего становятся недостаточное количество витаминов в пище, неправильная кулинарная обработка продуктов (например, длительная термическая обработка овощей), голодание, нарушение работы пищеварительной системы. Полное прекращение поступления витаминов приводит к авитаминозу; избыточное поступление витаминов также вредно и приводит к гипервитаминозу.

## Тест по теме "Обмен веществ. Витамины"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Укажите орган, в котором накапливается гликоген:

1) легкие; 2) слюнная железа; 3) печень; 4) мозг.

**А2.** Какое заболевание возникает при отсутствии в пище витамина $B_1$?

1) куриная слепота; 2) бери-бери; 3) цинга; 4) рахит.

**А3.** Конечными продуктами распада жиров являются...

1) вода, углекислый газ и мочевина;

2) вода и углекислый газ;

3) глицерин и жирные кислоты;

4) холестерин и стероиды.

**А4.** Назовите витамин, участвующий в регуляции минерального обмена у человека:

1) A; 2) $B_1$; 3) C; 4) D.

**А5.** Какой фактор может привести к ожирению?

1) 3—4-разовое питание;

2) занятие тяжелой атлетикой;

3) избыточное поступление углеводов;

4) высокая двигательная активность.

**А6.** Какие продукты содержат много витаминов группы В?

1) рыбий жир, молоко, печень;

2) лимон, шиповник, черная смородина;

3) плоды бобовых, неочищенные плоды злаков;

4) рыба, говядина, свинина.

**А7.** Основная масса углеводов поступает в организм человека:

1) с животной пищей; 3) с грибами;

2) с растительной пищей; 4) с витаминами и микроэлементами.

**А8.** Какая болезнь развивается при отсутствии в пище витамина А?

1) куриная слепота;

2) частые простудные заболевания;

3) рахит;

4) рак крови.

**А9.** Какие органические вещества должны поступать с пищей, т. к. не синтезируются в организме человека?

1) большинство аминокислот;

2) белки;

3) витамины;

4) липиды.

**А10.** Назовите вещества, которые откладываются в соединительной ткани человека "про запас":

1) белки; 2) моносахариды; 3) витамины; 4) жиры.

**А11.** Какие вещества являются источником незаменимых аминокислот для человека?

1) белки растений; 3) растительные масла;

2) белки животных; 4) витамины.

**А12.** Какой витамин в большом количестве содержится в шиповнике, клюкве, апельсинах?

1) B; 2) C; 3) K; 4) E.

**А13.** В лимфу, а не в кровь, всасываются:

1) аминокислоты; 2) вода; 3) глицерин; 4) глюкоза.

**А14.** Какое заболевание возникает у человека при отсутствии в пище витамина С?

1) нарушение кожных покровов;

2) цинга;

3) ломкость костей;

4) куриная слепота.

**А15.** Какие продукты содержат ненасыщенные жирные кислоты?

1) подсолнечное и оливковое масла;

2) сливочное масло и сало;

3) жирная говядина и свинина;

4) яблоки и груши.

**А16.** К водорастворимым витаминам относят:

1) A; 2) C; 3) D; 4) K.

**А17.** Какое требование **не относится** к принципам правильного и здорового питания?

1) калорийность пищи должна соответствовать энергетическим затратам организма;

2) необходимо ежедневное поступление витаминов;

3) белки, жиры и углеводы должны поступать в определенном соотношении;

4) растительную пищу нельзя есть вместе с животной.

**А18.** Какой витамин может образоваться в организме человека из своего предшественника?

1) E; 2) $B_1$; 3) $B_2$; 4) A.

**А19.** Какие вещества являются конечными продуктами белкового обмена в организме человека?

1) вода и углекислый газ;

2) вода и мочевина;

3) вода, углекислый газ, мочевина;

4) углекислый газ и мочевина.

**А20.** Какой витамин участвует в регуляции кроветворения?

1) $B_1$; 2) $B_2$; 3) $B_{12}$; 4) D.

## Часть В

**В заданиях В1 и В2 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Какие вещества, образующиеся при переваривании пищи, всасываются в лимфу?

1) аминокислоты;
2) жирные кислоты;
3) витамин С;
4) витамин А;
5) глюкоза и фруктоза;
6) глицерин.

**В2.** Выберите признаки, характерные для витаминов:

1) необходимы в очень малом количестве;
2) как и все органические вещества, участвуют в цикле Кребса;
3) запасаются в организме в соединительной ткани;
4) при их отсутствии в пище возникают различные заболевания;
5) избыточное поступление витаминов полезно для организма человека;
6) витамины D, $B_6$ и $B_{12}$ могут синтезироваться в организме человека.

**При выполнении задания В3 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В3.** Установите соответствие между характеристикой витамина и его видом.

| ХАРАКТЕРИСТИКА | ВИТАМИН |
|---|---|
| А) участвует в обмене кальция и фосфора | 1) А |
| Б) предупреждает развитие рахита | 2) D |
| В) необходим для нормального зрения | |
| Г) его предшественник поступает в организм с морковью и сладким перцем | |
| Д) синтезируется в коже под влиянием ультрафиолетовых лучей | |

**В4.** Установите последовательность, отражающую обмен жиров в организме человека, начиная с поступления пищи в пищеварительную систему человека:

1) синтез собственных жиров;
2) переваривание в желудке и кишечнике;
3) образование углекислого газа и воды;
4) продукты переваривания попадают в лимфу;
5) поступление в клетки организма;
6) продукты переваривания попадают в кровь.

### Часть С

**С1.** Мореплаватели многих европейских стран в XVIII—XIX вв. часто страдали цингой. Русские моряки этого же времени — гораздо реже. Как вы думаете, почему?

**С2.** Почему большое количество хлебобулочных и кондитерских изделий в пище довольно быстро приводит к ожирению?

**С3.** Некоторое время тому назад в России была распространена диета, при которой из пищи практически полностью изымались углеводы, а основной упор делался на продукты белковой и жировой природы. Чем опасна такая диета? Назовите не менее четырех последствий для организма человека.

# ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Дыхание — это совокупность процессов, обеспечивающих поступление кислорода в организм, его использование для окислительных процессов и удаление из организма углекислого газа.

Функции дыхательной системы:

- поступление кислорода и удаление углекислого газа;
- согревание, увлажнение и очистка вдыхаемого воздуха;
- удаление воды (в виде пара) и летучих продуктов обмена веществ;
- формирование звуков.

## Строение дыхательной системы

В дыхательной системе выделяют воздухоносные пути и респираторную часть (рис. 3.35).

### Воздухоносные пути

В их состав входят следующие органы: носовая полость, носоглотка, гортань, трахея, бронхи различных калибров, включая бронхиолы. Основная функция — проведение воздуха в легкие.

*Носовая полость* разделена на две половины с помощью носовой перегородки. В каждой половине носовой полости есть три носовые раковины и три носовых хода; в два из них открываются воздухоносные (околоносовые) пазухи (клиновидная, лобная и верхнечелюстная). Изнутри носовая полость выстлана слизистой оболочкой, состоящей из двух частей (дыхательной и обонятельной). Дыхательная часть покрыта реснитчатым эпителием с большим количеством желез, выделяющих слизь (она увлажняет воздух и обволакивает инородные частицы). Обонятельная часть занимает область верхней носовой раковины и задний отдел верхней стенки полости носа. Слизистая оболочка здесь содержит обонятельные рецепторы. В сли-

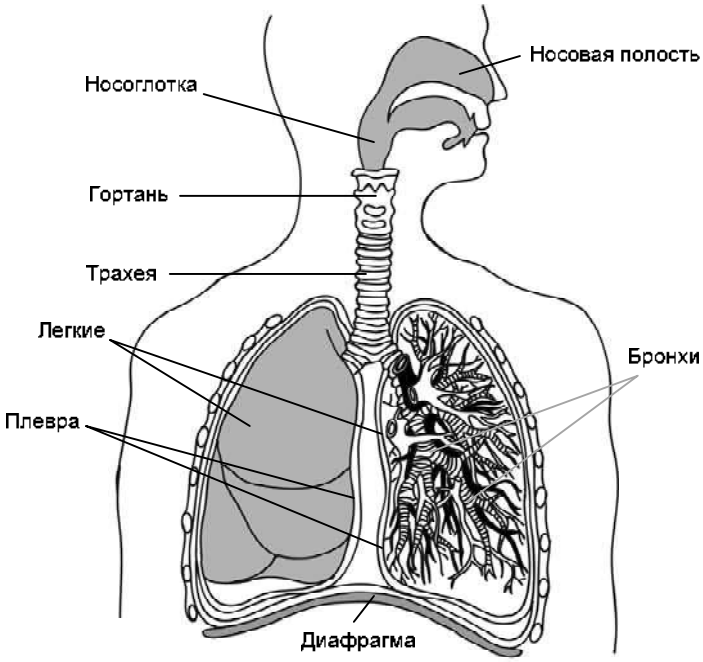



**Рис. 3.35.** Строение дыхательной системы человека

зистой оболочке очень много капилляров, поэтому она согревает воздух. Воздух из полости носа через хоаны поступает сначала в носоглотку, а затем в гортань.

*Гортань.* Скелет гортани образован несколькими подвижно соединенными (с помощью связок или суставов) между собой хрящами (самый крупный из них — щитовидный; у мужчин он образует кадык или адамово яблоко). Сверху гортань покрыта надгортанником (это эластический хрящ). С помощью связок гортань соединяется с подъязычной костью. Гортань имеет собственные мышцы, которые являются поперечнополосатыми. Вверху гортань сообщается с глоткой, внизу — с трахеей. Гортань содержит голосовой аппарат.

Полость гортани выстлана слизистой оболочкой. На ее поверхности находится реснитчатый эпителий (голосовые связки покрыты многослойным неороговевающим эпителием). Под слизистой оболочкой расположена фиброзно-эластическая мембрана или оболочка. Она состоит из хрящевой и плотной соединительной ткани. Ее часть под названием эластический конус формирует голосовые связки (состоят из эластических волокон), между которыми находится голосовая щель. Высота голоса зависит от длины связок: чем меньше длина, тем выше голос. У большинства женщин связки короче, чем у мужчин, поэтому женский голос выше, чем мужской. В гортани происходит образование звука, а в формировании речи также принимают участие губы, язык, мягкое нёбо и околоносовые пазухи.

*Трахея.* Вверху связана с гортанью, внизу делится на два главных бронха. Ее стенка состоит из слизистой оболочки, подслизистой основы, волокнисто-мышечно-хрящевой и адвентициальной оболочек. Слизистая оболочка выстлана реснитчатым

эпителием с железистыми клетками. В ней также находятся лимфоидные узелки. Волокнисто-мышечно-хрящевая оболочка образована гиалиновыми хрящами, каждый из которых представляет дугу, открытую кзади. Хрящи покрыты надхрящницей и соединены между собой кольцевыми связками; свободные концы хрящей соединены мышечными клетками. Задняя стенка трахеи образована плотной соединительной тканью. Снаружи расположена адвентициальная оболочка из рыхлой соединительной ткани.

*Бронхи.* Строение бронхов напоминает строение трахеи. Слизистая оболочка бронхов выстлана реснитчатым эпителием с железистыми клетками. Скелет бронхов состоит из гиалиновых хрящей, каждый из которых представляет дугу, открытую кзади. Хрящи покрыты надхрящницей и соединены между собой кольцевыми связками. Два главных бронха (правый и левый; правый шире и короче) делятся на три (правый) или два (левый) долевых бронха, которые ветвятся и образуют "бронхиальное" дерево. В результате ветвления образуются концевые (терминальные) бронхиолы диаметром 0,5 мм, которые представляют собой конечные разветвления воздухоносных путей.

## Респираторная часть

Респираторная часть представлена легкими, имеющими большую дыхательную поверхность (около 100 м$^2$). Основная функция легких — осуществления газообмена: поступление кислорода в организм и удаление из него углекислого газа.

У человека 2 легких — правое и левое, находящиеся в грудной полости. По форме они напоминают конус с уплощенной одной стороной. Легкие делятся на *доли* — это отдельные, анатомически обособленные участки. Правое легкое состоит из трех долей, левое — из двух. Каждая доля делится на сегменты (это участок легочной ткани, имеющий свои сосуды, нервные волокна и бронх), отделенные друг от друга перегородками. Сегменты образованы легочными дольками (в одном сегменте их около 80), также разделенными перегородками. В верхушку дольки входит бронх, который ветвится на 3—7 концевых бронхиол.

Структурно-функциональной единицей легких является ацинус (рис. 3.36). Он состоит из одной концевой бронхиолы, которая делится на 14—16 дыхательных бронхиол, образующих до 1500 альвеолярных ходов, несущих на себе до 20 000 альвеолярных мешочков и альвеол. Альвеолы напоминают пузырьки неправильной формы диаметром 280 мкм, густо оплетенные снаружи капиллярами. На внутренней поверхности альвеол находится особое вещество — сурфактант, который предохраняет альвеолы от спадания и внедрения в них микроорганизмов.

Снаружи легкие покрыты соединительнотканной оболочкой — плеврой. Она состоит из двух листков (висцерального и париетального), между которыми находится плевральная полость. Эта полость содержит плевральную жидкость, увлажняющую листки плевры и облегчая тем самым движение легких при дыхании. Париетальный листок, срастаясь с внутренней поверхностью грудной полости, образует плевральный мешок. В плевральной полости — отрицательное давление (оно ниже атмосферного, поэтому название условное), за счет чего при вдохе легкие расши-

ряются, т. е. следуют за расширяющейся грудной клеткой. Попадание воздуха в плевральную полость называется пневмотораксом. При этом легкое спадается и не участвует в газообмене.

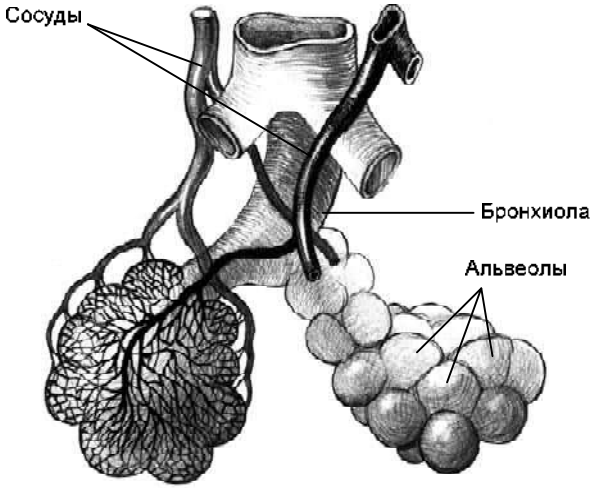



**Рис. 3.36.** Строение ацинуса легкого

## Механизмы дыхания

Дыхание как процесс состоит из трех компонентов: внешнего дыхания, транспорта газов кровью и внутреннего дыхания.

### Внешнее дыхание

Внешнее дыхание обеспечивается ритмичными движениями грудной клетки (вдох и выдох). У человека в покое 16—18 вдохов и выдохов в одну минуту. Полость грудной клетки расширяется за счет работы дыхательных мышц. При вдохе сокращаются наружные межреберные мышцы и диафрагма, грудная полость расширяется. Объем грудной клетки увеличивается, легкие расширяются, давление в них становится ниже атмосферного, и воздух через дыхательные пути поступает в легкие. Затем наружные межреберные мышцы и диафрагма расслабляются, сокращаются внутренние межреберные мышцы, грудная клетка опускается, ее объем и объем легких уменьшаются, давление в легких становится выше атмосферного, и происходит выдох.

У людей, в зависимости от преимущественной работы тех или иных дыхательных мышц, выделяют два типа дыхания — грудной (преобладает у женщин) и брюшной (преобладает у мужчин).

В альвеолярном воздухе концентрация кислорода ниже, а углекислого газа — выше, чем в атмосферном воздухе. Это связано с тем, что при каждом дыхательном движении альвеолярный воздух обновляется лишь частично. У человека в воз-

духоносных путях есть так называемое *мертвое пространство* — это участок, где не происходит газообмена. Наличие этого пространства не позволяет соответствующему количеству свежего воздуха достичь альвеол и уменьшает концентрацию кислорода в альвеолярном воздухе (т. к. в начале вдоха в альвеолы поступает воздух из мертвого пространства, по составу соответствующий выдыхаемому воздуху).

Переход газов из легких в кровь и обратно осуществляется путем диффузии (рис. 3.37). Каждый газ растворяется в жидкости в зависимости от своего парциального давления. Если парциальное давление газа в окружающей среде выше, чем его давление в жидкости, то этот газ будет растворяться в жидкости; если наоборот, то будет выходить из жидкости. Парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе — 110 мм рт. ст., в венозной крови — всего 44 мм рт. ст., поэтому кислород переходит в кровь. Парциальное давление углекислого газа в венозной крови составляет 46 мм рт. ст., а его парциальное давление в альвеолярном воздухе — 40 мм рт. ст., поэтому он выходит из крови.

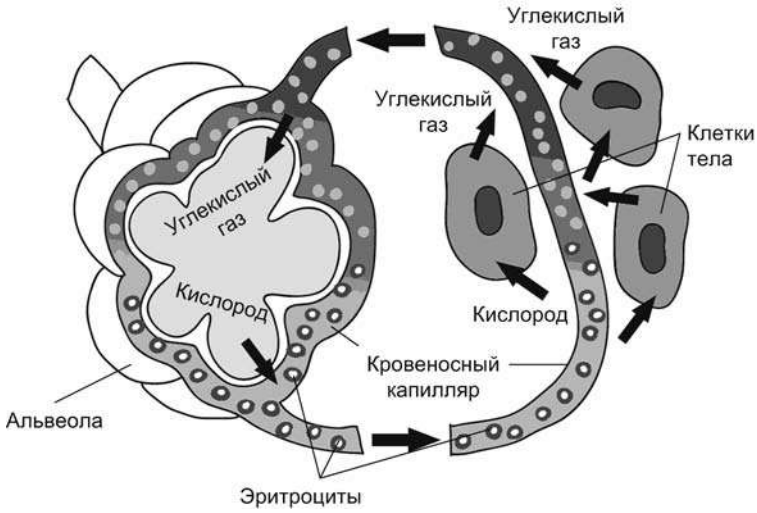



**Рис. 3.37.** Схема газообмена

Объем воздуха, вдыхаемый за каждый дыхательный цикл, называется *дыхательным объемом*. У взрослого человека он составляет около 0,5 л. Объем воздуха, который можно вдохнуть после обычного вдоха, называют *резервным объемом вдоха*. По аналогии, тот объем воздуха, который можно выдохнуть после обычного выдоха, называют *резервным объемом выдоха*.

Жизненная емкость легких — это тот объем воздуха, который можно выдохнуть после максимального вдоха. В среднем она равна 3300—4800 мл. Ее измеряют с помощью спирометра. Но даже после максимального выдоха в легких все равно остается какой-то объем воздуха — его называют *остаточным объемом*. Обычно он составляет около 1200 мл. Остаточный объем вместе с жизненной емкостью легких составляет общую емкость легких. Она равна 4200—6000 мл.

***Таблица 3.7.*** *Изменение газового состава воздуха при вдохе и выдохе*

| Газ | Вдох | Выдох |
|---|---|---|
| Азот | 79% | 79% |
| Кислород | 21% | 16% |
| Углекислый газ | 0,03% | 4% |
| Пары воды | | 1% |

Как видно из табл. 3.7, наиболее сильно меняется концентрация кислорода (он используется для дыхания) и углекислого газа (выделяется при окислении органических веществ), количество азота остается практически неизменным (этот газ не используется организмом человека). Также в выдыхаемом воздухе гораздо больше водяных паров. При этом газовый состав вдыхаемого воздуха и воздуха в начале выдоха практически не отличаются.

## Транспорт газов кровью

В альвеолах кислород проникает в капилляры и связывается с гемоглобином эритроцитов, образуя непрочное соединение — оксигемоглобин. 1 г гемоглобина может присоединять примерно 1,36 мл кислорода, а 100 мл крови могут переносить около 21 мл кислорода. Эта величина характеризует кислородную емкость крови.

Эритроциты разносятся током крови по всему организму и отдают кислород, который сначала поступает в тканевую жидкость, а затем в клетки организма. Из клеток в тканевую жидкость, а потом в кровь поступает углекислый газ. Он связывается с гемоглобином (образуется карбогемоглобин) или образует гидрокарбонат-ион $HCO_3^-$. Небольшая часть углекислого газа транспортируется в свободном состоянии. Кровь с углекислым газом снова поступает в легкие.

## Тканевое (внутреннее) дыхание

Поступивший из крови кислород в клетках тела используется для окисления органических веществ. При этом образуется углекислый газ, который удаляется из клеток. Переход газов из крови в тканевую жидкость и обратно происходит диффузно, причем диффузия углекислого газа в кровь происходит быстрее, чем диффузия кислорода из крови.

# Регуляции дыхания

Регуляция дыхания осуществляется нервным и гуморальным путем.

*Нервная регуляция.* Нервный центр расположен в продолговатом мозге. Он состоит из центра вдоха и центра выдоха и находится в состоянии постоянной активности: в нем ритмически возникают импульсы. Эти импульсы передаются из дыхательного центра по нервам к дыхательным мышцам и диафрагме, обеспечивая чередование вдоха и выдоха. В процессах регуляции дыхания также принимает участие кора

больших полушарий, которая обеспечивает приспособление организма к различной деятельности. Например, человек может на время задержать дыхание или изменить ритм и глубину дыхательных движений по собственному желанию, т. е. произвольно. Дыхание человека меняется в зависимости от состояния его организма: спокойное и редкое во время сна, частое и глубокое при физической работе, прерывистое и неровное во время эмоций.

*Гуморальная регуляция.* Большое влияние на состояние дыхательного центра оказывает химический состав крови: накопление углекислого газа в крови вызывает раздражение рецепторов в кровеносных сосудах, несущих кровь к голове, и рефлекторно возбуждает дыхательный центр. Подобным образом действует молочная кислота, концентрация которой в крови увеличивается во время мышечной работы. Также на частоту дыхательных движений оказывают влияние многие гормоны: например, адреналин повышает частоту дыхательных движений.

## Дыхание при повышенном атмосферном давлении

С этой проблемой сталкиваются водолазы. При этом давление дыхательной смеси, подающееся человеку, должно соответствовать гидростатическому давлению на данной глубине, иначе дыхание будет невозможным. При увеличении глубины на каждые 10 м давление возрастает на одну атмосферу. Поэтому на глубине 100 м человек вдыхает газовую смесь под давлением, превышающим атмосферное в 10 раз. Пропорционально возрастает и плотность газовой смеси, что создает дополнительное сопротивление дыханию. Поэтому на глубине свыше 70 м азот заменяют гелием: его плотность в 7 раз меньше, чем у азота; азот под давлением вызывает у человека наркотический эффект.

Серьезная опасность для водолаза — слишком быстрый подъем с глубины. Во время действия высокого давления кровь насыщается нейтральными газами (азотом или гелием), которые не участвуют в газообмене. При быстром падении давления (при подъеме на поверхность) эти газы выделяются в виде пузырьков, которые могут вызвать повреждение тканей и нарушить кровоснабжение органов (возникает кессонная болезнь).

## Дыхание при пониженном атмосферном давлении

Пребывание на больших высотах (например, в горах), воздух которых характеризуется большой разреженностью, может привести к недостаточному снабжению организма кислородом. При этом у человека может развиться горная или высотная болезнь. Ее признаками являются одышка, головная боль, тошнота, бессонница, а также нарушения психики (эйфория, утрата самоконтроля, потери сознания и т. д.). Под влиянием гипоксии (нехватки кислорода) возникают спазмы в легочных сосудах, и в них повышается давление; может возникнуть отек легких.

Под влиянием гипоксии включаются компенсаторные физиологические механизмы. Так, происходит учащение дыхательных движений, возрастает частота сердечных сокращений, увеличивается легочная вентиляция. При длительном прожива-

нии в условиях высокогорья возрастает жизненная емкость легких, повышается кислородная емкость крови (за счет увеличения числа эритроцитов и повышения уровня гемоглобина), в мышцах становится больше миоглобина.

## Болезни органов дыхания

- *Насморк* — общее название болезней, связанных с воспалением слизистой оболочки носовой полости или ее отдельных частей. Может возникать как самостоятельное заболевание, но чаще всего сопровождает протекание других болезней (гриппа, кори и т. д.). Также насморк может являться одним из проявлений аллергической реакции.
- *Грипп* — это острое респираторное заболевание, вызываемое вирусами. Заражение здоровых людей происходит воздушно-капельным путем. Источник — человек, особенно в начальный период болезни. Вирус выделяется при разговоре, кашле и чихании до 4—7-го дня болезни. Предупреждение — прививки, повышение собственного иммунитета.
- *Ангина* — заболевание, которое вызывается бактериями. Происходит воспаление нёбных миндалин. Возбудителями ангины являются самые разнообразные бактерии, но чаще всего стрептококк. Также источником могут служить кариозные зубы или воспалительные процессы придаточных пазух носа.
- *Туберкулез* — это заболевание, при котором поражаются различные органы, но чаще всего легкие. Возбудителем является бактерия — палочка Коха. В организм человека возбудитель болезни проникает главным образом при вдыхании с воздухом мельчайших капелек или частичек высохшей мокроты, содержащих бактерии, реже через кишечник при употреблении в пищу молока, мяса, яиц от больных животных и птиц. Туберкулез передается и через предметы, которыми пользовался больной. Лечение — комплексное применение антибиотиков.
- *Дифтерия* — острое инфекционное заболевание преимущественно детей с поражением зева и общей интоксикацией организма. Возбудителем является бактерия — палочка Лефлера, которая выделяет токсин, обуславливающий основные симптомы болезни. Заражение от больных и бактерионосителей происходит через воздух (при кашле, чихании) и предметы.

## Влияние курения на дыхательную систему

Температура дыма оказывает влияние на слизистые оболочки рта и носоглотки. Капилляры их расширяются, слизистая подвергается раздражению, воспаляется. Слизистые оболочки гортани, трахеи, бронхов, бронхиол и альвеол также подвергаются действию табачного дыма. Составные части табачного дыма (аммиак, кислоты, твердые частицы и др.) раздражают слизистые оболочки легких.

Постоянное курение, как правило, сопровождается бронхитом, который проявляется кашлем после пробуждения и отхаркиванием сероватой, грязно-коричневой мокроты. Хроническое раздражение слизистой оболочки голосовых связок сказы-

вается на тембре голоса. Он теряет звучность и чистоту, что особенно хорошо заметно у женщин, злоупотребляющих курением.

Немаловажное значение имеет аммиак. Этот газ растворяется в воде с образованием щелочи, которая раздражает слизистые оболочки, вызывая бронхит курильщиков. В итоге значительно снижается сопротивляемость легких к различным инфекционным заболеваниям, в частности к туберкулезу.

Табачный деготь, являясь концентратом жидких (органические кислоты, эфирные масла, анилин) и твердых (сажа, канцерогены) веществ, оседает на стенках воздухоносных путей и накапливается в альвеолах. Часть табачного дегтя выделяется при кашле с мокротой, а часть проникает в ткани слизистых оболочек, придавая им темный цвет.

## Первая помощь при остановке дыхания

Сначала необходимо очистить полость рта, носа и глотки от инородных предметов, убрать предметы с грудной клетки, ослабить одежду. Если помощь оказывается утопающему, то надо удалить воду из дыхательной системы. Для этого пострадавшего кладут лицом вниз на согнутую ногу спасающего так, чтобы туловище свешивалось вниз. Затем сильно и ритмично давят на спину пострадавшего.

Далее необходимо положить пострадавшего на спину, приподнять голову (чтобы подбородок был параллелен телу) и выполнить искусственное дыхание одним из двух способов: "рот в рот" или "рот в нос", параллельно производя непрямой массаж сердца. Если реанимационные мероприятия проводит один человек, то искусственное дыхание и непрямой массаж сердца проводятся по очереди.

## Тест по теме "Дыхательная система"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Самые мелкие бронхиолы заканчиваются:

1) ацинусами;
2) альвеолами;
3) воздушным мешком;
4) парабронхами.

**А2.** Почему врачи рекомендуют делать вдох через нос, а не рот?

1) благодаря эпителию носовой полости задерживается большее число микроорганизмов;
2) в носовой полости воздух лучше увлажняется;
3) через нос в легкие поступает большее количество кислорода;
4) вдох и выдох легче сделать через нос.

**А3.** В каком отделе мозга расположен дыхательный центр?

1) продолговатый мозг;
2) промежуточный мозг;
3) средний мозг;
4) спинной мозг.

**А4.** Максимальный выдох после максимального вдоха (в литрах) называют:

1) дыхательным объемом легких;
2) максимальной емкостью легких;
3) общей емкостью легких;
4) жизненной емкостью легких.

**А5.** Евстахиева труба открывается:

1) одним концом в носовую полость, другим — в пищевод;
2) одним концом в глотку, другим — в среднее ухо;
3) одним концом в гортань, другим — во внутреннее ухо;
4) одним концом в трахею, другим — в ротовую полость.

**А6.** Сколько кислорода содержится в выдыхаемом воздухе?

1) 12%; 2) 14%; 3) 16%; 4) 21%.

**А7.** Голосовые связки расположены в:

1) носовой полости; 3) гортани;
2) носоглотке; 4) трахее.

**А8.** Газообмен между альвеолами и кровью происходит благодаря разности:

1) между давлением в альвеолах и легких в целом;
2) между давлением каждого газа в альвеолах и в крови;
3) между давлением в альвеолах и концентрацией всех газов в крови;
4) между давлением в плевральной полости и в крови.

**А9.** Плевра, окружающая легкие, относится к:

1) поперечнополосатой мышечной ткани;
2) гладкой мышечной ткани;
3) соединительной ткани;
4) эпителиальной ткани.

**А10.** Какое вещество осуществляет гуморальную регуляцию дыхания?

1) глюкоза; 3) азот;
2) углекислый газ; 4) ионы калия.

**А11.** Особенностью клеток эпителия воздухоносных путей является наличие:

1) жгутиков; 2) ресничек; 3) ворсинок; 4) ложноножек.

**А12.** Надгортанник образован:

1) костной тканью; 3) эпителиальной тканью;
2) хрящевой тканью; 4) ретикулярной тканью.

**А13.** Какой газ служит основной причиной кессонной болезни у водолазов?

1) угарный газ; 2) углекислый газ; 3) кислород; 4) азот.

**А14.** Какие изменения происходят с голосовой щелью при переходе от молчания к разговору?

1) ее просвет расширяется;

2) ее просвет сужается;

3) ее просвет не изменяется;

4) ее просвет сначала расширяется, а потом сужается.

**А15.** Благодаря какому процессу кислород из легочных пузырьков поступает в кровь?

1) пассивный транспорт; 3) диффузия;

2) активный транспорт; 4) осмос.

**А16.** Что необходимо сделать в первую очередь при оказании помощи человеку, получившему ранение грудной клетки?

1) наложить на рану бинт;

2) положить на рану клеенку или полиэтиленовый пакет;

3) туго забинтовать грудную клетку в положении выдоха;

4) обработать края раны перекисью водорода или йодом.

**А17.** Какой орган закрывает вход в дыхательную систему при глотании?

1) диафрагма; 3) хрящи трахеи;

2) надгортанник; 4) щитовидный хрящ.

**А18.** Какой газ в выдыхаемом воздухе содержится в наибольшем количестве?

1) углекислый газ; 3) азот;

2) кислород; 4) пары воды.

**А19.** Высший нервный центр, регулирующий дыхание, расположен в:

1) продолговатом мозге; 3) коре больших полушарий;

2) промежуточном мозге; 4) узлах вегетативной нервной системы.

**А20.** Какую функцию выполняет сурфактант, выстилающий альвеолы изнутри?

1) поддерживает постоянный объем альвеол, не давая им смыкаться при выдохе;

2) обеспечивает газообмен с кровью;

3) выполняет регуляторную функцию;

4) препятствует проникновению в кровь угарного газа.

## Часть В

**В задании В1 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Выберите признаки, характерные для легких человека:

1) снаружи покрыты плеврой из мышечной ткани;

2) правое легкое делится на три доли, левое — на две;

3) в плевральной полости — отрицательное давление;

4) кровеносные капилляры густо оплетают каждую бронхиолу;

5) внутрь каждого легкого входит бронх, который начинает сильно ветвиться;

6) газообмен происходит в тончайших бронхиолах.

**При выполнении заданий В2 и В3 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В2.** Установите соответствие между особенностями строения и органами дыхательной системы, для которых они характерны.

| ОСОБЕННОСТЬ | ОРГАН |
|---|---|
| А) соединяется с подъязычной костью | 1) гортань |
| Б) содержит поперечнополосатые мышцы | 2) трахея |
| В) содержит гладкие мышцы | |
| Г) хрящи представлены дугами, открытыми сзади | |
| Д) разделяется на два бронха | |
| Е) содержит голосовые связки | |

**В3.** Установите соответствие между процессом и особенностями газообмена в легких и тканях организма человека.

| ПРОЦЕСС | ГАЗООБМЕН |
|---|---|
| А) газы сначала поступают в межклеточную жидкость | 1) газообмен в легких |
| Б) давление кислорода выше, чем в крови | 2) газообмен в тканях |
| В) давление углекислого газа ниже, чем в крови | |
| Г) кислород выходит из капилляров | |
| Д) углекислый газ выходит из капилляров | |

**В4.** Установите последовательность процессов, происходящих при вдохе человека:

1) в легкие поступает воздух;

2) грудная клетка увеличивается;

3) сокращаются наружные межреберные мышцы и диафрагма;

4) давление в легких падает;

5) в продолговатом мозге возникают нервные импульсы;

6) легкие расширяются.

### Часть С

**С1.** Почему человек может произвольно задержать дыхание, а усилить работу желудка — нет?

**С2.** Почему хрящи трахеи имеют форму полукольца?

**С3.** Почему при подъеме в горы в крови человека через некоторое время увеличивается количество эритроцитов?

# КОЖА

Кожа — это наружный покров тела. Общая площадь кожи — около 2 м$^2$, ее толщина колеблется от 0,5 до 4—5 мм.

Функции кожи:

- ❒ защищает организм от механических повреждений и излишнего испарения;
- ❒ барьер для микроорганизмов;
- ❒ воспринимает информацию из внешней среды с помощью рецепторов;
- ❒ выделение пота;
- ❒ участвует в поддержании постоянной температуры тела;
- ❒ депо крови;
- ❒ синтез витамина D.

## Строение кожи

Кожа состоит из *эпидермиса* и *дермы* (рис. 3.38). Эпидермис представлен многослойным ороговевающим эпителием. В нем нет сосудов.

Эпидермис состоит из нескольких слоев:

- ❒ базальный, представленный клетками цилиндрической формы. Он расположен на базальной мембране и граничит с дермой. Эта граница неровная, что увеличивает площадь контакта;
- ❒ шиповатый — состоит из крупных клеток, которые соединены друг с другом отростками;
- ❒ зернистый — цитоплазма клеток этого слоя содержит гранулы белка кератогиалина;
- ❒ блестящий — клетки не имеют ядра, цитоплазма содержит белок элеидин, образовавшийся из кератогиалина;
- ❒ роговой — находится на поверхности кожи. Он представлен ороговевшими клетками, которые содержат кератин.

Базальный и шиповатый слои образуют ростковую зоны, в которой клетки делятся, возобновляя другие слои эпидермиса. Полное обновление рогового слоя происхо-

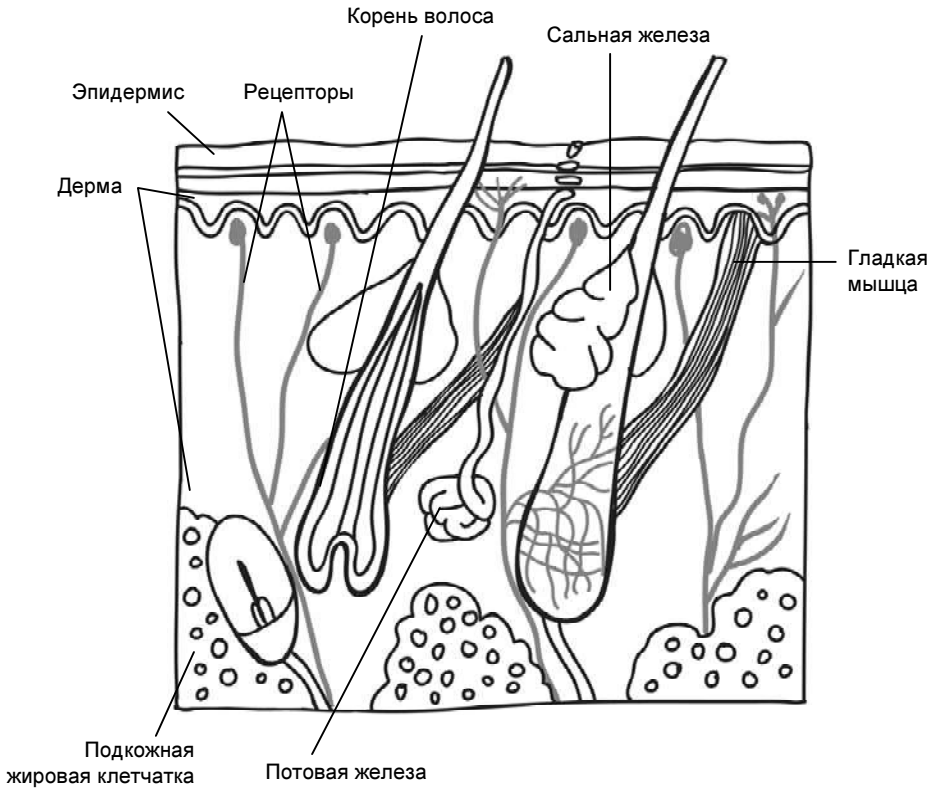



**Рис. 3.38.** Строение кожи

дит за 7—10 суток. Также в базальном слое есть специальные клетки, содержащие пигмент меланин. Они отвечают за окраску кожи и защищают организм от действия УФ-лучей.

Дерма (собственно кожа) имеет два слоя: сосочковый и сетчатый. *Сосочковый слой* в виде сосочков вдается в эпидермис, определяя рисунок кожи. Он образован рыхлой соединительной тканью. В нем расположены нервные окончания, кровеносные и лимфатические сосуды. *Сетчатый слой* дермы образован плотной соединительной тканью, в которой располагаются концевые отделы кожных желез и корни волос.

Под дермой находится подкожная жировая клетчатка (гиподерма), представленная рыхлой соединительной тканью с большим количеством жировых клеток. Они накапливают жир, выполняя запасающую и амортизационную функции, а также принимают участие в терморегуляции.

## Железы кожи

*Потовые железы* — железы внешней секреции. Их концевые отделы находятся в сетчатом слое дермы. Они выделяют пот, который выводится на поверхность кожи. Состав пота: 98% вода, 2% различные вещества (минеральные соли, мочеви-

на, мочевая кислота и т. д.). Больше всего потовых желез на лобке, в подмышечных ямках, на лбу.

*Сальные железы* — железы внешней секреции, расположенные в сетчатом слое дермы. Их протоки открываются в волосяную сумку. Секрет сальных желез отталкивает воду с поверхности тела, смягчает кожу и волосы, препятствует потере воды.

Под воздействием бактерий белки пота и кожного сала разлагаются. При этом появляется неприятный запах, который можно устранить с помощью личной гигиены.

## Производные кожи

*Волосы* находятся практически на всей поверхности кожи (они отсутствуют на ладонях и подошвах). Волосы содержат пигмент меланин, придающий им окраску. Количество пигмента с возрастом уменьшается, и волосы седеют.

*Строение волоса.* Волос состоит из корня (погружен в кожу) и стержня (находится на поверхности кожи). Корень волоса лежит в сетчатом слое дермы; его утолщенный конец называют волосяной луковицей, которая находится в волосяном мешочке (фолликуле). В нее погружен волосяной сосочек с кровеносными сосудами, обеспечивающий обмен веществ. Волосяной фолликул состоит из волосяной сумки и эпителиального влагалища. К волосяной сумке прикрепляется гладкая мышца, поднимающая волос. Стержень волоса состоит из кутикулы (наружный слой из одного слоя чешуек, образованных кератином), коркового (находится под кутикулой; состоит из роговых чешуек с кератином) и мозгового вещества (в центре волоса).

*Ногти* — это роговые пластинки, состоящие в основном из кератина и расположенные на концевых фалангах пальцев. Они находятся в специальном ложе, которое содержит кровеносные сосуды и нервные окончания. В области ложа происходит деление клеток, за счет чего ноготь растет.

## Терморегуляция

Человек относится к гомойотермным животным, т. е. способен поддерживать постоянную температуру тела независимо от окружающей среды. Нормальная температура тела человека составляет +36,6 °С при допуске от +36,4 до +37,0. Повышение температуры свыше +43 °С и понижение менее +25 °С смертельно.

Центр терморегуляции расположен в гипоталамусе. В него поступает информация от холодовых и тепловых рецепторов кожи.

Поддержание постоянной температуры тела обеспечивается высоким уровнем обмена веществ. Терморегуляция обеспечивается следующими механизмами:

- изменение просвета сосудов (расширение или сужение);
- усиление или уменьшение потоотделения;
- увеличение теплопродукции организма за счет работы мышц. При этом резко увеличивается теплообразование. Так, при резком охлаждении у человека возникает *дрожь* — непроизвольное сокращение мышц.

При увеличении внешней температуры происходит усиление теплоотдачи и уменьшение теплопродукции (т. е. реакция направлена на падение температуры тела). При этом усиливается потоотделение, тормозится активность большинства скелетных мышц (кроме диафрагмы).

При понижении внешней температуры происходит уменьшение теплоотдачи и увеличение теплопродукции (т. е. реакция направлена на повышение температуры тела). При этом усиливается мышечный тонус, может возникать дрожь, стимулируется энергетический обмен во всех тканях.

Необходимо отметить, что у человека есть специальный источник тепла — так называемый бурый жир (в основном он встречается у детей, у взрослых его очень мало), который находится вокруг шеи и в межлопаточной области. Процессы окисления, сопровождающиеся выделением энергии, протекают в нем в 20 раз быстрее, чем в обычной жировой ткани.

### Нарушение терморегуляции

- Перегревание, в том числе тепловой и солнечный удары. Наступает при высокой внешней температуре и одновременно плохой теплоотдаче. *Симптомы:* головная боль, тошнота и/или рвота, общее недомогание, в тяжелых случаях — потеря сознания. *Помощь:* перенести больного в прохладное место, положить холодный компресс на голову, дать обильное питье, снять мешающую одежду, в тяжелых случаях — вызвать врача.
- Переохлаждение. Наступает при низкой внешней температуре и/или излишней теплоотдаче. *Симптомы:* температура в подмышечной впадине падает до 34—35 °С; общая слабость, кожа синюшная, мраморная, выражен озноб; движение вялое, конечности как бы скованные. *Помощь:* пострадавшего необходимо переместить в теплое помещение; растереть и уложить в кровать под одеяло; дать горячее питье.

## Повреждения кожи

*Ожог* — повреждение кожи, вызванное воздействием высоких температур, химических веществ, электрического тока, радиации (в том числе солнечной) и т. п.

Выделяют 4 степени.

- I — покраснение кожи и небольшой отек. Необходимо промыть поврежденное место и смазать специальной мазью.
- II — на коже появляются пузыри, заполненные жидкостью. Необходимо наложить мягкую повязку и показать врачу. Нельзя прокалывать (вскрывать) пузыри!
- III — омертвение кожи, на ней появляются серые и черные участки.
- IV — омертвение и обугливание кожи и нижележащих тканей. Необходима пересадка кожи с других участков тела.

*Обморожение* — повреждение кожи, вызванное действием низких температур. Возникает из-за спазма сосудов и нарушения кровообращения, следовательно, и терморегуляции. Причины: мокрая одежда, одежда не по сезону. Также выделяют 4 степени.

- I — побеление кожи и сильная боль в этом месте. Необходимо растереть и смазать специальной мазью. Нельзя растирать снегом!
- II — опухлость, потеря чувствительности; иногда — темно-красные пятна. Наложить мягкую повязку и показать врачу.
- III — омертвение кожных тканей.
- IV — омертвение кожи и нижележащих тканей.

## Гигиена кожи и одежды

- Одежда должна пропускать воздух и впитывать воду. Если одежда не пропускает воздух, то в жаркое время под ней скапливается пот, уменьшается теплоотдача и происходит перегрев. В холодную погоду задерживающийся пот смачивает одежду и увеличивает теплоотдачу, что приводит к переохлаждению.
- В одежде (особенно в нижнем белье) должны преобладать натуральные ткани (хлопок, лен, шелк и т. д.).
- Одежда должна быть по погоде.
- Одежда должна быть чистой.
- Кожа должна поддерживаться в чистоте.
- Повреждения кожи необходимо обрабатывать дезинфицирующими средствами (йод, перекись водорода).

## Закаливание

Это комплекс приемов, которые используются систематически для тренировки устойчивости организма к температурным воздействиям окружающей среды.

Наиболее важным является закаливание к холоду. При этом повышается иммунитет, усиливается обмен веществ, ускоряется движение крови по сосудам, сердечная деятельность становится более интенсивной. После закаливания человек становится более приспособленным к холодовому воздействию.

Методы закаливания: использование свежего прохладного воздуха (прогулки, сон с открытым окном), гимнастика, обливание холодной водой, купание, обтирание влажным полотенцем, солнечное облучение и т. д.

# ВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

*Выделение* — это удаление из организма продуктов обмена веществ, ядовитых и излишних веществ. Выделение осуществляется органами выделительной системы, желудочно-кишечным трактом, легкими, кожей и слизистыми оболочками. Почки удаляют из организма воду, избыток солей, продукты распада и чужеродные вещества; легкие — в основном углекислый газ и воду в виде пара; кожа и слизистые — воду и соли.

## СТРОЕНИЕ ВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Органы выделительной системы: почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал (рис. 3.39).

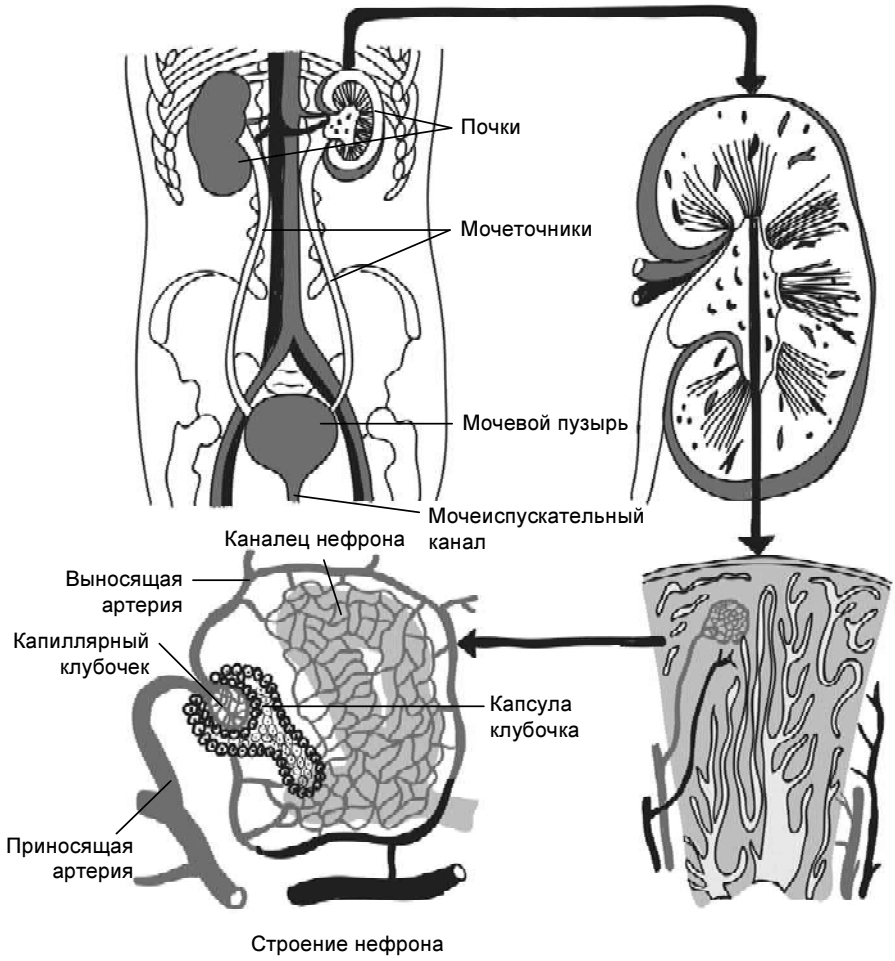



**Рис. 3.39.** Выделительная система человека

## Почки

*Почки* — это парный орган бобовидной формы с закругленными верхним и нижним полюсами (рис. 3.40). На верхнем полюсе расположены надпочечники. Почки у взрослого человека располагаются на задней стенке брюшной полости и лежат по бокам от позвоночника, причем правая почка расположена несколько ниже левой. В почку входят почечная артерия и лимфатические сосуды, от почки отходит почечная вена и мочеточник. Почки интенсивно снабжаются кровью (за сутки через почки проходит до 1500 л крови).

Снаружи почка покрыта капсулой, в которой много гладких мышечных клеток и волокон. К капсуле снаружи примыкает слой жировой клетчатки.

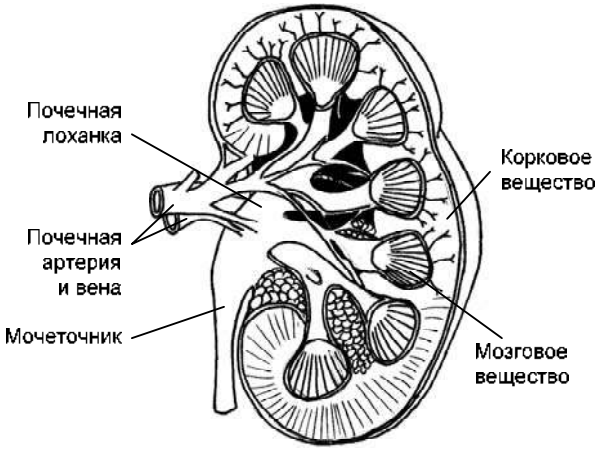



**Рис. 3.40.** Строение почки

### Микроскопическое строение почек

В почке различают наружное корковое вещество (темное) и внутреннее мозговое вещество (светлое). В *корковом веществе* находятся почечные тельца, а также отростки мозгового вещества. *Мозговое вещество* расположено в виде 7—10 пирамид; между пирамидами находятся прослойки коркового вещества. Основание пирамиды направлено к корковому веществу, а вершина (почечный сосочек) — к малой чашке. Несколько малых чашек открываются в большую чашку (у человека их 2—3). Большие чашки, сливаясь друг с другом, образуют почечную лоханку, которая постепенно суживается и переходит в мочеточник.

Основная структурно-функциональная единица почки — *нефрон* (см. рис. 3.39). В каждой почке находится свыше 1 млн нефронов. Нефрон состоит из почечного тельца и канальца длиной 50—55 мм. Почечное тельце состоит из клубочка (имеет 50 капиллярных петель) и его капсулы (капсула Шумлянского — Боумена). Клубочки всех нефронов находятся в корковом веществе. Клубочек нефрона состоит из капилляров (так называемая "чудесная сеть"), расположенных между двумя артериолами: приносящей и выносящей. Приносящая клубочковая артериола крупнее выносящей примерно в 2 раза (за счет этого выносящие артериолы создают допол-

нительное сопротивление кровотоку и поддерживают в клубочках повышенное давление, необходимое для эффективной фильтрации). Выносящая артериола ветвится и оплетает почечный каналец.

Капсула клубочка состоит из двух слоев, внутренний слой тесно связан со стенками сосудистого клубочка. Внутренний слой капсулы образован одним слоем эпителиальных клеток, имеющих отростки и расположенных на базальной мембране. Они прилегают к эндотелию капилляров. Таким образом, в клубочке формируется трехслойный фильтр (стенка капилляра, эпителиальные клетки и базальная мембрана внутреннего слоя капсулы).

**Функции почек**

- Выделение из организма различных веществ, прежде всего продуктов метаболизма.
- Участвуют в регуляции водно-минерального обмена.
- Синтезируют вещества, участвующие в свертывании крови (тромбопластин); гормоны (ренин — регулирует кровяное давление; эритропоэтин — регулирует образование эритроцитов);

## Мочеточники

Это цилиндрические трубки длиной 25—30 см, отходящие от почечных лоханок каждой почки. В них выделяют две части: брюшную и тазовую. Стенка мочеточника состоит из трех оболочек: внутренней слизистой (выстлана переходным эпителием и имеет складки), толстой мышечной оболочки (два слоя гладких мышц — круговой и продольный) и внешней адвентициальной оболочки. Мочеточники впадают в мочевой пузырь.

## Мочевой пузырь

Это непарный полый орган объемом до 0,5 л, стенка которого состоит из трех оболочек: слизистая и подслизистая основа, мышечная и адвентициальная. Он находится в полости малого таза. Основу стенки мочевого пузыря составляет гладкая мышечная ткань, которая имеет три слоя, переплетающихся между собой: внутренний и наружный продольный и средний круговой (наиболее развит). Переплетение мышечных слоев способствует равномерному сокращению стенок при мочеиспускании. Слизистая оболочка покрыта переходным эпителием и непроницаема для мочи; подслизистая основа хорошо развита.

При поступлении сигнала в мозг о наполнении мочевого пузыря, мозг посылает по нервам импульс к мышцам мочевого пузыря и мочеиспускательного канала. При этом мышцы сфинктеров расслабляются, а мышцы стенок, наоборот, сокращаются, и моча через мочеиспускательный канал удаляется из организма.

## Мочеиспускательный канал

У женщин это короткая трубка (3—6 см) с тремя оболочками. Наружное отверстие окружено сфинктером и находится в преддверии влагалища.

У мужчин это узкая длинная трубка (16—22 см), также имеющая в своем составе три оболочки. В нем различают три части: предстательная (проходит через простату), перепончатая (проходит через мочеполовую диафрагму) и губчатая (находится в половом члене). Перепончатая часть окружена сфинктером из поперечно-полосатых мышц.

## Механизмы мочеобразования

Этот процесс состоит из трех основных фаз:

1. Фильтрация в клубочке. Из плазмы крови в полость клубочка переходят вода и различные вещества. Это пассивный процесс. При этом образуется первичная моча, по своему составу аналогичная плазме крови (но она не содержит белков). За сутки образуется 200 л первичной мочи.
2. Дифференциальное обратное всасывание различных веществ из первичной мочи, происходящее в почечном канальце нефрона. Это активный процесс, идущий с большими затратами энергии. Во время этого процесса всасывается 99% первичной мочи (вода, ионы, аминокислоты, глюкоза). При этом возрастает концентрация веществ, не подвергающихся реабсорбции (например, мочевины).
3. Канальцевая секреция веществ. Из крови в мочу поступают ионы, органические кислоты, чужеродные вещества (в том числе лекарства), т. е. из организма удаляются опасные и потенциально опасные вещества. Этот процесс также идет с затратами энергии.

В результате этих процессов формируется вторичная моча. Это прозрачная жидкость светло-желтого цвета, с относительной плотностью чуть более 1 г/см$^3$ и слабокислой реакцией. Состав: вода (свыше 90%), мочевина, мочевая кислота, аммиак, креатинин, соли органических кислот. Ее объем в сутки составляет 1,5—2 л.

## Регуляция работы выделительной системы

Регуляция осуществляется нервным и гуморальным путем. В нервной регуляции в основном принимает участие вегетативная нервная система. Ее симпатический отдел усиливает, а парасимпатический — уменьшает реабсорбцию.

Гуморальная регуляция осуществляется гормонами. Так, вазопрессин усиливает реабсорбцию воды; тироксин уменьшает реабсорбцию воды в канальцах. Также принимают участие внутрипочечные гуморальные регуляторы (ренин), повышающие тонус сосудов.

## Болезни мочевыделительной системы

- Нисходящие инфекции. Причиной заболеваний может стать внедрение в почечную ткань болезнетворных микроорганизмов, попадающих из внешней среды или постоянно присутствующих в самом организме.
- Восходящие инфекции. Они возникают при несоблюдении личной гигиены: болезнетворные микроорганизмы проникают через мочеиспускательный канал

в мочевой пузырь и распространяются на другие участки мочевыделительной системы, вызывая их воспаление. Восходящая инфекция мочевых путей обычно проявляется циститом (воспаление мочевого пузыря) или нефритом (воспалительный процесс почек).

- Мочекаменная болезнь. Это заболевание, проявляющееся образованием камней в почках и других органах мочевыделительной системы. Основной механизм заболевания — нарушение обмена веществ, что приводит к образованию нерастворимых солей, которые формируются в камни. Камни затрудняют отток мочи, острыми краями раздражают слизистые оболочки мочевыводящих путей, вызывая сильную боль.
- Нефрит. Это воспаление почек, вызываемое бактериями (стрептококки и т. д.). Нефрит может быть следствием других болезней (например, ангины) или общего переохлаждения организма. Нефрит проявляется внезапным развитием отеков и одышкой (результат переполнения сосудистой системы задержанной жидкостью), малым количеством мочи с примесью белка и крови.
- Большая чувствительность к ядам и некоторым лекарствам. Почки, особенно у детей, чувствительны к различным ядовитым веществам. Такие вещества, как алкоголь, ионы тяжелых металлов и др., поступая в кровь, выводятся через почки и вызывают нарушения их работы. Некоторые лекарственные средства (сульфаниламиды, антибиотики), применяемые в больших количествах, могут накапливаться в почках и вызвать их заболевания.

## Гигиена мочевыделительной системы

- Своевременное лечение зубов, ангины и других заболеваний.
- Закаливание.
- Не подвергаться переохлаждению.
- Прием лекарств (в особенности антибиотиков) только под контролем врача.
- Отсутствие ядов в пище, в том числе алкоголя и никотина.
- Соблюдения личной гигиены.

## Тест по теме "Кожа. Почки. Выделение"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** К какому типу тканей относится дерма?

1) нервная; 3) эпителиальная;
2) соединительная; 4) мышечная.

**А2.** Какой витамин может синтезироваться в коже человека под действием ультрафиолетовых лучей?

1) D; 2) $B_1$; 3) $B_2$; 4) C.

**А3.** Какое положение необходимо придать человеку, получившему солнечный удар?

1) лежа, голова выше туловища;

2) лежа, ноги выше туловища;

3) сидя, ноги стоят на валике из ткани;

4) стоя, держась за опору.

**А4.** С помощью какого процесса организм человека поддерживает постоянную температуру тела?

1) пищеварение;

2) синтез органических веществ;

3) окисление органических веществ в клетках тела;

4) проведение нервных импульсов.

**А5.** Что происходит с кожей при возникновении ожогов первой степени?

1) омертвение кожи и нижележащих тканей;

2) омертвение кожи;

3) покраснение кожи;

4) образование пузырьков, заполненных жидкостью.

**А6.** Почему не рекомендуется выходить на холод человеку, употребившему алкоголь?

1) ухудшается работа рецепторов кожи;

2) сосуды суживаются, из-за чего уменьшается снабжение органов кислородом;

3) нарушается работа головного и спинного мозга;

4) происходит расширение сосудов и потеря тепла.

**А7.** Какие рецепторы отсутствуют в коже?

1) болевые рецепторы; 3) холодовые рецепторы;

2) палочки и колбочки; 4) тепловые рецепторы.

**А8.** Центр терморегуляции находится:

1) в продолговатом мозге; 3) в мозжечке;

2) в гипоталамусе; 4) в коре больших полушарий.

**А9.** При отрицательных температурах обморожение наступает быстрее, если...

1) повышается влажность воздуха;

2) понижается влажность воздуха;

3) уменьшается скорость ветра;

4) выпадает снег.

**А10.** Какой способ используется организмом для выработки тепла при резком охлаждении?

1) увеличение теплообразования в ходе клеточного дыхания;

2) дрожь — непроизвольное сокращение мышц;

3) усиление кровотока в организме;

4) усиление частоты дыхания.

**А11.** Наличие какого вещества в моче указывает на болезнь почек?

1) мочевины; 3) белка;

2) ионов калия и натрия; 4) аминокислот.

**А12.** В первичную мочу в норме **не поступают** из крови...

1) вода и ионы;

2) витамины и аминокислоты;

3) фибрин и иммуноглобулины;

4) глюкоза и сахароза.

**А13.** Выберите правильную последовательность органов выделительной системы:

1) мочеточники, мочевой пузырь, почки, мочеиспускательный канал;

2) почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал;

3) почки, мочеиспускательный канал, мочеточники, мочевой пузырь;

4) мочевой пузырь, почки, мочеточники, мочеиспускательный канал.

**А14.** В капиллярном клубочке нефрона содержится кровь:

1) смешанная;

2) венозная;

3) артериальная;

4) в левой почке — артериальная, в правой — венозная.

**А15.** В каком участке почек происходит образование вторичной мочи?

1) почечная лоханка; 3) мочеточник;

2) тельце нефрона; 4) каналец нефрона.

**А16.** Благодаря какому процессу в почках образуется первичная моча?

1) активный транспорт; 3) секреция;

2) обратное всасывание; 4) фильтрация.

**А17.** В каком участке почек происходит обратное всасывание веществ из первичной мочи?

1) почечная лоханка; 3) капсула нефрона;

2) каналец нефрона; 4) мочевой пузырь.

**A18.** Из приведенных ниже функций выберите ту, которая для почек не характерна:

1) синтез некоторых биологически активных веществ;

2) образование клеток крови;

3) выделение продуктов распада из организма;

4) участие в водном обмене.

**A19.** Как усиление потоотделения влияет на количество мочи, образующейся в организме человека?

1) уменьшает;

2) увеличивает;

3) не изменяет;

4) у полных людей усиливает, у худых — уменьшает.

**A20.** Как называют жидкость, которая образуется в полости капсулы нефрона?

1) плазма;

2) тканевая жидкость;

3) вторичная моча;

4) первичная моча.

## Часть B

**В заданиях B1 и B2 выберите три верных ответа из шести.**

**B1.** Выберите правильные утверждения о коже человека:

1) непроницаема для жирорастворимых веществ;

2) состоит только из мертвых клеток;

3) выполняет функции выделения, защиты и терморегуляции;

4) не содержит нервов и сосудов;

5) включает железы внешней секреции;

6) к ее производным относятся волосы и ногти.

**B2.** Особенности почек человека таковы:

1) состоят из коркового и мозгового вещества;

2) от мозгового вещества отходят мочеточники;

3) содержат нефроны, обеспечивающие фильтрацию крови;

4) образованы гладкомышечной тканью;

5) регулируют водно-солевой обмен в организме;

6) внутри есть только артерии, вен нет.

**При выполнении задания B3 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**B3.** Установите соответствие между особенностями строения и частями кожи человека, для которых они характерны.

| ОСОБЕННОСТЬ | ЧАСТЬ КОЖИ |
|---|---|
| А) в нем расположены корни волос | 1) эпидермис |
| Б) происходит синтез витамина D | 2) дерма |
| В) находятся концевые отделы кожных желез | |
| Г) состоит из мертвых и живых клеток | |
| Д) содержит сосуды и нервы | |

**B4.** Установите последовательность процессов, происходящих в коже человека и обеспечивающих терморегуляцию при понижении внешней температуры:

1) уменьшение теплоотдачи;

2) происходит сужение мелких сосудов кожи;

3) терморецепторы получают информацию;

4) уменьшение количества крови, протекающей через кожу;

5) информация поступает в нервный центр гипоталамуса.

### Часть С

**C1.** Почему летом для утоления жажды рекомендуют пить минеральную воду, а не обычную кипяченую воду?

**C2.** Почему нельзя употреблять алкоголь для того, чтобы согреться в холодное время года, если при этом происходит расширение сосудов?

**C3.** Объем мочи, образующейся в течение одного дня в организме человека, не равен объему поступившей в организм жидкости. Объясните, почему. Приведите не менее трех обоснований этого факта.

# АНАЛИЗАТОРЫ

*Анализатор (сенсорная система)* — это специализированная часть нервной системы, отвечающая за восприятие информации и формирование ответа на раздражение. У человека есть следующие анализаторы: зрительный, слуховой, вестибулярный, обонятельный, вкусовой и кожный.

Анализатор включает 3 отдела: периферический (рецептор), проводниковый (отходящие от рецептора нервы) и центральный или корковое представительство (это клетки ядер центральной нервной системы).

В рецепторах происходит восприятие информации и преобразование энергии раздражителя в нервный импульс, который по нервам направляется в центральный отдел, где происходит анализ поступившей информации и формируется ответная реакция организма.

## ЗРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗАТОР

Это наиболее важный анализатор, т. к. дает почти 90% информации о внешнем мире. Зрительный анализатор воспринимает и анализирует световые раздражители.

Состав зрительного анализатора:

- периферический отдел — глаз;
- проводниковый отдел — зрительный нерв;
- центральный отдел — затылочная доля больших полушарий.

## Строение глаза

Глаз (рис. 3.41) включает вспомогательный аппарат и глазное яблоко. Вспомогательный аппарат состоит из защитных приспособлений, слезного и двигательного аппарата. Защитные приспособления (брови, ресницы и веки) отводят пот, защищают глаз от излишнего света, пыли и т. п. Слезный аппарат состоит из слезной железы (железа внешней секреции) и ее протоков. Секрет слезной железы состоит из воды, ионов и белков (альбумина и лизоцима). Он смачивает, дезинфицирует и защищает глаза от инородных тел. Двигательный аппарат представлен прямыми и косыми мышцами и отвечает за движение глаз.

Глазное яблоко имеет шаровидную форму и расположено в глазнице (лицевой череп). Включает три оболочки.

- *Наружная (волокнистая) оболочка*, которая делится на задний отдел (белочная оболочка или склера), образованный соединительной тканью и выполняющий защитную функцию, и передний отдел (прозрачная роговица). Роговица не содержит сосудов. В передней части глазного яблока расположена прозрачная слизистая оболочка (конъюнктива), переходящая на внутреннюю поверхность век.
- *Средняя (сосудистая) оболочка* содержит много кровеносных сосудов. Она имеет три части: переднюю (радужку), среднюю (ресничное тело) и заднюю (собственно сосудистую оболочку).

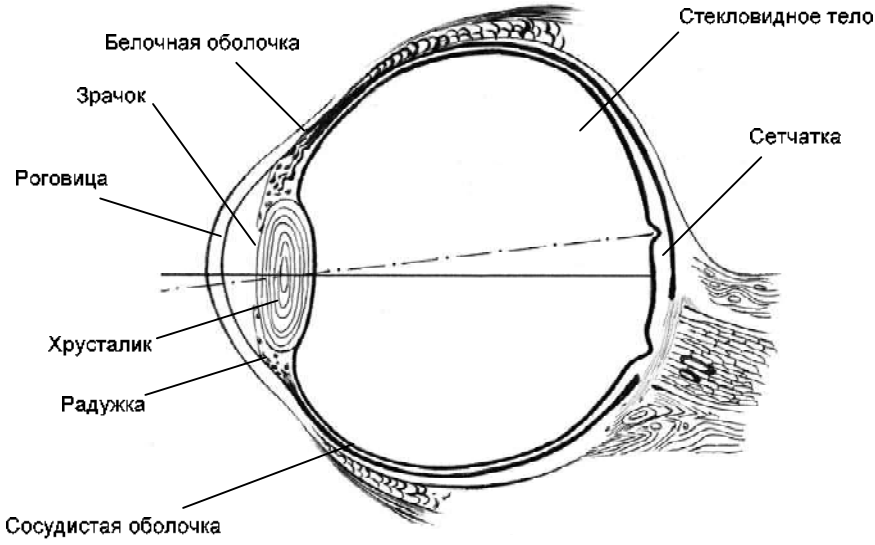



**Рис. 3.41.** Схема строения глаза

В радужке есть специальные глазные мышцы и центрально расположенное отверстие (зрачок). Функция зрачка — регуляция количества света, поступающего на хрусталик. Непосредственно за радужкой расположен хрусталик, имеющий форму двояковыпуклой линзы и преломляющий и фокусирующий световые лучи на сетчатке. За хрусталиком расположено стекловидное тело — это прозрачное аморфное вещество. Хрусталик и стекловидное тело не содержат сосудов.

Между роговицей и радужкой находится передняя камера глаза, а между радужкой и хрусталиком — задняя камера. Они заполнены прозрачной жидкостью и сообщаются между собой через зрачок.

- *Внутренняя оболочка (сетчатка).* Сетчатка (рис. 3.42) включает слой пигментных эпителиальных клеток, несколько слоев нейронов и слой фоторецепторов (палочек и колбочек). Пигментные клетки прилегают к сосудистой оболочке и участвуют в синтезе зрительных пигментов. Сетчатка отвечает за восприятие световых раздражителей.

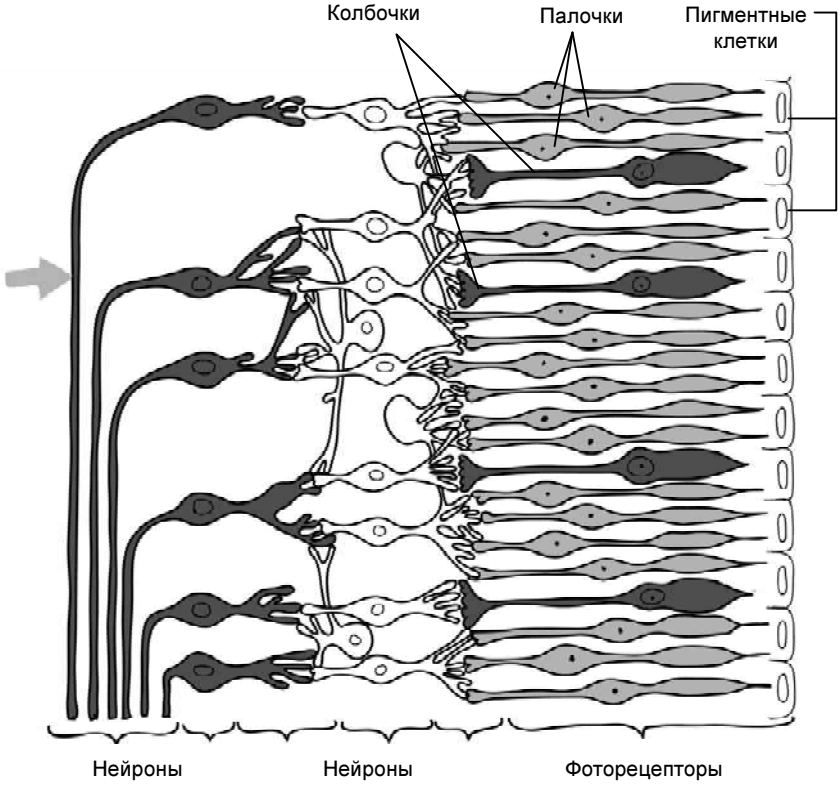



**Рис. 3.42.** Строение сетчатки

Фоторецепторы повернуты от пучка падающего света и их концы расположены между отростками пигментного эпителия. *Палочки* состоят из наружного (светочувствительного) и внутреннего сегментов. В наружном сегменте находится пиг-

мент родопсин (зрительный пурпур). *Колбочки* крупнее палочек и содержат пигмент йодопсин (зрительный фиолетовый). Существуют три типа колбочек, каждый из них воспринимает свет определенной длины волны (красный, синий или зеленый). Палочки отвечают за сумеречное зрение, а колбочки — за цветное зрение. В глазу на 6 млн колбочек приходится 120 млн палочек. Палочки и колбочки располагаются по всей сетчатке, но колбочки преобладают в центре сетчатки, а палочки — на периферии.

Практически строго напротив зрачка на сетчатке находится желтое пятно, содержащее только колбочки — это зона максимальной остроты зрения. Также на сетчатке есть слепое пятно (это участок, не содержащий фоторецепторов) — место выхода зрительного нерва.

## Зрительное восприятие

Для человека характерно бинокулярное, что позволяет видеть мир объемным, и цветное зрение. Глаз воспринимает световые волны длиной 400—700 нм. Свет проходит через роговицу, далее через зрачок он попадает на хрусталик, затем проходит через стекловидное тело и попадает на сетчатку, причем сначала свет проходит через нейроны сетчатки и лишь после этого он попадает на фоторецепторы. Лучи света фокусируются на сетчатке благодаря работе роговицы и хрусталика. На сетчатке формируется перевернутое и уменьшенное изображение.

Под действием света зрительные пигменты распадаются, в фоторецепторах возникает возбуждение и формируется нервный импульс. После этого импульс направляется по зрительному нерву в средний мозг (это первичный зрительный центр). В дальнейшем зрительная информация поступает в затылочную долю коры больших полушарий, где происходит окончательный анализ изображения.

Приспособление глаза к различению предметов при разной освещенности называют световой адаптацией глаза. Она возможна благодаря наличию двух типов рецепторов — палочек и колбочек. Процесс адаптации глаза к ясному видению предметов, удаленных на разные расстояния, называют аккомодацией. У человека аккомодация выражается в изменении кривизны хрусталика и осуществляется при участии зрительной области коры больших полушарий. Способность глаза различать две близко расположенные точки называют остротой зрения. Она зависит от уровня освещенности.

## Нарушение зрения

Из болезней, связанных с нарушением остроты зрения, наиболее распространены *близорукость (миопия)* и *дальнозоркость* (рис. 3.43). При близорукости лучи фокусируются до сетчатки, поэтому человек видит удаленные предметы хуже, чем расположенные близко. Чаще всего близорукость развивается у людей, чья деятельность связана с мелкими объектами, особенно при недостаточном освещении. Людям, страдающим близорукостью, необходимо носить очки с вогнутыми стеклами. При дальнозоркости лучи фокусируются за сетчаткой, поэтому человек видит

близко расположенные предметы хуже, чем удаленные. Чаще всего она проявляется в пожилом возрасте, что связано с ухудшением работы глазных мышц. Исправление зрения при дальнозоркости достигается ношением очков с выпуклыми стеклами.

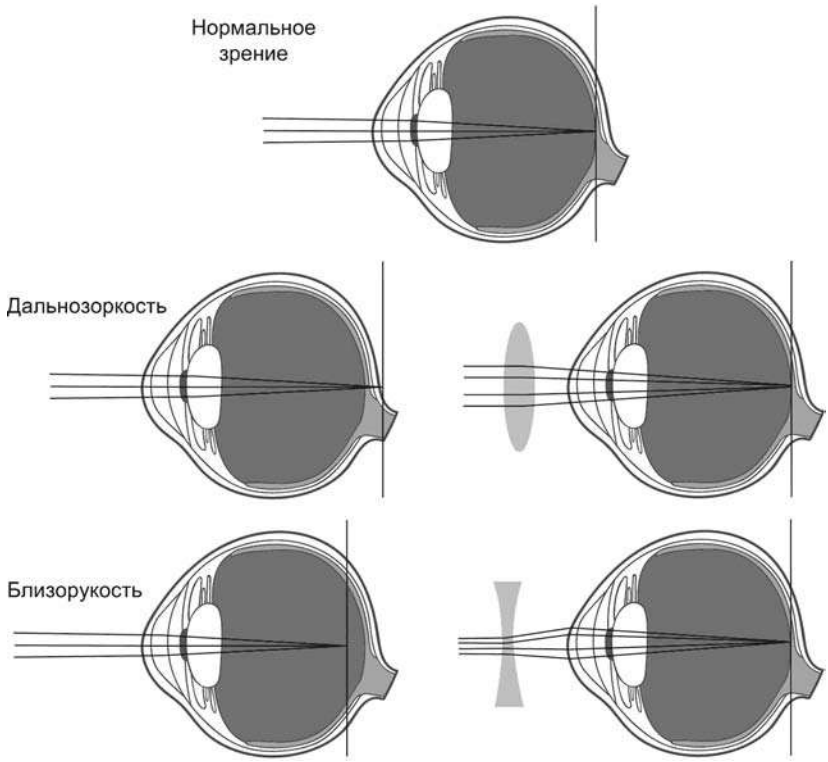



**Рис. 3.43.** Нарушения зрения

Также довольно часто встречается заболевание под названием астигматизм. При астигматизме развиваются нарушения в роговице или хрусталике, из-за чего на сетчатке формируется нечеткое изображение. При этой болезни выписывают очки с цилиндрическими стеклами.

Самой распространенной инфекционной болезнью глаз считается конъюнктивит — воспаление соединительной оболочки глаза. Конъюнктивит вызывается бактериями, реже его появление может быть спровоцировано УФ-излучением.

## Первая помощь при повреждении глаз

Необходимо осторожно промыть глаз теплой водой или слабым раствором чая. Инородные тела, лежащие на поверхности роговицы, постараться удалить с помощью стерильной ваты. Не удалять предметы, повредившие внешнюю оболочку глаза.

## Гигиена зрения

- Нельзя читать лежа, в транспорте и при плохом освещении. При этом перенапрягаются мышцы глаза, что может привести к возникновению близорукости.
- Текст должен находиться на расстоянии 30—35 см от глаз. Если текст расположен ближе, то создаются предпосылки для развития близорукости.
- Уровень освещения не должен превышать установленных норм.
- При нарушениях зрения необходимо использовать очки, выписанные врачом.
- В пище должно быть необходимое количество витамина А для предупреждения гиповитаминоза.
- Глаза необходимо беречь от попадания инородных предметов, пыли и т. п.

# Слуховой анализатор

Слуховой анализатор воспринимает звуковые колебания. Человек различает звуковые волны частотой от 20 до 20 000 Гц. Состав слухового анализатора:

- периферический отдел — наружное, среднее и внутреннее ухо;
- проводниковый отдел — преддверно-улитковый нерв;
- центральный отдел — височная доля больших полушарий.

## Строение органа слуха

Ухо состоит из трех отделов (рис. 3.44). **Наружное ухо** представлено ушной раковиной, слуховым проходом и барабанной перепонкой. *Ушная раковина* — это эластичный хрящ, покрытый кожей. В ней находится наружное слуховое отверстие.

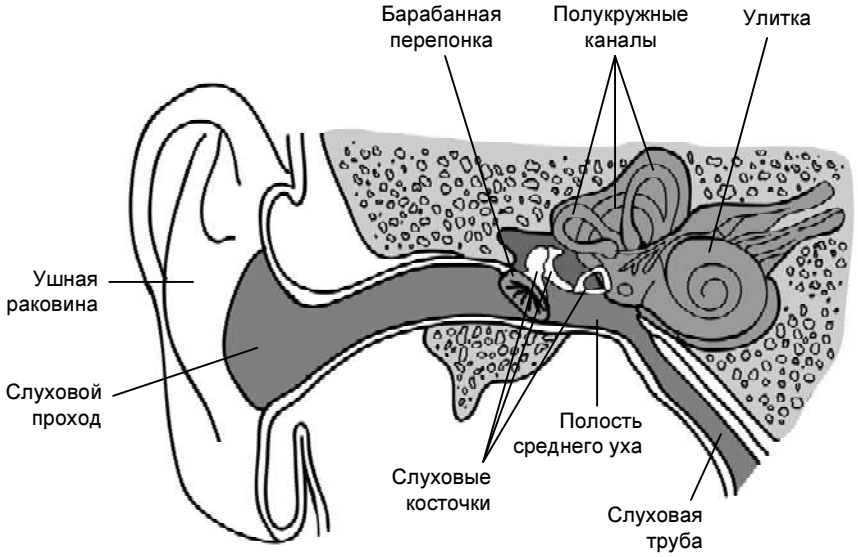



**Рис. 3.44.** Строение уха

Основная функция — улавливание звуков. *Наружный слуховой проход* состоит из хрящевого и костного отделов; общая длина — 3,3—3,5 см. Он имеет *S*-образный изгиб и выстлан многослойным эпителием. Содержит много сальных желез и желез ушной серы (видоизмененные потовые). Он необходим для проведения звука к барабанной перепонке. *Барабанная перепонка* — это слаборастяжимая пластинка из соединительной ткани, покрытая эпителием и отделяющая наружное ухо от среднего. Изнутри к ней прикрепляется слуховая косточка — молоточек. Ее функция — передача звука в среднее ухо.

**Среднее ухо** расположено внутри височной кости. Оно представляет собой барабанную полость с находящимися внутри слуховыми косточками. У человека три слуховые косточки: молоточек, наковальня, стремечко. Они передают и усиливают звуковые колебания. Барабанная полость с помощью евстахиевой трубы связана с носоглоткой. Через евстахиеву трубу регулируется давление воздуха в барабанной полости.

Барабанная полость имеет шесть стенок. На внутренней стенке находятся два отверстия — овальное (закрыто основанием стремечка, отделяет барабанную полость от вестибулярной лестницы улитки) и круглое (затянуто вторичной барабанной перепонкой; отделяет барабанную полость от барабанной лестницы улитки). В барабанной полости есть мышцы, регулирующие движения слуховых косточек.

**Внутреннее ухо** находится в височной кости черепа и состоит из системы костных полостей и костного лабиринта, внутри которого расположен перепончатый лабиринт, повторяющий очертания костного. Между стенками костного и перепончатого лабиринтов находится перилимфа, а внутри перепончатого лабиринта содержится эндолимфа (она отличается от перилимфы более высоким содержанием ионов калия).

В костном и перепончатом лабиринтах выделяют три отдела: преддверие, улитка и три полукружных канала. Преддверие костного лабиринта — это овальная полость, сообщающаяся с полукружными каналами и улиткой. Полукружные каналы дугообразно изогнуты, расположены во взаимоперпендикулярных плоскостях и имеют расширения (ампулы). Улитка образует спиральный костный канал в 2,5 оборота, внутри него в виде треугольника проходит перепончатый канал. Внутри улитки расположен кортиев орган, который содержит внутренние и наружные клетки двух типов: рецепторные (волосковые) и опорные (поддерживающие).

Преддверие перепончатого лабиринта состоит из двух частей: маточки и мешочка. Маточка сообщается с полукружными каналами, а мешочек — с перепончатым каналом улитки. Внутри перепончатого лабиринта расположены рецепторы вестибулярного аппарата.

## Слуховое восприятие

Звуковые волны благодаря ушной раковине и наружному слуховому проходу поступают на барабанную перепонку, вызывая ее колебание. Барабанная перепонка передает звуковые колебания через слуховые косточки на мембрану овального окна, вызывая колебания перилимфы. Далее в колебательный процесс вовлекается

эндолимфа, что приводит к касанию рецепторных клеток, в которых и формируется нервный импульс.

Нервный импульс по преддверно-улитковому нерву идет в средний мозг (первичный слуховой центр) и далее в височную долю коры больших полушарий головного мозга (высший нервный центр).

### Работа вестибулярного аппарата

Вестибулярный аппарат воспринимает движения и положения организма человека в пространстве. В перепончатом лабиринте содержатся рецепторы (волосковые клетки) с примыкающими к волоскам камешками (отолитами). В результате изменения давления отолитов на волоски или движения эндолимфы в рецепторах возникает возбуждение. Возникший импульс по нервам идет в нервный центр в мозге (промежуточный мозг и большие полушария).

Следует отметить, что ориентация человека в пространстве происходит при комплексной работе вестибулярного аппарата, зрения, кожной чувствительности и т. д.

При повышенной чувствительности вестибулярного аппарата у человека при использовании различных видов транспорта возникает "морская болезнь", проявляющаяся в головокружениях, головных болях, рвоте и т. д. Для улучшения работы вестибулярного аппарата необходимы тренировки. После них его работа обычно нормализуется и человек перестает испытывать "морскую болезнь".

### Гигиена слуха

Основными причинами ослабления слуха являются: перенесенные болезни (например, отит), травмы головы, сильные постоянные звуки и шумы, работа на громких производствах, резкий сильный звук. Поэтому необходимо соблюдать следующие правила:

- ❒ защищать ухо от воздействия низких температур;
- ❒ при работе на производствах с повышенным уровнем шума использовать специальные наушники;
- ❒ соблюдать гигиену наружного уха.

Также существует возрастное ухудшение слуха. Иногда у человека происходит временное ослабление, связанное с наличием "ушных пробок", которые возникают из-за деятельности желез ушной серы.

## Обонятельный анализатор

Обонятельный анализатор воспринимает и различает определенные запахи различных веществ.

Состав обонятельного анализатора:

- ❒ периферический отдел — обонятельные рецепторы;
- ❒ проводниковый отдел — обонятельный нерв;
- ❒ центральный отдел — нижняя поверхность височной доли больших полушарий.

Периферический отдел расположен в эпителии слизистой оболочки носовой полости. Он представлен обонятельными рецепторными клетками (около 10 млн), опорными и базальными клетками. Обонятельные клетки имеют длинные центральные и короткие периферические отростки. Периферические отростки заканчиваются утолщением — дендритической луковицей (обонятельной булавой), на вершине которой расположены реснички.

Молекулы пахучих веществ, растворяясь в секрете обонятельных желез, взаимодействуют с рецепторными белками ресничек. Это вызывает возникновение нервного импульса, который по обонятельному нерву идет в нервный центр (обонятельная луковица на нижней поверхности лобных долей больших полушарий), в котором осуществляется предварительная обработка информации. Далее информация поступает в корковое представительство анализатора (нижняя поверхность височной доли).

## Вкусовой анализатор

Вкусовой анализатор отвечает за вкусовое восприятие. Состав вкусового анализатора:

- периферический отдел — вкусовые почки (вкусовые луковицы);
- проводниковый отдел — лицевой и языкоглоточный нерв;
- центральный отдел — височная доля больших полушарий.

Вкусовые почки (их около 2000) в основном расположены на языке (входят в состав сосочков языка), но могут встречаться и в слизистой оболочке нёба. Вкусовая почка имеет форму луковицы, на вершине которой расположена вкусовая пора, в просвет которой обращены микроворсинки 10—15 рецепторных клеток. Они вступают в контакт с различными веществами, при взаимодействии с которыми возникает нервный импульс.

Нервный импульс по лицевому и языкоглоточному нерву идет в нервный центр — ядра продолговатого мозга и таламуса, в которых осуществляется предварительная обработка информации. Затем эта информация передается в корковое представительство анализатора, расположенного в височной доле больших полушарий.

Человек различает 4 основных вкуса: сладкое (кончик языка), кислое (средняя часть языка), горькое (корень языка), соленое и кислое (край языка).

## Кожный анализатор

Состав кожного анализатора:

- периферический отдел — рецепторы кожи;
- проводниковый отдел — тройничный нерв и спинномозговые нервы;
- центральный отдел — теменная доля больших полушарий.

В коже присутствуют рецепторы, воспринимающие: давление, прикосновения, холод, тепло и боль. В среднем, на 1 см$^2$ кожи приходится 100—200 болевых, 12—15 холодовых, 1—2 тепловых и около 25 тактильных рецепторов.

Болевые рецепторы — это свободные нервные окончания, лежащие в глубоких слоях эпидермиса и в дерме. Терморецепторы — это свободные нервные окончания, расположенные между эпителиальными клетками. К тактильным рецепторам и рецепторам давления относятся свободные и инкапсулированные нервные окончания.

Нервный импульс от различных кожных рецепторов идет по спинномозговым нервам и тройничному нерву в таламус, из которого поступает в теменную долю коры больших полушарий.

Существуют также проприоцептивная и интероцептивная чувствительности. Проприоцепция — это способность человека ориентироваться в положении своих конечностей относительно друг друга и воспринимать собственное движение. Интероцепция — это восприятие раздражений, поступающих из внутренней среды организма. Все виды кожной, мышечной, суставной чувствительности и рецепции внутренних органов объединяются в одно общее понятие — соматовисцеральная система.

## Тест по теме "Анализаторы"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Фоторецепторы находятся:

1) в сетчатке; 3) в белочной оболочке;
2) в стекловидном теле; 4) в радужке.

**А2.** "Морская болезнь" возникает у человека при нарушении работы:

1) вестибулярного аппарата; 3) улитки;
2) кортиева органа; 4) слуховых органов.

**А3.** Высший отдел слухового анализатора находится:

1) в лобной доле коры; 3) в височной доле коры;
2) в затылочной доле коры; 4) в теменной доле коры.

**А4.** На кончике языка находятся вкусовые рецепторы, воспринимающие:

1) горький вкус; 3) кислый вкус;
2) сладкий вкус; 4) соленый вкус.

**А5.** К среднему уху относят:

1) улитку; 3) молоточек;
2) барабанную перепонку; 4) полукружные каналы.

**А6.** Радужка — это часть:

1) белочной оболочки; 3) сетчатки;
2) сосудистой оболочки; 4) стекловидного тела.

**А7.** Слуховые косточки человека расположены в правильном порядке...

1) наковальня, молоточек, стремечко;
2) молоточек, наковальня, стремечко;
3) стремечко, молоточек, наковальня;
4) наковальня, стремечко, молоточек.

**А8.** При ярком освещении у человека в основном работают:

1) колбочки;
2) палочки;
3) колбочки и палочки;
4) пигментные клетки сетчатки.

**А9.** Что **не входит** в состав внутреннего уха?

1) перепончатый лабиринт;
2) полукружные каналы;
3) стремечко;
4) костный лабиринт.

**А10.** Слезная железа относится к железам:

1) внутренней секреции;
2) внешней секреции;
3) смешанной секреции;
4) эндокринным.

**А11.** Зрачок расположен в:

1) роговице;
2) сетчатке;
3) радужке;
4) белочной оболочке.

**А12.** Функция хрусталика — это:

1) регулирование количества света, поступающего на сетчатку;
2) преломление и фокусировка световых лучей;
3) защита сетчатки от яркого света;
4) распознавание зрительной информации.

**А13.** Чем заполнена полость среднего уха?

1) тканевой жидкостью;
2) эндолимфой;
3) перилимфой;
4) воздухом.

**А14.** При дальнозоркости световые лучи фокусируются:

1) на сетчатке;
2) за сетчаткой;
3) перед сетчаткой;
4) в стекловидном теле.

**А15.** В коже больше всего содержится:

1) холодовых рецепторов;
2) тепловых рецепторов;
3) болевых рецепторов;
4) осязательных рецепторов.

**А16.** Центральный отдел зрительного анализатора находится:

1) в лобной доле коры больших полушарий;
2) в теменной доле коры больших полушарий;

3) в затылочной доле коры больших полушарий;

4) в височной доле коры больших полушарий.

**А17.** Какие раздражители воспринимают обонятельные рецепторы?

1) физические; 3) тепловые;

2) химические; 4) механические.

**А18.** Евстахиева труба соединяет:

1) среднее ухо с глоткой; 3) среднее ухо с гортанью;

2) наружное ухо с глоткой; 4) внутреннее ухо с глоткой.

**А19.** Горький вкус воспринимается рецепторами, расположенными на...

1) кончике языка; 3) центральной части языка;

2) боковых стенках языка; 4) корне языка.

**А20.** Слепое пятно расположено...

1) на роговице; 3) в хрусталике;

2) в зрачке; 4) на сетчатке.

## Часть В

**В заданиях В1 и В2 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Какие гигиенические правила способствуют сохранению хорошего зрения у человека?

1) нельзя читать лежа и в транспорте;

2) расстояние от глаз до текста должно составлять 25—30 см;

3) поступление достаточного количества витамина А с пищей;

4) надо использовать очки, если они рекомендованы врачом;

5) очки можно подобрать самому;

6) полезно читать при слабом освещении, т. к. это тренирует рецепторы.

**В2.** Выберите органы, относящиеся к оптической части зрительного анализатора:

1) зрительный нерв;

2) роговица;

3) сосудистая оболочка;

4) средний мозг;

5) фоторецепторы;

6) хрусталик.

**При выполнении заданий В3 и В4 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В3.** Распределите нижеприведенные структуры по анализаторам, к которым они относятся.

| ОРГАН | АНАЛИЗАТОР |
|---|---|
| А) кортиев орган | 1) вкусовой |
| Б) сетчатка | 2) слуховой |
| В) перепончатый лабиринт | 3) зрительный |
| Г) сосочки языка | |
| Д) волосковые клетки | |
| Е) пигментные клетки | |

**В4.** Установите соответствие между высшими нервными центрами анализаторов и зонами коры больших полушарий, в которых они расположены.

| АНАЛИЗАТОР | ЗОНА КОРЫ |
|---|---|
| А) зрительный | 1) теменная |
| Б) слуховой | 2) височная |
| В) обонятельный | 3) затылочная |
| Г) вкусовой | |
| Д) кожный | |
| Е) вестибулярный | |

### Часть С

**С1.** Почему артиллеристы при залпе орудия приоткрывают рот? Ответ объясните.

**С2.** У водителя, который смотрит то на дорогу, то на приборы автомобиля, очень быстро устают глаза. Почему?

**С3.** При насморке человек гораздо хуже различает вкус пищи, чем в нормальном (здоровом) состоянии. Объясните, почему.

# ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Высшая нервная деятельность — это сложная форма жизнедеятельности, обеспечивающая индивидуальное поведенческое приспособление человека к изменяющимся условиям внешней среды (по И. П. Павлову). В основе высшей нервной деятельности лежит взаимодействие безусловных и условных рефлексов, к которым у человека добавляется вторая сигнальная система.

Деление на первую и вторую сигнальную систему было предложено И. П. Павловым. Первая сигнальная система воспринимает информацию об окружающем мире с помощью анализаторов. Она характерна для большинства животных, в том числе и для человека. Вторая сигнальная система — это восприятие окружающего мира с помощью слов, символов и образов. Она свойственна только человеку.

Материальной основой высшей нервной деятельности является головной мозг. Одну из главных ролей в создании теории о высшей нервной деятельности сыграли работы И. М. Сеченова и И. П. Павлова. Приоритетным считаются работы Сеченова (1863 г., "Рефлексы головного мозга"). Он впервые показал, что поведение и психическая деятельность человека основаны на рефлекторном принципе работы нервной системы. Первое, начальное звено — это возбуждение в органах чувств, вызываемое внешними воздействиями. Второе, центральное звено — процессы возбуждения и торможения, протекающие в мозге. На их основе возникают психические явления (ощущения, представления, чувства и т. д.). Третье, конечное звено — это движения и действия человека, т. е. его поведение. Все эти звенья взаимосвязаны и обусловливают друг друга.

Работы Сеченова были продолжены И. П. Павловым. Он выделил два типа рефлексов (условные и безусловные), осуществляемые нервной системой.

*Безусловные рефлексы* — это врожденные рефлексы, передающиеся по наследству и сохраняющиеся в течение всей жизни. Они свойственны всем представителям данного вида. Безусловные рефлексы обладают готовыми рефлекторными дугами, которые проходят через спинной мозг или ствол головного мозга. Эти рефлексы практически не поддаются торможению и не изменяются в течение жизни. Совокупность некоторых безусловных рефлексов, определяющих поведение в определенных случаях, называют инстинктом.

Биологическая роль безусловных рефлексов заключается в сохранении целостности организма, поддержании гомеостаза и обеспечении размножения.

*Условные рефлексы* — это рефлексы, приобретенные человеком в процессе жизни или специального обучения. Дуги условных рефлексов проходят через кору больших полушарий головного мозга. Условные рефлексы по наследству не передаются. При длительном отсутствии подтверждения условный рефлекс затухает. Например, если выключатель в комнате перенести в другое место, то первое время человек будет тянуться туда, где он был, затем это прекратится.

Образование условных рефлексов было показано И. П. Павловым в экспериментах на собаках. Собаке давали пищу и одновременно зажигали лампу (или звенел звонок), при этом выделялась слюна. Через некоторое время слюна выделялась в ответ на включение лампы или звонка, без подачи пищи.

Также нельзя не упомянуть работы А. А. Ухтомского, который создал учение о доминанте в поведении. Ухтомский считал доминанту поведения главным принципом работы нервных центров. Согласно этому, для человека в конкретный момент времени наиболее важна одна определенная форма деятельности, которая и является доминирующей, а все остальные виды деятельности подавляются.

## Торможение

*Торможение* — это нервный процесс, в результате которого процесс возбуждения ослабевает или подавляется. И. П. Павлов выделил внешнее и внутреннее торможение. В особый вид им было выделено охранительное торможение, предохраняющее нервные центры от сильного раздражения или переутомления.

Типы торможения (по И. П. Павлову):

- *внешнее* (безусловное) заключается в торможении какой-либо текущей деятельности. При этом происходит подавление или ослабление рефлекса, вызванное внешним посторонним раздражителем. Например, ученик пишет диктант, а в это время открывается дверь кабинета. Ученик поворачивает голову и перестает писать. К врожденному торможению относят также *запредельное торможение*, вызываемое чрезмерным увеличением силы условного раздражителя. Оно защищает нервную систему организма от повреждений;
- *приобретенное* (условное, внутреннее) — это процесс торможения условных рефлексов, формирующийся из-за многократного неподкрепления условного рефлекса. Выделяют 4 вида:
  - *угасательное торможение* развивается в тех случаях, когда положительный сигнал не подкрепляется безусловным раздражителем. Например, если выключатель в комнате перенести в другое место, то первое время человек будет тянуться туда, где он был, затем это прекратится;
  - *дифференцировочное торможение* — это прекращение реакции на фактор, сходный с тем, что вызывает рефлекс. Этот вид торможения позволяет различать близкие сигналы. Так, Павлов с помощью опыта выработал у собаки условный рефлекс слюноотделения на стук метронома (120 ударов в 1 мин). Если включать метроном на 60 уд./мин, то сначала рефлекс осуществляется, но через несколько таких включений — уже нет;
  - *условный тормоз* возникает при неподкреплении комбинации условного положительного сигнала и одновременно применяемого постороннего агента. Павлов выработал у собаки пищевой рефлекс на звук. Затем он добавил к звуку свет, но пищу не давал. При использовании комбинации "звук + свет" слюна не выделялась, а на звук отдельно наблюдалось слюноотделение. Условный тормоз часто встречается в обычной жизни: это ситуации, связанные с запретом на деятельность в определенных условиях;
  - *запаздывательное торможение* формируется в том случае, когда действие условного раздражителя в течение первых минут не подкрепляется безусловным. Поэтому раздражитель в этот период приобретает тормозное значение; развивается торможение условного рефлекса, который начинает возникать ближе к моменту действия безусловного раздражителя (кошка подстерегает мышь у норки, но слюна у кошки не выделяется до тех пор, пока мышь не окажется у нее в зубах).

## НАРУШЕНИЯ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ИХ ПРОФИЛАКТИКА

Высшая нервная деятельность находится в зависимости от условий внешней и внутренней среды организма. Неправильное питание, перенапряжение в умственной сфере, различные болезни и другие причины могут привести к различным нарушениям в ее работе. При этом ухудшается работоспособность человека, возни-

кают нарушения в работе мозга (например, появляется бессонница), хуже работают внутренние органы. Также на высшую нервную деятельность человека оказывают воздействие социальные факторы — семья, школа, коллеги по работе, друзья. Наиболее сильно эти факторы действуют на подростков и детей, т. к. у них нервная деятельность только формируется и потому особенно уязвима.

Одно из самых сильных негативных воздействий принадлежит наркотикам, в том числе алкоголю. Алкоголь поражает внутренние органы, ухудшает осуществление рефлексов, нарушает координацию движений. Под воздействием алкоголя человек теряет способность управлять собой. Так, попадание этилового спирта в клетки коры мозга вызывает появление неадекватных эмоций, усиление возбуждения, и человек становится неспособен контролировать свое поведение. При увеличении концентрации спирта происходит все большее нарушение работы коры больших полушарий.

В результате постоянного приема алкоголя часто развивается болезнь — алкоголизм, характеризующийся психическими и физическими изменениями в организме.

# ИТОГОВЫЙ ТЕСТ ПО АНАТОМИИ

## Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** К митозу не способны:

1) гладкомышечные клетки;
2) клетки поджелудочной железы;
3) клетки серого вещества спинного мозга;
4) клетки хрящевой ткани.

**А2.** Многослойный неороговевающий эпителий расположен:

1) на поверхности кожи;
2) на поверхности роговицы;
3) в почках;
4) в стенке сосудов.

**А3.** Какая функция находится под контролем вегетативной нервной системы?

1) движение руки человека;
2) сокращение межреберных мышц;
3) сокращение мышц артерии;
4) поддержание позы при сидении.

**А4.** В сером веществе мозга находятся:

1) тела и отростки чувствительных нейронов;
2) тела вставочных и двигательных нейронов;
3) тела чувствительных и двигательных нейронов;
4) тела вставочных и чувствительных нейронов.

**А5.** Выберите условный рефлекс:

1) отдергивание руки от горячего предмета;
2) поворот головы в сторону источника звука;
3) катание на велосипеде;
4) сокращение мышц при ходьбе.

**А6.** В каком отделе головного мозга расположен нервный центр глотания?

1) продолговатый мозг; 3) средний мозг;
2) промежуточный мозг; 4) лобная доля коры.

**А7.** Чем гормоны отличаются от ферментов?

1) участвуют в пищеварении;
2) ускоряют протекание химических реакций;
3) регулируют процесс пищеварения;
4) участвуют в распаде и синтезе веществ в клетке.

**А8.** При нехватке йода в пище возникает заболевание:

1) базедова болезнь; 3) зоб;
2) бронзовая болезнь; 4) сахарный диабет.

**А9.** Эпителиальной и нервной тканью образован:

1) гипоталамус; 3) поджелудочная железа;
2) надпочечники; 4) половые железы.

**А10.** Артериальная кровь превращается в венозную:

1) в легочных капиллярах;
2) в капиллярах клубочка нефрона;
3) в капиллярах большого круга кровообращения;
4) в аорте.

**А11.** Клапаны в венах и в сердце:

1) отличаются по строению, но имеют одинаковые функции;
2) отличаются по функциям, но имеют одинаковое строение;
3) отличаются и по строению, и по функциям;
4) имеют одинаковое строение и выполняют одни и те же функции.

**А12.** Лимфа отличается от крови:

1) наличием в ней лимфоцитов;
2) отсутствием эритроцитов;
3) неспособностью свертываться;
4) участием в иммунитете.

**А13.** Кровь без форменных элементов и фибриногена называют:

1) плазмой;
2) сывороткой;
3) лимфой;
4) тканевой жидкостью.

**А14.** Суставная жидкость в суставе обеспечивает:

1) защиту от вирусов и бактерий;
2) снижение трения между костями;
3) работу суставных связок;
4) необходимое давление в суставе.

**А15.** Какой признак скелета человека связан с прямохождением?

1) подбородочный выступ;
2) изгибы позвоночника;
3) три отдела в нижней конечности;
4) наличие грудной клетки.

**А16.** Какой витамин в большом количестве содержится в черном хлебе?

1) А; 2) В; 3) С; 4) Е.

**А17.** Витамин А входит в состав:

1) зрительного пигмента;
2) фермента желудка;
3) гормона щитовидной железы;
4) желчи печени.

**А18.** Конечными продуктами обмена углеводов в организме человека являются:

1) глюкоза и рибоза;
2) углекислый газ и вода;
3) гликоген;
4) жиры.

**А19.** Проток поджелудочной железы впадает в:

1) желудок;
2) тонкий кишечник;
3) толстый кишечник;
4) в кровеносные сосуды.

**А20.** Сразу после приема пищи вредно заниматься спортивными упражнениями, так как:

1) ухудшается пищеварение из-за конфликта симпатического и парасимпатического отдела нервной системы;
2) увеличена масса тела человека;
3) мышцы не могут полноценно сокращаться, т. к. им не хватает энергии;
4) кровеносная система хуже функционирует.

**А21.** Кожа не выполняет функцию:

1) депонирования крови;
2) запасания гликогена;
3) восприятия информации из внешней среды;
4) терморегуляции.

**А22.** Дрожь — это:

1) ответная реакция на перегрев организма;
2) непроизвольный способ согреться;
3) сигнал о нарушении работы кожных рецепторов;
4) произвольное сокращение скелетных мышц.

**А23.** В правильном порядке структурные части почки расположены следующим образом:

1) корковое вещество, мозговое вещество, почечная лоханка;
2) мозговое вещество, корковое вещество, почечная лоханка;
3) почечная лоханка, корковое вещество, мозговое вещество;
4) надпочечники, корковое вещество, мозговое вещество, почечная лоханка.

**А24.** При оказании первой помощи при остановке дыхания сначала необходимо:

1) очистить полость рта от инородных предметов;
2) сделать непрямой массаж сердца;
3) укутать пострадавшего в теплую одежду;
4) положить пострадавшего на бок.

**А25.** Звуковые колебания преобразуются в нервный импульс в:

1) височной доле коры больших полушарий;
2) барабанной перепонке;
3) улитке;
4) слуховых косточках.

**А26.** У человека, страдающего близорукостью, световые лучи фокусируются:

1) на сетчатке;
2) перед сетчаткой;
3) за сетчаткой;
4) в слепом пятне.

**А27.** Нарушение работы полукружных каналов может привести:

1) к потере слуха;
2) к нарушению речи;
3) к ухудшению зрения;
4) к нарушению чувства равновесия.

**А28.** Нервный импульс от кожных рецепторов поступает в центральный отдел анализатора:

1) по спинномозговым нервам;
2) по черепно-мозговым нервам;
3) по спинномозговым и черепно-мозговым нервам;
4) спинномозговым нервам и через серое вещество спинного мозга.

**А29.** Неустойчивый и слабый тип темперамента с глубокими эмоциями:

1) холерик;
2) сангвиник;
3) меланхолик;
4) флегматик.

**А30.** Память, которая формируется у спортсменов после длительных тренировок на беговой дорожке или в бассейне, относится к:

1) образной;
2) двигательной;
3) словесно-логической;
4) эмоциональной.

**А31.** Какой пример характеризует внешнее торможение?

1) ребенок не берет из буфета варенье, т. к. знает, что его могут за это наказать;

2) слюна у кошки не вырабатывается, пока она не поймает мышь;

3) ученик перестает писать диктант и поворачивает голову при звуке открывающейся двери;

4) человек через некоторое время перестает протягивать руку к месту в комнате, где раньше был выключатель.

**А32.** Выберите признак, характерный для медленного сна:

1) учащенный пульс и сердцебиение;

2) глаза совершают быстрые движения;

3) снижается тонус скелетных мышц;

4) возникают сновидения, которые человек помнит после пробуждения.

**А33.** Прививки помогают защитить организм человека от:

1) ангины и простуды;

2) наследственных болезней;

3) краснухи и полиомиелита;

4) СПИДа.

**А34.** Первая доврачебная помощь при артериальном кровотечении заключается в:

1) наложении давящей повязки;

2) наложении жгута выше места ранения;

3) забинтовывании поврежденного участка;

4) наложении шины.

**А35.** Какие клетки тела человека поражает вирус СПИДа?

1) лейкоциты;
2) эритроциты;
3) клетки мозга;
4) половые клетки.

**А36.** При курении в организм человека попадает никотин, который:

1) снижает умственную активность;

2) улучшает пищеварение;

3) вызывает сужение кровеносных сосудов;

4) повышает уровень глюкозы в крови.

## Часть В

**В заданиях В1—В3 выберите три верных ответа из шести.**

**В1.** Какие функции выполняет кровь в организме человека?

1) отвечает за выделение вредных веществ из организма;
2) обеспечивает иммунные реакции;
3) перенос углекислого газа и кислорода;
4) синтезирует витамины и аминокислоты;
5) вместе с лимфой участвует в поддержании гомеостаза;
6) транспортирует межтканевую жидкость.

**В2.** Какие особенности скелета характерны только для человека?

1) грудная клетка, состоящая их ребер, грудины и позвонков;
2) сводчатая стопа;
3) конечности наземного типа, состоящие из трех отделов;
4) подбородочный выступ на нижней челюсти;
5) 7 шейных позвонков;
6) преобладание мозгового отдела черепа.

**В3.** Какие особенности строения и выполняемых функций характерны для тонкого кишечника человека?

1) обеспечивает всасывание органических веществ;
2) включает в состав аппендикс;
3) слизистая оболочка покрыта ворсинками;
4) синтезирует желчь;
5) клетки эпителия ворсинок содержат микроворсинки;
6) в среднем слое находятся поперечнополосатые мышцы.

**При выполнении заданий В4—В7 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В4.** Установите соответствие между фактором, влияющим на дыхание человека, и типом регуляции.

| ФАКТОР | РЕГУЛЯЦИЯ |
|---|---|
| А) чихание после попадания инородного тела в носовую полость | 1) нервная |
| Б) нарушение дыхания при кашле | 2) гуморальная |
| В) выделение надпочечниками адреналина в кровь | |
| Г) учащение дыхания при усиленной мышечной работе | |
| Д) увеличение концентрации углекислого газа в крови | |

**B5.** Установите соответствие между особенностями строения и органом дыхательной системы, для которого они характерны.

| ОСОБЕННОСТЬ | ОРГАН |
|---|---|
| А) содержат хрящевые дуги | 1) легкие |
| Б) покрыты соединительнотканной структурой | 2) бронхи |
| В) изнутри выстланы реснитчатым эпителием | |
| Г) сильно ветвятся | |
| Д) содержат альвеолы | |
| Е) внутри имеют полость | |

**B6.** Установите соответствие между процессом пищеварения и отделом желудочно-кишечного тракта человека, в котором он происходит.

| ПРОЦЕСС ПИЩЕВАРЕНИЯ | ОТДЕЛ |
|---|---|
| А) оценивается вкус пищи | 1) ротовая полость |
| Б) действует фермент химотрипсин | 2) желудок |
| В) действует фермент пепсин | 3) тонкий кишечник |
| Г) начинается обеззараживание пищи | |
| Д) пищеварительный сок, действующий в этом органе, вырабатывается также в этом органе | |
| Е) начало переваривания углеводов | |

**B7.** Установите соответствие между функцией вегетативной нервной системы и ее отделом.

| ФУНКЦИЯ | ОТДЕЛ |
|---|---|
| А) ослабляет кровоток в мышцах | 1) симпатический |
| Б) усиливает сокращение мышц кишечника | 2) парасимпатический |
| В) повышает частоту сердечных сокращений | |
| Г) уменьшает выделение желудочного сока | |
| Д) понижает кровяное давление | |

**B8.** Установите последовательность белкового обмена в организме, начиная с поступления пищи в пищеварительную систему человека:

1) аминокислоты всасываются в кровь;

2) в клетках тела синтезируются собственные белки;

3) пища попадает в желудок;

4) происходит распад до углекислого газа, воды и мочевины;

5) белки разрушаются до аминокислот.

## Часть С

**С1.** Почему нельзя допускать бесконтрольное применение антибиотиков при лечении различных болезней? Назовите не менее двух причин.

**С2.** Опишите строение отдела мозга, обозначенного на рис. 3.45 буквой А. Какие функции он выполняет?

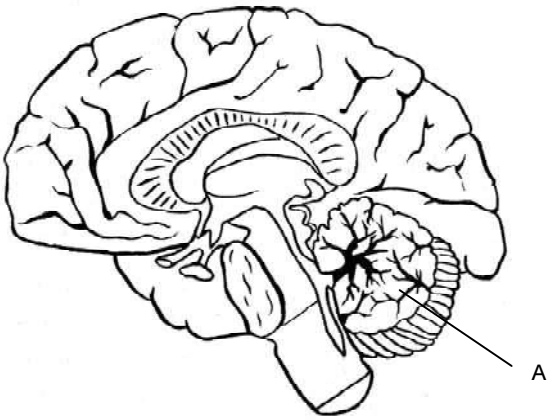



**Рис. 3.45.** К заданию С2

**С3.** Найдите ошибки в тексте. Укажите номера ошибочных суждений и исправьте их.

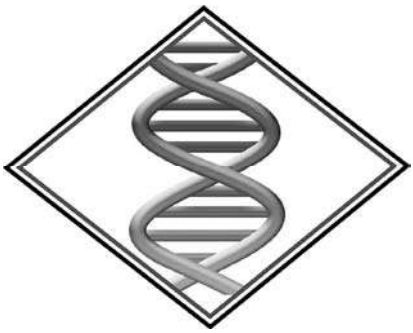
1. В основе нервной деятельности человека лежат условные и безусловные рефлексы. 2. Безусловные рефлексы передаются по наследству, а их дуги проходят через кору больших полушарий. 3. У разных людей безусловные рефлексы практически не отличаются. 4. Условные рефлексы приобретаются в течение жизни и потом передаются потомству. 5. Условные рефлексы приспосабливают организм человека к изменяющимся условиям внешней среды. 6. Если условный рефлекс не используется длительное время, то он разрушается и полностью исчезает.

**С4.** Почему избыточное поступление витаминов может быть опасно для здоровья человека?

**С5.** Чем опасны хронические воспалительные процессы в организме человека? Назовите не менее 4-х опасностей.

**С6.** Составьте пищевой рацион человека из расчета 1500 ккал/сут. из приведенного списка продуктов, соблюдая рекомендации по правильному питанию (содержание веществ и калорийность приводится на 100 г продукта).

| Продукт | Белки | Жиры | Углеводы | Ккал |
|---|---|---|---|---|
| Молоко | 2,8 | 3,2 | 4,7 | 58 |
| Кефир | 3 | 0,1 | 3,8 | 30 |
| Сметана | 2,8 | 20 | 3,2 | 206 |
| Сыр российский | 23,4 | 30 | 0 | 371 |
| Творог | 16,7 | 9 | 1,3 | 156 |
| Масло растительное | 0 | 99,9 | 0 | 899 |
| Масло сливочное | 0,6 | 82,5 | 0,9 | 748 |
| Хлеб ржаной | 4,7 | 0,7 | 49,8 | 214 |
| Хлеб белый | 7,7 | 2,4 | 53,4 | 254 |
| Гречка | 12,6 | 2,6 | 68 | 329 |
| Пшено | 12 | 2,9 | 69,3 | 334 |
| Рис | 7 | 0,6 | 73,7 | 323 |
| Капуста | 1,8 | — | 5,4 | 28 |
| Картофель | 2 | 0,1 | 19,7 | 83 |
| Морковь | 1,3 | 0,1 | 7 | 33 |
| Баранина | 16,3 | 15,3 | 0 | 203 |
| Говядина | 18,9 | 12,4 | 0 | 187 |
| Свинина | 16,4 | 27,8 | 0 | 316 |
| Куры | 20,8 | 8,8 | 0,6 | 165 |
| Яйцо куриное | 12,7 | 11,5 | 0,7 | 157 |
| Треска | 17,5 | 0,6 | 0 | 75 |
| Чай без сахара | 0 | 0 | 0 | 0 |



# ГЛАВА 4

# Общая биология

Общая биология — это комплекс биологических дисциплин, изучающих развитие и существование живых организмов, их эволюцию и происхождение. Общая биология не рассматривает отдельные группы организмов, она изучает именно общие закономерности, касающиеся всех живых существ нашей планеты.

## ПРИЗНАКИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

- Обмен веществ и энергии — это совокупность процессов поступления, преобразования и удаления веществ и энергии, происходящих в живых организмах.
- Способность к самовоспроизведению. При этом появляются новые клетки, особи и т. п. и поддерживается существование биологической системы (организма, вида и т. д.).
- Наследственность — это способность организма передавать свои признаки потомству.
- Изменчивость — приобретение организмом новых признаков и свойств.
- Раздражимость — способность организма воспринимать раздражение из внешней и внутренней среды.
- Развитие. Любой организм в течение своей жизни проходит через определенные этапы, закономерно сменяющие друг друга.
- Рост — это увеличение в размерах.
- Дискретность — любой организм состоит из отдельных частей (клеток, тканей, органов), которые функционируют как единое целое.
- Саморегуляция — поддержание гомеостаза любой системы (клетка, орган, организм), регуляция процессов и т. д.

## УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЗНИ

1. *Молекулярный.* Все организмы в конечном итоге состоят из молекул. На этом уровне происходят процессы метаболизма. Для вирусов характерен только молекулярный уровень организации.

2. *Клеточный.* Это основной уровень жизни: согласно клеточной теории, клетка — это структурная и функциональная единица всех организмов нашей планеты. У бактерий, простейших, водорослей и грибов клеточный уровень соответствует организменному.
3. *Тканево-органный* — характерен для высших растений и многоклеточных животных, начиная с кишечнополостных. Его признаком является наличие тканей и органов (у многих животных появляются системы органов).
4. *Организменный* — это уровень отдельной особи.
5. *Популяционно-видовой* — объединяет популяции одного вида и сам вид. С этого уровня начинает осуществляться эволюция.
6. *Биоценотический* — уровень сообщества.
7. *Биосферный* — высший уровень организации. Он включает биосферу — живую оболочку Земли и объединяет все сообщества нашей планеты.

Уровни 5—7 — это надорганизменные структуры.

# ЦИТОЛОГИЯ

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КЛЕТКИ

- Микроскопия.
  - Световая микроскопия занимается изучением клеток с помощью светового микроскопа. С помощью этого метода были впервые описаны сами клетки, а также некоторые их структурные компоненты: ядро, оболочка, крупные органоиды, включения.
  - Электронная микроскопия используется с 30-х годов XX в., когда был изобретен электронный микроскоп, дающий увеличение до $10^6$ раз. С помощью этого микроскопа изучают строение мельчайших структур клетки, в том числе отдельных органелл и мембран.
  - Фазово-контрастная микроскопия используется для исследования прозрачных бесцветных объектов (в том числе живых клеток). При прохождении через такую среду световые волны смещаются на величину, определяемую толщиной материала и скоростью проходящего через него света. Фазово-контрастный микроскоп преобразует эти сдвиги в черно-белое изображение.
- Дифференцированное центрифугирование основано на том, что различные клеточные структуры имеют разную плотность и массу. При очень быстром вращении в приборе (ультрацентрифуге) органоиды тонко измельченных клеток выпадают в осадок из раствора, располагаясь слоями в соответствии со своей плотностью. Эти слои разделяют и изучают. Скорость осаждения частиц при центрифугировании характеризует константа седиментации, обозначаемая латинской буквой S.
- Авторадиография (метод меченых атомов) — метод, позволяющий анализировать локализацию в клетках веществ, меченных радиоактивными изотопами. Так

выявляют места синтеза веществ, состав белков, пути внутриклеточного транспорта.

- Рентгеноструктурный анализ — изучение клетки с помощью рентгеновских лучей.

## Клеточная теория

*Клетка* — мельчайшая структура, способная к самовоспроизведению. Термин "клетка" был введен Р. Гуком в 1665 г. Рассматривая пробку бузины, он обнаружил в ней ячейки, которые и назвал "клетками" (хотя сам Гук видел не клетки, а их оболочки). Микроскоп был изобретен братьями Янсенами в XVII в. и усовершенствован Антони ван Левенгуком (его микроскопы давали увеличение в 270—300 раз). Он открыл простейших и описал клетки животных (эритроциты).

В 1838—1839 гг. ботаником М. Шлейденом и физиологом Т. Шванном была создана *клеточная теория*. Ее суть заключалась в том, что основным структурным элементом всех живых организмов (растений и животных) является клетка. Через 20 лет Р. Вирхов предложил еще одно положение теории: "клетка происходит только из клетки".

Основные современные положения:

- клетка — элементарная живая система; основа строения, жизнедеятельности, размножения и индивидуального развития организмов;
- клетки различных тканей организма и клетки всех организмов сходны по строению и химическому составу;
- новые клетки возникают только путем деления ранее существовавших клеток;
- рост и развитие любого многоклеточного организма есть следствие роста и размножения одной или нескольких исходных клеток.

## Молекулярный состав клетки

Химические элементы, входящие в состав клеток и выполняющие какие-либо функции, называются *биогенными*. По содержанию элементы, входящие в состав клетки, делятся на три группы:

- макроэлементы, составляющие основную массу клетки — 99%. Из них 98% приходится на 4 элемента: углерод, кислород, азот и водород. Также к этой группе относятся калий, кальций, натрий, магний, железо, фосфор, хлор, сера. В основном они выполняют структурные функции;
- микроэлементы — к ним относятся в основном ионы, входящие в состав ферментов, гормонов и других веществ. Их концентрация колеблется от 0,001 до 0,000001% (бор, медь, цинк, йод, фтор и т. д.);
- ультрамикроэлементы — их концентрация не превышает $10^{-6}$%, а физиологическая роль не выявлена.

## Неорганические вещества клетки

К ним относят воду, ионы и соли.

*Вода.* Это преобладающий компонент большинства клеток (*искл.:* кость и эмаль зубов). В среднем вода составляет 75—85% массы клетки. В клетке вода находится в свободном и связанном состоянии. Молекула воды представляет собой диполь — на одном конце отрицательный заряд, на другом — положительный, но в целом молекула электронейтральна. Вода имеет высокую теплоемкость и относительно высокую для жидкостей теплопроводность.

Значение воды: универсальный растворитель (для полярных веществ, неполярные вещества в воде не растворяются); среда для реакций, участник реакций (расщепление белков), участвует в поддержании теплового равновесия клетки; источник кислорода и водорода при фотосинтезе; основное средство передвижения веществ в организме; определяет физические свойства клетки.

*Ионы и соли.* На их долю приходится 1—1,5% массы клетки. Соли (фосфаты и карбонаты кальция и магния) входят в состав костей, панцирей, раковин и т. п., то есть выполняют опорную и защитную функции, а также участвуют в минеральном обмене.

Ионы входят в состав различных веществ и участвуют в регуляторных процессах, а также в поддержании гомеостаза.

Ионы натрия регулируют осмотическое давление и pH крови. Это главный катион внеклеточной жидкости, его концентрация в клетках очень незначительна. Ионы калия регулируют внутриклеточное осмотическое давление и участвуют в проведении нервного импульса. Концентрация калия в клетках выше, чем во внеклеточной жидкости. Атомы двухвалентного железа входят в состав гемоглобина — белка, отвечающего за транспорт газов. Ионы магния входят в состав хлорофилла, а также костной ткани (в виде солей). Ионы кальция принимают участие в свертываемости крови и в мышечном сокращении. Ионы цинка входят в состав гормона инсулина. Ионы водорода определяют кислотность желудочного сока, участвуют в активации многих пищеварительных ферментов. Фосфат-ионы участвуют в образовании АТФ и нуклеотидов.

## Органические вещества клетки

К основным органическим веществам клетки относятся белки, липиды, углеводы, нуклеиновые кислоты, витамины и АТФ. Также в клетке встречаются карбоновые кислоты и другие органические соединения. Многие органические вещества клетки являются биополимерами.

Выделяют регулярные и нерегулярные биополимеры. *Регулярный полимер* — это полимер, в молекуле которого мономер (группа мономеров) закономерно повторяется. Если в молекуле определенной закономерности повторения мономеров нет, то такой полимер называют *нерегулярным*.

## Белки

По содержанию в клетке белки занимают первое место из органических веществ. Белки — это нерегулярные полимеры, состоящие из остатков аминокислот. В состав белков входят 20 разных α-аминокислот: глицин, аланин, валин, лейцин, изолейцин, серин, треонин, тирозин, фенилаланин, триптофан, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, лизин, аргинин, гистидин, аспарагин, глутамин, цистеин, метионин, пролин.

Общая формула аминокислоты:

$$\begin{array}{c} NH_2 — CH — COOH \\ | \\ R \end{array}$$

В формуле аминокислоты R — это радикал, который может быть представлен разными атомами или группами атомов. В простейшем случае R = H — это аминоуксусная кислота (глицин) $NH_2$—$CH_2$—COOH.

Соединение аминокислот происходит следующим образом: аминогруппа одной кислоты соединяется с карбоксильной группой другой, при этом выделяется молекула воды. Образовавшаяся связь называется *пептидной* (разновидность ковалентной), а само соединение — *пептидом*. Соединение из большого числа аминокислот называется *полипептидом*. Если белок состоит только из аминокислот, то его называют простым *(протеином)*, если в него входят другие вещества, то сложным — *протеидом* (с углеводами — гликопротеиды, с липидами — липопротеиды, с остатками фосфорной кислоты — фосфопротеиды).

Пространственная организация белков включает 4 структуры. *Первичная* (линейная) — полипептидная цепь, т. е. нить аминокислот, соединенных ковалентными связями. *Вторичная* — белковая нить закручивается в спираль. В ней возникают водородные связи. *Третичная* — спираль далее свертывается, образуя глобулу (клубок) или фибриллу (вытянутая структура). В ней возникают гидрофобные и электростатические взаимодействия, а также ковалентные дисульфидные —S—S— связи. *Четвертичная* — соединение нескольких макромолекул белка вместе.

Разрушение структуры белка называется денатурацией. Она бывает необратимой (если повреждается первичная структура) или обратимой (если повреждаются другие структуры).

*Функции белков.*

- Ферменты — это биологические катализаторы. Известно более 2000 ферментов. Ферменты специфичны (каждый действует только на определенное вещество — субстрат) и активны в определенной среде (каждый фермент имеет свой оптимальный диапазон pH) и при определенной температуре. При повышении температуры скорость реакции, катализируемой данным ферментом, сначала увеличивается, а затем уменьшается, т. к. с повышением температуры растет вероятность денатурации белка, поэтому активность фермента снижается. Любой фермент имеет активный центр — это особый участок в структуре фермента, к которому присоединяется молекула субстрата (рис. 4.1).

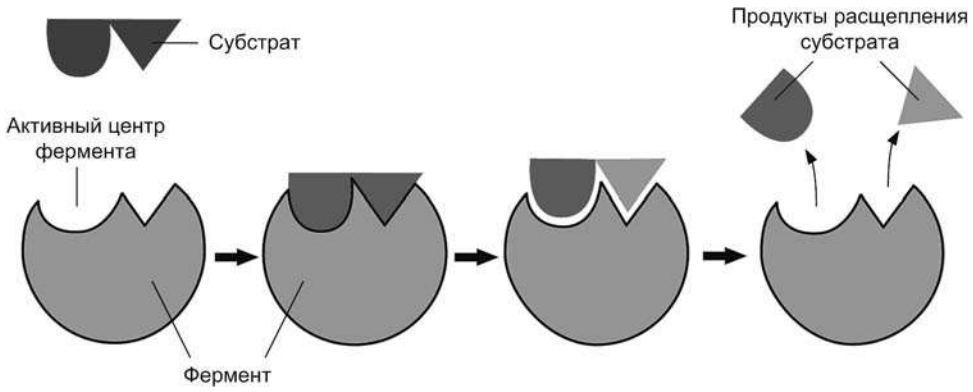



**Рис. 4.1.** Схема работы фермента

Все ферменты делятся на две основные группы: белковые ферменты и ферменты, состоящие из двух частей — апофермента (белковая часть) и кофермента (небелковая часть; это ион или молекула, связывающиеся с белковой частью, образуя при этом каталитически активный комплекс). Коферментами являются ионы металлов, витамины. Без кофермента апофермент не функционирует.

- Регуляторные — гормоны (инсулин, глюкагон, соматотропин).
- Транспортные — гемоглобин.
- Защитные — иммуноглобулины (антитела), интерфероны.
- Движение — актин, миозин.
- Строительная (структурная) — кератин (в волосах), коллаген, тубулин.
- Рецепторная — родопсин.
- Энергетическая — крайне редко, только после того, когда закончились углеводы и липиды. 1 г белка при полном распаде дает 17,6 кДж.

## Углеводы

Углеводы — органические вещества, в состав которых входит углерод, водород и кислород. Общая формула: $C_n(H_2O)_m$, где $n$ и $m$ не менее 3-х. Они делятся на три класса: моносахариды, олигосахариды и полисахариды. *Моносахариды* (простые углеводы) состоят из одной молекулы, это твердые кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде и имеющие сладкий вкус. *Эритроза* ($C_4H_8O_4$) — один из промежуточных продуктов фотосинтеза. *Рибоза* и *дезоксирибоза*[1] ($C_5H_{10}O_5$ и $C_5H_{10}O_4$ соответственно) входят в состав ДНК и РНК. *Глюкоза* ($C_6H_{12}O_6$) — это основной первичный источник энергии в клетке. *Фруктоза* и *галактоза* — изомеры глюкозы.

*Олигосахариды* состоят из 2-, 3- или 4-х остатков моносахаридов. Наиболее важны *дисахариды*, состоящие из 2-х остатков. Они хорошо растворимы в воде, сладкие на

[1] Формула дезоксирибозы ($C_5H_{10}O_4$) не соответствует общей формуле углеводов ($C_n(H_2O)_m$).

вкус. *Сахароза* ($C_{12}H_{22}O_{11}$) состоит из остатков глюкозы и фруктозы; широко распространена в растениях. *Лактоза (молочный сахар)* состоит из глюкозы и галактозы. Это важнейший источник энергии для детенышей млекопитающих. *Мальтоза* состоит из 2-х молекул глюкозы. Это основной структурный элемент крахмала и гликогена.

*Полисахариды* — высокомолекулярные вещества, состоящие из большого числа остатков моносахаридов. Их общая формула — $(C_6H_{10}O_5)_n$. Плохо растворимы в воде, не имеют сладкого вкуса. *Крахмал* представлен двумя формами: амилоза (состоит из остатков глюкозы, соединенных в неразветвленную цепь) и амилопектин (состоит из остатков глюкозы, соединенных в линейные и разветвленные цепи). *Гликоген* — полисахарид животных и грибов. По структуре напоминает крахмал, но сильнее разветвлен. *Клетчатка (целлюлоза)* — главный структурный полисахарид растений, входит в состав клеточных стенок. Это линейный полимер. *Хитин* входит в состав клеточных стенок грибов и кутикулы членистоногих. Это неразветвленный полимер. *Муреин* входит в состав клеточной стенки бактерий, это гликопротеид.

*Функции углеводов:*

- ❒ энергетическая — 1 г при полном распаде дает 17,6 кДж;
- ❒ структурная;
- ❒ входят в состав РНК и ДНК;
- ❒ опорная (целлюлоза у растений);
- ❒ запасающая (крахмал и гликоген);
- ❒ защитная — вязкие секреты (слизи) богаты углеводами и предохраняют стенки полых органов.

## Липиды

Липиды объединяют жиры и жироподобные вещества (липоиды). Жиры — это сложные эфиры жирных кислот и глицерина. Жирные кислоты: пальмитиновая, стеариновая (насыщенные), олеиновая, линолевая (ненасыщенные). Растительные жиры богаты ненасыщенными кислотами, поэтому они легкоплавкие, при комнатной температуре — жидкие. Животные жиры содержат в основном насыщенные кислоты, поэтому они более тугоплавкие, при комнатной температуре — твердые. Все жиры нерастворимы в воде, но хорошо растворяются в неполярных растворителях; плохо проводят тепло. К жирам относятся *фосфолипиды* (это основной компонент мембран клеток) — в их состав входит остаток фосфорной кислоты. К липоидам относятся стероиды, воск и др.

*Функции липидов:*

- ❒ структурная;
- ❒ энергетическая — 1 г при полном распаде дает 38,9 кДж;
- ❒ запас питательных веществ (жировая ткань);
- ❒ терморегуляция (подкожный жир);

- поставщики эндогенной воды — при окислении 100 г жира выделяется 107 мл воды (принцип верблюда);
- защита внутренних органов от повреждения;
- гормоны (эстрогены, андрогены, стероидные гормоны);
- простагландины — регуляторные вещества, поддерживающие тонус сосудов и гладких мышц и участвующие в иммунных реакциях.

## АТФ

АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) — это основной источник энергии для клеток живых организмов. АТФ (рис. 4.2) состоит из трех остатков фосфорной кислоты, рибозы (моносахарид) и аденина (остаток азотистого основания).

При отщеплении одного остатка фосфорной кислоты образуется АДФ (аденозиндифосфорная кислота), а если отщепляются два остатка — то АМФ (аденозинмонофосфорная кислота). Реакция отщепления каждого остатка сопровождается освобождением 40 кДж/моль. Такая фосфорно-кислородная связь в АТФ называется *макроэргической*. АТФ имеет две макроэргические связи. АТФ образуется в митохондриях из АМФ, которая присоединяет сначала один, затем второй остаток фосфорной кислоты с поглощением 40 кДж/моль энергии (или из АДФ с присоединением одного остатка фосфорной кислоты). АТФ расходуется на различные процессы в клетке, например на биосинтез белка.

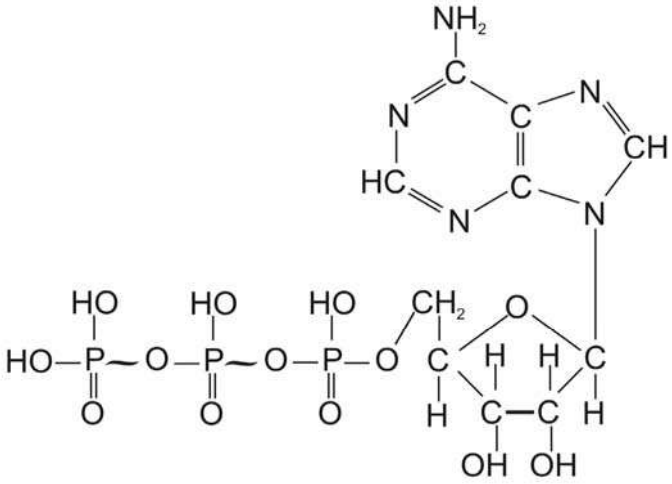



**Рис. 4.2.** Строение АТФ

## Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые кислоты — это нерегулярные полимеры, мономерами которых являются нуклеотиды. Каждый нуклеотид (рис. 4.3) состоит из азотистого основания, остатка фосфорной кислоты и моносахарида.

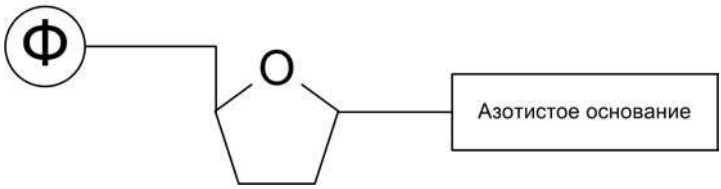



**Рис. 4.3.** Строение нуклеотида

Впервые нуклеиновые кислоты описаны в XIX в. (1869 г.) швейцарцем Ф. Мишером. Существуют две разновидности нуклеиновых кислот — ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) и РНК (рибонуклеиновая кислота). Они обеспечивают хранение и передачу наследственной информации.

## ДНК

В ДНК существуют 4 разновидности нуклеотидов: А (аденин), Т (тимин), Г (гуанин) и Ц (цитозин). Аденин и гуанин относятся к пуриновым основаниям, цитозин и тимин — к пиримидиновым. При этом в ДНК число пуриновых оснований равно числу пиримидиновых, а также А = Т и Ц = Г (правило Чаргаффа). В состав нуклеотида ДНК входит моносахарид дезоксирибоза.

В 1953 г. Дж. Уотсон и Ф. Крик открыли, что молекула ДНК представляет собой двойную спираль. Каждая спираль состоит из полинуклеотидной цепи; цепи закручены одна вокруг другой и вместе вокруг общей оси, каждый виток спирали содержит 10 пар нуклеотидов. Цепи удерживаются вместе водородными связями, возникающими между основаниями (между аденином и тимином — две, между цитозином и гуанином — три связи). Полинуклеотидные цепи комплементарны друг другу: напротив аденина в одной цепи всегда находится тимин в другой, и наоборот (А–Т и Т–А); напротив цитозина — гуанин (Ц–Г и Г–Ц). Этот принцип строения ДНК называется *принципом комплементарности* (рис. 4.4).

Каждая цепь ДНК имеет два конца. На одном из них свободная ОН-группа дезоксирибозы находится у пятого атома углерода (в 5′-положении), на другом —

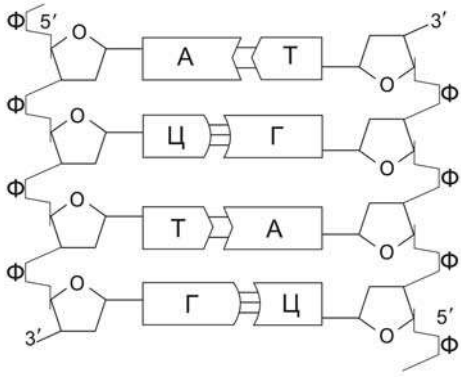



**Рис. 4.4.** Строение ДНК

у третьего (в 3′-положении). Две цепи в молекуле ДНК расположены в противоположном направлении: одна от 5′ к 3′, вторая — от 3′ к 5′ концу, т. е. антипараллельно (рис. 4.4).

Содержание ДНК в клетке строго постоянно. У эукариот ДНК в основном находится в ядре (где образует хромосомы, состоящие из ДНК и белков), но в митохондриях и пластидах также есть собственная ДНК. У прокариот ДНК расположена в цитоплазме.

Основная функция ДНК — хранение и передача наследственной информации.

### РНК

РНК — это нерегулярный полимер, состоящий из нуклеотидов. Все виды РНК образуются в ядре на ДНК. Содержание в клетке сильно колеблется. РНК находится в ядре и цитоплазме. Строение нуклеотида — как у ДНК, за двумя исключениями: вместо дезоксирибозы в состав РНК входит рибоза, а вместо тимина — урацил. РНК состоит из одной цепочки. Выделяют три вида РНК:

- и-РНК (информационная РНК), или м-РНК (матричная РНК), содержится в ядре и цитоплазме. Ее функция — перенос информации о структуре белка от ДНК к месту синтеза белка. Количество и-РНК в клетке зависит от стадии клеточного цикла. По длине и-РНК соответствует одному или нескольким генам;
- т-РНК (транспортная РНК) в основном содержится в цитоплазме клетки. Это самые маленькие РНК. Функция — перенос молекул аминокислот к месту синтеза белка;
- р-РНК (рибосомная РНК) синтезируется в ядрышках и участвует в образовании рибосом. Это самая крупная РНК — она имеет наибольшую молекулярную массу, по сравнению с другими видами РНК.

## Формы жизни

Выделяют две основные формы жизни: клеточные и неклеточные (рис. 4.5). Подавляющее большинство организмов относится к клеточным формам жизни, к неклеточным — только вирусы.

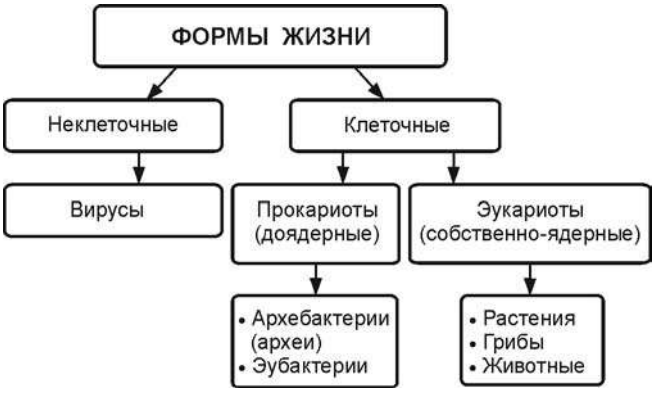



**Рис. 4.5.** Формы жизни

## Вирусы

Вирусы (от лат. *virus* — яд) не проявляют признаков жизни вне других организмов и являются внутриклеточными облигатными паразитами. Они поражают любые организмы. Вирусы — это самые мелкие организмы Земли: их молекулы видны только под электронным микроскопом. Вирусы бактерий имеют специальное название: бактериофаги или просто фаги. Изучением вирусов занимается вирусология.

Вирусы были открыты в XIX в. Д. И. Ивановским: он обнаружил и описал вирус табачной мозаики. Этот вирус поражает табак, вызывая разрушение хлорофилла, из-за чего некоторые участки органов становятся более светлыми по сравнению со здоровыми. Внешне такой орган (чаще всего лист) действительно напоминает мозаику: темные участки чередуются со светлыми.

*Строение вирусов*. Вирус — это генетический элемент, покрытый защитной белковой оболочкой. Отдельные вирусные частицы (вирионы) представляют собой симметричные тела, состоящие из повторяющихся элементов (рис. 4.6). Вирионы могут иметь форму палочек или икосаэдра (правильный многогранник), реже — иная форма.

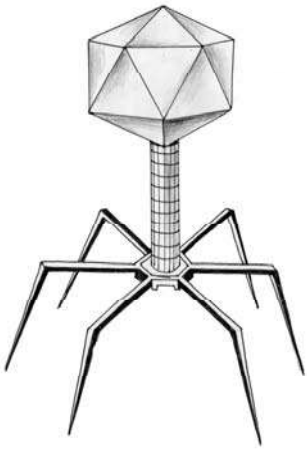


**Рис. 4.6.** Внешнее строение вируса

В центре вируса находится генетический материал — ДНК (ДНК-содержащие вирусы) или РНК (РНК-содержащие вирусы). ДНК может быть двухцепочечной или одноцепочечной, кольцевой или линейной; РНК — одно- или двухцепочечной. Генетический материал вируса окружен капсидом — белковой оболочкой, выполняющей защитную функцию. Эта оболочка состоит из многократно повторяющихся полипептидных цепочек одного или нескольких белков. Снаружи от белковой оболочки может образовываться еще одна оболочка — внешняя.

*Размножение вирусов.* Сначала вирус прикрепляется к клетке хозяина, затем его генетический материал проникает внутрь клетки хозяина. Если вирус содержит ДНК, то она встраивается в ДНК клетки хозяина. Далее происходит образование и-РНК вируса, синтез его белков и образование новых вирусных частиц, т. е. клетка хозяина начинает работать на вирус.

РНК-содержащие вирусы ведут себя немного по-другому. Если РНК вируса состоит из двух цепей, то на одной из них синтезируется и-РНК, затем происходит синтез белков вируса и т. д.

Некоторые вирусы в качестве генетического материала содержат одноцепочечную РНК. Эта цепь может быть матричной (так называемая (+)-цепь) или кодирующей ((–)-цепь). Вирус с (+)-цепью сразу образует и-РНК, а на вирусе с (–)-цепью сначала образуется (+)-цепь РНК, а уже на ней — и-РНК. В любом случае в итоге синте-

зируется и-РНК вируса, которая направляется в рибосомы клетки хозяина, где синтезируются вирусные белки.

У ретровирусов, также относящихся к РНК-содержащим (например, вирус иммунодефицита человека, ВИЧ), с помощью фермента обратной транскриптазы на РНК синтезируется сначала одна цепь ДНК, а затем и вторая. После этого ДНК вируса встраивается в ДНК клетки хозяина.

Вирусы используют клетки хозяина двумя способами:

- после того как ресурсы клетки хозяина выработаны, она погибает, и в окружающую среду выходят новые вирионы. Весь цикл может занимать несколько минут;
- выход новых вирионов происходит постепенно, клетка хозяина продолжает жить и даже делиться, производя новые вирусные частицы.

Вирусы вызывают различные заболевания человека: грипп, СПИД, гепатит, полиомиелит, оспу, корь, бешенство (водобоязнь), герпес, геморрагическую лихорадку, многие онкологические (раковые) заболевания.

## Прокариоты

К прокариотам (табл. 4.1) относятся бактерии и сине-зеленые водоросли, которые объединяются в царство Дробянки. У них отсутствует оформленное ядро и мембранные органоиды, генетический материал представлен нуклеоидом (молекулой хромосомной ДНК, замкнутой в кольцо) и плазмидами (небольшими внехромосомными ДНК). Характерны мелкие рибосомы (70S), расположенные в цитоплазме, и мезосомы (впячивание мембраны внутрь клетки), выполняющие функции митохондрий. Более подробно строение и жизнедеятельность прокариот описано в *главе 1.*

***Таблица 4.1.*** *Клетки прокариот и эукариот: сравнительная характеристика*

| Признак | Прокариоты | Эукариоты |
|---|---|---|
| Клеточная стенка | У бактерий — из муреина, у сине-зеленых водорослей — из целлюлозы | У животных — нет, у грибов — из хитина, у растений — из целлюлозы |
| Ядро и генетический материал | Ядра нет; кольцевая ДНК в цитоплазме, хромосом нет. Гистонов нет | Ядро есть; двуцепочечная ДНК находится в ядре, соединена с белками-гистонами и образует хромосомы |
| Мембранные органоиды | Нет | Есть |
| Рибосомы | Мелкие, находятся в цитоплазме, 70S | Крупные, большинство расположено на эндоплазматической сети, 80S |
| Деление клеток | Деление пополам. Митоз не характерен | Митоз и мейоз |
| Диссимиляция | Анаэробная и аэробная | Преобладает аэробная |

***Таблица 4.1*** *(окончание)*

| Признак | Прокариоты | Эукариоты |
|---|---|---|
| Фотосинтез | У некоторых бактерий и сине-зеленых водорослей | Только у растений |
| Хемосинтез | Некоторые бактерии | Не возможен |
| Азотфиксация | Некоторые бактерии | Не возможна |

## Эукариоты

К этой группе относится подавляющее большинство живых организмов Земли. Их клетки чаще всего гораздо крупнее прокариотических, содержат ядро и мембранные органоиды (см. табл. 4.1). Клетка эукариот состоит из трех основных частей: наружной клеточной мембраны, цитоплазмы и ядра.

### Клеточная стенка

У растений и грибов клетка снаружи покрыта клеточной стенкой или оболочкой. В оболочке растений выделяют первичную и вторичную оболочки. Отверстия во вторичной оболочке называются порами. Оболочка состоит из целлюлозы и пектиновых веществ и может подвергаться одревеснению (проникновение в нее веществ, увеличивающих твердость и уменьшающих эластичность) и минерализации (проникновение кремнеземов и т. д.). У грибов клеточная стенка состоит из хитина.

Оболочка обеспечивает защиту, прочность клетки, форму клетки, участвует в транспорте веществ. Под оболочкой располагается цитоплазматическая мембрана.

### Мембрана (плазмалемма)

В состав мембраны входят липиды, составляющие ее основную часть, и белки (рис. 4.7). Молекулы липидов полярные и состоят из несущих заряд полярных гидрофильных головок и неполярных гидрофобных хвостов (жирные кислоты). В мембране липиды образуют два слоя, при этом гидрофильные головки расположены на внешней и внутренней поверхностях, а гидрофобные хвосты смотрят вовнутрь. В основном в мембране содержатся фосфолипиды, имеющие в своем составе остаток фосфорной кислоты. Также в мембране клеток животных есть стероиды (например, холестерин). Белки мембраны могут быть поверхностными, интегральными (пронизывают мембрану насквозь) и полуинтегральными (погружены в мембрану).

*Субмембранная система клетки (подмембранный комплекс).* Это специализированная периферическая часть цитоплазмы, в которой находятся различные ферменты, связанные с транспортом веществ, и опорный аппарат, состоящий из микротрубочек и т. п.

*Надмембранные структуры.* К ним относится гликокаликс, представляющий собой внешний по отношению к мембране слой. Он состоит из углеводных частей глико-

липидов и гликопротеидов и имеет толщину 3—4 нм. Характерен для клеток животных. Функции: восприятие информации и обеспечение тканевой совместимости.

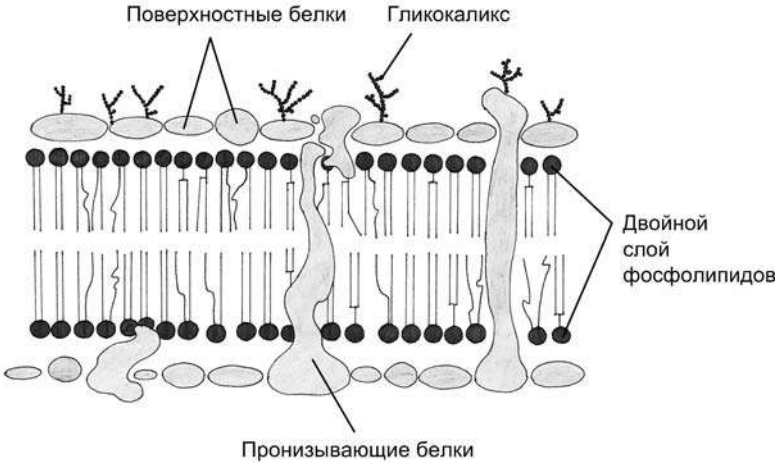



**Рис. 4.7.** Строение мембраны

Функции мембраны:

- барьерная, т. е. мембрана ограничивает свободную диффузию веществ или вообще не пропускает через себя многие вещества, и, прежде всего, любые заряженные частицы. Это играет важную роль в поддержании гомеостаза внутри клетки;
- взаимодействие клеток (например, синапсы, рассмотренные в *главе 3*);
- поддержание формы клетки;
- межклеточное узнавание, т. е. клетка опознает окружающие ее клетки. По сути, именно эта функция позволяет клеткам объединяться в ткани;
- *рецепторная.* Рассмотрим эту функцию на примере действия гормона инсулина. Молекула инсулина связывается со своим рецептором, и происходит активация внутриклеточной части рецептора — фермента аденилатциклазы. Этот фермент обеспечивает превращение АТФ в цАМФ (циклическую форму). цАМФ, в свою очередь, активирует в клетке ферменты, отвечающие за синтез гликогена. Также увеличивается проницаемость мембраны для глюкозы, что приводит к снижению ее уровня в крови.

### Транспорт веществ в клетку и из нее

*Для микромолекул.* Выделяют активный и пассивный транспорт. Активный транспорт идет с затратами энергии, а пассивный — без них. К *пассивному* относятся осмос и диффузия. Простая диффузия — транспорт веществ непосредственно через липиды мембраны. Облегченная диффузия — транспорт веществ с помощью специальных белков-переносчиков (пермеаз) по градиенту концентрации. Осмос —

движение воды в сторону раствора с большей концентрацией. С помощью пассивного транспорта двигаются вода, жирорастворимые вещества, кислород, углекислый газ, аминокислоты и даже некоторые ионы.

К *активному транспорту* относится перенос веществ с участием ферментов-переносчиков против градиента концентрации. Он осуществляется с помощью ионных насосов. Все процессы энергозависимы.

Механизм ионного насоса рассматривается на примере работы *калиево-натриевого насоса*: во время его работы за один цикл происходит перенос трех ионов натрия из клетки и двух ионов калия в клетку. На данный перенос тратится энергия одной молекулы АТФ. Насос действует по принципу открывающихся и закрывающихся каналов и по своей химической природе является белком-ферментом (расщепляет АТФ). Белок связывается с ионами натрия, изменяет свою форму, и внутри него образуется канал для прохождения ионов натрия. После прохождения этих ионов белок снова меняет форму и открывается канал, через который идут ионы калия.

*Для макромолекул*. Поглощение веществ клеткой происходит с помощью эндоцитоза; выделение из клетки макромолекул называют экзоцитозом. Эндоцитоз разделяют на фагоцитоз и пиноцитоз. *Фагоцитоз* — захват и поглощение клеткой крупных частиц (например, уничтожение патогенных микроорганизмов макрофагами организма человека). Впервые описан И. И. Мечниковым. *Пиноцитоз* — процесс захвата и поглощения клеткой капель жидкости с растворенными в ней веществами. Оба процесса происходят по сходному принципу: на поверхности клетки вещество окружается мембраной в виде вакуоли, которая перемещается внутрь. Оба процесса связаны с затратой энергии.

При экзоцитозе различные макромолекулы, например ферменты или гормоны, синтезированные в клетке, подходят к мембране в составе пузырька, снаружи покрытого мембраной. Затем он сливается с внешней мембраной клетки, и содержимое этого пузырька выделяется наружу.

## Цитоплазма

Цитоплазма расположена между ядром и мембраной. В цитоплазме различают основное вещество (гиалоплазму или матрикс), органеллы (органоиды) и включения.

*Гиалоплазма* заполняет пространство между плазмалеммой, ядерной оболочкой и другими внутриклеточными структурами. Она образует внутреннюю среду клетки, которая объединяет все внутриклеточные структуры и обеспечивает их взаимодействие друг с другом. Гиалоплазма может находиться в двух состояниях: гель или золь (более жидкое состояние). При этом матрикс легко переходит из геля в золь и наоборот. Также гиалоплазма содержит большое количество ионов со строго определенной концентрацией.

В матриксе цитоплазмы происходит гликолиз, распад веществ до мономеров, а также многие процессы биосинтеза: образование нуклеотидов, некоторых аминокислот, жирных кислот, модификация ферментов и т. д. Также в матриксе откладывается гликоген и жиры.

У многих организмов цитоплазма разделена на экто- и эндоплазму. Эктоплазма — это тонкий наружный слой цитоплазмы, расположенный непосредственно под мембраной клетки; она лишена гранул. Эндоплазма (внутренний слой) составляет большую часть цитоплазмы и содержит гранулы.

*Органеллы или органоиды* (рис. 4.8) — структуры цитоплазмы, выполняющие в клетке специфические функции (табл. 4.2).

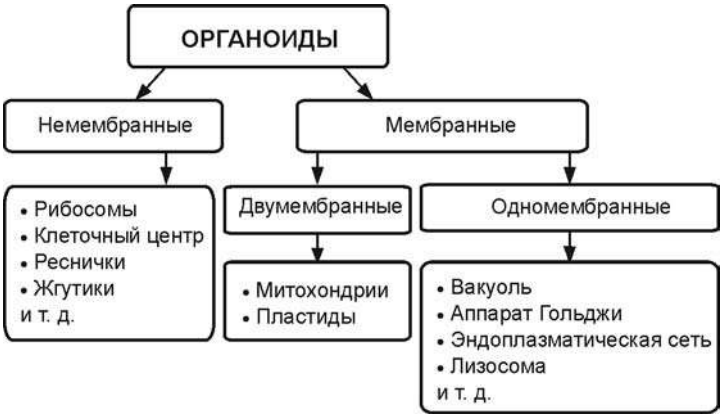



**Рис. 4.8.** Классификация органоидов

Также выделяют органоиды общего значения и специальные. Первые характерны для большинства эукариотических клеток. К ним относятся: митохондрии, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, рибосомы, клеточный центр, микротрубочки. Органоиды специального назначения присутствуют в клетках, выполняющих специализированные функции: реснички и жгутики, микроворсинки, синаптические пузырьки, миофибриллы.

***Таблица 4.2.*** *Органоиды клетки*

| Органоид | Строение | Функции |
|---|---|---|
| | **Мембранные** | |
| Эндоплазматическая сеть (рис. 4.9) | Это система соединенных между собой канальцев и полостей различной формы и размера. Образует непрерывную структуру с ядерной мембраной. Бывает двух видов: гладкая и гранулярная или шероховатая (на ней находятся рибосомы) | • Шероховатая: синтез и внутриклеточный транспорт белков.<br>• Гладкая: синтез липидов и углеводов, резервуар ионов кальция |
| Аппарат Гольджи (пластинчатый комплекс) (рис. 4.10) | Расположен около ядра. Состоит из цистерн, уложенных в стопку. Отдельная группа этих цистерн, сложенных стопкой, называется диктиосомой. На концах цистерн могут образовываться пузырьки, отделяющиеся от них | Сортировка и упаковка макромолекул, транспорт веществ по клетке и к мембране с последующим выделением их из клетки, накопление веществ, участие в образовании лизосом |

***Таблица 4.2*** *(продолжение)*

| Органоид | Строение | Функции |
|---|---|---|
| Лизосомы | Это пузырьки диаметром около 5 мкм, содержащие ферменты, действующие на все виды органических веществ. Выделяют первичные (непосредственно образуются в аппарате Гольджи) и вторичные (пищеварительная вакуоль) лизосомы | Расщепление полимеров до мономеров, старых частей клетки, целых клеток и даже отдельных органов (хвост головастика) |
| Пероксисома | Это одномембранный органоид, содержащий разнообразные ферменты (каталаза и др.). У позвоночных в основном встречаются в клетках печени и почек | Разрушает перекись водорода |
| Вакуоль | Это крупная полость в центре клетки, заполненная клеточным соком. Встречаются только у растений, занимая до 90% объема клетки. В молодых клетках может быть несколько вакуолей, которые в дальнейшем сливаются в одну | Запас воды и различных веществ (в основном белков и сахаров), окраска, поддерживают внутреннее (тургорное) давление клетки |
| Митохондрии (рис. 4.11) | Это органеллы с двойной мембраной — наружной гладкой и внутренней с многочисленными выростами (кристами). Количество крист зависит от интенсивности работы клетки: так, в кардиомиоцитах митохондрии содержат примерно в 2 раза больше крист, чем митохондрии клеток печени. Могут размножаться делением надвое.<br>Между мембранами находится межмембранное пространство. На внутренней мембране находятся ферменты. Внутри находится матрикс, содержащий кольцевую ДНК, РНК, 50S или 70S-рибосомы и белки. В нем синтезируются собственные белки митохондрий | Участвуют в энергетическом обмене клетки, осуществляя синтез АТФ |
| Пластиды (рис. 4.12) | Встречаются только у растений. Могут размножаться.<br>Хлоропласты (зеленые) содержат хлорофилл, имеют две мембраны, внутри — матрикс. Хорошо развита внутренняя мембрана двух типов: плоские, протяженные ламеллы и плоские, дисковидные пузырьки — тилакоиды. Часть тилакоидов собрана наподобие стопки в группы, называемые гранами. Граны соединяются друг с другом каналами. В матриксе есть ДНК, РНК и 70S-рибосомы.<br>Лейкопласты (бесцветные) обычны в запасающих тканях и в органах, скрытых от солнечного света. У них слабо развиты ламеллы. На свету лейкопласты могут превращаться в хлоропласты.<br>Хромопласты (желто-оранжевые) образуются из хлоропластов и встречаются в окрашенных органах — лепестках, плодах, корнеплодах и осенних листьях. Внутренняя мембрана обычно отсутствует. Они содержат пигменты (каротиноиды) | Фотосинтез, окраска, запас веществ (крахмал, жиры в виде масел и белки) |

***Таблица 4.2*** *(окончание)*

| Органоид | Строение | Функции |
|---|---|---|
| | **Немембранные** | |
| Клеточный центр | Есть у животных и низших растений; у высших растений отсутствует. Состоит из 2-х центриолей и микротрубочек. Центриоль состоит из 9 триплетов микротрубочек, расположенных по окружности | Организация цитоскелета клетки; участие в делении клетки (образует веретено деления) и в образовании жгутиков и ресничек |
| Рибосомы и полисомы | Это сферические структуры, состоящие из 2-х субъединиц — большой и малой. У прокариот рибосомы имеют коэффициент седиментации 70S, у эукариот — 80S. Содержат р-РНК и белки. Находятся на эндоплазматической сети или свободно располагаются в цитоплазме. Участвуют в формировании полисомы — это структура, состоящая из одной и-РНК и нескольких рибосом, расположенных на ней | Биосинтез белка |
| Опорно-двигательная система | Образует цитоскелет клетки. В него входят микротрубочки и микрофиламенты. Микрофиламенты состоят из молекул белка актина, это самые тонкие нити цитосклелета клетки. Микротрубочки — это полые цилиндры, состоящие из белка тубулина | Определяют форму клеток, участвуют в движении клетки, опорная функция, участвуют в образовании жгутиков и ресничек, веретена деления и клеточного центра |
| Реснички и жгутики | Есть не у всех клеток. Внутри расположены микротрубочки: 9 двойных образуют стенку, в центре находятся еще 2. В основании есть базальные тельца, состоящие из 9 троек микротрубочек | Обеспечивают движение клетки |

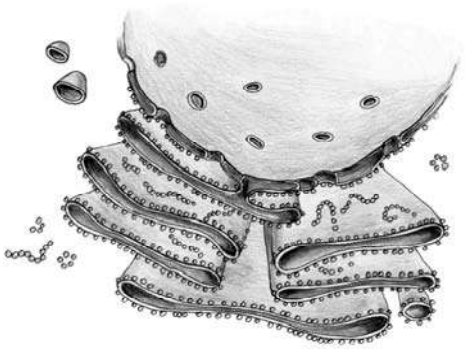


**Рис. 4.9.** Эндоплазматическая сеть

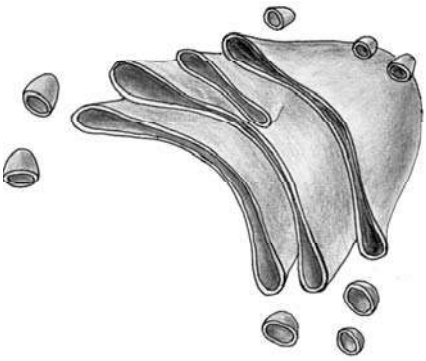


**Рис. 4.10.** Аппарат Гольджи

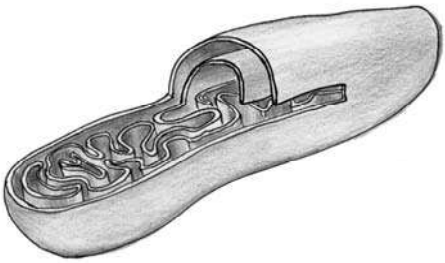


**Рис. 4.11.** Митохондрия

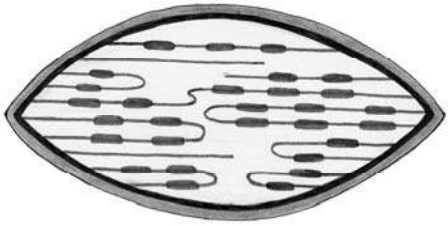


**Рис. 4.12.** Хлоропласт

## Клеточные включения

Клеточные включения — это непостоянные образования, то возникающие, то исчезающие в процессе жизнедеятельности клетки, т. е. это продукты клеточного метаболизма. Чаще всего находятся в цитоплазме, реже — в органоидах или в ядре. Включения представлены главным образом гранулами (полисахариды: гликоген у животных, крахмал у растений; реже белками — в цитоплазме яйцеклеток), каплями (липиды) и кристаллами (оксалат кальция). К клеточным включениям относятся также некоторые пигменты — желтый и коричневый липофусцин (накапливается в процессе старения клеток), ретинин (входит в состав зрительного пигмента), родопсин (в сетчатке глаза), меланин и т. п.

## Ядро

Ядро состоит из ядерной оболочки, ядерного сока (кариоплазмы или нуклеоплазмы), ядрышка (обычно одно или два) и хроматина. Ядро отвечает за хранение и передачу наследственной информации.

Ядерная оболочка (кариолемма) состоит из двух биологических мембран. Через определенные интервалы обе мембраны сливаются друг с другом, образуя поры — это отверстия в ядерной мембране. Через них происходит обмен веществ с цитоплазмой. Ядерная оболочка обособляет хромосомы от цитоплазмы.

Основу кариоплазмы составляют белки. Она содержит ферменты, необходимые для синтеза нуклеиновых кислот и рибосом. Также в ядерном соке содержится РНК.

Ядрышки — это место сборки рибосом, это непостоянные структуры ядра. Они исчезают в начале деления клетки и вновь появляются к его концу. Ядрышко состоит из белков и нуклеиновых кислот.

Хромосомы состоят из ДНК и белков-гистонов и могут находиться в двух структурно-функциональных состояниях: спирализованном (неактивном) и деспирализованном (рабочем).

В интерфазе хромосомы представлены клубком тонких деспирализованных нитей, которые различимы только в электронный микроскоп. Такое состояние называется рабочим, т. к. в этом состоянии происходят процессы транскрипции и репликации. В цитологии хромосомное вещество в интерфазе называют хроматином. Различают гетерохроматин (неактивные участки) и эухроматин (активные участки).

В процессе деления клетки хроматин конденсируется, образуя компактные структуры — хромосомы, различимые в световой микроскоп. При этом хроматин переходит в неактивное состояние — состояние метаболического покоя при максимальной конденсации, когда выполняются функции распределения и переноса генетического материала в дочерние клетки.

Во время деления хромосомы лучше всего видны под микроскопом в стадии метафазы. В это время хромосомы состоят из двух хроматид, связанных между собой первичной перетяжкой, которая делит каждую хроматиду на два участка — плеча (рис. 4.13). По месту расположения первичной перетяжки выделяют несколько видов хромосом (рис. 4.14): метацентрические или равноплечие (оба плеча хромосомы имеют одинаковую длину); субметацентрические или неравноплечие (плечи хромосомы несколько отличаются по размеру); акроцентрические (одно плечо очень короткое); телоцентрические (центромера расположена на конце хромосомы).

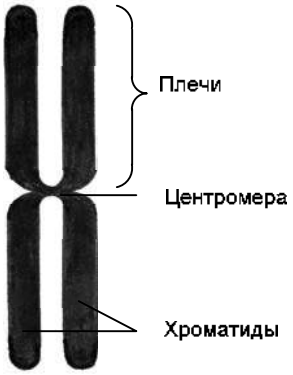



**Рис. 4.13.** Строение хромосомы

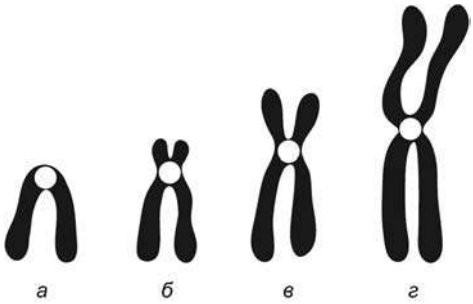



**Рис. 4.14.** Типы хромосом: *а* — телоцентрические; *б* — акроцентрические; *в* — субметацентрические; *г* — метацентрические

У некоторых хромосом, помимо центромеры, встречаются дополнительные перетяжки, которые получили название вторичных. Их также называют ядрышковыми организаторами: именно на этих участках происходит образование ядрышек в интерфазе. У человека это 13, 14, 15, 21 и 22 хромосомы.

Хромосомы, отличающиеся друг от друга морфологически, называются негомологичными. Хромосомы, имеющие сходное строение и размеры, называются гомологичными. В диплоидном наборе каждая хромосома имеет гомологичную ей хромосому. У человека в диплоидном наборе 46 хромосом, из них 44 аутосомы и 2 половые хромосомы (XX у женщин и XY у мужчин).

В табл. 4.3 приведена сравнительная характеристика клеток растений (рис. 4.15) и животных (рис. 4.16).

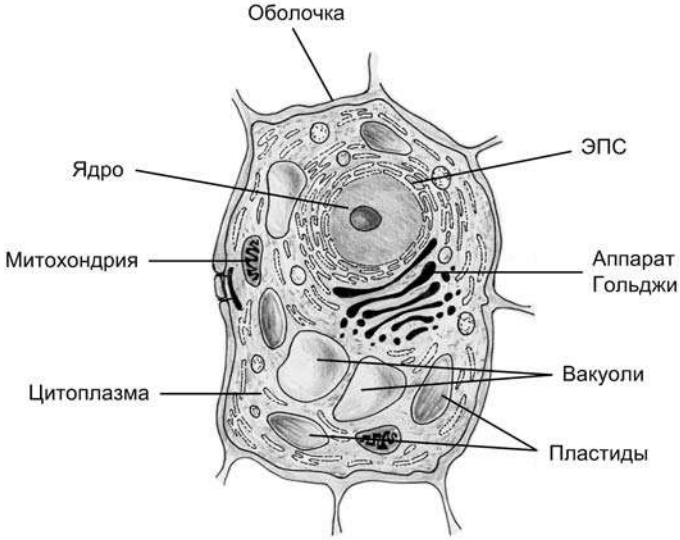



**Рис. 4.15.** Строение клетки растения

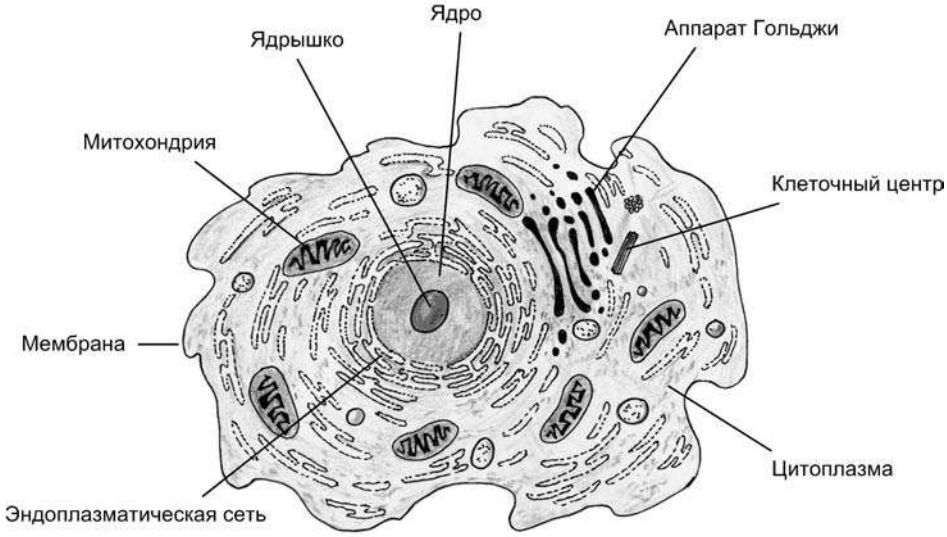



**Рис. 4.16.** Строение клетки животного

***Таблица 4.3.*** *Клетки растений и животных: сравнительная характеристика*

| **Признак** | **Растения** | **Животные** |
|---|---|---|
| Оболочка | Есть, состоит из целлюлозы | Отсутствует |
| Плазмалемма | Есть, гликокаликс отсутствует | Есть, на мембране развит гликокаликс |
| ЭПС, лизосомы, митохондрии, аппарат Гольджи, рибосомы | Есть | Есть |

***Таблица 4.3*** *(окончание)*

| Признак | Растения | Животные |
|---|---|---|
| Вакуоль | Крупные, занимают центральное положение | Мелкие, присутствуют не во всех клетках |
| Пластиды | Есть | Отсутствуют |
| Клеточный центр | Только у низших | Есть у всех животных |
| Тип питания | Автотрофный, очень редко гетеротрофный | Гетеротрофный, очень редко — миксотрофный |

## МЕТАБОЛИЗМ КЛЕТКИ

Метаболизм (обмен веществ) проходит во всех клетках и непосредственно обеспечивает их существование. Остановка обмена веществ приводит к смерти.

Обмен веществ состоит из двух процессов: ассимиляции и диссимиляции (рис. 4.17). *Диссимиляция* (энергетический обмен, катаболизм) — совокупность всех процессов распада сложных веществ на простые с выделением энергии, проходящих в живых организмах. По способу диссимиляции организмы делятся на аэробные и анаэробные. К аэробным организмам относится большинство животных (за исключением некоторых червей-паразитов); к анаэробам — многие бактерии (например, *Clostridium botulinum*, выделяющая токсин, вызывающий смертельно опасную болезнь — ботулизм) и грибы (например, дрожжи).

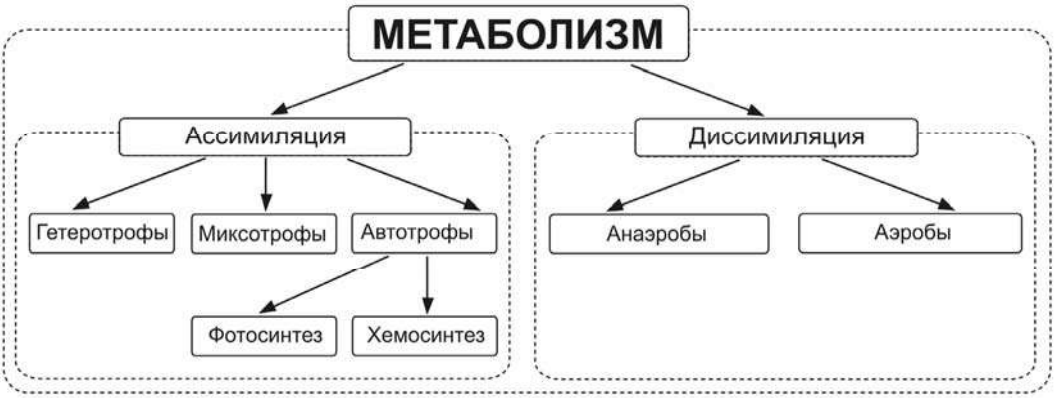



**Рис. 4.17.** Схема метаболизма

*Ассимиляция* (пластический обмен, анаболизм) — совокупность всех процессов биосинтеза, проходящих в живых организмах. По способу ассимиляции и в зависимости от вида используемой энергии и исходных веществ организмы делятся на автотрофов и гетеротрофов.

*Автотрофы* — это организмы, самостоятельно синтезирующие органические вещества из неорганических, используя для этого энергию Солнца (фотоавтотрофы)

или энергию окисления неорганических веществ (хемоавтотрофы). К автотрофам относятся растения, бактерии и сине-зеленые водоросли. Роль автотрофов в круговороте веществ огромна: они преобразуют энергию Солнца в энергию химических связей органических веществ, которая используется всеми остальными живыми организмами нашей планеты, а также выделяют в атмосферу кислород (фотоавтотрофы), который необходим большинству живых существ для получения энергии.

*Гетеротрофы* — это организмы, получающие готовые органические вещества вместе с пищей. К ним относятся животные, грибы и бактерии. Также существуют организмы с *миксотрофным* (смешанным) типом питания: днем они питаются как растения, ночью — как животные (например, эвглена зеленая). Гетеротрофы также играют важную роль в круговороте веществ: они выделяют неорганические вещества (углекислый газ и воду), используемые автотрофами, а также разлагают органические вещества до неорганических (прежде всего, это бактерии и грибы-редуценты).

## Диссимиляция у аэробов

Энергетический обмен у *аэробных организмов* состоит из трех этапов: подготовительного, бескислородного (гликолиза) и кислородного.

*Подготовительный этап* проходит в пищеварительной системе или в клетке под действием ферментов лизосом. Во время этого этапа происходит распад всех биополимеров до мономеров: белки распадаются сначала до аминокислот; жиры — до глицерина и жирных кислот; полисахариды — до моносахаридов (до глюкозы и ее изомеров). При распаде полимеров выделяется энергия в виде тепла.

*Бескислородный (или анаэробный) этап* проходит в матриксе цитоплазмы. Этот этап называют *гликолизом*:

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ферменты}} 2CH_3\text{—}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{—}COOH + 4H$$

Под действием ферментов глюкоза расщепляется до двух молекул ПВК (пировиноградной кислоты). При этом выделяются 4 атома водорода, которые акцептируются веществом под названием НАД$^+$ (никотинамидадениндинуклеотид) — оно восстанавливается в НАД*Н (эта запасенная энергия в дальнейшем будет использоваться для синтеза АТФ). Также за счет распада глюкозы образуются 2 молекулы АТФ из АДФ.

*Кислородный этап* проходит в митохондриях. Две молекулы ПВК поступают на ферментативный кольцевой "конвейер", который называют *циклом Кребса* или циклом трикарбоновых кислот. Все ферменты этого цикла находятся в матриксе митохондрий.

Попадая в митохондрии, ПВК окисляется и превращается в богатое энергией вещество — ацетил кофермент А (это производное уксусной кислоты). Далее это веще-

ство реагирует с ЩУК (щавелево-уксусной кислотой), образуя лимонную кислоту (цитрат), кофермент А, протоны (акцептируются НАД$^+$, который превращается в НАД*Н) и углекислый газ. В дальнейшем лимонная кислота окисляется и вновь превращается в ЩУК, которая реагирует с новой молекулой ацетил кофермента А, и весь цикл повторяется заново. Во время этого процесса накапливается энергия в виде НАД*Н.

Следующая стадия — окислительное фосфорилирование, которое происходит на внутренней мембране митохондрий. Этот процесс был открыт русским ученым В. А. Энгельгардтом. При этом происходит превращение энергии, запасенной в НАД*Н, в энергию связей АТФ. В ходе этого процесса от НАД*Н отрываются ионы водорода и электроны. Электроны перемещаются по цепи переноса электронов к конечному акцептору — молекулярному кислороду. При переходе электронов со ступени на ступень выделяется энергия, которая используется для превращения АДФ в АТФ. Образование АТФ происходит с помощью фермента АТФ-синтетазы.

Протоны поступают в межмембранное пространство митохондрий. За счет их движения растет разность потенциалов по обе стороны внутренней мембраны митохондрий. По достижению определенного значения разности потенциалов протоны начинают двигаться через канал АТФ-синтетазы, и их энергия используется для синтеза АТФ. Вернувшись в матрикс, $H^+$ реагируют с кислородом с образованием воды. Во время кислородного этапа образуется 36 молекул АТФ.

Таким образом, конечными продуктами распада глюкозы являются углекислый газ и вода. При полном распаде одной молекулы глюкозы выделяется 38 молекул АТФ. При нехватке кислорода в клетке происходит окисление глюкозы с образованием молочной кислоты (например, при интенсивной работе мышц — бег и т. п.), в результате чего образуются только 2 молекулы АТФ.

Необходимо отметить, что источником энергии могут служить не только молекулы глюкозы. Жирные кислоты также окисляются в клетке до ацетил кофермента А, поступающего в цикл Кребса; при этом также происходит восстановление НАД$^+$ в НАД*Н, который участвует в окислительном фосфорилировании. При острой нехватке в клетке глюкозы и жирных кислот окислению подвергаются многие аминокислоты. Из них также образуются ацетил кофермент А или органические кислоты, участвующие в цикле Кребса.

## Диссимиляция у анаэробов

При *анаэробном способе диссимиляции* отсутствует кислородный этап, поэтому его эффективность значительно ниже, чем при аэробном способе. Энергетический обмен анаэробов называют *брожением*. Выделяют 3 основные разновидности брожения:

- молочнокислое, характерное для молочнокислых бактерий:

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow \underset{\text{молочная кислота}}{2CH_3{-}CH(OH){-}COOH}$$

❒ спиртовое, встречающееся у дрожжей:

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow \underset{\text{этиловый спирт}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2$$

❒ маслянокислое, протекающее у некоторых бактерий

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow \underset{\text{масляная кислота}}{CH_3—CH_2—CH_2—COOH} + 2CO_2 + 2H_2$$

При таком типе обмена в результате распада одной молекулы глюкозы образуются 2 молекулы АТФ. Таким образом, аэробное дыхание почти в 20 раз энергетически более выгодно, чем анаэробное.

## Ассимиляция у автотрофов

Ассимиляция у автотрофов рассматривается на примере фотосинтеза и хемосинтеза.

### Фотосинтез

*Фотосинтез* — это образование органических веществ из неорганических при участии солнечной энергии. Суммарное уравнение фотосинтеза:

$$6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Значительный вклад в изучение фотосинтеза внес К. А. Тимирязев, который доказал, что фотосинтез наиболее активно идет в красных лучах спектра, и что растения в процессе фотосинтеза преобразуют энергию Солнца в химическую энергию.

Фотосинтез характерен для растений и некоторых прокариот. Для протекания фотосинтеза необходимо наличие пигментов, прежде всего хлорофилла. В состав хлорофилла входит атом магния. Хлорофилл поглощает синие и красные лучи спектра и отражает зеленые. Также могут присутствовать другие пигменты: желтые каротиноиды и красные или синие фикобилины. В зеленых листьях каротиноиды маскируются хлорофиллом; они поглощают свет, не доступный для других пигментов, и передают его хлорофиллу.

В хлоропластах есть две фотосистемы: фотосистема I и II. Каждая фотосистема содержит реакционный центр, который состоит из хлорофилла и специального белка. Этот центр поглощает свет с определенной длиной волны: в фотосистеме I — 700 нм (центр $P_{700}$), в фотосистеме II — 680 нм (центр $P_{680}$).

Фотосинтез состоит из двух стадий: световой и темновой.

*Световая стадия*. Происходит в тилакоидах. Энергия света поглощается хлорофиллом и переводит его в возбужденное состояние. Электроны из фотосистем I и II поступают на цепь переноса электронов, т. е. в молекулах хлорофилла остаются незаполненные места для электронов. "Дыры" в фотосистеме I заполняются электронами из фотосистемы II; а "дыры" в фотосистеме II — электронами, которые образуются при фотолизе воды. Во время движения электроны теряют энергию, часть которой используется для синтеза АТФ. Электрон из фотосистемы I двигает-

ся к молекуле НАДФ$^+$ (никотинамидадениндинуклеотидфосфат), восстанавливая его в НАДФ*Н.

Практически одновременно в хлоропластах происходит *фотолиз воды* — ее расщепление под действием солнечного света. При этом образуются электроны (идут в фотосистему II), протоны (акцептируются НАДФ$^+$) и кислород (как побочный продукт):

$$2H_2O = 4H^+ + 4e + O_2$$

Таким образом, в результате световой стадии происходит накопление энергии в виде АТФ и НАДФ*Н, а также образование кислорода.

Фотосистема I может работать независимо от фотосистемы II. При этом не происходит фотолиз воды и не образуется свободный кислород. Такой тип фотосинтеза характерен для некоторых бактерий.

*Темновая стадия.* Происходит в матриксе (строме) хлоропластов. Не требует наличия света. Молекула углекислого газа при помощи ферментов реагирует с 1,5-рибулезодифосфатом (это производное рибозы). Образуется промежуточное соединение $C_6$, которое разлагается водой на две молекулы фосфоглицериновой кислоты ($C_3$). Из этих веществ путем сложных реакций синтезируется фруктоза, которая далее изомеризуется в глюкозу. Для этих реакций требуется 18 молекул АТФ и 12 молекул НАДФ*Н. Из глюкозы в растениях образуются крахмал и целлюлоза. Фиксация углекислого газа и превращение его в углеводы носит циклический характер и называется *циклом Кальвина*.

Фотосинтез у бактерий имеет ряд особенностей. Так, основным пигментом для цианобактерий служит хлорофилл, для других бактерий — бактериохлорофилл; вспомогательные пигменты представлены каротиноидами и некоторыми другими. Эти пигменты обычно располагаются на внутриклеточных выростах плазматической мембраны. Цианобактерии выделяют кислород при фотосинтезе, пурпурные и зеленые бактерии — нет.

Значение фотосинтеза для сельского хозяйства велико: именно от него зависит урожай сельскохозяйственных культур. Растение при фотосинтезе использует лишь несколько процентов солнечной энергии, попадающей на листья, поэтому одним из важных направлений селекции является выведение новых сортов с большей эффективностью фотосинтеза. Для повышения эффективности фотосинтеза используют следующие приемы: искусственное освещение (дополнительная подсветка лампами дневного света в пасмурные дни или весной и осенью) в теплицах; отсутствие затенения культурных растений, соблюдение необходимых расстояний между растениями и т. п.

## Хемосинтез

*Хемосинтез* — это процесс образования органических веществ из неорганических при использовании энергии, полученной при окислении неорганических веществ. Он был открыт русским микробиологом С. Н. Виноградским в XIX в. (1887 г.) и возможен только у бактерий.

- серобактерии окисляют сероводород до серы и далее до серной кислоты:

$$2H_2S + O_2 \rightarrow 2S + 2H_2O + Q$$

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4 + Q$$

- Нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак сначала до азотистой кислоты, а ее — до азотной кислоты:

$$2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2HNO_2 + 2H_2O + Q$$

$$2HNO_2 + O_2 \rightarrow 2HNO_3 + Q$$

- Водородные бактерии окисляют водород до воды:

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + Q$$

- Железобактерии окисляют соединения Fe (II) до Fe (III):

$$4Fe(HCO_3)_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3 + 8CO_2 + Q$$

$$4FeO + O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + Q$$

Энергия, выделяющаяся при окислении неорганических веществ, запасается в виде АТФ и в дальнейшем используется на процессы биосинтеза.

Хемосинтезирующие бактерии обитают в почве и различных водоемах и играют важную роль в круговороте веществ. Например, благодаря жизнедеятельности железобактерий в природе накапливаются руды железа; а нитрифицирующие бактерии образуют запасы селитры.

## Ассимиляция у гетеротрофов

Ассимиляция у гетеротрофов рассматривается на примере репликации ДНК и биосинтеза белка.

### Репликация ДНК (удвоение ДНК)

В результате этого процесса образуются две двойные спирали ДНК, которые ничем не отличаются от исходной (материнской). Сначала с помощью фермента геликазы двойная спираль ДНК расплетается в точках начала репликации. Затем к обеим цепям ДНК подходит специальный фермент праймаза (от англ. *primer* — затравка), который синтезирует небольшой участок новой ДНК. Затем еще один фермент удаляет праймазу, а к образовавшемуся участку новой ДНК прикрепляется фермент ДНК-полимераза, осуществляющий синтез дочерних цепей ДНК. Необходимость праймазы обусловлена тем фактом, что фермент ДНК-полимераза не может самостоятельно начать синтез цепей ДНК.

На одной из цепей процесс идет непрерывно — эта цепь называется лидирующей. Вторая цепь ДНК синтезируется короткими фрагментами (фрагментами Оказаки), которые "сшиваются" вместе с помощью специального фермента (ДНК-лигазы). Эта цепь называется отстающей или запаздывающей.

Участок между двумя точками, в которых начинается синтез дочерних цепей, называется *репликоном*. У эукариот в ДНК имеется много репликонов, у прокариот

только один репликон. В каждом репликоне есть репликативная вилка — это та часть молекулы ДНК, которая уже расплелась.

Репликация основана на ряде принципов:

- *комплементарности* (А–Т, Ц–Г);
- *антипараллельности.* Каждая цепь ДНК имеет определенную ориентацию: один конец несет остаток ортофосфорной кислоты, соединяющейся с 5′-углеродом дезоксирибозы, а второй — ОН-группу, соединенную с 3′-углеродом. Цепи в молекуле ДНК расположены антипараллельно: одна от 3′- к 5′-концу, а вторая (комплементарная ей) — от 5′- к 3′-концу. Фермент ДНК-полимераза может двигаться вдоль цепи лишь в одном направлении: от их 3′-концов к 5′-концам. Поэтому синтез новых цепей идет антипараллельно;
- *полуконсервативности.* Образуются две дочерние спирали, каждая из которых сохраняет (консервирует) в неизменном виде одну из половин материнской ДНК;
- *прерывистости.* Чтобы новые нити ДНК могли образоваться, материнские цепи должны быть полностью раскручены и вытянуты, что невозможно; поэтому репликация начинается одновременно в нескольких местах.

При репликации ДНК дочерние цепи должны быть точно такими же, как и материнские. Однако ДНК состоит из миллионов пар нуклеотидов, поэтому при репликации неизбежно возникают ошибки, когда в дочернюю цепь включаются "неправильные" нуклеотиды, что может привести к нарушению ее структуры и свойств. Поэтому в клетке есть система *репарации (исправления) ДНК*. Эта система действует следующим образом: сначала специальный фермент опознает неправильно вставший нуклеотид, а затем другой фермент вырезает его из дочерней цепи ДНК. После этого ДНК-полимераза присоединяет верные нуклеотиды на этом участке.

## Биосинтез белка

Информация о первичной структуре молекулы белка зашифрована в молекуле ДНК. Система записи информации о последовательности расположения аминокислот в белках с помощью последовательности расположения нуклеотидов в и-РНК называется *генетическим кодом*.

Свойства кода:

- триплетность — каждая аминокислота зашифрована последовательностью из трех нуклеотидов. Эта последовательность называется триплетом или кодоном. Всего существует 64 триплета, из них 61 шифрует аминокислоты, еще 3 не кодируют ни одной аминокислоты;
- вырожденность (избыточность) — каждая аминокислота зашифрована несколькими кодонами (от 2 до 6). Исключение составляют метионин и триптофан — каждая из них кодируется одним триплетом;
- однозначность — каждый кодон шифрует только одну аминокислоту;

- между генами имеются "знаки препинания" (стоп-кодоны) — это три специальных триплета (УАА, УАГ, УГА), которые не кодируют аминокислоты. Эти триплеты находятся в конце каждого гена. Внутри гена "знаков препинания" нет;
- универсальность — генетический код одинаков у всех живых организмов Земли.

В биосинтезе белка различают три этапа — транскрипцию, посттранскрипционные процессы и трансляцию.

*Транскрипция* — это процесс синтеза и-РНК по матрице ДНК. У эукариот происходит в ядре, митохондриях и хлоропластах, у прокариот — в цитоплазме. Двойная спираль ДНК состоит из матричной (некодирующей, антисмысловой) и нематричной (кодирующей, смысловой) цепей. Матричная цепь ДНК служит основой (матрицей) для синтеза и-РНК. Кодирующая (нематричная) цепь ДНК по последовательности нуклеотидов совпадает с и-РНК, с одним лишь отличием в нуклеотидах: в ДНК содержится тимин, в и-РНК — урацил.

Транскрипция состоит из трех фаз:

- инициация — начало синтеза и-РНК. Во время этой стадии фермент РНК-полимераза прикрепляется к промотору (это участок в начале гена) матричной цепи ДНК;
- элонгация — это синтез молекулы и-РНК по правилу комплементарности;
- терминация — завершение синтеза и-РНК и ее отделение от матричной цепи ДНК. В результате у эукариот образуется пре-и-РНК, а у прокариот — зрелая и-РНК.

*Посттранскрипционные процессы у эукариот.* После образования пре-и-РНК начинается созревание или процессинг и-РНК. При этом из молекулы РНК удаляются интронные участки (не несущие информацию о структуре белка) с последующим соединением экзонных участков (этот процесс называют сплайсингом). Одновременно происходит кепирование и полиаденирование. Кепирование — это прикрепление к 5′-концу молекулы и-РНК одного или нескольких модифицированных нуклеотидов, что обеспечивает правильную установку уже зрелой и-РНК в рибосоме. Полиаденирование — это присоединение к 3′-концу и-РНК нескольких десятков или сотен аденозиновых нуклеотидов. Этот процесс удлиняет время существования данной и-РНК в клетке, позволяя уменьшить затраты ресурсов и энергии на ее синтез. После завершения этих процессов зрелая и-РНК выходит из ядра и направляется к месту синтеза белка (к рибосомам).

*Трансляция* — это синтез полипептидных цепей белков, выполняемый по матрице и-РНК в рибосомах.

Аминокислоты, необходимые для синтеза белка, доставляются в рибосомы с помощью т-РНК. Молекула т-РНК имеет форму листа клевера, на вершине которого имеется последовательность из трех нуклеотидов, комплементарных нуклеотидам кодона в и-РНК. Эта последовательность называется *антикодоном*. Фермент кодаза опознает т-РНК и присоединяет к ней соответствующую аминокислоту (тратится энергия одной молекулы АТФ).

Биосинтез белка начинается с того (у бактерий), что кодон АУГ, расположенный на первом месте в копии с каждого гена, занимает место на рибосоме в донорном участке и к нему присоединяется т-РНК, несущая формилметионин (это измененная форма аминокислоты метионина). После завершения синтеза белка формилметионин отщепляется от полипептидной цепочки.

На рибосоме имеются два участка для связывания двух молекул т-РНК: донорный и акцепторный. В акцепторный участок поступает т-РНК с аминокислотой и присоединяется к своему кодону и-РНК. Аминокислота этой т-РНК присоединяет к себе растущую цепь белка, между ними возникает пептидная связь. т-РНК, к которой присоединен растущий белок, перемещается справа налево вместе с кодоном и-РНК в донорный участок рибосомы. В освободившийся акцепторный участок приходит новая т-РНК с аминокислотой, и все повторяется заново. Когда на рибосоме оказывается один из знаков препинания, ни одна из т-РНК с аминокислотой не может занять акцепторный участок. Синтез белка завершается, и полипептидная цепь отрывается и покидает рибосому.

Если на одной и-РНК одновременно находится несколько рибосом, то такую структуру называют *полисомой*. Полисома позволяет синтезировать большее количество молекул белка за меньшее время.

Клетки разных тканей организма синтезируют разные белки (так, амилаза синтезируется клетками слюнных желез; инсулин — клетками поджелудочной железы и т. п.). При этом все клетки организма образовались из зиготы путем ее многократного деления митозом, т. е. имеют одинаковый генетический набор. Эти отличия связаны с тем, что в разных клетках транскрипции подвергаются разные участки ДНК, т. е. образуются разные и-РНК, по которым и синтезируются белки. Таким образом, в каждой клетке реализуется только часть наследственной информации, а не вся информация целиком.

## Строение гена

У эукариот ген состоит из регуляторной и структурной частей (рис. 4.18). Регуляторная зона лежит в начале гена и оказывает влияние на его активность. Также ее составной частью является промотор — это участок, с которым соединяется РНК-полимераза. За промотором находится структурная часть гена, которая и содержит информацию о первичной структуре белка. Чаще всего она состоит из экзонов (по-

**Рис. 4.18.** Строение гена эукариот

следовательность нуклеотидов, несущих информацию о структуре белка) и интронов (не несут такую информацию). Именно из-за такого строения при транскрипции образуется пре-и-РНК, которая затем подвергается процессингу (созреванию). За структурной частью гена расположен терминатор, при достижении которого РНК-полимеразой происходит завершение транскрипции. В регуляции генной активности также принимают участие энхансеры и сайленсеры — участки ДНК, лежащие около структурного гена или довольно далеко от него. Энхансер связывается с особыми белками и повышает уровень транскрипции. Сайленсер также взаимодействует с белками и ослабляет или прекращает транскрипцию.

У прокариот гены чаще всего объединены в опероны — это функциональные единицы транскрипции (рис. 4.19). В начале оперона расположен регуляторный ген, далее находится промотор, затем — оператор (специальный участок, с которого начинается синтез и-РНК) и только после него располагаются структурные гены. В конце оперона также находится терминатор. В отличие от эукариот, у прокариот структурные гены содержат только кодирующие последовательности нуклеотидов, т. е. не обладают интрон-экзонной структурой.

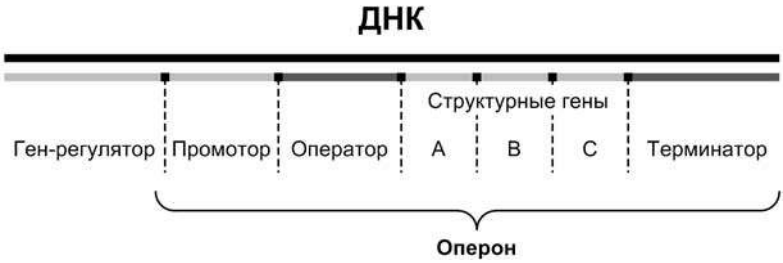



**Рис. 4.19.** Строение оперона прокариот

**Регуляции генной активности при синтезе отдельных белков на примере бактерий (схема Ф. Жакоба и Ж. Моно)**

Если в питательной среде, где обитают бактерии, нет сахара, то в клетке бактерий нет ферментов, необходимых для его расщепления. Но через несколько секунд после добавления сахара в клетке синтезируются все необходимые ферменты.

Ферменты бактерий, участвующие в превращении сахара, закодированы в структурных генах одного оперона. Оперон — это группа генов, несущих информацию о структуре белков, необходимых для выполнения одной функции. Между структурными генами и промотором есть оператор, с которым взаимодействует специальный белок-репрессор, блокирующий синтез и-РНК.

Когда в клетку попадает субстрат (в данном случае сахар), для расщепления которого нужны белки, закодированные в структурных генах данного оперона, одна из молекул субстрата взаимодействует с репрессором. Репрессор отходит от оператора, и начинается синтез и-РНК и образование соответствующих белков-ферментов. Как только сахар в клетке закончится, репрессор освобождается и возвращается на оператор, блокируя синтез и-РНК.

Таким образом, этот механизм позволяет клетке не тратить ресурсы на синтез тех белков, которые не требуются ей в данный момент времени.

## Биотехнология

Биотехнология — это наука, изучающая создание новых организмов, их частей или продуктов их жизнедеятельности с помощью разнообразных методов. Основными методами биотехнологии являются генная и клеточная инженерия.

Генная инженерия — это совокупность методов, позволяющих путем операций in vitro переносить генетическую информацию из одного организма в другой. Основная задача генной инженерии — получение необходимых белков в промышленном масштабе.

Клеточная инженерия — это создание клеток с новыми свойствами с помощью специальных методов. Новые клетки создаются из отдельных фрагментов разных клеток или объединением целых клеток, принадлежащих разным видам организмов. При этом образуется клетка, обладающая признаками нескольких исходных организмов, чьи клетки были использованы для ее создания.

## Размножение клеток

Существование клетки с момента ее возникновения в результате деления материнской клетки до последующего деления или смерти называется клеточным циклом. Он состоит из интерфазы и митоза.

### Интерфаза

*Интерфаза* — это наиболее длительная часть клеточного цикла. Она состоит из трех периодов (пресинтетический, синтетический и постсинтетический). *Пресинтетический* период ($G_1$) следует непосредственно за делением. Как правило, это самый длительный период интерфазы. В это время происходит подготовка клетки к удвоению хромосом: синтезируется РНК и АТФ, образуются белки, увеличивается поверхность гранулярной эндоплазматической сети, растет число рибосом и митохондрий. Клетка интенсивно растет. Генетический набор — 2n2c. В *синтетическом* периоде (S) продолжается синтез РНК и белков, а также происходит удвоение хромосом, в основе которого лежит репликация ДНК. Вновь синтезированная ДНК сразу соединяется с белками. По окончании этого периода каждая хромосома оказывается удвоенной — состоящей из двух сестринских хроматид. Сестринские хроматиды тесно сближены и соединены друг с другом с помощью первичной перетяжки (центромеры). Генетический набор — 2n4c. *Постсинтетический* период ($G_2$) — клетка готовится к делению: синтезируются белки микротрубочек, запасается энергия в виде АТФ. Это самый короткий период интерфазы. Генетический набор — 2n4c.

### Митоз

*Митоз* — это непрямое деление клетки. При этом из одной материнской клетки с диплоидным набором хромосом образуются две дочерние клетки с диплоидным

набором хромосом, идентичные исходной. Длительность митоза составляет 1—3 часа. Он состоит из 4 последовательных фаз: профазы, метафазы, анафазы и телофазы (рис. 4.20).

*Профаза* (набор 2n4c). Хромосомы укорачиваются и утолщаются, к концу профазы некоторые хромосомы можно различить среди общей массы. Ядрышко, хорошо видимое в начале профазы, к ее концу исчезает. Центриоли начинают расходиться к полюсам клетки. В цитоплазме образуются нити веретена деления и формируются два полюса деления. К концу профазы растворяется ядерная оболочка и хромосомы оказываются в цитоплазме.

*Метафаза* (набор 2n4c). К центромерным районам хромосом прикрепляются микротрубочки веретена деления обоих полюсов, хромосомы двигаются и занимают центральное положение в клетке. Все хромосомы обособлены друг от друга и хорошо различимы. К концу метафазы хроматиды каждой хромосомы четко обособляются друг от друга, они соединены только центромерой.

*Анафаза* (набор 4n4c). Сестринские хроматиды всех хромосом одновременно разъединяются и расходятся к полюсам клетки с помощью микротрубочек веретена деления. С этого момента каждая хроматида считается самостоятельной хромосомой.

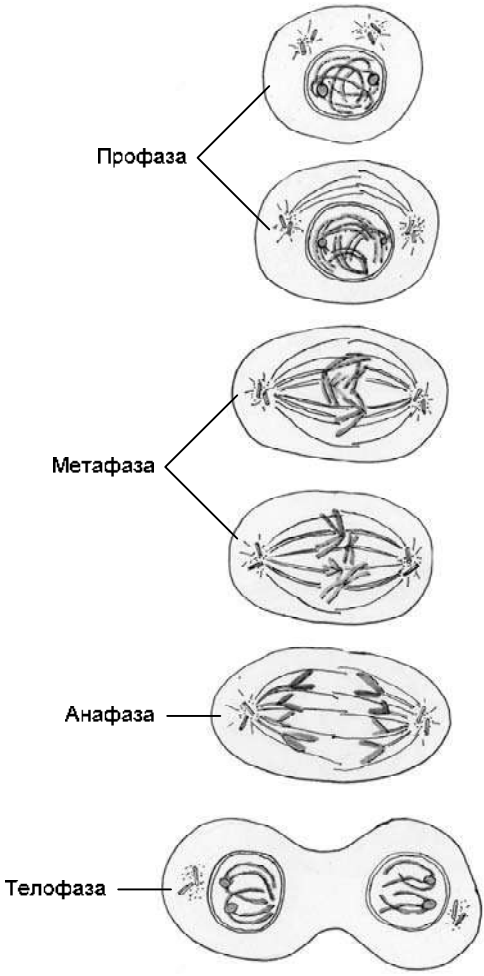



**Рис. 4.20.** Фазы митоза

*Телофаза* (набор 4n4c → 2n2c). Вокруг собранных у полюсов хромосом формируется ядерная оболочка. Хромосомы удлиняются и утончаются, превращаясь в тонкие и длинные нити, неразличимые в световой микроскоп. Образуются ядрышки. Происходит разрушение микротрубочек. Телофаза заканчивается цитокинезом — делением цитоплазмы (у животных формируется перетяжка из мембраны, у растений — клеточная стенка). Органоиды оказываются в дочерних клетках примерно в равных количествах.

**Биологическое значение митоза.** Митоз лежит в основе процессов роста и вегетативного размножения всех эукариот. Благодаря митозу поддерживается постоянство числа хромосом в клеточных поколениях и осуществляется передача генетиче-

ской информации. С помощью митоза заменяются старые и отмершие клетки организма.

## Мейоз

*Мейоз* — это непрямое деление клеток, в результате которого число хромосом в образующихся клетках уменьшается вдвое. Мейоз проходит при гаметогенезе у животных и при образовании спор у растений (гаметы растений образуются митозом). В результате из каждой клетки с диплоидным набором хромосом образуются 4 гаплоидные клетки. Мейоз состоит из двух следующих друг за другом делений, называемых первым и вторым мейотическими делениями. Каждое из этих делений имеет фазы, аналогичные митозу.

*Первое деление мейоза (редукционное). Профаза I* (набор 2n4c). Хромосомы утолщаются и укорачиваются и становятся видимыми. Происходит конъюгация — гомологичные хромосомы начинают объединяться друг с другом и образуют хромосомные пары или биваленты. Их число соответствует гаплоидному набору хромосом. Далее в бивалентах происходит *кроссинговер* — обмен участками между гомологичными хромосомами (рис. 4.21). К концу профазы связь между гомологичными хромосомами ослабевает. Профаза заканчивается исчезновением ядерной оболочки и ядрышка. Характерной особенностью профазы I мейоза является то, что хромосомы не перестают синтезировать РНК (в отличие от митоза). Синтез РНК прекращается только к концу профазы.

**Рис. 4.21.** Схема кроссинговера

*Метафаза I* (набор 2n4c). В нее вступают биваленты, а не одиночные хромосомы. К ним прикрепляются нити веретена деления — с каждого полюса только к одной хромосоме в биваленте (т. е. каждая хромосома в биваленте соединена только с одним полюсом), и биваленты выстраиваются по экватору клетки. *Анафаза I* (набор 2n4c) — бивалент распадается на две хромосомы, которые отходят к разным полюсам клетки. *Телофаза I* (набор 2n4c → n2c) — хромосомы деконденсируются, образуется ядерная оболочка, разрушаются нити веретена деления. Затем наступает короткий период — *интеркинез*, у некоторых организмов он отсутствует. При этом необходимо отметить, что удвоение хромосом между первым и вторым делениями мейоза не происходит.

*Второе деление мейоза.* Соответствует митотическому делению, только стадии обозначаются с цифрой II: профаза II (набор n2c), метафаза II (набор n2c), анафаза II (набор 2n2c) и телофаза II (набор 2n2c → nc). Второе деление проходит гораздо быстрее первого. В целом мейоз гораздо более длительный процесс, чем митоз (3,5 недели и 1—3 часа соответственно у человека).

*Биологическое значение мейоза.* Происходит образование половых клеток (гамет), необходимых для размножения. В мейозе происходит перекомбинирование наслед-

ственной информации, что повышает генетическое разнообразие вида и, в конечном итоге, повышает его выживаемость.

## Амитоз

*Амитоз* — это прямое деление ядра перетяжкой или фрагментацией. Оно происходит без образования веретена деления, хромосомы не конденсируются, ядерная оболочка не разрушается, а само ядро находится в интерфазном состоянии. В результате такого деления генетический материал разделяется неравномерно. Цитокинез не всегда следует за делением ядра, поэтому могут возникать двухъядерные или многоядерные клетки. Амитоз характерен для клеток, заканчивающих развитие (например, отмирающие эпителиальные), а также он встречается при патологических процессах — при воспалении, росте злокачественных опухолей. После амитоза клетка не способна вернуться к нормальному митотическому циклу.

# Тест по теме "Цитология"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Рибосомы были открыты с помощью:

1) авторадиографии;

2) электронного микроскопа;

3) светового микроскопа;

4) центрифугирования.

**А2.** В клетке происходит обмен веществ, поэтому она является:

1) структурной единицей живого;

2) функциональной единицей живого;

3) строительной единицей живого;

4) наименьшей единицей живого.

**А3.** Что представляет собой хромосома в животной клетке?

1) ДНК и белки; 3) р-РНК и белки;

2) ДНК, РНК и белки; 4) и-РНК и белки.

**А4.** Органические вещества, ускоряющие в клетке химические реакции, относятся:

1) к жирам; 2) к белкам; 3) к витаминам; 4) к углеводам.

**А5.** Какая функция характерна для липидов?

1) каталитическая; 3) транспортная;

2) наследственная; 4) регуляторная.

**А6.** В отличие от РНК, в ДНК содержится:

1) рибоза;

2) остаток фосфорной кислоты;

3) тимин;

4) фосфолипиды.

**А7.** Вторичная структура белка обусловлена:

1) соединением нескольких молекул белка;

2) пептидными связями;

3) гидрофобными взаимодействиями;

4) водородными связями.

**А8.** Ион какого металла участвует в проведении нервного импульса и в большем количестве содержится в межклеточной жидкости?

1) калия; 2) кальция; 3) натрия; 4) железа.

**А9.** В молекуле ДНК содержится 15% аденина. Определите, сколько (в %) в этой молекуле содержится цитозина:

1) 15%; 2) 35%; 3) 50%; 4) 85%.

**А10.** Какую функцию в клетке выполняет клеточный центр?

1) регулирует все процессы жизнедеятельности;

2) участвует в биосинтезе белка;

3) участвует в делении клетки;

4) обеспечивает транспорт веществ.

**А11.** Если в клетке организма нет митохондрий, то он относится:

1) к эукариотам; 3) к вирусам;

2) к прокариотам; 4) к грибам.

**А12.** Хлоропласты можно обнаружить в:

1) камбии липы; 3) кожице герани;

2) древесине сосны; 4) гифах белого гриба.

**А13.** Что такое фагоцитоз?

1) перенос веществ через мембрану с помощью белков-переносчиков;

2) диффузия веществ через мембрану без затрат энергии;

3) захват мембраной твердых частиц и поступление их в клетку;

4) захват мембраной капель жидкости и поступление их в клетку.

**А14.** Оболочка из клетчатки встречается у:

1) всех бактерий; 3) грибов;

2) водорослей; 4) животных.

**А15.** Помимо ядра, ДНК в клетке эукариот находится:

1) в лизосомах; 3) в эндоплазматической сети;

2) в митохондриях; 4) в клеточном центре.

**А16.** Аппарат Гольджи отвечает за...

1) энергетический обмен; 3) образование АТФ;

2) синтез липидов; 4) накопление и транспорт веществ.

**А17.** Наибольшее количество митохондрий находится в клетках...

1) жировой ткани; 3) рыхлой соединительной ткани;

2) мышечной ткани; 4) эпителиальной ткани.

**А18.** Не во всех клетках эукариот присутствует:

1) плазматическая мембрана; 3) митохондрии;

2) клеточная стенка; 4) лизосомы.

**А19.** Что происходит на бескислородном этапе диссимиляции?

1) распад белков до аминокислот;

2) распад глюкозы до пировиноградной кислоты;

3) распад глюкозы до углекислого газа и воды;

4) синтез липидов из глицерина и жирных кислот.

**А20.** Энергию Солнца поглощает:

1) электрон хлорофилла; 3) молекулы воды;

2) ионы магния; 4) белки-рецепторы.

**А21.** Что происходит в световую стадию фотосинтеза?

1) распад воды; 3) образование крахмала;

2) синтез глюкозы; 4) окисление глюкозы.

**А22.** Благодаря какому процессу клетки растений получают необходимую им энергию?

1) хемосинтезу; 3) биосинтезу белков;

2) дыханию; 4) осмосу.

**А23.** Молочная кислота образуется в клетках тела человека при:

1) нехватке глюкозы; 3) нехватке воды;

2) недостатке кислорода; 4) нехватке АТФ.

**А24.** Сколько молекул АТФ образуется из одной молекулы глюкозы при аэробном окислении?

1) 2; 2) 36; 3) 38; 4) 40.

**А25.** Матрицей для синтеза белка служит молекула:

1) ДНК; 2) т-РНК; 3) и-РНК; 4) р-РНК.

**А26.** В трансляции участвовало 80 молекул т-РНК. Определите количество нуклеотидов в гене, который кодирует этот белок:

1) 80; 2) 160; 3) 240; 3) 320.

**А27.** Какую роль играет т-РНК в биосинтезе белка?

1) служит матрицей для синтеза полипептидной цепи;

2) переносит аминокислоты к месту синтеза;

3) переносит и-РНК к рибосомам;

4) участвует в образовании рибосом.

**А28.** При делении клетки наиболее сильные изменения происходят с:

1) митохондриями; 3) клеточным центром;

2) рибосомами; 4) аппаратом Гольджи.

**А29.** Основным отличием мейоза от митоза является:

1) образование веретена деления;

2) спирализация хромосом в профазе;

3) сохранение постоянного числа хромосом в дочерних клетках;

4) обмен генетической информацией между гомологичными хромосомами.

**А30.** Исчезновение ядрышек и ядерной оболочки происходит в:

1) телофазе; 2) профазе; 3) анафазе; 4) метафазе.

**А31.** В конце телофазы II мейоза в клетке:

1) диплоидный набор хромосом, каждая хромосома состоит из двух хроматид;

2) диплоидный набор хромосом, каждая хромосома состоит из одной хроматиды;

3) гаплоидный набор хромосом, каждая хромосома состоит из двух хроматид;

4) гаплоидный набор хромосом, каждая хромосома состоит из одной хроматиды.

**А32.** Расхождение гомологичных хромосом в мейозе происходит в:

1) метафазе I; 2) метафазе II; 3) анафазе I; 4) анафазе II.

**А33.** Хромосомный набор соматических клеток мужчины:

1) 44 аутосомы + XX; 3) 46 аутосом;

2) 44 аутосомы + XY; 4) 22 аутосомы + Y-хромосома.

**А34.** В основе роста и развития любого многоклеточного организма лежит:

1) митоз;
2) мейоз;
3) множественное деление;
4) амитоз.

**А35.** Какой набор характерен для клетки в стадии мейоза в метафазе I?

1) 2n2c; 3) 2n4c; 3) n2c; 4) nc.

**А36.** В результате мейоза образуются:

1) две одинаковые клетки;
2) две различные клетки;
3) четыре абсолютно одинаковые клетки;
4) четыре различные клетки.

## Часть В

**В заданиях В1—В3 выберите три правильных ответа из шести.**

**В1.** Какие функции в клетке выполняет аппарат Гольджи?

1) принимает участие в образовании лизосом;
2) отвечает за транспорт веществ из клетки;
3) в нем накапливаются вещества, синтезированные в клетке;
4) обеспечивает протекание диссимиляции;
5) образует АТФ;
6) в нем происходит расщепление полисахаридов до моносахаридов.

**В2.** Какие клетки имеют диплоидный набор хромосом?

1) спермии цветкового растения;
2) яйцеклетки морского ежа;
3) камбия стебля липы;
4) стафилококка;
5) кардиомиоциты сердца лягушки;
6) зигота хламидомонады.

**В3.** Выберите процессы, происходящие в световой стадии фотосинтеза:

1) запасается энергии в виде молекул АТФ;
2) образуется глюкоза из углекислого газа и воды;
3) поглощается энергия Солнца;
4) происходит фотолиз воды;
5) синтезируется крахмал;
6) АТФ расходуется на синтез углеводов.

**При выполнении заданий В4—В7 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В4.** Установите соответствие между характеристикой и процессом жизнедеятельности клетки.

| ХАРАКТЕРИСТИКА | ПРОЦЕСС |
|---|---|
| А) образуется углекислый газ и вода | 1) фотосинтез |
| Б) происходит в хроматофоре | 2) дыхание |
| В) поглощается кислород | |
| Г) энергия расходуется на образование веществ | |
| Д) разрушаются органические вещества | |
| Е) образуется глюкоза и крахмал | |

**B5.** Установите соответствие между признаком и органоидом клетки, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК | ОРГАНОИД |
|---|---|
| А) разрушают полимеры до мономеров | 1) лизосома |
| Б) главная функция — трансляция | 2) рибосома |
| В) у эукариот в основном находятся в цитоплазме | |
| Г) состоит из двух субъединиц | |
| Д) снаружи окружен мембраной | |
| Е) происходит расщепление жиров | |

**B6.** Установите соответствие между процессом и видом обмена веществ в клетке, для которого он характерен.

| ПРОЦЕСС | ВИД ОБМЕНА |
|---|---|
| А) образование крахмала | 1) фотосинтез |
| Б) участвуют и-РНК и т-РНК | 2) биосинтез белка |
| В) происходит в эндоплазматической сети | |
| Г) электроны поглощают световую энергию | |
| Д) синтез АТФ за счет энергии Солнца | |

**B7.** Установите соответствие между особенностями деления и способом деления.

| ОСОБЕННОСТЬ | СПОСОБ ДЕЛЕНИЯ |
|---|---|
| А) происходит обмен генетической информацией | 1) митоз |
| Б) используется для бесполого размножения простейшими | 2) мейоз |
| В) дочерние клетки содержат столько же хромосом, что и материнская | |
| Г) лежит в основе образования гамет у животных | |
| Д) образуются две диплоидные клетки, идентичные исходной | |

**B8.** Установите последовательность жизненного цикла вируса:

1) клетка хозяина разрывается, и новые вирусы поражают другие клетки хозяина;

2) образуются новые вирусы;

3) ДНК вируса проникает в клетку и встраивается в ее ДНК;

4) вирус прикрепляется к клетке хозяина;

5) клетка синтезирует ДНК и белки вируса.

### Часть С

**C1.** Сравните клетки бактерий с клетками растений. Укажите не менее трех сходств и различий.

**C2.** В клетках мышечной или жировой тканей сильнее развиты митохондрии? Ответ обоснуйте.

**C3.** Фрагмент и-РНК имеет следующее строение: ГЦУААУГУУЦУУУАЦ. Определите антикодоны т-РНК и последовательность аминокислот, закодированную в этом фрагменте. Также напишите фрагмент молекулы ДНК, на котором была синтезирована эта и-РНК (для этого используйте таблицу генетического кода, представленную в *приложении 5*).

**C4.** Фрагмент ДНК имеет такую последовательность нуклеотидов: ТАТГГГЦТАТТГЦГТ. Установите нуклеотидную последовательность т-РНК, которая синтезируется на данном фрагменте, и аминокислоту, которую будет переносить эта т-РНК, если третий триплет соответствует антикодону т-РНК. Для решения задания используйте таблицу генетического кода, представленную в *приложении 5*.

**C5.** В клетке животного диплоидный набор хромосом равен 20. Определите количество хромосом и молекул ДНК перед митозом, после митоза, после первого и второго деления мейоза.

**C6.** В диссимиляцию вступило 32 молекулы глюкозы. Определите количество АТФ после гликолиза, после кислородного этапа и суммарный эффект диссимиляции.

# РАЗМНОЖЕНИЕ И ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМОВ

Размножение — это способность организмов воспроизводить себе подобных. Выделяют два способа размножения: бесполое и половое.

## Бесполое размножение

Это наиболее эволюционно древний способ воспроизведения. В основе бесполого размножения чаще всего лежит митоз. При бесполом размножении все потомки

генетически одинаковы и являются точной копией материнского организма. Этих потомков называют *клонами*. В размножении всегда участвует только один организм.

Способы бесполого размножения:

- простое деление митозом или амитозом. Материнская клетка делится на две новые (бактерии, простейшие);
- шизогония или множественное деление. Ядро клетки многократно делится без цитокинеза, и формируется многоядерная форма — шизонт, который образует несколько десятков новых особей (мерозоитов). Встречается у простейших-паразитов;
- почкование. На материнской клетке или организме образуется выпячивание (почка), которое растет и образовавшаяся молодая особь отделяется от материнской особи (дрожжи, кишечнополостные);
- спорообразование — водоросли, мхи, папоротникообразные. Споры — это специальные клетки, часто покрытые плотной оболочкой. Попадая в благоприятные условия, споры прорастают и образуют новые особи;
- вегетативное размножение, т. е. с помощью вегетативных органов. Наиболее характерно для растений — побегами и их частями и т. п.;
- фрагментация — деление многоклеточного организма на две и более частей, каждая из которых восстанавливает недостающую (плоские черви, нитчатые водоросли).

## Половое размножение

Это размножение осуществляется с помощью специальных клеток — гамет. У большинства видов гаметы разные: в женском организме образуется большая и неподвижная яйцеклетка, в мужском — подвижные, мелкие сперматозоиды. В размножении обычно участвуют две особи, хотя вполне может быть и одна.

Половое размножение бывает с оплодотворением (раздельнополость и гермафродитизм) и без оплодотворения (партеногенез и андрогенез). *Раздельнополость* — для размножения необходимы 2 особи (самец и самка). *Гермафродитизм* — одна особь содержит и мужские, и женские половые железы и способна оплодотворять сама себя (плоские черви, дождевые черви, улитки). *Партеногенез* — развитие особи проходит из неоплодотворенной яйцеклетки (пчелы, муравьи, шмели, тли, дафнии). Гораздо реже встречается *андрогенез*, когда новый организм развивается из ядра сперматозоида, т. к. после проникновения сперматозоида внутрь яйцеклетки ее ядро погибает (наездники, тутовый шелкопряд).

Выделяют еще один способ полового размножения — *конъюгацию*. При конъюгации происходит слияние двух клеток (водоросли) или обмен и слияние ядер (инфузории). В результате происходит обмен генетической информацией, но число особей после размножения не увеличивается.

# Гаметогенез

Гаметогенез (рис. 4.22) — это процесс образования гамет. Подразделяется на сперматогенез и овогенез. У большинства животных он происходит в половых железах.

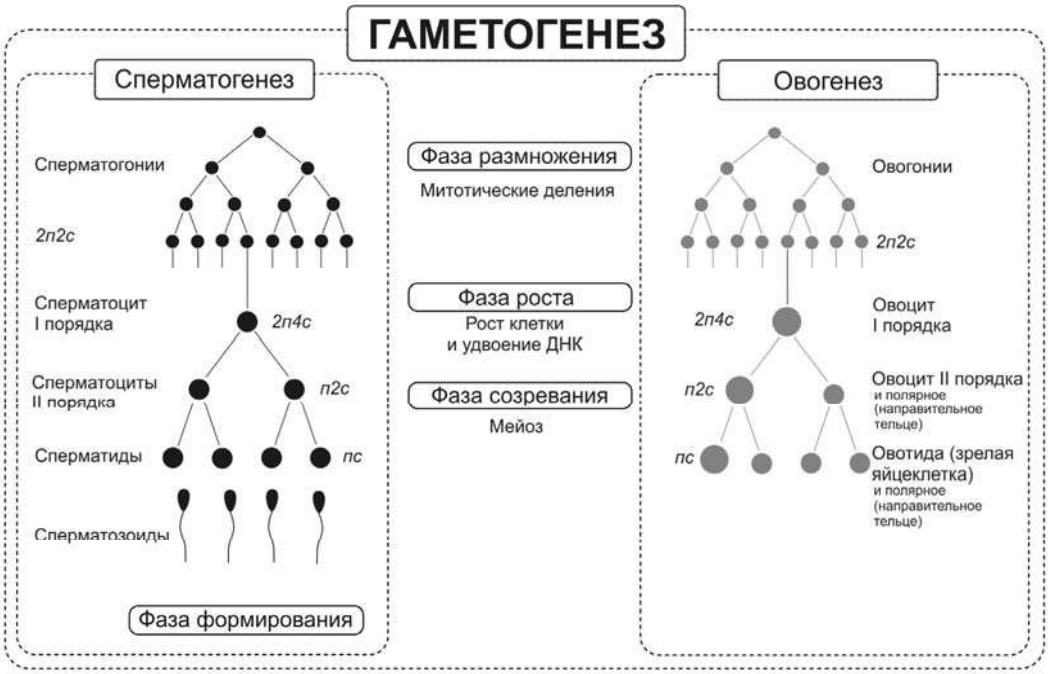



**Рис. 4.22.** Гаметогенез

## Сперматогенез

У млекопитающих происходит в семенниках и включает 4 стадии: размножение, рост, созревание и формирование. В *стадии размножения* первичные половые клетки (сперматогонии) многократно делятся митозом (набор 2n2c). Затем эти клетки вступают в профазу I мейоза и превращаются в сперматоциты I порядка. Эти клетки интенсивно синтезируют РНК и белки и растут — это *стадия роста* (набор 2n4c). В *стадии созревания* проходят оба мейотических деления: после первого деления образуются сперматоциты II порядка с набором n2c; после второго — гаплоидные клетки (сперматиды) с набором nc. Сперматиды не являются специализированными клетками и не способны к движению и оплодотворению. Во время *стадии формирования* происходит превращение сперматид в сперматозоиды. В это время ядро уменьшается, резко сокращается объем цитоплазмы, и формируются структуры, характерные только для сперматозоида.

*Строение сперматозоида.* Сперматозоид состоит из головки, шейки и хвоста. В центре головки расположено ядро с набором nc. Рядом с ядром находится акросома (формируется из аппарата Гольджи) — это пузырек, содержащий ферменты для растворения оболочек яйцеклетки. Между головкой и шейкой находится цен-

триоль; сама шейка богата митохондриями (дают энергию для движения). В хвосте находятся фибриллы.

### Овогенез

У млекопитающих происходит в яичниках и имеет 3 стадии (отсутствует стадия формирования). Во время *стадии размножения* исходные клетки многократно делятся митозом (набор 2n2c). При этом образуются оогонии (овогонии). Вступив в профазу I мейоза, оогоний становится ооцитом (овоцитом) I порядка. У млекопитающих, в том числе и у человека, этот процесс заканчивается еще до рождения. С наступлением половой зрелости отдельные ооциты периодически вступают в *стадию роста* (набор 2n4c). Она отличается от соответствующей стадии сперматогенеза своей продолжительностью. Ооцит растет, в его цитоплазме образуется много митохондрий и рибосом, развиваются оба вида эндоплазматической сети, идет синтез питательных веществ. У многих организмов ооцит растет также за счет активного транспорта веществ извне (в этом процессе принимают участие специальные фолликулярные клетки, окружающие ооцит).

*Период созревания* включает мейоз. Перед мейозом ядро ооцита перемещается ближе к поверхности клетки, и веретено деления формируется перпендикулярно клеточной мембране. После первого деления мейоза цитоплазма делится неравномерно, поэтому формируется одна крупная клетка — ооцит II порядка и одна мелкая — редукционное тельце (у обеих клеток набор n2c — хромосомы делятся строго пополам). После второго деления мейоза цитокинез происходит также неравномерно, и образуются яйцеклетка и еще одно редукционное тельце. Редукционное тельце, образовавшееся после первого деления мейоза, также вступает во второе деление мейоза. Таким образом, из одной исходной клетки формируются четыре с гаплоидным набором хромосом: одна крупная яйцеклетка и 3 мелких редукционных тельца, которые со временем разрушаются.

*Строение яйцеклетки.* Впервые яйцеклетка млекопитающих описана К. Бэром. Яйцеклетка гораздо крупнее сперматозоида. Обычно это клетка овальной формы, неподвижная, состоящая из ядра и цитоплазмы и покрытая оболочками. Для яйцеклеток характерна полярность: на одном полюсе ядро, на другом — цитоплазматические структуры. В цитоплазме много гранул, содержащих запасные питательные вещества. Оболочки: первичная (плазмалемма); вторичная (состоит из фолликулярных клеток и выполняет защитную и трофическую функции); третичная (формируется из секрета яйцевода; защитная и трофическая функция; у птиц это белок, подскорлуповая и скорлуповая оболочка). У млекопитающих третичной оболочки нет.

## Онтогенез

Онтогенез — это индивидуальное развитие организма. Он включает несколько этапов.

### Оплодотворение

Оплодотворение — это процесс слияния мужской и женской гамет, который приводит к образованию зиготы.

Оплодотворение у животных состоит из нескольких этапов. Сначала сперматозоид проникает внутрь яйцеклетки. Акросома выделяет особый фермент (гиалуронидаза), который растворяет оболочку яйцеклетки, и ядро сперматозоида проникает внутрь. Вокруг яйцеклетки формируется оболочка, препятствующая проникновению других сперматозоидов в нее. Далее происходит слияние гаплоидных ядер обеих гамет и образование диплоидной клетки — *зиготы*. Гаплоидные ядра несут генетическую информацию от двух родительских организмов. Затем происходит активация зиготы, и она начинает делиться митозом. Иногда зигота делится на несколько частей, и из нее развивается не один организм, а несколько, — это явление называется полиэмбрионией. В природе полиэмбриония встречается у броненосцев и некоторых насекомых (наездники). У человека именно таким способом возникают однояйцевые близнецы.

У животных оплодотворение бывает наружное (внешнее) и внутреннее. При наружном оплодотворении слияние гамет происходит во внешней среде — в воде (костные рыбы, бесхвостые амфибии); при внутреннем — в половой системе самки (хрящевые рыбы, млекопитающие, птицы, рептилии). При наружном оплодотворении у животных образуется гораздо больше гамет, чем при внутреннем — это связано с тем, что вероятность встречи гамет и, соответственно, оплодотворения более низкая.

Оплодотворение у растений рассматривается на примере покрытосеменных и изложено в *главе 1*.

## Эмбриональный период

*Эмбриональный период (эмбриогенез)* начинается с момента образования зиготы и длится до рождения или вылупления организма (рис. 4.23).

После образования зигота начинает делиться митозом — это называется *дроблением*. Клетки, возникающие при дроблении, называют бластомерами. Тип дробления зависит от количества желтка и его распределения. Выделяют полное (принимает участие весь материал зиготы) и неполное (делится только та часть зиготы, которая не содержит желтка) дробление. Полное дробление может быть *равномерным* (желтка мало, и он равномерно расположен; ланцетник, аскарида) и *неравномерным* (желтка среднее количество, или он расположен в вегетативном полюсе яйцеклетки; амфибии). Неполное дробление бывает дискоидальным (желтка много; рептилии, птицы, рыбы) и поверхностным (желток в центре; членистоногие). При дроблении рост клеток не происходит. Дробление заканчивается образованием *бластулы*.

*Бластула* состоит из стенки, образованной одним (у ланцетника) или несколькими слоями (у амфибий) клеток и полости (бластоцель). По размерам бластула не отличается от зиготы, т. к. при дроблении роста бластомеров не происходит. Иногда бластула не содержит полости, тогда ее называют *морулой*.

*Гаструляция*, в процессе которой возникают зародышевые листки (эктодерма, энтодерма и мезодерма). В результате гаструляции образуется гаструла: двух- или трехслойный зародыш (состоящий из 2-х или 3-х зародышевых листков) с полостью внутри (гастроцель). Полость гаструлы сообщается с внешней средой через

отверстие — первичный рот. Такие животные называются первичноротыми (черви, моллюски, членистоногие). У некоторых животных (иглокожие, хордовые) ротовое отверстие образуется заново, независимо от первичного рта (который становится анальным отверстием), т. е. у них формируется вторичный рот.

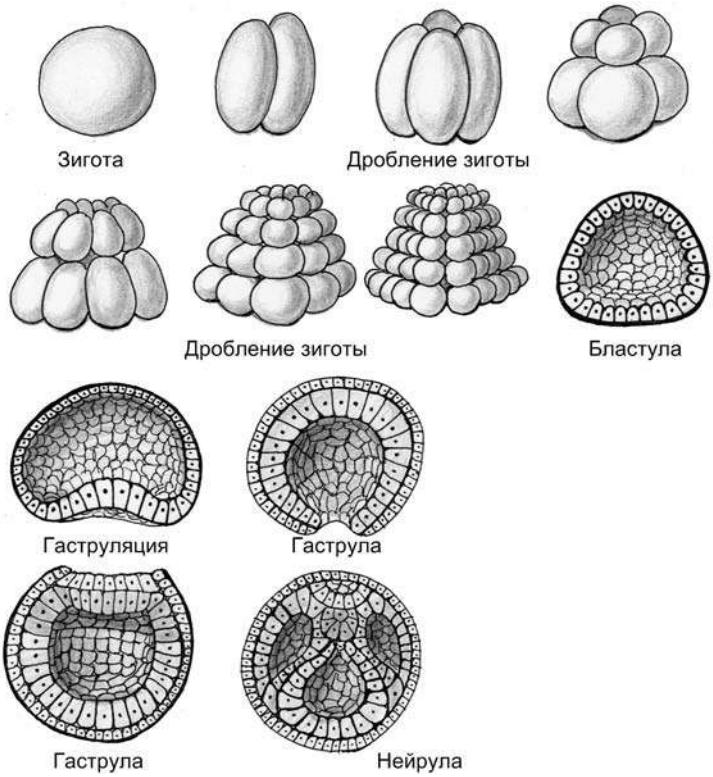



**Рис. 4.23.** Эмбриональное развитие ланцетника

У кишечнополостных и губок образуются два зародышевых листка: эктодерма и энтодерма. У всех остальных животных развивается третий зародышевый листок — мезодерма. Мезодерма образуется из клеток, расположенных по бокам от хорды и лежащих между экто- и энтодермой. Из *эктодермы* формируются: эпителий кожи и производные кожи, нервная трубка (зачаток всей нервной системы). Из *мезодермы* развивается: мышечная, костная и хрящевая ткань, кровь и лимфа, выделительная и кровеносная системы. Из *энтодермы* образуются: пищеварительная система, печень, щитовидная и поджелудочная железа, органы дыхания.

*Образование тканей и органов (гисто- и органогенез).* После завершения гаструляции происходит развитие осевого комплекса органов: хорды, нервной трубки и туловищной мезодермы. У позвоночных этот процесс начинается с образования зачатка нервной трубки — это стадия нейрулы. На спинной стороне обособляется часть клеток эктодермы в виде пластинки, ее края сближаются, сначала образуется желобок, затем — трубка. В последующем из передней части трубки формируется

головной мозг. Одновременно с закладкой нервной трубки развивается хорда (в спинной части, под нервной трубкой), а из клеток, лежащих между экто- и энтодермой по бокам от хорды, образуется мезодерма.

У большинства животных есть полость тела — это пространство, в котором расположены внутренние органы. Полость тела бывает первичной, вторичной и смешанной. Первичная полость тела не имеет собственной стенки (характерна для круглых червей), вторичная (целóм) имеет собственную стенку, образующуюся из мезодермы (встречается у кольчатых червей, моллюсков и хордовых). Смешанная полость (миксоцель) образуется путем слияния первичной и вторичной полостей (развивается у членистоногих). У некоторых животных полости тела нет (плоские черви).

Процесс дифференцировки клеток определяется многими механизмами, одним из которых является *эмбриональная индукция.* Если из одного зародыша пересадить определенные клетки в другой зародыш, то эти пересаженные клетки выступают в роли организатора, направляющего развитие окружающих клеток — вокруг них формируется новый зародыш, внутри другого.

Первые этапы дифференциации определяются цитоплазмой зиготы: при дроблении клетки получают различные участки цитоплазмы зиготы, которые и определяют начальные этапы клеточной дифференцировки.

В большей степени развитие зародыша определяется влиянием составляющих его клеток. Без взаимного влияния нормального развития не происходит: так, если у хордовых выделить и отдельно культивировать клетки экто- или энтодермы, то в обоих случаях возникнут практически не дифференцированные пласты клеток. Если же смешать клетки экто- и энтодермы и культивировать их вместе, то будут формироваться разные структуры, похожие на нервную трубку, хорду и т. п.

При развитии зародыша у позвоночных животных (рептилии, птицы и млекопитающие) формируются *зародышевые оболочки:* амнион, хорион и аллантоис. *Амнион* развивается вокруг зародыша в виде складок из эктодермы и мезодермы. Он заполнен жидкостью, предохраняющей зародыш от высыхания и повреждений. *Хорион* — это наружная зародышевая оболочка. Через нее зародыш получает кислород и питательные вещества, а также удаляется углекислый газ и продукты распада. *Аллантоис* образуется как вырост кишечника и по форме (у птиц и рептилий) напоминает мешок; он является эмбриональным органом дыхания. На более поздних стадиях в нем накапливаются продукты обмена веществ зародыша. У млекопитающих аллантоис участвует в образовании плаценты.

## Постэмбриональный период

*Постэмбриональный период* начинается после рождения или вылупления организма. Развитие бывает прямым (личиночная стадия отсутствует) и непрямым (есть стадия личинки). Прямое развитие — птицы, млекопитающие, пауки. Непрямое развитие — насекомые, ракообразные, земноводные. Непрямое развитие насекомых бывает с полным превращением (яйцо — личинка — куколка — имаго) и с неполным превращением (яйцо — личинка — имаго).

Часто у личинок развиваются специальные личиночные (провизорные) органы, которые исчезают в процессе развития.

Биологическая роль непрямого развития заключается в том, что организм более полно использует ресурсы среды: личинки и взрослые особи чаще всего используют разные пищевые ресурсы, а также довольно часто обитают в разных средах жизни (встречаются исключения — например, насекомые с неполным превращением). При этом снижается конкуренция и повышается выживаемость вида.

## Тест по теме "Размножение организмов. Гаметогенез. Онтогенез"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Какой хромосомный набор может иметь сперматозоид человека?

1) 44 аутосомы и XY-хромосомы;

2) 23 аутосомы и X-хромосома;

3) 22 аутосомы и X-хромосома;

4) 23 аутосомы и Y-хромосома.

**А2.** Папоротники размножаются с помощью:

1) семян; 2) спор; 3) почек; 4) листьев.

**А3.** В ядре зиготы цветкового растения содержится 20 хромосом. Сколько хромосом содержится в клетках его листьев?

1) 10 хромосом; 3) 20 хромосом;

2) 15 хромосом; 4) 30 хромосом.

**А4.** Оплодотворение — это:

1) рождение нового организма;

2) слияние мужской и женской половых клеток;

3) спаривание двух особей разного пола;

4) развитие особей из гамет.

**А5.** Какой пример относится к половому размножению?

1) почкование гидры;

2) деление амебы на две особи;

3) образование нового растения на конце ползучего побега;

4) конъюгация у инфузорий.

**А6.** Партеногенез — это:

1) развитие особи из неоплодотворенной яйцеклетки;

2) развитие особи из спермия;

3) развитие особи из зиготы;

4) развитие особи из диплоидной соматической клетки.

**А7.** Фрагментация возможна у:

1) свободноживущих плоских червей;

2) паразитических плоских червей;

3) круглых червей-паразитов;

4) пиявок.

**А8.** Почему большинство садовых растений размножают вегетативным путем?

1) они не способны давать семена;

2) сохраняются сортовые признаки;

3) повышается урожайность и устойчивость;

4) возникают организмы с новыми, более выгодными признаками для человека.

**А9.** Гермафродитами являются:

1) все круглые черви; 3) все кольчатые черви;

2) все плоские черви; 4) все кишечнополостные.

**А10.** В эмбриональном развитии почки у позвоночных закладываются из:

1) мезодермы; 2) энтодермы; 3) эктодермы; 4) целóма.

**А11.** Формирование диплоидного набора хромосом в зиготе происходит благодаря:

1) митозу; 2) дроблению; 3) оплодотворению; 4) мейозу.

**А12.** У покрытосеменных яйцеклетка образуется:

1) мейозом из микроспоры; 3) мейозом из макроспоры;

2) митозом из микроспоры; 4) митозом из макроспоры.

**А13.** Органогенез — это:

1) развитие зародышевых листков;

2) формирование органов у зародыша;

3) образование гаструлы;

4) вылупление или рождение особи.

**А14.** Выберите животное с прямым постэмбриональным развитием:

1) зеленый кузнечик; 3) паук-крестовик;

2) черноморский краб; 4) слепень бычий.

**А15.** Внешнее (наружное) оплодотворение характерно для большинства:

1) хрящевых рыб; 3) пресмыкающихся;

2) костных рыб; 4) насекомых.

**А16.** Споры бактерий, в отличие от спор растений:

1) служат для размножения;

2) содержат запас питательных веществ;

3) помогают выживать при неблагоприятных условиях;

4) содержат гаплоидный набор хромосом.

**А17.** Определите правильный жизненный цикл обыкновенного шмеля:

1) яйцо → куколка → личинка → взрослый шмель;

2) яйцо → личинка → куколка → взрослый шмель;

3) яйцо → личинка → взрослый шмель;

4) личинка → яйцо → куколка → взрослый шмель.

**А18.** Партеногенез характерен для:

1) бабочек; 2) тлей; 3) стрекоз; 4) комаров.

**А19.** Вторичная полость тела впервые появляется у:

1) кольчатых червей; 3) паукообразных;

2) моллюсков; 4) рыб.

**А20.** Онтогенез организма начинается с:

1) оплодотворения;

2) дробления зиготы;

3) рождения особи;

4) гаструляции и образования зародышевых листков.

**А21.** Что общего у сперматозоида и яйцеклетки?

1) набор хромосом;

2) запас питательных веществ;

3) подвижность;

4) размеры.

**А22.** У головоногих моллюсков постэмбриональное развитие:

1) непрямое, с неполным превращением;

2) непрямое, с полным превращением;

3) непрямое, без стадии личинки;

4) прямое.

**А23.** Для ланцетника характерно:

1) полное равномерное дробление;

2) полное неравномерное дробление;

3) неполное дискоидальное дробление;

4) неполное поверхностное дробление.

**А24.** Внешний слой гаструлы образован клетками:

1) эпителия; 2) энтодермы; 3) мезодермы; 4) эктодермы.

**А25.** Примером двухслойных животных служит:

1) медуза цианея; 3) дождевой червь;

2) белая планария; 4) эвглена зеленая.

**А26.** Дробление зиготы осуществляется:

1) митозом; 2) амитозом; 3) мейозом; 4) фрагментацией.

**А27.** Третий зародышевый листок впервые появляется у:

1) плоских червей; 3) моллюсков;

2) круглых червей; 4) ракообразных.

**А28.** Ко вторичноротым животным относятся:

1) насекомые;

2) морские брюхоногие моллюски;

3) иглокожие;

4) кораллы.

**А29.** Хрящевая ткань человека развивается из:

1) эктодермы; 2) энтодермы; 3) мезодермы; 4) костной ткани.

**А30.** Первичная полость тела во взрослом состоянии сохраняется только у:

1) ракообразных; 3) круглых червей;

2) клещей; 4) кольчатых червей.

## Часть В

**В заданиях В1—В3 выберите три правильных ответа из шести.**

**В1.** Сперматозоид, в отличие от яйцеклетки, характеризуется:

1) активным передвижением;

2) меньшим размером;

3) гаплоидным набором хромосом;

4) практически полным отсутствием запаса органических веществ;

5) округлой формой;

6) образованием в процессе мейоза.

**В2.** Какие признаки характерны для полового размножения?

1) обязательно участвуют две особи;

2) новый организм не является точной копией материнского;

3) образуются специализированные клетки — сперматозоиды и яйцеклетки;

4) обмен генетической информацией не происходит;

5) одним из способов этого вида размножения является партеногенез;

6) к нему относится шизогония.

**В3.** Выберите признаки, характерные для бластулы:

1) образуется в результате дробления;

2) состоит из двух или трех зародышевых листков;

3) ее стенка у всех животных многослойная;

4) внутри обычно есть полость;

5) по размерам она примерно равна зиготе;

6) возникает только у организмов с непрямым развитием.

**При выполнении заданий В4—В7 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В4.** Установите соответствие между организмом и преимущественным способом его размножения.

| ОРГАНИЗМ | СПОСОБ |
|---|---|
| А) инфузория-туфелька | 1) половое |
| Б) стафилококк | 2) бесполое |
| В) таежный клещ | |
| Г) земляника лесная | |
| Д) дождевой червь | |
| Е) медоносная пчела | |

**В5.** Установите соответствие между признаком и стадией эмбрионального развития ланцетника, для которой он характерен.

| ПРИЗНАК | СТАДИЯ РАЗВИТИЯ |
|---|---|
| А) есть первичный рот | 1) бластула |
| Б) формируется из зиготы | 2) гаструла |
| В) включает эктодерму, энтодерму и мезодерму | |
| Г) ее стенка — многослойная | |
| Д) ее стенка — однослойная | |

**В6.** Установите соответствие между органом человека и зародышевым листком, из которого развивается этот орган.

| ОРГАН | ЗАРОДЫШЕВЫЙ ЛИСТОК |
|---|---|
| А) печень | 1) эктодерма |
| Б) головной мозг | 2) энтодерма |
| В) аорта | 3) мезодерма |
| Г) двуглавая мышца плеча | |
| Д) волосы | |
| Е) легкие | |

**B7.** Установите соответствие между животным и типом его постэмбрионального развития.

| ЖИВОТНОЕ | ТИП РАЗВИТИЯ |
|---|---|
| А) махаон | 1) непрямое, с полным превращением |
| Б) клоп малиновый | 2) непрямое, с неполным превращением |
| В) сенокосец | 3) прямое |
| Г) шмель обыкновенный | |
| Д) скорпион | |
| Е) саранча восточная | |

**B8.** Установите последовательность стадий овогенеза:

1) увеличение в размерах клетки и накопление в ней питательных веществ;

2) образование яйцеклетки;

3) клетка начинает делиться мейозом;

4) первичная половая клетка делится митозом;

5) образование одного направительного тельца.

## Часть С

**C1.** Почему половое размножение считается более эволюционно выгодным по сравнению с бесполым?

**C2.** В чем заключаются преимущества непрямого развития? Укажите не менее трех фактов.

**C3.** Чем овогенез отличается от сперматогенеза? Назовите не менее трех отличий.

**C4.** Почему животные с наружным (внешним) оплодотворением, как правило, образуют гораздо больше гамет, чем животные, для которых характерно внутреннее оплодотворение?

**C5.** Если организм способен размножаться бесполым и половым путем, то в большинстве случаев в благоприятных условиях он использует бесполое размножение, а в неблагоприятных — половое. Почему?

**С6.** Какой зародышевый листок обозначен на рис. 4.24 цифрой 1? Какие органы развиваются из него?

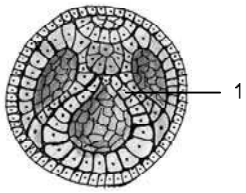



**Рис. 4.24.** К вопросу С6

# ГЕНЕТИКА

Генетика — это наука о закономерностях наследственности и изменчивости. Наследственность — это способность родителей передавать свои признаки потомству. Выделяют ядерную (хромосомную) и внеядерную (нехромосомную, цитоплазматическую) наследственность. *Ядерная наследственность* определяется генами хромосом и отвечает за большую часть признаков организма. *Внеядерная наследственность* зависит от генов митохондрий и пластид (например, пестролистность — мозаичная окраска листьев у львиного зева). Изменчивость — способность организмов изменять свойства и признаки под воздействием внешней среды.

Основателем генетики считается Грегор Мендель, опубликовавший в 1866 г. работу "Опыты над растительными гибридами", в которой описал несколько законов генетики, однако на его работу не обратили должного внимания. В 1900 г. К. Корренс (Германия), Э. Чермак (Австрия) и Гуго де Фриз (Голландия) независимо друг от друга повторно сформулировали законы Менделя и признали его приоритет.

## МЕТОДЫ ГЕНЕТИКИ

- Гибридологический — разработан и применен (впервые — на горохе) Г. Менделем. Этот метод позволил Менделю вывести свои законы. При использовании гибридологического метода осуществляется подбор родителей по определенным признакам, их скрещивание и изучение проявления признака (или признаков) у потомства. Мендель считал, что для применения этого метода необходимо выполнение нескольких условий: анализируемые признаки должны быть контрастными, потомство должно быть многочисленным (для математической обработки), необходимо получить несколько поколений и использовать для исходного скрещивания гомозиготные особи.
- Генеалогический — заключается в составлении и изучении родословных, что позволяет прослеживать определенный признак и характер его наследования в ряду поколений.
- Близнецовый — с его помощью выявляют влияние среды на развитие признаков. Метод основан на изучении генотипов и фенотипов близнецов.
- Цитогенетический — это изучение структуры и числа хромосом организма. Он позволяет выявлять нарушения в строении хромосом или изменение их количества.

- Популяционный — определяется частота отдельных генов (например, вызывающих те или иные болезни) или генотипов в популяции. Метод основан на применении закона Харди — Вайнберга.

## Основные термины генетики

*Ген* — это участок молекулы ДНК, несущий информацию о первичной структуре одного белка. Термин "ген" предложен В. Иогансеном. Ген — это структурная и функциональная единица наследственности. Ген контролирует развитие определенного признака, но некоторые гены контролируют развитие нескольких признаков — это называется плейотропным действием гена. Например, рыжие волосы, очень светлая кожа и веснушки у человека кодируются одним геном. Синдром Марфана (удлиненные кости скелета, гиперподвижность суставов, патология в органах зрения и сердечно-сосудистой системы) также зависит от действия одного гена.

*Аллельные гены (аллели)* — это гены, кодирующие альтернативное проявление одного и того же признака. *Альтернативные признаки* — признаки, которые не могут быть в организме одновременно.

Если у вида существует несколько аллелей (более двух) одного гена, то это явление называют *множественным аллелизмом*. Примером являются аллели $i^0$, $I^A$, $I^B$, кодирующие белки-антигены эритроцитов, определяющие группы крови людей. Каждый человек содержит только два гена, отвечающих за определенную группу крови: первая группа $i^0 i^0$; вторая $I^A i^0$ и $I^A I^A$; третья $I^B I^B$ и $I^B i^0$ и четвертая $I^A I^B$.

*Гомозиготный организм* — организм, не дающий расщепления по тем или иным признакам. Его аллельные гены одинаково влияют на развитие данного признака. *Гетерозиготный организм* — организм, дающий расщепление по тем или иным признакам. Его аллельные гены по-разному влияют на развитие данного признака. Если у диплоидной особи некоторые гены представлены только одним из аллельных генов, то это явление называется *гемизиготностью* (например, у мужчин половые хромосомы — XY, поэтому гены X-хромосомы не имеют пары).

*Доминантный ген* отвечает за развитие признака, который проявляется у гетерозиготного организма. *Рецессивный ген* отвечает за признак, развитие которого подавляется доминантным геном. Рецессивный признак проявляется у гомозиготного организма, содержащего два рецессивных гена.

*Генотип* — совокупность генов в диплоидном наборе организма, совокупность генов в гаплоидном наборе хромосом называется *геномом. Фенотип* — совокупность всех признаков организма. Термины "генотип" и "фенотип" предложены В. Иогансеном. Также им же было введено понятие "чистая линия" — это потомство самоопыляющихся растений, большая часть генов которых находится в гомозиготном состоянии и не дает расщепление в ряду поколений.

*Кариотип* — это набор хромосом, характерный для соматических клеток организмов данного вида. Число хромосом в кариотипе постоянно.

# Законы Менделя

## Первый закон Менделя (закон единообразия гибридов $F_1$)

Этот закон выведен Менделем на основании результатов моногибридного скрещивания. Для опытов были взяты два сорта гороха, отличающиеся друг от друга одной парой признаков — цветом семян: один сорт имел желтую окраску, второй — зеленую. Скрещивающиеся растения были гомозиготными, т. е. не давали расщепления при самоопылении.

Для записи результатов скрещивания Мендель предложил следующую схему. Пусть А — желтая окраска, а — зеленая окраска. Тогда (рис. 4.25):

| | | | |
|---|---|---|---|
| Р (родители) | AA | × | aa |
| Г (гаметы) | A | | a |
| $F_1$ (первое поколение) | | Aa | |

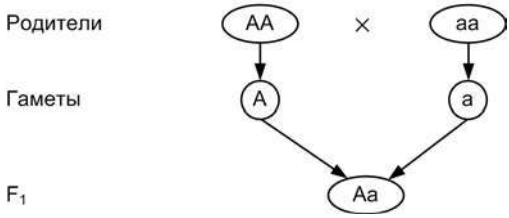



**Рис. 4.25.** Иллюстрация первого закона Менделя

В первом поколении все растения имели желтые семена. Мендель назвал желтый цвет *доминирующим*, а зеленый — *рецессивным*. По генотипу все потомки были гетерозиготны.

На основании полученных результатов Мендель сформулировал закон, позднее названный первым законом Менделя или *законом единообразия гибридов первого поколения*: при скрещивании организмов, различающихся по одной паре альтернативных признаков, первое поколение единообразно по фенотипу и генотипу.

## Второй закон Менделя (закон расщепления)

Из семян, полученных при скрещивании гомозиготного растения с желтой окраской семян с растением с зеленой окраской семян, Менделем были выращены растения, и путем самоопыления было получено второе поколение $F_2$. Среди полученных растений встречались экземпляры как с желтыми семенами, так и с зелеными (рис. 4.26). Вдобавок Мендель выявил, что схожие по фенотипу растения отличаются по генотипу: треть растений с желтыми семенами при самоопылении не давала расщепления, а две трети — давали в соотношении 3:1. Эти опыты показали, что расщепление по фенотипу сопровождается расщеплением по генотипу в соотношении 1:2:1.

| | | | |
|---|---|---|---|
| P ($F_1$) | Aa | × | Aa |
| Г | A; a | | A; a |
| $F_2$ | AA; Aa; | | Aa; aa |

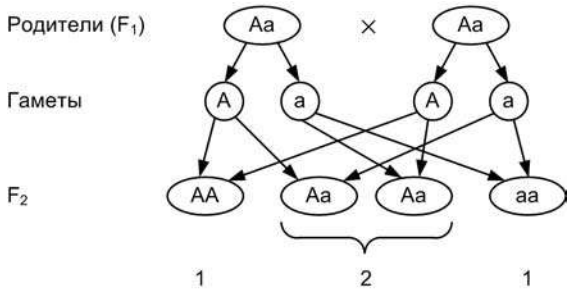



**Рис. 4.26.** Иллюстрация второго закона Менделя

На основании полученных данных Мендель сформулировал второй закон или *закон расщепления*: у потомства, полученного от скрещивания гибридов первого поколения, наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 3:1 (75% особей имеют доминантный признак, 25% — рецессивный), а по генотипу — 1:2:1.

## Закон (гипотеза) чистоты гамет

При анализе признаков гибридов первого и второго поколений Мендель установил, что рецессивный ген не исчезает и не смешивается с доминантным. В $F_2$ проявляются оба гена, что возможно только в том случае, если гибриды $F_1$ образуют два типа гамет: одни несут доминантный ген, другие — рецессивный. Это явление и получило название *гипотезы чистоты гамет*: каждая гамета несет или доминантный, или рецессивный ген из одной аллельной пары. Гипотеза чистоты гамет была доказана после изучения процессов, происходящих в мейозе.

Гипотеза "чистоты" гамет — это цитологическая основа первого и второго законов Менделя. С ее помощью можно объяснить расщепление по фенотипу и генотипу.

Определение числа типов гамет проводится по формуле $2^n$, где $n$ — число пар генов в гетерозиготном состоянии. Например, у организма с генотипом AABB генов в гетерозиготном состоянии нет, т. е. $n = 0$, следовательно, $2^0 = 1$, и он образует один тип гамет (AB). У организма с генотипом AaBвCc три пары генов в гетерозиготном состоянии, т. е. $n = 3$, следовательно, $2^3 = 8$, и он образует восемь типов гамет.

## Третий закон Менделя (закон независимого наследования)

Этот закон был выведен на основании анализа наследования двух пар признаков у гороха: окраски и формы семян. Скрещивание, в котором рассматривается наследование двух пар признаков, называется *дигибридным*.

В качестве родительских форм Мендель использовал гомозиготные по обоим парам признаков растения: один сорт имел желтые семена (A) с гладкой кожицей (B), другой — зеленые (a) и морщинистые (b).

В первом поколении (рис. 4.27) все гибриды были одинаковы: желтая окраска и гладкая кожица, т. к. эти два признака являются доминантными.

Затем Мендель из семян $F_1$ вырастил растения и с помощью самоопыления получил гибриды второго поколения. В $F_2$ произошло расщепление на 4 фенотипических класса в соотношении 9:3:3:1. 9/16 всех семян имели оба доминантных признака, 3/16 — первый доминантный и второй рецессивный, 3/16 — первый рецессивный и второй доминантный, 1/16 — оба рецессивных признака.

Поколение $F_2$ можно представить так, как показано на рис. 4.27 (для записи и определения генотипов гибридов используется решетка Пеннета).

Для растений с желтыми и гладкими семенами возможны 4 генотипа (AABB, AaBB, AaBb, AABb); для растений с желтыми и морщинистыми семенами — 2 генотипа (AAbb, Aabb); для растений с зелеными и гладкими семенами — 2 генотипа (aaBB, aaBb); для растений с зелеными и морщинистыми семенами — 1 генотип (aabb).

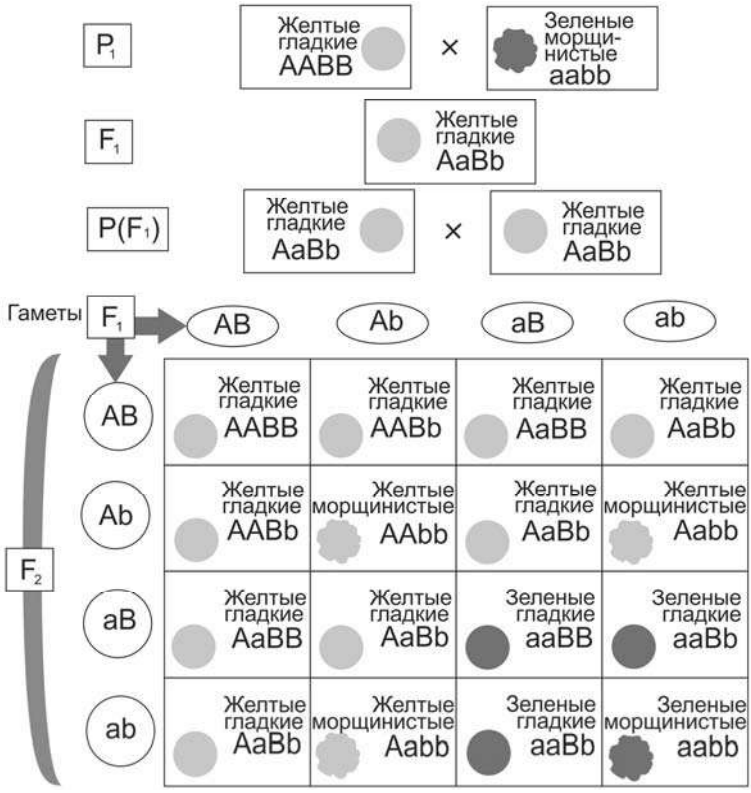



**Рис. 4.27.** Иллюстрация третьего закона Менделя

При анализе наследования каждой пары признаков получаются следующие результаты. В $F_2$ 12 частей желтых семян и 4 части зеленых семян, т. е. соотношение 3:1. Точно такое же соотношение будет и по второй паре признаков (форме семян).

На основании этих опытов Мендель сформулировал *закон независимого наследования*: при скрещивании организмов, отличающихся друг от друга двумя и более парами альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки наследуются независимо друг от друга и комбинируются во всевозможных сочетаниях.

В отличие от первого и второго законов, третий закон Менделя выполняется, если гены, кодирующие исследуемые признаки, находятся в разных парах гомологичных хромосом.

## Анализирующее скрещивание

Этот метод был предложен Менделем для выяснения генотипов организмов, имеющих одинаковый фенотип. Для выяснения генотипа изучаемых организмов их скрещивали с гомозиготными рецессивными формами.

Если в результате скрещивания все поколение оказывалось одинаковым и похожим на анализируемый организм, то можно было сделать вывод: исходный организм является гомозиготным по изучаемому признаку.

| | | | |
|---|---|---|---|
| P | AA | × | aa |
| Г | A | | a |
| $F_1$ | Aa 100% | | |

Если в результате скрещивания в поколении наблюдалось расщепление в соотношении 1:1, то исходный организм содержит гены в гетерозиготном состоянии.

| | | | |
|---|---|---|---|
| P | Aa | × | aa |
| Г | A; a | | a |
| $F_1$ | Aa; aa 1:1 | | |

В этом случае поколение по генотипу и фенотипу как бы возвращается к родительским формам, поэтому такой вид анализирующего скрещивания Мендель назвал *возвратным*.

Анализирующее скрещивание применяется в селекции для изучения генотипа особей и для составления генетических карт хромосом.

## Взаимодействие генов

### Взаимодействие аллельных генов

- *Полное доминирование.* У гетерозигот проявляется только доминантный признак, а рецессивный ген полностью подавляется. Пример: желтый и зеленый цвет семян гороха, гладкая и морщинистая форма семян гороха.

- *Неполное доминирование.* У гетерозигот возникает промежуточный характер проявления признака, по сравнению с гомозиготами.

  Пример: при скрещивании растения ночная красавица с красными цветками с растением с белыми цветками все потомство имеет розовые цветки.

| | | | |
|---|---|---|---|
| P | AA (красные цветки) | × | aa (белые цветки) |
| Г | A | | a |
| $F_1$ | Aa (розовые цветки) 100% | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| P ($F_1$) | Aa (розовые) | × | Aa (розовые) |
| Г | A; a | | A; a |
| $F_2$ | AA; Aa; Aa; aa<br>1 (красные) : 2 (розовые) : 1 (белые) | | |

- *Кодоминирование* — в фенотипе проявляются оба аллельных гена и развиваются два признака. Пример — четвертая группа крови человека в системе AB0.
- *Сверхдоминирование* — у гетерозиготных организмов признак выражен сильнее, чем у гомозиготных особей с доминантными генами. Так, люди, гетерозиготные по серповидно-клеточной анемии, более устойчивы к малярии, чем люди, гомозиготные по доминантному гену.

## Взаимодействие неаллельных генов

- *Комплементарность* — это взаимодействие генов, при котором один доминантный ген дополняет действие другого доминантного гена: их совместное действие приводит к появлению нового признака. Если организм содержит доминантный ген из одной аллельной пары и не содержит доминантного гена из другой пары, то признак не проявляется. Например, при скрещивании растений с белыми цветками в потомстве все растения имели фиолетовые цветки, окраска которых была обусловлена наличием в их генотипе двух доминантных неаллельных генов.

| | | | |
|---|---|---|---|
| P | AAbb (белые цветки) | × | aaBB (белые цветки) |
| Г | Ab | | aB |
| $F_1$ | AaBb (фиолетовые) | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| P ($F_1$) | AaBb (фиолетовые) | × | AaBb (фиолетовые) |
| Г | Ab, AB, Ab, ab | | Ab, AB, Ab, ab |
| $F_2$ | A_B_ (9/16, фиолетовые) | | A_bb, aaB_, aabb (7/16, белые) |

В качестве примера комплементарного действия генов у животных можно привести наследование форм гребня у кур. Куры с генотипом A_B_ имеют ореховидный гребень, с генотипом A_bb — розовидный, с генотипом aaB_ — гороховидный.

- *Эпистаз* — это подавление одного гена другим неаллельным. Гены, подавляющие действие других генов, называют супрессорами (ингибиторами). Эпистаз бывает доминантным (подавляющее действие оказывает доминантный ген) и рецессивным (подавляющее действие оказывает рецессивный ген). При скрещивании гомозиготных особей во втором поколении наблюдается расщепление по фенотипу 13:3 или 12:3:1 (доминантный эпистаз) или 9:3:4 (рецессивный эпистаз). Примером доминантного эпистаза служит наследование окраски оперения у кур. Если куры содержат в своем генотипе ген-супрессор, то их оперение будет неокрашенным, независимо от того, присутствуют ли гены, отвечающие за окраску. Пример рецессивного эпистаза — окраска цветков у льна: растения с генотипом aaB_ и aabb имеют белую окраску, а A_bb — розовую (*a* — ген-супрессор).
- *Полимерия* — это зависимость одного признака от нескольких доминантных генов. Обычно так контролируются многие количественные признаки: рост, масса, насыщенность окраски и т. д. Выделяют два вида полимерии — кумулятивную и некумулятивную. При кумулятивной полимерии степень выраженности признака зависит от числа доминантных генов: чем их больше, тем сильнее выражен признак. Например, пшеница с набором $A_1A_1A_2A_2A_3A_3A_4A_4$ имеет красную окраску зерна, с генотипом $a_1a_1a_2a_2a_3a_3a_4a_4$ — белую окраску; содержащие от 1 до 7 доминантных генов — розовую, интенсивность которой ослабевает с уменьшением числа доминантных генов в генотипе организма.

  При некумулятивной полимерии проявление признака от числа доминантных генов не зависит: признак проявляется в полном объеме даже при наличии одного доминантного гена. Например, у кур с генотипом $A_1A_1A_2A_2$ ноги оперенные, а с генотипом $a_1a_1a_2a_2$ — неоперенные. При скрещивании исходных гомозиготных форм в $F_1$ все потомки с оперенными ногами, а в $F_2$ наблюдается расщепление 15:1, т. к. все особи, имеющие хотя бы один доминантный ген, обладают оперенными ногами.

## Сцепленное наследование генов

Сцепленное наследование генов — это совместная передача нескольких генов от родителей потомкам. Оно было открыто в 1906 г. английскими генетиками У. Бэтсоном и Р. Пеннетом, которые изучали наследование признаков у растений (у душистого горошка).

В дальнейшем работы по изучению закономерностей сцепленного наследования были продолжены Томасом Морганом и его научной школой. Их эксперименты проводились на плодовой мушке — дрозофиле. Дрозофила оказалась очень удобным объектом для исследования: легко и быстро размножается в искусственных

условиях, дает многочисленное потомство, имеет всего 4 пары хромосом в диплоидном наборе. Также у дрозофилы встречается большое число разнообразных мутаций (окраска глаз, форма крыльев и т. д.).

В результате опытов было выявлено, что сцепление может нарушаться из-за кроссинговера. При скрещивании анализировалось наследование двух пар аллелей: одна пара контролирует цвет тела (B — серая окраска, b — черная), вторая пара — длину крыльев (V — длинные крылья, v — короткие). Оба гена находятся в одной хромосоме.

При скрещивании серых длиннокрылых мух с черными короткокрылыми все первое поколение было серым длиннокрылым.

| | | | |
|---|---|---|---|
| P | $\frac{B\ V}{B\ V}$ | × | $\frac{b\ v}{b\ v}$ |
| Г | BV | | bv |
| $F_1$ | | $\frac{B\ V}{b\ v}$ | |

После этого было проведено анализирующее скрещивание. В первом случае скрестили дигетерозиготных самцов из $F_1$ с гомозиготными самками.

| | | | |
|---|---|---|---|
| P ($F_1$) | $\frac{B\ V}{b\ v}$ | × | $\frac{b\ v}{b\ v}$ |
| | самец | | самка |
| Г | BV, bv | | bv |
| $F_a$ | $\frac{B\ V}{b\ v}$, | $\frac{b\ v}{b\ v}$, | |
| | 50% | 50% | |

В потомстве наблюдалось расщепление в соотношении 1:1 — 50% серых длиннокрылых мух и 50% черных короткокрылых. Таким образом, у самцов дрозофилы в мейозе не происходит кроссинговера, и наблюдается полное сцепление генов.

Во втором случае скрестили дигетерозиготных самок из $F_1$ с гомозиготными самцами.

| | | | |
|---|---|---|---|
| P ($F_1$) | $\frac{B\ V}{b\ v}$ | × | $\frac{b\ v}{b\ v}$ |
| | самка | | самец |
| Г | BV, b v, B v, bV | | bv |
| $F_a$ | $\frac{B\ V}{b\ v}$, $\frac{b\ v}{b\ v}$, | $\frac{B\ v}{b\ v}$, $\frac{b\ V}{b\ v}$, | |
| | 41,5% 41,5% | 8,5% 8,5% | |

При скрещивании в потомстве наблюдалось появление четырех фенотипических классов. Но соотношение отличалось от предполагаемого 1:1:1:1 — в потомстве было по 41,5% серых длиннокрылых и черных короткокрылых особей и по 8,5% серых короткокрылых и черных длиннокрылых. Такое расщепление можно объяснить кроссинговером, что привело к появлению новых типов гамет, а следовательно, и новых фенотипических классов. Гаметы, возникшие в результате кроссинговера, назвали кроссоверными.

На основании всех полученных результатов Т. Морганом и его школой была сформулирована *хромосомная теория наследственности*.

- ❒ Гены расположены в хромосомах в линейном порядке. Различные хромосомы содержат неодинаковое число различных генов.
- ❒ Каждый ген занимает в хромосоме определенное место (локус).
- ❒ Гены, находящиеся в одной хромосоме, представляют одну группу сцепления и наследуются совместно. Число групп сцепления организма равно гаплоидному набору хромосом. Две гомологичные хромосомы являются одной группой сцепления.
- ❒ В результате кроссинговера происходит нарушение сцепления. Частота кроссинговера между генами, расположенными в одной хромосоме, зависит от расстояния между ними и прямо пропорциональна ему. Расстояние между генами измеряется в морганидах. Одна морганида соответствует 1% кроссоверных фенотипов в потомстве.

На основании данных, полученных при анализе сцепленного наследования, строят *генетические карты хромосом* — это схемы расположения генов в хромосоме. Генетические карты используют в селекции для подбора организмов для скрещивания. Также с их помощью можно предположить особенности наследования и проявления признаков у изучаемых организмов.

## Генетика пола

У большинства организмов пол потомства определяется во время оплодотворения. При этом пол зависит от набора хромосом, поэтому этот способ называют *хромосомным определением пола*[1].

У организмов с таким типом определения пола есть аутосомы и половые хромосомы — Y и X. У женщин половые хромосомы представлены набором XX, у мужчин — XY. Женский пол называют гомогаметным (образует один тип гамет); а мужской — гетерогаметным (образует два типа гамет).

---

[1] Существуют еще два способа определения пола.

- *Прогамный* — пол зависит от количества питательных веществ в яйцеклетке. Так, у некоторых тлей после оплодотворения из больших зигот развиваются самки, а из маленьких — самцы.
- *Эпигамный* — пол определяется после оплодотворения и зависит от внешних условий. Например, у морского червя *Bonellia* личинка, осевшая на грунт, развивается в самку, а личинка, прикрепившаяся к матери, — в самца.

У некоторых животных (птицы, бабочки) гомогаметным полом являются самцы (набор XX), а гетерогаметным — самки (набор XY). У некоторых клопов (род *Protenor*), кузнечиков, жуков самки имеют набор XX, а самцы — X0. Тип X0 получил название "протенор".

У перепончатокрылых насекомых (пчел, муравьев) половых хромосом нет и пол зависит от плоидности яйцеклетки. Из оплодотворенных яйцеклеток (2n) у пчел развиваются рабочие особи и матка, из неоплодотворенных (n) — самцы (трутни).

Теоретически предполагаемое соотношение полов (1:1) называют первичным соотношением полов.

| | | | |
|---|---|---|---|
| P | XX | × | XY |
| Г | X | | X, Y |
| $F_1$ | XX | XY | |
| | 50% девочек | 50% мальчиков | |

Соотношение полов при рождении отличается от теоретического и составляет 1,06 (1,08) : 1, т. е. мальчиков рождается на 6—8% больше, чем девочек. Такое соотношение называют вторичным. К половому созреванию соотношение полов приближается к 1:1, и его называют третичным.

## Сцепленное с полом наследование

Признаки, гены которых расположены в половых хромосомах, называют сцепленными с полом. В Y-хромосоме обнаружены гены дифференцировки семенников, гены, влияющие на размер зубов, гены раннего облысения и гены повышенной волосатости (гипертрихоза). Так как Y-хромосома передается только по мужской линии, эти признаки проявляются только у мужчин.

В X-хромосоме человека содержится около 150 генов, отвечающих за развитие каких-либо признаков. Среди них есть доминантные гены, отвечающие за нормальную свертываемость крови, за цветовое зрение, за наличие потовых желез. Рецессивные аллели этих генов вызывают соответствующие заболевания: гемофилию (несвертываемость крови), дальтонизм (неразличение красного и зеленого цветов), отсутствие потовых желез.

Женский пол может быть гомозиготным или гетерозиготным по отношению к этим генам. Рассмотрим возможные генетические наборы у женщины на примере гемофилии (аналогичная картина наблюдается при дальтонизме): $X^нX^н$ — здорова; $X^нX^h$ — носитель; $X^hX^h$ — больна. Мужской пол по этим генам является гомозиготным, т. к. Y-хромосома не имеет аллелей этих генов: $X^нY$ — здоров; $X^hY$ — болен. Поэтому чаще всего этими заболеваниями страдают мужчины, а женщины являются их носителями.

У кошек одним из признаков, сцепленных с полом, является окраска: $X^BX^B$ — черная окраска, $X^bX^b$ — рыжая окраска, $X^BX^b$ — черепаховая окраска (это чередование

черных и рыжих пятен; наблюдается только у кошек). У котов встречаются только два варианта окраски: $X^BY$ — черная и $X^bY$ — рыжая.

## Признаки организма

Все признаки организма делят на качественные (устанавливаются описательным или типологическим путем — окраска, форма и т. п.) и количественные (устанавливаются измерением — масса, рост, длина и т. п.).

Примером воздействия среды на качественные признаки является изменение цвета шерсти гималайского кролика под воздействием температуры окружающей среды. Кролики этой породы рождаются белыми, но вскоре после рождения отдельные части тела темнеют (кончики ушей, хвоста, конечностей и носа), т. к. в них температура ниже. Так возникает горностаевый тип окраски. Эта окраска развивается в том случае, если кроликов выращивают при умеренной температуре. Если выращивать кроликов при повышенной температуре, то весь мех оказывается белым, а при пониженной — черным.

Пример воздействия среды на количественные признаки: урожай картофеля, выращенного из одного клубня, может сильно отличаться массой и формой полученных клубней в зависимости от плодородия почвы и ухода.

## Изменчивость

Изменчивость — это способность организмов изменяться под воздействием внешних или внутренних факторов. Выделяют два вида изменчивости: фенотипическую и генотипическую.

### Фенотипическая изменчивость

Она затрагивает фенотип, генотип остается неизменным. Фенотипическая изменчивость делится на *случайную* и *модификационную*. *Случайная* изменчивость возникает из-за действия на организм различных факторов внешней среды. Она не носит приспособительного характера и может затрагивать различные признаки.

*Модификационная* — это разнообразие фенотипов, возникающих у особей под влиянием внешних факторов. В сходных условиях среды она носит групповой и обратимый характер (например, в коже всех людей европеоидной расы под влиянием УФ-лучей синтезируется защитный пигмент — меланин).

Проявление модификационной изменчивости ограничено нормой реакции. *Норма реакции* — это те пределы, в которых возможно изменение признака у данного генотипа. На основании нормы реакции можно построить *вариационный ряд*, отражающий изменения признака в данной популяции. Например, если измерить рост всех учеников в классе, то можно построить вариационный ряд и определить норму реакции этого признака среди данной группы.

В отличие от модификаций, норма реакции передается по наследству. Границы нормы реакции сильно различаются у разных организмов и у разных признаков.

Например, количество молока (удой) имеет широкую норму реакции, а жирность молока — узкую.

Модификации всегда направлены, а их интенсивность пропорциональна силе и продолжительности действия фактора внешней среды.

## Генотипическая изменчивость

Это изменчивость, связанная с изменением генотипа. Она передается потомству от родителей. Различают комбинативную и мутационную генотипическую изменчивость.

### Комбинативная изменчивость

Это появление новых комбинаций признаков у потомства по сравнению с родительскими формами. Она связана с половым размножением. Причины комбинативной изменчивости:

- случайное сочетание негомологичных хромосом после их расхождения в анафазе первого деления мейоза. Вероятность таких сочетаний для человека составляет $2^{23}$;
- кроссинговер и независимое расхождение гомологичных хромосом;
- случайный подбор родительских пар;
- случайная встреча гамет при оплодотворении — невозможно заранее предсказать, какой именно сперматозоид сольется с яйцеклеткой.

Комбинативная изменчивость приводит к появлению многочисленных новых комбинаций признаков, что повышает генетическую разнородность популяций.

### Мутационная изменчивость

*Мутация* — это редкие, случайно возникшие, стойкие изменения генотипа, затрагивающие генотип целиком или его определенную часть. Термин "мутация" был предложен в 1901 г. Гуго де Фризом.

Рассмотрим классификацию мутаций.

- *Соматические и генеративные мутации.* Соматические мутации происходят в клетках тела и передаются потомству при бесполом или вегетативном размножении. Примерами являются пятна иной окраски на шкуре овец, пигментные пятна кожи. Генеративные мутации затрагивают половые клетки и передаются по наследству при половом размножении.
- По масштабу изменения генотипа выделяют генные, хромосомные и геномные мутации.

  *Генные (точковые) мутации* — это изменение последовательности нуклеотидов внутри гена. Причинами генных мутаций являются выпадение, удвоение, вставка, замена или перестановка нуклеотидов. В результате этого изменяется порядок триплетов, и синтез нормального белка становится невозможным.

*Хромосомные мутации (аберрации)* — это изменение структуры и строения хромосом. При хромосомных мутациях число хромосом не меняется. Выделяют следующие виды хромосомных мутаций (АБВГДЕЖ — норма; А, Б, В и т. п. — отдельные гены):

- АББВВГДЕЖ — дупликация — удвоение участка хромосомы;
- АБЕЖ — делеция — утрата хромосомой крупного участка;
- АБВГNMLP — транслокация — перенос участка одной хромосомы на другую негомологичную;
- ГДЕЖАБВ — инсерция — перенос участка одной хромосомы в другое место этой же хромосомы;
- АГВБДЕЖ — инверсия — обращение участка хромосомы на 180°.

*Геномные мутации* — это изменение числа хромосом.

- Полиплоидия — это кратное увеличение набора хромосом: 3n — триплоид; 4n — тетраплоид, 5n — пентаплоид и т. д. Чаще всего встречаются у растений. Полиплоидные формы более жизнеспособны и плодовиты. У животных и человека полиплоидия встречается гораздо реже. Например, некоторые клетки печени полиплоидны; они обладают большими функциональными возможностями. С возрастом число полиплоидных клеток увеличивается.
- Анеуплоидия — это увеличение или уменьшение диплоидного набора хромосом на одну, реже на две хромосомы. Так, синдром Дауна — анеуплоидная мутация (у больного в кариотипе наблюдается 47 хромосом).
- Гаплоидия — это уменьшение числа хромосом в соматических клетках до гаплоидного набора, т. е. вдвое. Этот тип мутаций чаще всего встречается у низших растений и грибов. Растения с таким набором характеризуются мелкими размерами, пониженной жизнеспособностью и бесплодием.

❒ *Спонтанные и индуцированные мутации.* Спонтанные мутации возникают у организмов под действием случайных мутагенных факторов. Частота спонтанных мутаций одинакова для всех живых организмов: одна мутация на 100 000 генов. Мутации, специально вызванные какими-либо факторами, называют индуцированными.

❒ *Доминантные и рецессивные мутации.* Доминантные мутации (например, полидактилия — многопалость у человека) контролируются доминантным геном, поэтому всегда проявляются фенотипически. Рецессивные мутации кодируются рецессивным геном и проявляются у организма только в том случае, если он гомозиготен по этим генам. Большинство мутаций относится к рецессивным.

❒ По значению для естественного отбора мутации делятся на полезные, нейтральные и вредные. *Полезные* мутации способствуют развитию признаков, обеспечивающих организму преимущества в выживании и размножении. *Нейтральные* мутации в данных условиях среды на выживаемость организма не действуют, но при изменении условий они могут становиться вредными или полезными. *Вредные* мутации понижают жизнеспособность организмов. Среди них встречаются

летальные мутации, которые приводят к гибели. Если вредные мутации контролируются рецессивными генами, то они могут накапливаться в генофонде популяции, т. к. их проявление возможно только у организмов, гомозиготных по рецессивному гену.

Также проявление мутаций может зависеть от внешних факторов. Например, у дрозофилы есть ген, который при температуре +30 °С вызывает 100%-ную гибель организмов, а при температуре 0 °С все мухи, имеющие этот ген, выживают.

### Мутагены

Это факторы, вызывающие мутации. Выделяют три группы мутагенов.

К *физическим мутагенам* относятся длительное воздействие высоких температур и все виды излучений (УФ-лучи, рентгеновские лучи, гамма-излучение, космическое излучение). *Химические* — это различные вещества, к которым относятся алкалоиды, соли тяжелых металлов, азотистая кислота. Также мутагенным действием могут обладать пестициды, некоторые пищевые красители, консерванты и лекарства, поэтому их применение должно находиться под строгим контролем. *Биологические* — это вирусы и некоторые белки.

Все мутагены имеют ряд общих свойств: они универсальны (действуют во всех живых организмах), у них отсутствует нижний порог мутационного действия (т. е. способны вызывать мутации в любых малых дозах).

Открытие мутагенов создало предпосылку для их искусственного использования — прежде всего, в селекции. С их помощью созданы новые сорта и штаммы. Впервые для искусственного получения мутаций использовали рентгеновские лучи (опыт проводился на дрозофиле). В настоящее время ведутся работы по созданию методов направленного воздействия мутагенов на определенные гены.

### Закон гомологических рядов

Н. И. Вавилов, изучая мутационную изменчивость у культурных и диких растений (в основном — на злаках), открыл, что она протекает у генетически близких видов и родов параллельно. В результате этого у разных форм возникают сходные мутации, которые Вавилов *назвал гомологическими рядами наследственной изменчивости*. Это позволило ему сформулировать закон, названный *законом гомологических рядов*: близкородственные виды и роды благодаря большому сходству их генотипов обладают сходной наследственной изменчивостью. Этот закон иногда называют "таблицей Менделеева в биологии".

## Генетика человека

Человек, как и все живые существа, подчиняется всем генетическим закономерностям. Однако изучение человека с точки зрения генетики имеет свою специфику. Так, на человеке невозможно применение гибридологического метода: длительное половое созревание, небольшое число потомков, этические причины.

## Методы генетики человека

- Генеалогический метод — это составление и анализ родословных человека. С помощью этого метода можно выяснить характер наследования признака (аутосомный или сцепленный с полом, доминантный или рецессивный), а также вероятность появления того или иного признака у потомства.
- Близнецовый метод основывается на сравнительном изучении генотипов и фенотипов близнецов. Как известно, близнецы бывают однояйцовые и разнояйцовые. Однояйцовые близнецы развиваются из одной оплодотворенной яйцеклетки; они всегда одного пола и их генотип совпадает на 100%. Разнояйцовые близнецы развиваются из двух различных яйцеклеток, оплодотворенных разными сперматозоидами; они могут быть разного пола и генетически сходны не более, чем обычные братья и сестры. С помощью этого метода можно выявить роль генов и факторов среды в развитии признаков.
- Цитогенетический метод — это изучение строения хромосом с помощью микроскопа. С помощью колхицина останавливают митоз в стадии метафазы, в которой все хромосомы расположены в плоскости экватора (колхицин блокирует образование нитей веретена деления). Затем хромосомы окрашивают, и каждую пару идентифицируют. Этот метод используют для диагностики хромосомных болезней человека, связанных с нарушением числа и структуры хромосом.
- Популяционный метод — это изучение частот аллелей, в том числе вызывающих заболевания, в человеческих популяциях. Метод основан на применении закона Харди — Вайнберга. Согласно этому закону, частоты аллелей в популяции соответствуют формуле $p(A) + q(a) = 1$ ($p$ — частота гена А, $q$ — частота гена а), а частоты гомозиготных и гетерозиготных особей рассчитывают по формуле $p^2(\text{AA}) + 2pq(\text{Aa}) + q^2(\text{aa}) = 1$, где $p^2(\text{AA})$ — частота встречаемости доминантных гомозиготных особей; $2pq(\text{Aa})$ — частота встречаемости гетерозиготных особей; $q^2(\text{aa})$ — частота встречаемости рецессивных гомозиготных особей. Этот закон справедлив для больших популяций людей, в которых исключены родственные браки.
- Биохимический метод применяют для определения генных мутаций по биохимическим продуктам. К моче или крови человека добавляются определенные реактивы, и по изменению окраски делают вывод о наличии или отсутствии таких мутаций. Например, моча больных фенилкетонурией окрашивается раствором хлорида железа в темный цвет.
- Микробиологический метод используют для выявления генных мутаций. Сначала выводят штаммы бактерий, не способных существовать без определенного вещества, но не умеющих его синтезировать, т. е. эти бактерии должны получать данное вещество из окружающей среды. Затем мочу или кровь больного добавляют к питательной среде этих бактерий. Если это вещество присутствует в крови или моче человека, то бактерии интенсивно растут и размножаются, образуя колонии.
- Гибридизация соматических клеток применяется для составления генетических карт человека. В искусственных условиях получают гибридные клетки из клеток

человека и мыши (или крысы). Эти гибридные клетки способны к митозу, и в них с каждым делением число хромосом уменьшается. При этом клетка становится неспособной синтезировать определенные белки. Так выясняют, в каких хромосомах находятся гены, отвечающие за синтез тех или иных белков.

### Типы наследования признаков у человека

- Аутосомно-доминантный: признак чаще всего проявляется в каждом поколении с одинаковой частотой у мужчин и у женщин. Примеры: короткопалость, талассемия (разновидность анемии, связанная с нарушением синтеза гемоглобина), полидактилия (6 пальцев).
- Аутосомно-рецессивный: признак отсутствует у родителей, но появляется у потомства; частота встречаемости у мужчин и женщин одинаковая. Примеры: голубой цвет глаз, альбинизм, фенилкетонурия (резкое снижение активности фермента, превращающего фенилаланин в тирозин; повышенная концентрация фенилаланина оказывает вредное воздействие — тормозит развитие, возникает умственная отсталость).
- Рецессивный, сцепленный с полом: в подавляющем большинстве случаев проявляется только у мужчин. Примеры: гемофилия, дальтонизм.
- Голандрический тип наследования — гены, кодирующие данные признаки, находятся в Y-хромосоме и передаются только от отца к сыну. Пример: гипертрихоз.

## Селекция

Селекция (от лат. *selectio* — выбор, отбор) — это наука о выведении новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов.

Возникновение селекции тесно связано с развитием человеческой цивилизации. Селекция стала развиваться одновременно с началом одомашнивания животных и искусственного разведения растений. С момента выращивания растений и разведения животных человек отбирал наиболее продуктивные экземпляры — так были выведены первые сорта растений и породы животных. С развитием цивилизации значение селекции постоянно возрастало, т. к. требовались новые, более продуктивные группы организмов, и с конца XVIII в. зарождается промышленная селекция.

В селекции любых организмов основное направление — увеличение урожая или продуктивности. Это главный критерий сорта или породы. Наряду с этим, в последнее время все большее значение приобретают качественные показатели: содержание различных веществ (высокое — полезных и низкое — вредных); лежкость плодов, устойчивость к вредителям и неблагоприятным условиям.

### Центры происхождения культурных растений

Н. И. Вавиловым было выделено 8 центров происхождения культурных растений. Все они совпадают с древнейшими очагами цивилизации.

- Южноамериканский: фасоль, томат, арахис, картофель.
- Среднеамериканский: кукуруза, фасоль, табак, какао, красный перец, тыква.
- Африканский: кофе, арбуз, хлопчатник.
- Средиземноморский: оливковое дерево, капуста, брюква.
- Переднеазиатский: пшеница, рожь, ячмень, овес, чечевица.
- Среднеазиатский: горох, морковь, лук, виноград, лен.
- Индонезийско-индокитайский: банан, сахарный тростник.
- Китайско-японский: рис, просо, соя.

## Центры происхождения домашних животных

Центры одомашнивания также совпадают с очагами цивилизации. Возможно, что одомашнивание некоторых видов происходило одновременно в нескольких центрах независимо друг от друга. Так, в Европе, Передней и Малой Азии были одомашнены тур, овцы, козы и лошади; в Юго-Восточной Азии — свиньи, куры и утки; в Америке — индейки и ламы.

Предки домашних животных:

- собака — волк и шакал, кошка — африканская дикая кошка;
- коровы — тур, овцы — муфлон, лошадь — тарпан, свиньи — кабан;
- куры — дикие банкиевские куры.

## Методы селекции

*Искусственный отбор* — это основной метод селекции. Изучая сорта и породы, Дарвин сделал вывод, что они произошли от одного или нескольких видов диких предков (домашние голуби — от дикого скалистого голубя; культурные сорта яблони — от яблони лесной).

Ч. Дарвин различал два вида искусственного отбора — бессознательный и методический.

*Бессознательный (стихийный) отбор* действовал на самых ранних этапах одомашнивания. Первые попытки одомашнивания начинались, вероятно, со случайного выращивания диких животных. Те из них, которые оказались способными контактировать с человеком и существовать в условиях неволи, выживали. Таким образом, на этом этапе искусственный отбор шел по поведению: основное свойство, по которому отбирали животных и растений — способность размножаться под контролем человека. У злаков отбирали семена тех растений, которые были способны сохранить их в колосе, т. е. не осыпались. Во время бессознательного отбора не ставилась цель улучшить отдельные показатели продуктивности — отбор шел по комплексу признаков.

*Сознательный (методический)* — это следующий этап искусственного отбора: применение различных методов с целью улучшения растений и животных по про-

дуктивным и воспроизводительным функциям, устойчивости к экстремальным факторам среды и болезням, по качеству получаемой продукции. Выделяют два типа сознательного отбора — массовый и индивидуальный. *Массовый* отбор проводится по внешним, фенотипическим признакам в популяциях растений и животных. Например, есть поле с 1000 растений. Внимательно обследовав каждое растение, учтя его продуктивность, устойчивость и другие характеристики, выбирают 50 лучших по всем показателям. Далее собирают семена от этих 50 растений и на следующий год высевают только их. Если урожайность выше, следовательно, массовый отбор был эффективен. Недостаток заключается в том, что по внешним признакам не всегда можно определить лучший генотип. *Индивидуальный* отбор введен в селекцию в XIX в. Главный принцип этого отбора — оценка отбираемых растений или животных по потомству. Например, возьмем то же поле с 1000 растений. Внимательно обследовав каждое растение, учтя все необходимое, опять выберем 50 лучших по всем показателям. Но на следующий год семена каждого из 50 посеем не вместе, а отдельно и оценим потомство по всем необходимым признакам от каждого растения. Те растения, которые дают лучшее потомство, и будут использоваться в дальнейшем.

Преимущество индивидуального отбора над массовым заключается в точности оценки генотипа при анализе индивидуальных потомков. Массовый отбор эффективен, когда выделяют особей по качественным, просто наследуемым признакам (белый или красный цветок, безрогое или рогатое животное и т. п.). Эти признаки обычно контролируются одним геном. Но при отборе по количественным, сложно наследуемым признакам (число зерен в колосе, жирность молока и т. п.), которые определяются действием многих генов, более эффективен индивидуальный отбор, т. к. здесь нужна предельно точная оценка генотипа.

Творческая роль искусственного отбора заключается в том, что его результатом является многообразие пород домашних животных и сортов культурных растений.

*Гибридизация* — это скрещивание разных организмов с целью получения признаков, необходимых человеку. При этом подбирают необходимые родительские пары, используя в качестве исходного материала дикие формы или искусственно выведенные группы.

Существует близкородственное (инбридинг) и неродственное скрещивание. При близкородственном скрещивании повышается гомозиготность особей, что закрепляет нужные признаки. Однако иногда при таком скрещивании у потомства проявляются рецессивные мутации и снижается жизнеспособность. Неродственное скрещивание (или отдаленная гибридизация) — это скрещивание организмов, относящихся к разным видам и даже родам. Таким способом получен мул (гибрид лошади и осла), хонорик (гибрид хорька и норки), бестер (гибрид белуги и стерляди) и т. д.

При гибридизации иногда имеет место явление *гетерозиса* — повышенная жизнеспособность и урожайность (плодовитость) потомков по сравнению с родительскими формами.

*Полиплоидизация* — это получение полиплоидных организмов. В основном этот метод используется в селекции растений. Полиплоидные растения более урожайны,

у них выше устойчивость к неблагоприятным факторам, они более жизнеспособны. Также полиплоидию используют для восстановления плодовитости гибридов, полученных при отдаленной гибридизации. В 1924 г. Г. Д. Карпеченко с помощью полиплоидии создал капустно-редечный гибрид. С использованием полиплоидии был создан пшенично-ржаной гибрид — тритикале.

*Искусственный мутагенез* — это получение и использование мутаций в селекции. Объекты обрабатывают химическими реагентами или различными видами излучений. Среди мутаций, полученных таким путем, многие являются полезными и используются в дальнейшей селекции.

## Тест по теме "Генетика и селекция"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Какие гаметы образуются у особи с генотипом Аавв (при независимом наследовании)?

1) Аав; 2) Ав, ав; 3) Аа, вв; 4) А, а, в.

**А2.** Какое расщепление будет наблюдаться при анализирующем скрещивании особи с генотипом $AaI^{A}i^{0}$?

1) 3:1; 2) 1:1; 3) 1:1:1:1; 4) 9:3:3:1.

**А3.** Гены, расположенные в одинаковых участках гомологичных хромосом и контролирующих альтернативное проявление одного и того же признака, называются:

1) аллельными; 3) доминантными;

2) неаллельными; 4) рецессивными.

**А4.** Какой организм относится к дигетерозиготным?

1) ААВВ; 2) АаВВ; 3) аавв; 4) АаВв.

**А5.** Сцепление генов нарушается благодаря:

1) нерасхождению гомологичных хромосом;

2) кроссинговеру;

3) независимому наследованию;

4) митозу.

**А6.** При скрещивании организмов, имеющих одинаковый генотип АаВв, в потомстве наблюдалось расщепление в соотношении 3:1. Такое расщепление можно объяснить с помощью:

1) второго закона Менделя; 3) полного сцепления генов;

2) третьего закона Менделя; 4) неполного доминирования.

**А7.** С помощью какого метода выявили причину болезни синдром Дауна?

1) цитогенетического; 3) биохимического;

2) близнецового; 4) генеалогического.

**А8.** Сколько типов гамет образуется у особи с генотипом ААввСс?

1) 2; 2) 4; 3) 6; 4) 8.

**А9.** У гомозиготных родителей в первом поколении **не проявляются** признаки:

1) доминантные; 3) альтернативные;

2) рецессивные; 4) хромосомные.

**А10.** Определите фенотип растения с набором генов ааВв, если доминирующими признаками являются красные плоды и нормальные листья, а рецессивными — желтые плоды и укороченные листья:

1) красные плоды, нормальные листья;

2) красные плоды, укороченные листья;

3) желтые плоды, нормальные листья;

4) желтые плоды, укороченные листья.

**А11.** Сколько аллелей одного гена содержится в сперматозоиде мужчины?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

**А12.** При скрещивании серых морских свинок (Аа, неполное доминирование) с такими же морскими свинками расщепление в потомстве будет:

1) 25% черных, 50% серых и 25% белых;

2) 50% серых и 50% белых;

3) 75% серых и 25% белых;

4) 33,3% серых, 33,3% белых и 33,3% черных.

**А13.** Какова вероятность рождения больного ребенка (болезнь — рецессивный признак) у родителей с генотипами $X^hY$ и $X^HX^H$?

1) 100%; 2) 50%; 3) 25%; 4) 0%.

**А14.** Определите генотип человека, имеющего карие глаза и вторую группу крови:

1) $aaI^AI^A$; 2) $AaI^Ai^0$; 3) $Aai^0i^0$; 4) $aaI^Bi^0$.

**А15.** При скрещивании организмов с генотипами АаВв и аавв в потомстве наблюдалось появление двух фенотипических классов в соотношении 1:1. Какой закон проявляется в этом случае?

1) первый закон Менделя; 3) третий закон Менделя;

2) второй закон Менделя; 4) закон Моргана.

**А16.** Мутация, связанная с утратой участка хромосомы, называется:

1) генной; 2) хромосомной; 3) геномной; 4) модификационной.

**А17.** Комбинативная изменчивость обусловлена:

1) независимым расхождением хромосом в мейозе;

2) изменением числа хромосом;

3) возникновением новых генов;

4) нарушением митоза.

**А18.** Потемнение кожи под действием солнечных лучей — это пример:

1) комбинативной изменчивости;

2) случайной изменчивости;

3) модификационной изменчивости;

4) мутации.

**А19.** Причиной мутации может быть:

1) случайная встреча гамет при оплодотворении;

2) изменение структуры гена;

3) обмен участками между гомологичными хромосомами;

4) случайный подбор родительских пар.

**А20.** Увеличение числа хромосом относится к мутациям:

1) генным; 2) хромосомным; 3) геномным; 4) точковым.

**А21.** Комбинативная изменчивость возникает только при:

1) бесполом размножении;

2) половом размножении;

3) вегетативном размножении;

4) размножении с помощью спор.

**А22.** Отличия, возникающие у однояйцевых близнецов, связаны с:

1) их генотипом;

2) действием внешней среды;

3) особенностями их питания;

4) разным набором генов.

**А23.** В стаде крупного рогатого скота с нормальной шерстью родился бесшерстный теленок. К какому виду изменчивости относится это явление?

1) модификационной; 3) мутационной;

2) соотносительной; 4) комбинативной.

**А24.** Изменение признака организма в определенных пределах определяется:

1) влиянием внешней среды;

2) нормой реакции;

3) стремлением организма к совершенствованию;

4) действием мутагенов.

**А25.** Избыточное количество УФ-лучей является вредным для человека, т. к.:

1) ускоряются обменные процессы;

2) может вызвать нарушения в структуре хромосом;

3) увеличивается вероятность рождения близнецов;

4) разрушаются органы человека.

**А26.** К биологическим мутагенам относится:

1) температура;
2) некоторые белки;
3) соли тяжелых металлов;
4) некоторые лекарства и красители.

**А27.** Полиплоидия — это:

1) изменение структуры хромосом;

2) кратное увеличение числа хромосом;

3) уменьшение числа хромосом в два раза;

4) образование большого числа плодов.

**А28.** У спортсменов увеличивается масса мышц тела, что служит примером:

1) комбинативной изменчивости;

2) модификационной изменчивости;

3) генотипической изменчивости;

4) условного рефлекса.

**А29.** Выберите признак, обладающий широкой нормой реакции:

1) содержание витаминов в молоке;

2) количество яиц от одной курицы-несушки за год;

3) окраска шкуры у овец;

4) уровень жиров в икре рыб.

**А30.** Определите формулировку закона Вавилова:

1) гены одной хромосомы наследуются сцеплено;

2) при скрещивании дигетерозиготных организмов в потомстве наблюдается расщепление 9:3:3:1;

3) близкие виды и рода обладают сходной наследственной изменчивостью;

4) все гибриды первого поколения одинаковы.

**А31.** Группа растений, выведенная человеком и обладающая определенными признаками, — это:

1) порода; 2) сорт; 3) вид; 4) подвид.

**А32.** Метод искусственного мутагенеза чаще всего применяется в селекции:

1) позвоночных животных;

2) беспозвоночных животных;

3) растений;

4) микроорганизмов.

**А33.** Повышенную урожайность и жизнестойкость потомства по сравнению с родителями называют:

1) сверхдоминированием; 3) эволюционным скачком;
2) гетерозисом; 4) ароморфозом.

**А34.** Полиплоидизация применяется в селекции:

1) растений; 2) животных; 3) вирусов; 4) бактерий.

**А35.** Выведением новых организмов на основе пересадки участков хромосом занимается:

1) цитология; 3) генная инженерия;
2) клеточная инженерия; 4) микробиология.

**А36.** Чистые линии в селекции получают:

1) самоопылением и близкородственным скрещиванием;
2) перекрестным опылением и неродственным скрещиванием;
3) полиплоидизацией и искусственным мутагенезом;
4) массовым и индивидуальным отбором.

## Часть В

**В заданиях В1—В3 выберите три правильных ответа из шести.**

**В1.** К генным мутациям относят следующие изменения генотипа:

1) между гомологичными хромосомами происходит кроссинговер;
2) хромосома укорачивается на несколько генов;
3) один нуклеотид в ДНК заменяется на другой;
4) при оплодотворении в зиготе образуется лишняя хромосома;
5) из ДНК выпадает несколько нуклеотидов;
6) в ДНК происходит вставка одного или нескольких нуклеотидов.

**В2.** В Южноамериканском центре происхождения культурных растений были одомашнены:

1) кофе; 4) фасоль;
2) картофель; 5) пшеница;
3) томат; 6) банан.

**В3.** Методы, которые применяются в селекции крупного рогатого скота в настоящее время:

1) близкородственное скрещивание;
2) искусственный мутагенез;
3) массовый отбор;
4) бессознательный отбор;
5) полиплоидизация;
6) оценка производителя по потомству.

**При выполнении заданий B4—B7 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**B4.** Установите соответствие между характеристикой мутации и ее типом.

| ХАРАКТЕРИСТИКА | ТИП МУТАЦИИ |
|---|---|
| А) кратное увеличение числа хромосом | 1) хромосомная |
| Б) поворот участка хромосомы на 180° | 2) геномная |
| В) утрата одной хромосомой небольшого участка | |
| Г) уменьшение числа хромосом в клетке на одну | |
| Д) увеличение числа хромосом в клетке на одну | |

**B5.** Установите соответствие между признаком и нормой реакцией, которая для него характерна.

| ПРИЗНАК | НОРМА РЕАКЦИИ |
|---|---|
| А) содержание жиров в курином яйце | 1) узкая норма реакции |
| Б) масса тела свиней | 2) широкая норма реакции |
| В) количество молока от одной коровы в год | |
| Г) длина шерсти у ангорских кроликов | |
| Д) окраска глаз у мухи дрозофилы | |

**B6.** Установите соответствие между характеристикой изменчивости и видом, к которому ее относят.

| ХАРАКТЕРИСТИКА | ВИД ИЗМЕНЧИВОСТИ |
|---|---|
| А) возникает спонтанно | 1) комбинативная |
| Б) вызывается некоторыми белками | 2) модификационная |
| В) всегда полезна для организма | 3) мутационная |
| Г) зависит от кроссинговера и подбора родительских пар | |
| Д) ее проявление ограничено нормой реакции | |

**B7.** Установите соответствие между характером расщепления в потомстве от скрещивания двух дигетерозиготных особей и типом наследования.

| РАСЩЕПЛЕНИЕ | ТИП НАСЛЕДОВАНИЯ |
|---|---|
| А) 3:3:1:1 | 1) независимое наследование |
| Б) 9:7 | 2) сцепленное наследование |
| В) 3:1 | |
| Г) 1:1 | |
| Д) 9:3:3:1 | |

**B8.** Установите последовательность проявления у потомства рецессивной мутации:

1) образование зиготы с рецессивными генами в гомозиготном состоянии;

2) образование у родителей двух типов гамет;

3) проявление мутации у потомства;

4) возникновение мутации в половых клетках родителей;

5) случайная встреча гамет.

### Часть С

**С1.** При изучении клетки больного было обнаружено, что одна из хромосом удлинилась. О какой мутации идет речь? Какой метод был применен для определения этой мутации?

**С2.** Двое фермеров купили у одного производителя несколько быков. У одного из фермеров быки набрали массу 400 кг, у другого — около 800 кг, но как он ни старался, выше этого значения масса тела не поднималась. С чем связаны такие отличия в массе тела животных? Почему масса быка не смогла превысить 800 кг?

**С3.** В каких случаях в селекции растений эффективен массовый отбор, а в каких — индивидуальный? Ответ поясните.

**С4.** Мужчина, страдающий гемофилией, правша (его мать была левшой) женился на женщине-левше с нормальной кровью (ее отец и мать были здоровы). Какие могут родиться дети от этого брака (у человека праворукость доминирует над леворукостью)?

**С5.** Мужчина с карими глазами и 3 группой крови женился на женщине с карими глазами и 3 группой крови. У них родился голубоглазый ребенок с 1 группой крови. Определите генотипы всех лиц, указанных в задаче.

**С6.** Скрестили дыни с желтыми овальными плодами с растениями, имевшими желтые шаровидные плоды. В потомстве получены следующие растения: 3/8 с желтыми овальными, 3/8 с желтыми шаровидными, 1/8 с белыми овальными и 1/8 с белыми шаровидными плодами. Определите генотипы исходных растений и потомков, если у дыни желтая окраска доминирует над белой, овальная форма плода — над шаровидной.

# ЭВОЛЮЦИЯ

## Теории эволюции

### Креационизм

*Креационизм* (от лат. *creatio* — создание) — это учение о сотворении мира, живой и неживой природы Творцом в едином творческом акте.

Представителем этого течения считается К. Линней (XVIII в.), шведский естествоиспытатель, основатель современной систематики. Наиболее известны две его

работы: "Система природы" и "Философия ботаники". Линней ввел в биологию бинарную номенклатуру (название каждого вида должно состоять из двух слов: например, одуванчик лекарственный: первое слово обозначает род, все вместе — вид) и предложил систематику растений и животных, разделив каждое из царств на соподчиненные таксоны. Он выделил 24 класса растений и 6 классов животных.

Классификация, предложенная К. Линнеем, была во многом искусственной, т. к. в ее основу он положил сходство организмов по наиболее легко отличимым признакам. Так, для разделения растений на категории он использовал число тычинок и способ их прикрепления, в результате чего такие разные растения, как камыш и барбарис или морковь и смородина, оказывались в одной группе. Животные были разделены на 6 классов: млекопитающие, птицы, гады (рептилии и амфибии), рыбы, насекомые и черви. В класс червей относились все животные с белой кровью и нечленистыми конечностями (одноклеточные, губки, кишечнополостные, моллюски, иглокожие и т. п.).

Также Линней дал определение термина "вид" — это совокупность особей, обладающих общими морфологическими признаками и не скрещивающихся с особями других групп. Он считал виды неизменными единицами, возникшими путем размножения одной особи (у гермафродитов) или пары особей (у раздельнополых), первоначально созданных Творцом. Однако к концу жизни Линней стал признавать изменчивость внутри вида и образование разновидностей внутри него. Также он стал допускать возможность возникновения некоторых новых форм и даже видов путем скрещивания.

## Трансформизм

*Трансформизм* (перерождение) — теории о превращении одних видов в другие под воздействием среды. Однако, в отличие от эволюционизма, трансформизм не говорит о последовательном историческом развитии от простого к сложному, т. е. об эволюции в целом, а ограничивается идеями о превращении видов.

## Эволюционизм

### Ламаркизм

Первая теория эволюции была создана французским ученым Жаном Батистом Ламарком (эти идеи он изложил в своей работе "Философия зоологии"). Эволюция по Ламарку осуществляется следующим образом. Сначала изменяются условия внешней среды, и организмы в соответствии с новыми потребностями изменяют определенные органы (первый закон Ламарка). Возникшие изменения передаются потомству по наследству (второй закон Ламарка).

### Дарвинизм

Основные предпосылки возникновения учения Ч. Дарвина:

- успехи естественных наук, в том числе закон К. Бэра в эмбриологии, возникновение сравнительной анатомии и палеонтологии, труды М. В. Ломоносова в гео-

логии, появление клеточной теории и теории эволюции Ламарка. Значительную роль также сыграло освоение новых территорий, во время которого собирались коллекции совершенно новых животных и растений;

- кругосветное путешествие Ч. Дарвина на корабле "Бигль" ("Ищейка"), за время которого он собрал огромный фактический материал;
- развитие капитализма в Англии, что привело к росту городского населения и потребовало создания новых, более продуктивных сортов растений и пород животных.

Основные труды Ч. Дарвина:

- "Происхождение видов путем естественного отбора или сохранение благоприятствующих форм в борьбе за жизнь" (1859) (позже она была названа просто "Происхождение видов"). Это основная работа Дарвина, в которой он изложил свою теорию эволюции;
- "Изменение домашних животных и культурных растений" (1868). В этой работе Дарвин излагает свою теорию искусственного отбора;
- "Происхождение человека и половой отбор" (1872). В ней Дарвин попытался доказать происхождение человека от животных.

Основные положения теории Дарвина:

- в пределах каждого вида существует огромное количество индивидуальной наследственной изменчивости по различным признакам. Эта изменчивость существует всегда: не существует двух идентичных особей по всей совокупности признаков;
- все живые организмы обладают способностью к увеличению численности;
- жизненные ресурсы ограничены, поэтому между особями возникает борьба за существование. В условиях этой борьбы выживают и дают потомство те особи, которые наиболее приспособлены к данным условиям;
- избирательное выживание и размножение наиболее приспособленных особей называется естественным отбором. Естественный отбор, происходящий внутри популяций, постепенно ведет к расхождению (дивергенции) признаков и в конечном итоге к видообразованию.

С помощью своей теории Ч. Дарвин дал объяснение причинам и движущим силам эволюции и объяснил развитие приспособительных признаков, а также многообразие форм животных и растений действием естественного отбора.

Одновременно с Дарвином к схожим выводам пришел *Альфред Уоллес*. Он прислал Дарвину свою статью, в которой были отображены идеи, совпадавшие с теорией Дарвина. Однако приоритет теории был признан за Дарвином. Также Уоллес считается одним из основоположников зоогеографии, он же предложил термин "дарвинизм".

## Доказательства эволюции

**Эмбриологические.** Изучение эмбриональных стадий развития различных организмов позволяет выявить их родство. Изучив эмбриональное развитие рыб, пресмыкающихся и млекопитающих, К. Бэр сформулировал *закон зародышевого сходства*: самые ранние стадии развития сохраняют значительное сходство с соответствующими стадиями развития предковых и родственных форм. Этот закон подтверждает родство всех позвоночных животных и указывает на происхождение их от общих предков. Взаимосвязь между онтогенезом и филогенезом была отмечена также Ч. Дарвином.

Во второй половине XIX в. немецкий ученый Э. Геккель сформулировал *биогенетический закон*: онтогенез есть быстрое и краткое повторение филогенеза, т. е. каждая особь в ходе эмбрионального развития повторяет историю развития вида в целом. Например, у зародышей всех наземных позвоночных на определенном этапе эмбрионального развития есть зачатки жаберных щелей, сходство в форме тела, наличие хвоста, зачатков конечностей. У всех представителей этого подтипа сначала закладывается хорда, кровеносная система с одним кругом кровообращения (как у рыб), одинаковое строение почек и т. д. По мере развития сходство между зародышами уменьшается, и начинают все более четко проявляться черты строения своего класса. Впоследствии биогенетический закон был уточнен: в онтогенезе повторяются стадии развития не взрослых предков, а их зародышей (рис. 4.28).

**Палеонтологические.** Это доказательства с помощью изучения ископаемых остатков различных организмов. Среди палеонтологических доказательств выделяют ископаемые переходные формы и палеонтологические ряды.

Ископаемые переходные формы — это организмы, обладающие признаками более древних и более молодых групп (археоптерикс — промежуточная форма между рептилиями и птицами; ихтиостеги — между рыбами и земноводными; семенные папоротники — между папоротникообразными и семенными растениями).

Палеонтологические (филогенетические) ряды — это ряды ископаемых форм, связанные друг с другом в процессе эволюции и отражающие ход филогенеза. Пример: развитие предков лошади по линии: фенакодус — эогиппус — миогиппус — парагиппус — плиогиппус — современная лошадь. В. О. Ковалевский по ископаемым остаткам реконструировал внешний вид и строение предков современной лошади. Эти животные были размером с лисицу, питались травянистыми растениями, обитали в тропических лесах на территории Северной Америки. Смена жаркого и влажного климата на умеренный привела к исчезновению лесов и распространению злаков. У предков современной лошади формировались приспособления к жизни на открытых степных пространствах и питанию растительной пищей: способность к быстрому бегу; уменьшение числа пальцев и образование копыта (рис. 4.29); ведение стадного образа жизни; изменение строения зубов в связи с питанием растительной пищей; увеличение длины кишечника.

Иногда палеонтологические ряды обнаруживаются в одном месте: при определенных условиях в одном и том же месте сохраняются в ископаемом состоянии все вымершие формы (например, моллюски рода *Gyraulus*).

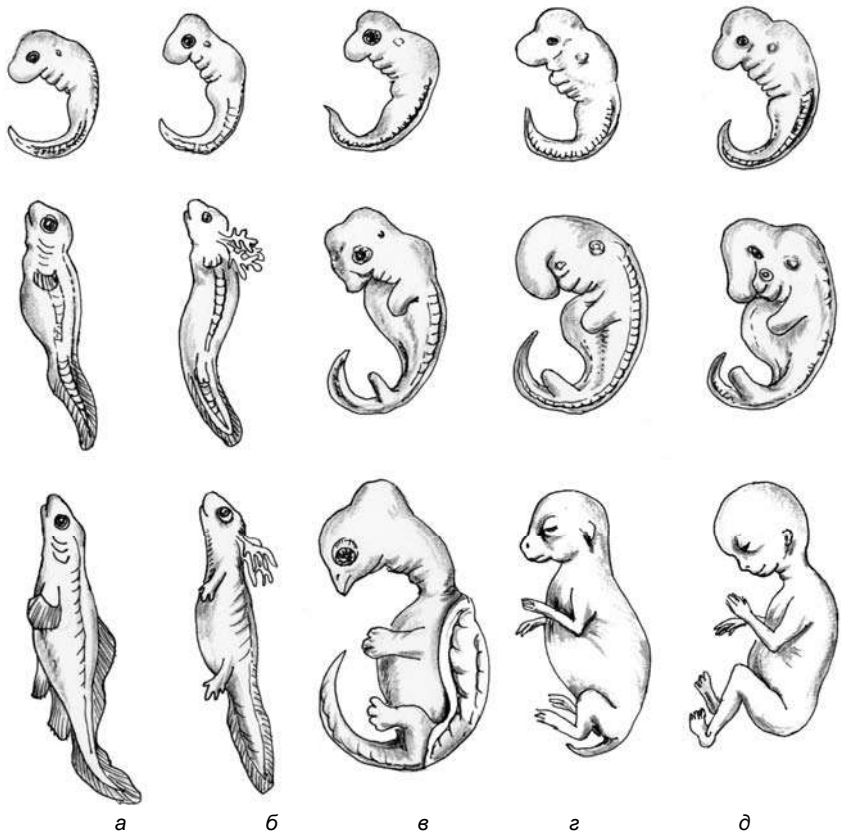



**Рис. 4.28.** Эмбрионы позвоночных на разных этапах развития: *а* — рыбы; *б* — амфибии; *в* — птицы; *г* — млекопитающего; *д* — человека

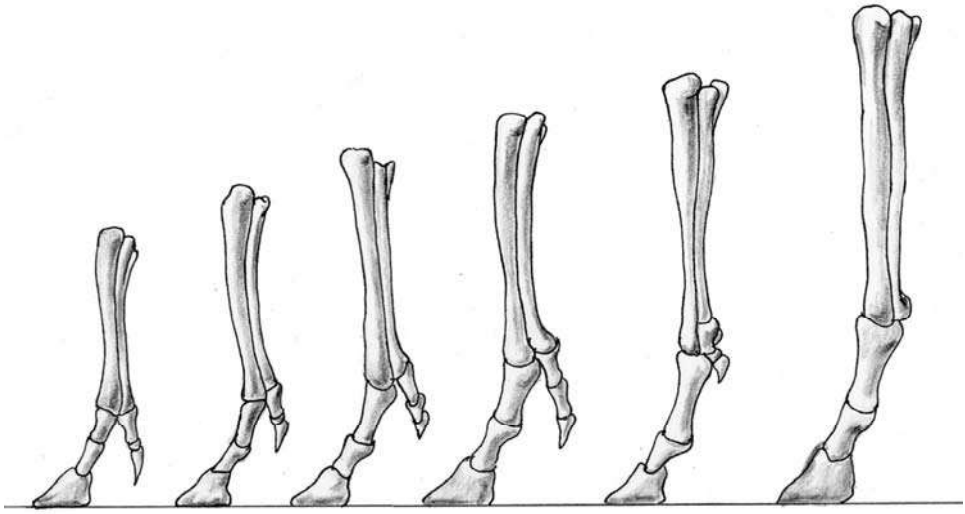


**Рис. 4.29.** Изменение конечности лошади в процессе эволюции

**Сравнительно-анатомические (морфологические).** Рассматривается внешнее и внутреннее строение разных организмов и на основании степени сходства определяется степень родства этих групп.

Так, сравнительно-анатомические исследования показали, что конечности некоторых позвоночных, например ласты кита, лапы крота, крокодила, крылья птицы, летучей мыши, руки человека, несмотря на выполнение разных функций, имеют сходные черты строения и общее происхождение. Некоторые кости в скелете конечностей могут отсутствовать, другие — срастаться, могут изменяться относительные размеры костей, однако во всех случаях эти органы развиваются сходным образом из одинаковых эмбриональных зачатков. Органы, которые имеют сходное строение и общее происхождение, называются *гомологичными*. Примерами гомологии у растений являются лист гороха с усиками и прилистниками, кувшинчики насекомоядного растения непентеса, колючки барбариса, почечные чешуи.

В природе часто наблюдаются случаи сходства по внешнему виду и выполняемым функциям органов, которые имеют разное происхождение. Например, крыло птицы и крыло бабочки выполняют сходную функцию, но их происхождение и строение совершенно различные. Сходство вызвано приспособлением к полету, возникшим независимо у бабочек и птиц, а не происхождением этих форм. Органы, обладающие внешним сходством и выполняющие одинаковые функции, но имеющие разное происхождение, называются *аналогичными*. К аналогичным органам относятся, например, колючки у барбариса (видоизмененные листья), белой акации (видоизмененные прилистники) и боярышника (видоизмененный побег). Аналогичные органы свидетельствуют о сходных направлениях приспособлений организмов, вызываемых в процессе эволюции действием естественного отбора.

*Рудименты* — это органы, утратившие свое первоначальное значение в ходе эволюции. Они закладываются в ходе эмбрионального развития, но у взрослых форм встречаются в недоразвитом состоянии. Рудименты развиваются у всех особей вида. Наличие рудиментов позволяет говорить об общности происхождения каких-либо групп. Например, нижние конечности у кита, скрытые внутри тела, доказывают наземное происхождение его предков. У двукрылых насекомых рудиментарна задняя пара крыльев (превращенных в жужжальца), что позволяет предположить наличие двух пар крыльев у их предков. Рудиментарные органы известны у человека: мышцы, двигающие ушную раковину, третье веко и др. (всего около 90).

*Атавизмы* — это появление у отдельных особей данного вида признаков, которые существовали у отдаленных предков, но были утрачены в ходе эволюции. Атавизмы не имеют функций, важных для жизнедеятельности организма. Примеры атавизмов у человека: многососковость, волосы на всем теле, хвост.

**Генетические.** Изучают и сравнивают хромосомный набор как ныне живущих, так и вымерших организмов. Это помогает выяснению родственных отношений между различными систематическими группами.

**Биогеографические.** К биогеографическим доказательствам относится сравнение флоры и фауны различных материков, изучение островных форм и реликтов.

Предполагается, что существовал огромный единый материк Пангея, который в конце триаса начал раскалываться на два: Гондвану и Лавразию. Гондвана, в свою очередь, распалась на Южноамерикано-африканский континент, Австралию, Антарктиду и еще один материк, который в дальнейшем присоединился к Азии. Лавразия в дальнейшем разделилась на Северную Америку и Евразию. Следы единства различных материков сохраняются до сих пор: фауна млекопитающих Северной Африки и Северной Азии, фауна Северной Америки и Северной Евразии. При этом сходство фаун Южной и Северной Америк очень мало, несмотря на их территориальную близость. Также необходимо упомянуть исключительное своеобразие фауны и флоры Австралии, что связано с длительной (миллионы лет) изоляцией.

Изучение островных сообществ показывает, что чем больше по времени остров был изолирован от материка, тем более своеобразна его фауна и флора. Так, недавно отделившиеся от материка Британские острова имеют всего несколько видов, образовавшихся именно на них. Если же рассмотреть Мадагаскар, то его фауна характеризуется большим количеством эндемичных видов: более 90% родов млекопитающих и почти 50% родов птиц.

Реликты — это отдельные виды, обладающие признаками, характерными для вымерших групп организмов. Примеры: гаттерия (ее родственники были многочисленны в мезозое), латимерия (кистеперая рыба, были наиболее обычны в девоне); гингко (в настоящее время встречается в Китае и Японии, в юрском периоде эти растения были обычны по всей Евразии).

## Микроэволюция

Микроэволюция — это совокупность процессов, происходящих в популяциях и приводящих к образованию новых видов. Элементарной единицей эволюции является популяция. Популяция — это группа особей одного вида, в течение многих поколений обитающих на одном ареале, свободно скрещивающихся между собой (панмиксия) и обособленных от других популяций этого вида неполными формами изоляции.

Движущими факторами эволюции являются элементарные эволюционные факторы, действующие на популяцию: мутационный процесс, изоляция, популяционные волны и естественный отбор. Они приводят к элементарному эволюционному явлению: изменению генофонда популяции.

### Факторы эволюции

#### Наследственная изменчивость

*Мутационный процесс* действует постоянно. В процессе эволюции главными являются генные мутации. В большинстве мутации являются рецессивными. Каждая популяция отличается от других популяций набором и частотой мутаций. Благодаря мутациям популяции характеризуются генетическим разнообразием, что создает наследственный резерв и возможность для эволюции.

Также эволюционное значение имеет комбинативная изменчивость, которая повышает генетическое разнообразие особей благодаря возникновению новых сочетаний генов.

### Популяционные волны (волны жизни)

Это изменение численности популяции (термин предложен С. С. Четвериковым). Особенно сильно колебания выражены у мелких животных: так, размер весенней популяции может быть меньше осенней в 1000—10 000 раз. Возможные причины колебания численности популяций: сезонная периодичность (особенно у однолетних растений и у животных с коротким жизненным циклом), резкое изменение условий среды (например, очень холодная зима, пожары, наводнения и т. п.), болезни, нехватка пищевых ресурсов, хищники и т. д. Популяционные волны часто приводят к дрейфу генов. *Дрейф генов* — это процесс случайного ненаправленного изменения частот аллелей в популяции. Чем меньше популяция по численности, тем резче колебания частот аллелей и выше вероятность утраты одного из аллелей. Следствия дрейфа генов: возрастание генетической однородности популяции; разные популяции, имеющие исходно похожий генетический состав, могут утратить первоначальное сходство; могут накапливаться аллели, понижающие жизнеспособность популяции.

### Изоляция

Каждая популяция является генетически открытой системой: между популяциями одного вида существует обмен генетической информацией. Но популяция может быть отделена от других популяций вида различными изоляциями, которые затрудняют свободное скрещивание. Это может привести к тому, что будут закрепляться возникающие случайно и под влиянием отбора наследственные преобразования, что в конечном итоге расчленит популяции на части, которые впоследствии могут стать самостоятельными единицами (т. е. видами). Если популяция оказывается в полной изоляции, то в ней начинают накапливаться генетические различия, что в конечном итоге приводит к появлению нового вида. Изоляция бывает географической и экологической.

*Географическая изоляция* — разделение популяций происходит из-за неоднородности условий в ареале (горы, водоемы и т. п.). Степень пространственной изоляции зависит от подвижности особей и способности к распространению у семян, а также размера физических преград. Эта форма изоляции приводит к разрыву единого генофонда на несколько разобщенных. Возможные исходы эволюции этих популяций: вымирание, восстановление связей с другими популяциями или образование нового вида. Примером географической изоляции могут быть разделенные (дизъюнктные) и мозаичные видовые ареалы с большими пространственными разрывами между популяциями (голубая сорока, вьюн). Такие ареалы все чаще возникают и под влиянием деятельности человека (соболь в Евразии).

*Экологическая изоляция* — основана на разнообразии организмов по экологии их размножения и предпочтительному местообитанию. К этой форме относят все случаи, когда свободное скрещивание особей между популяциями нарушается из-за снижения вероятности встречаемости партнеров, что может быть обусловлено смещением репродуктивных периодов. Так, если часть популяции травянистого

растения попадает в пойму, то у них сдвигаются сроки цветения по сравнению с другими особями этой популяции, следовательно, снижается вероятность перекрестного опыления.

## Борьба за существование

При изучении различных живых организмов Дарвин выделил несоответствие между способностью любого вида к размножению и ограниченностью ресурсов. В качестве иллюстрации Дарвин рассматривал пример с размножением слона (одного из наиболее медленно размножающегося животного): потомство от одной пары слонов через 750 лет должно составить 19 млн особей.

Дарвин выяснил, что в природе рождается намного больше особей, чем может выжить. Связано это с тем, что большинство организмов погибает в борьбе за существование. *Несоответствие между возможностью видов к беспредельному размножению и ограниченностью ресурсов — главная причина борьбы за существование.* Гибель происходит по разным причинам. Иногда она случайна, когда организмы погибают вне зависимости от биологических свойств: пожар, наводнение и т. п. Но чаще всего гибель носит избирательный характер — вероятность погибнуть больше у особи, хуже приспособленной к условиям среды.

Борьба за существование — это антагонистические отношения между особями, сопровождающиеся приобретением ими приспособительных признаков (Ч. Дарвин). Ч. Дарвин различал три формы борьбы за существование.

- Борьба с окружающими условиями среды. Можно выделить три способа: активный, пассивный и избегание. *Активный* — организм сопротивляется влиянию среды (так, теплокровность млекопитающих и птиц позволяет выживать при отрицательных температурах). *Пассивный* — организм подчиняется условиям среды и неблагоприятное время проводит в неактивном состоянии (спячка медведя и сусликов, анабиоз бактерий, зимний покой растений). *Избегание* — организм уходит от неблагоприятных условий среды (перелеты птиц, миграции копытных в Африке).
- Межвидовая форма — между особями разных видов. Если виды обитают в сходных экологических условиях и используют одинаковые ресурсы, то между ними возникает борьба за существование; причем она тем острее, чем более сходным образом используются ресурсы. В результате происходит либо вытеснение одного вида другим, либо приспособление обоих видов к разному использованию ресурсов. Пример: 2 вида скальных поползней на одной территории отличаются длиной клюва и способом добывания пищи; при обитании на разных территориях отличий в длине клюва и способах добычи пищи не обнаруживается. Таким образом, межвидовая борьба приводит к экологическому и географическому разобщению видов.
- Внутривидовая форма — между особями одного вида. Она наиболее интенсивна по сравнению с другими формами и чаще всего проявляется в виде конкуренции. Но существует и косвенная борьба за существование — особи имеют разную устойчивость к неблагоприятным экологическим факторам. Не обязательно, что особь с нежелательным признаком непременно погибнет, просто существует

большая вероятность такого исхода, по сравнению с особью с нормальным признаком.

## Естественный отбор

Естественный отбор — это единственный эволюционный фактор направленного действия. Результатом естественного отбора является появление у организмов приспособительных признаков — адаптаций. Направления отбора различны и зависят от условий среды.

Естественный отбор — это избирательное выживание и размножение наиболее приспособленных особей. Учение о естественном отборе было создано Дарвином, который считал его главной движущей силой эволюции. Одним из результатов естественного отбора является появление у организмов определенных признаков — адаптаций (покровительственная окраска, смена меха на зимний/летний и т. п.).

Творческая роль естественного отбора заключается в формировании организмов с различными признаками. Направления действия отбора многочисленны, поэтому приспособительные признаки у организмов очень разнообразны. В одних и тех же условиях среды под воздействием различных направлений отбора вырабатываются разные приспособительные признаки. Результатом действия естественного отбора является многообразие видов животного и растительного мира.

И. И. Шмальгаузен выделил три формы естественного отбора: движущую, стабилизирующую и рассекающую (рис. 4.30).

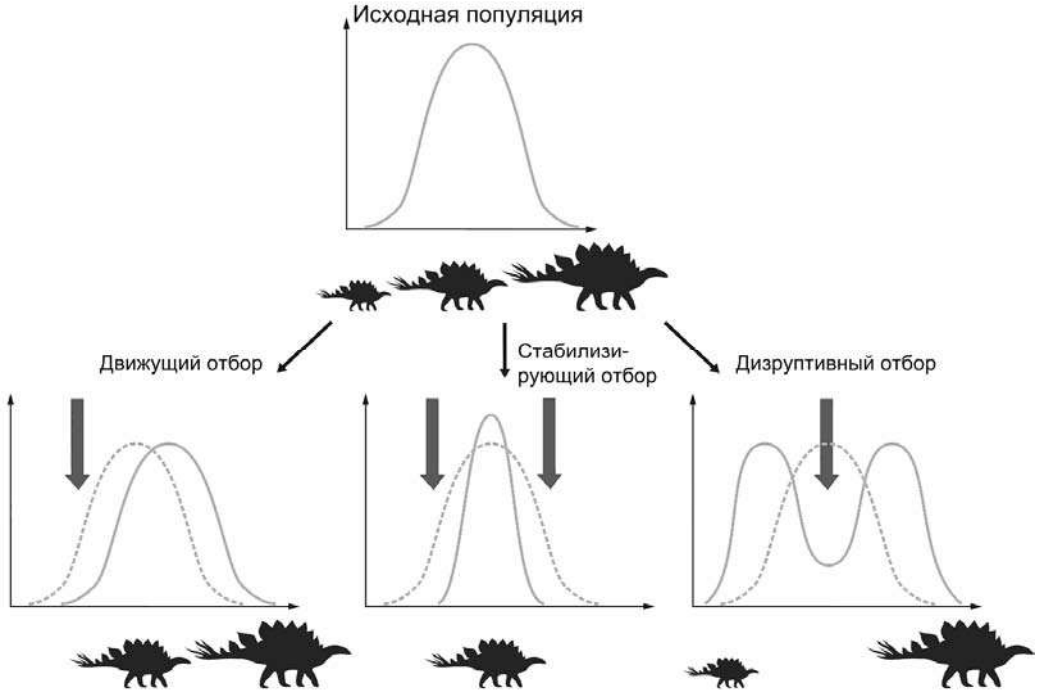



**Рис. 4.30.** Формы естественного отбора (стрелки показывают направление отбора)

*Движущая форма* — это отбор в пользу особей с уклоняющимися значениями признака от ранее установившихся в популяции. Естественный отбор до тех пор смещает среднее значение признака или частоту встречаемости признака, пока популяция не приспосабливается к изменившимся условиям. Эта форма приводит к закреплению новой нормы реакции, которая соответствует изменившимся условиям среды. Отбор идет по фенотипам, но вместе с ними отбираются и генотипы, обуславливающие эти фенотипы. Примеры:

- в середине 40-х годов XX в. суровые зимы вызвали массовую гибель кротов из-за голода. Основной фактор выживания в данных условиях — пониженная потребность в пище, поэтому выживали кроты более мелкого размера;
- индустриальный меланизм у бабочки березовой пяденицы;
- выработка устойчивости к антибиотикам у бактерий и к пестицидам у насекомых.

*Стабилизирующая форма* — это отбор в пользу особей со средним значением признака, особи с резко отклоняющимися значениями погибают. Эта форма направлена на сохранение установившегося в популяции среднего значения признака; норма реакции при этом несколько суживается. Она действует до тех пор, пока условия среды, при которых был выработан данный признак, существенно не меняются. Результатом ее действия является большое сходство всех особей в популяции. Примеры:

- во время бури в США погибли воробьи с длинными и короткими крыльями, выжили со средней длиной крыла;
- наибольшая гибель детенышей зверей наблюдается в семьях, размер которых (число детенышей) больше среднего значения.

*Дизруптивная (рассекающая) форма* — это отбор, благоприятствующий более чем одному фенотипическому оптимуму и действующий против промежуточных форм. Может приводить к возникновению внутривидового полиморфизма или к изоляции популяций. Пример: возникновение двух рас растения погремóк — раннецветущей и поздноцветущей. Их появление — следствие покосов в середине лета, из-за чего единая популяция разделилась на две неперекрывающиеся.

Основными отличиями естественного отбора от искусственного являются следующие: естественный отбор происходит в природе и основан на приспособлениях к условиям среды, искусственный отбор используется человеком с целью выведения новых групп особей с конкретными признаками, необходимыми человеку.

## Приспособленность организмов

В биологии длительное время существовали представления об абсолютном соответствии организмов среде обитания, но в XIX в. возникла иная точка зрения.

Организмы обитают в разнообразных условиях среды, поэтому у них вырабатываются различные приспособления. Эти приспособления могут затрагивать строение, поведение, особенности размножения и т. д. Все приспособления Ч. Дарвин считал

относительными, т. е. соответствующими конкретным условиям среды: так, окраска белого медведя маскирует его в Арктике, позволяя незаметно подкрадываться к жертве, но в лесу она будет бесполезна и даже вредна, естественно, кроме зимнего периода.

Рассмотрим приспособления живых организмов к среде обитания на примере *окраски*.

- Покровительственная окраска (зеленый цвет кузнечика, ярко окрашенные рыбы коралловых рифов, белая окраска животных Крайнего Севера), когда животное маскируется в своей среде обитания. Покровительственная окраска может зависеть от времени года (заяц-беляк летом серый, зимой — белый). Одна из высших степеней развития данного типа окраски наблюдается у хамелеонов, способных очень быстро изменять цвет своих покровов.
- Криптическая (скрывающая) окраска — подражание неживым объектам или растениям (палочники; рисунок внутренней поверхности крыльев бабочек). Разновидностью этого типа окраски является расчленяющая окраска. Характерный пример — окраска зебры (чередование черных и белых полос) и тигра (чередование черных и рыжих полос) — уже на расстоянии в 50—70 м эти животные практически не заметны. Также расчленяющая окраска нарушает впечатление о контурах тела.
- Отпугивающая (предостерегающая) окраска (божьи коровки, ядовитые змеи). Животные с таким типом окраски ярко окрашены и хорошо заметны — они как бы предупреждают своих врагов о том, что они опасны.
- Мимикрия — сходство некоторых животных (в основном — насекомых) с другими животными или растениями, обеспечивающее защиту от врагов. Различают два главных типа мимикрии.
  - Сходство в строении и окраске незащищенных животных с защищенными (оса и муха-журчалка, коралловый уж и коралловый аспид). Это так называемая бейтсовская мимикрия — подражание по форме и окраске виду, избегаемому хищниками из-за присутствия у него специальных средств защиты или неприятного вкуса.
  - Сходство по форме и окраске двух защищенных форм (так называемая мюллеровская мимикрия), при этом хищник не поедает обе формы. Примеры: бабочки семейства Геликониды, разные виды ос (сходны по очертаниям тела и окраске с желтыми и черными полосами); ядовитые насекомые (божьи коровки, клопы-солдатики, жуки-нарывники имеют красную окраску с черными пятнами).

## Вид, его критерии и структура

Одно из первых определений вида предложено К. Линнеем: вид — это совокупность особей, обладающих общими морфологическими признаками и не скрещивающихся с другими группами. *Современное определение вида:* вид — это совокупность географически и экологически близких популяций, способных в природных условиях скрещиваться между собой, обладающих общими морфофизиоло-

гическими признаками, биологически изолированных от популяций других видов. Вид является генетически изолированной системой.

Признаки, отличающие один вид от другого, называются критериями вида.

*Морфологический критерий* — это характеристика особенностей строения вида. С его помощью легко определить виды, не являющиеся близкими, однако необходимо учитывать, что многие морфологические признаки оказываются характерными не только для конкретного вида, но и для рода, семейства или отряда. Также верно и обратное утверждение: сильные морфологические отличия между особями не всегда говорят об их принадлежности к разным видам (породы собак, сорта растений). Иногда существуют разные виды, очень сходные внешне — так называемые виды-двойники.

*Генетический критерий* — каждый вид имеет свой кариотип, характеризующийся определенным числом хромосом, их структурой и дифференциальной окраской. Использование этого критерия позволяет эффективно различать даже близкородственные виды.

*Географический критерий* включает ареал обитания вида. Для видов-космополитов этот критерий утрачивает свое значение.

*Экологический критерий* описывает непосредственное местообитание вида — его экологическую нишу, которая у каждого вида своя (это понятие включает в себя особенности питания, предпочтительные места обитания и размножения и т. д.). Однако разные виды могут занимать сходные экологические ниши.

*Физиологический критерий* основывается на отличиях между видами в протекании процессов (активность ферментов, синтез и накопление различных веществ). Необходимо отметить, что не существует каких-либо "видовых веществ", однако изучение состава и концентрации различных веществ позволяет выявить специфические видовые особенности.

Каждый из критериев имеет свои недостатки и преимущества, но по отдельности они часто недостаточны для различения видов. Для точного определения вида необходимо применение совокупности критериев.

## Видообразование

Ч. Дарвин считал, что видообразование включает дивергенцию внутри вида, вымирание промежуточных форм и выживание крайних как проявление конкуренции. Согласно современным взглядам, видообразование — это процесс перехода генетически открытой системы популяции в генетически изолированную. Основными формами видообразования являются географическое и экологическое.

*Географическое (аллопатрическое) видообразование* основано на пространственной изоляции, которая в дальнейшем сопровождается экологическими и поведенческими изменениями, приводящими к биологической изоляции. Это довольно медленный процесс формирования и обособления новых видов за счет обособления географических рас, ареалы которых не перекрываются ареалом материнского вида. Сначала географические расы превращаются в подвиды, затем в полувиды и далее — в новые виды.

Чаще всего географическое видообразование связано с расчленением ареала и разделением широко распространенного вида на популяции с полной изоляцией друг от друга. В качестве примера можно привести галапагосских вьюрков, впервые описанных Ч. Дарвином. Молекулярный анализ их ДНК показывает, что при всем морфологическом многообразии видов этих вьюрков, все они являются потомками одного-единственного континентального вида. Его представители попали на Галапагосские острова несколько миллионов лет назад и дали начало основным линиям: насекомоядным вьюркам (наиболее древние) и растительноядным вьюркам (питаются лепестками цветов, почками и плодами). Затем от растительноядных вьюрков отделились еще две линии, с более мощными клювами: древесные вьюрки использовали их для извлечения насекомых из стволов деревьев, а наземные вьюрки — для питания твердыми семенами. Образование разных видов вьюрков происходило на разных островах и шло по пути аллопатрического видообразования.

*Экологическое (симпатрическое) видообразование* базируется на экологической изоляции. Прежде всего, этот способ связан с приспособлением популяции к определенной пище, температуре, глубине, т. е. к определенным условиям среды. При этом формирующийся новый вид находится в пределах одного ареала с материнским видом. Например, у многих рыб в замкнутых водоемах образуются экологические расы, различающиеся сроками нереста, местом для нереста и т. п. (севанская форель).

Репродуктивная изоляция может формироваться и поддерживаться благодаря разобщению сезонов размножения. Примером может служить возникновение ранне- и поздноцветущих рас у погремка.

Также изоляция может возникать на основе геномных мутаций. Так, например, полиплоидия может служить надежным и эффективным способом репродуктивной изоляции. Гибриды между растениями с разной степенью плоидности почти всегда стерильны. Полиплоидия чаще встречается у растений, способных к вегетативному размножению, и у животных, способных к партеногенезу, и крайне редко у видов с половым размножением. Примеры: некоторые партеногенетические виды ящериц, аллополиплоидные виды растений (пшеница).

Другим путем к симпатрическому видообразованию может быть экологическая специализация. Одни паразитические виды оказываются крайне специализированными по хозяину: они паразитируют только на нем одном; другие виды могут использовать несколько видов-хозяев. Среди них выделяются такие, которые образуют так называемые "расы по хозяину". Представители этих рас могут использовать несколько видов, но, в силу своих генетических особенностей, предпочитают какой-то один вид-хозяин. Углубление такой специализации за счет дизруптивного отбора может привести к возникновению новых видов.

## Макроэволюция

Макроэволюция — это совокупность эволюционных процессов, приводящих к возникновению таксонов надвидового ранга: родов, семейств, отрядов и т. д. Возникновение этих групп возможно монофилетическим или полифилетическим путем.

Монофилия — это происхождение данной группы организмов от одного общего предка; полифилия — это происхождение систематической группы организмов от двух и более предковых групп.

Между микро- и макроэволюцией нет принципиальных различий. В макроэволюции действуют те же эволюционные факторы: борьба за существование, естественный отбор, вымирание. Макроэволюция характеризуется направлениями, путями и формами.

## Направления макроэволюции

Учение о направлениях макроэволюции разработано А. Н. Северцовым. Он выделил два главных направления макроэволюции: биологический прогресс и биологический регресс. *Биологический прогресс* — это возрастание приспособленности организма к окружающей среде, ведущей к увеличению численности и более широкому распространению вида. Для таксонов, находящихся в состоянии биологического прогресса, характерно повышение численности особей, расширение ареала и увеличение подчиненных систематических групп в составе более крупных таксонов (видов в роде, родов в семействе и т. д.). В настоящее время биологический прогресс характерен для круглых червей, членистоногих, птиц и млекопитающих. *Биологический регресс* характеризуется обратными процессами.

Биологический и морфологический прогрессы могут совпадать и не совпадать (черви-паразиты — биологический прогресс, но морфологический регресс).

## Пути макроэволюции

Выделяют три пути макроэволюции, которые могут приводить к биологическому прогрессу: ароморфоз, идиоадаптация и общая дегенерация (рис. 4.31).

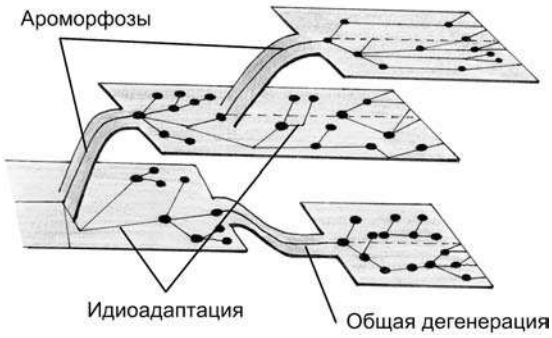



**Рис. 4.31.** Пути макроэволюции

*Ароморфоз* (арогенез) — это усложнение строения и функции организмов, приводящие к общему повышению организации и жизнеспособности. Примеры ароморфозов у животных: появление хорды, появление легких у позвоночных; теплокровность, четырехкамерное сердце, выкармливание детенышей молоком. Примеры

ароморфозов у растений: фотосинтез, появление органов и тканей, возникновение проводящей сосудистой системы, появление цветка, семян и плодов.

*Идиоадаптации* (аллогенез) — это частные приспособления к условиям обитания, способствующие выживанию и размножению организмов, но существенно не меняющие уровень организации (разнообразие форм у насекомоядных млекопитающих, появление разных типов клювов у дарвиновых вьюрков, появление длинного корня у верблюжьей колючки).

*Общая дегенерация* — это упрощение организации, утрата органов и функции систем органов, что приводит к морфофизиологическому регрессу. Морфофизиологический регресс связан с сидячим образом жизни, с однородной средой обитания, с паразитизмом. Например, многие черви-паразиты не имеют органов движения и органов чувств, у них отсутствуют дыхательная, кровеносная и пищеварительная системы.

### Формы макроэволюции

- Филетическая эволюция — это постепенная эволюционная перестройка определенной таксономической группы, идущая в определенном направлении. Пример: развитие лошади по линии "Фенакодус — Эогиппус — Миогиппус — Парагиппус — Плиогиппус — современная лошадь".
- Дивергентная эволюция — расхождение одной исходной таксономической группы на несколько в процессе приспособления к разным условиям обитания. Наиболее вероятная исходная причина — конкуренция и расхождение по разным экологическим нишам. Пример: галапагосские вьюрки.
- Параллельная эволюция — это развитие в одном направлении нескольких генетически близких групп (возникновение саблезубости у кошачьих различных материков). Параллельная эволюция происходит в сходных условиях обитания.
- Конвергентная эволюция — это развитие в одном направлении нескольких генетически неродственных групп, обитающих в сходных условиях (птицы и насекомые; сумчатые Австралии и плацентарные других материков; акула, ихтиозавр, дельфин), т. е. путь развития аналогичных приспособлений (крыло летучей мыши и бабочки; глаз млекопитающих и головоногих моллюсков).

## Возникновение и развитие жизни на Земле

Жизнь — это способ существования белковых тел (по Ф. Энгельсу). Жизнь, существующая на Земле, представляет собой открытую самовоспроизводящуюся систему, построенную из биополимеров (современное определение, предложенное М. В. Волькенштейном).

Существуют следующие гипотезы возникновения жизни на Земле.

- Метафизические — жизнь на Земле создана Творцом (Богом). Эти утверждения присутствуют в каждой религии мира.

- Панспермия (гипотеза вечности жизни) — рассеянные в мировом пространстве зародыши жизни (например, споры микроорганизмов) переносятся с одного небесного тела на другое с метеоритами или другими способами. Эта гипотеза была выдвинута в XIX в. немецким ученым Г. Рихтером. Однако она объясняет появление и развитие жизни на Земле, а не возникновение жизни вообще.
- Гипотезы самозарождения жизни — живые организмы самозарождаются из неживой материи. Эти гипотезы существовали до середины XVII в. В 1661 г. итальянец Ф. Реди провел следующий опыт: он поместил кусочки мяса в несколько сосудов, часть из них он закрыл марлей, а часть — нет. Через несколько дней в незакрытых сосудах появилось огромное число личинок мух, а в закрытых сосудах их не было. Реди сделал вывод, что личинки появились из яиц, отложенных мухами, и никакого самозарождения не было.

  С открытием микроорганизмов эта гипотеза вновь обрела сторонников: в плотно закрытой колбе с питательным бульоном через некоторое время обнаруживаются микроорганизмы. В дальнейшем были проведены опыты, показывающие, что при кипячении и последующей герметичной запайке колб с питательным раствором в них не появляются никакие живые существа. Но даже после этого данная гипотеза не исчезла полностью. Появилось течение "виталистов", которые утверждали, что существует некая "жизненная сила", которая проникает в неживую материю и оживляет ее, а в закрытую колбу эта сила проникнуть не может.

  Гипотезу о самозарождении окончательно опроверг Луи Пастер. Он прокипятил питательный раствор в колбе с S-образным горлышком, которое не запаивалось. Раствор в колбе долгое время оставался стерильным, хотя "жизненная сила" имела все возможности проникнуть внутрь.
- Научные гипотезы. Среди них рассматривается гипотеза А. И. Опарина. Он считал, что жизнь на Земле возникла абиогенным путем.

**Этапы возникновения жизни на Земле (по А. И. Опарину)**

1. *Абиогенный синтез органических веществ из неорганических*. Во время этого этапа (несколько миллиардов лет назад) в атмосфере древней Земли существовали вода (в виде пара), оксиды углерода II и IV, метан, водород, азот, сероводород, аммиак (как результат реакции между водородом и азотом). Из земной коры выделялось большое количество тепла. На поверхность постоянно выпадали осадки, в результате чего образовывались неглубокие водоемы. Осадки сопровождались грозами. Атмосфера была слабо сформирована, поэтому сильнейшее влияние оказывало УФ-излучение. В таких условиях из неорганических веществ синтезировались сначала промежуточные соединения (цианистый водород, формальдегид, мочевина), а затем и простейшие органические: аминокислоты, карбоновые кислоты, сахара, жирные кислоты.

   Позднее этот этап был экспериментально доказан. Так, С. Миллер получил некоторые аминокислоты, пропуская электрические разряды через смесь газов (метан, аммиак, водород и пары воды), составлявших атмосферу Земли в то вре-

мя. Российские ученые А. Г. Пасынский и Т. Л. Павловская также получили аминокислоты при ультрафиолетовом облучении газовой смеси формальдегида и солей аммония. С. Фокс, помимо аминокислот, получил полипептиды и белковоподобные вещества.

2. *Образование коацерватов* — самопроизвольно концентрирующегося раствора органических веществ в виде капель. Часть образовавшихся органических веществ разрушалась, часть вступала в реакции друг с другом: жирные кислоты с глицерином образовывали липиды в виде пленок на поверхности водоемов; из аминокислот образовывались пептиды. Из растворов органических веществ формировались коацерваты или коацерватные капли. Коацерваты способны адсорбировать различные вещества.
3. *Возникновение молекул, способных к самовоспроизведению.* Вероятно, первыми возникли молекулы РНК. Они возникли спонтанно, синтезируясь из нуклеотидов. Эти реакции могут протекать без участия ферментов. Пока непонятно, как древнейшие РНК стали кодировать аминокислотные последовательности. Возможно, в РНК участки, кодирующие аминокислоты, были разделены последовательностями, не кодирующими аминокислоты (по аналогии с интронами и экзонами). В дальнейшем на РНК возникли молекулы ДНК.
4. *Возникновение первичных гетеротрофных организмов.* Образование организмов невозможно без формирования биологических мембран. Скорее всего, липидная пленка, лежащая на поверхности водоемов, адсорбировала белковые молекулы и становилась двухслойной. Под внешним воздействием (например, ветер) она могла изгибаться и от нее могли отрываться пузырьки. Пузырьки поднимались ветром в воздух, а когда падали в водоем, то покрывались вторым липидно-белковым слоем. Такая 4-слойная оболочка и явилась прообразом современной мембраны. В какие-то из них могли попасть белково-нуклеиновые системы. Системы, которые были способны к саморегуляции и самовоспроизведению, и были первыми живыми организмами планеты Земля — пробионтами.

## Геологическая история Земли

Геологическая история Земли подразделяется на крупные промежутки времени — эры, которые делятся на периоды (табл. 4.4). Это разделение связано с крупными геологическими процессами, изменявшими очертания нашей планеты.

***Таблица 4.4.*** *Геологическая история Земли*

| Эон | Эра | Период | Длительность |
|---|---|---|---|
| Криптозой (скрытая жизнь) | Архейская | — | Начало — 3,5 млрд лет назад, окончание — 2,5 млрд лет назад, длительность — 1 млрд лет |
| | Протерозойская | — | Начало — 2,5 млрд лет назад, окончание — 0,5 млрд лет назад, длительность — 2 млрд лет |

***Таблица 4.4*** *(окончание)*

| Эон | Эра | Период | Длительность |
|---|---|---|---|
| Фанерозой (явная жизнь) | Палеозойская | Кембрий | Начало — 0,5 млрд лет назад, окончание — 160 млн лет назад, длительность — 340 млн лет |
| | | Ордовик | |
| | | Силур | |
| | | Девон | |
| | | Карбон | |
| | | Пермь | |
| | Мезозойская | Триас | Начало — 160 млн лет назад, окончание — 60 млн лет назад, длительность — 100 млн лет |
| | | Юра | |
| | | Мел | |
| | Кайнозойская | Палеоген | Начало — 60 млн лет назад, длительность — по настоящее время |
| | | Неоген | |
| | | Антропоген | |

## Криптозой

Выделяют две эры: *архейскую* и *протерозойскую*. Сведения о палеонтологическом материале этого времени весьма скудны. Основная причина — плохая сохранность организмов в геологических пластах.

### Архейская эра

Первыми на Земле возникли первичные живые организмы — *пробионты*. Это были системы, способные к саморегуляции и самовоспроизведению; снаружи они были покрыты первичной мембраной, под которой находились различные органические вещества. От пробионтов образовались три группы организмов: архебактерии (наиболее близки к пробионтам), эубактерии и одноклеточные эукариоты. *Архебактерии* характеризуются наличием изопреноидов в мембране, не встречающихся у других живых существ; имеют несколько другой состав р-РНК и обитают в крайне суровых условиях: горячие источники, солевые растворы и т. п. *Эубактерии* обладают всеми признаками бактерий, рассмотренных в *разд. "Бактерии" главы 1*. Архебактерии и эубактерии относятся к прокариотам.

Исходные организмы Земли — анаэробные гетеротрофы: в атмосфере отсутствовал кислород, они питались органическими и неорганическими веществами абиогенного происхождения, имеющимися в окружающей среде.

Следующий, наиболее важный этап — возникновение фотосинтеза у прокариот. Сначала бактерии получали водород расщеплением сероводорода или органики, затем цианобактерии освоили фотолиз воды. С этого момента началось накопление кислорода в атмосфере, которое способствовало возникновению аэробного метаболизма.

В архейскую эру на Земле существовали только прокариоты.

### Протерозойская эра

В протерозойскую эру возникают эукариоты. Согласно современным гипотезам, они появились в результате симбиоза анаэробных и аэробных клеток. Одноклеточные эукариоты дали начало многоклеточным организмам. Из растений это были водоросли (бурые, красные и зеленые); некоторые грибы; из животных — кишечнополостные и черви. Преимущества многоклеточности заключаются в возможности специализации клеток, что привело к возникновению органов и тканей и более длительному индивидуальному существованию.

Крупнейшими ароморфозами протерозойской эры считаются: возникновение эукариот, появление многоклеточности, возникновение митоза (поддерживается постоянство числа хромосом в клеточных поколениях и осуществляется передача генетической информации) и полового процесса (возникает наследственная изменчивость).

В протерозойскую эру сформировались основные царства живой природы. Также появились первые наземные организмы (бактерии, сине-зеленые водоросли, грибы).

## Фанерозой

### Палеозойская эра

Эта эра включает шесть периодов: кембрий, ордовик, силур, девон, карбон и пермь (табл. 4.5).

***Таблица 4.5.*** *Периоды палеозойской эры*

| Период | Что происходило |
|---|---|
| Кембрий | Климат умеренный. Животные и растения населяют водную среду, на суше обитают бактерии и цианобактерии. Быстрое распространение беспозвоночных с известковым или фосфатным скелетом: фораминиферы, губки. Интенсивно развиваются моллюски, кольчатые черви. Появляются первые членистоногие (трилобиты) |
| Ордовик | Значительно увеличивается площадь морей. В морях обитают многочисленные водоросли. Интенсивно образуются коралловые рифы; очень разнообразны головоногие и брюхоногие моллюски; уменьшается разнообразие губок. Появляются первые хордовые |
| Силур | Происходят интенсивные горообразовательные процессы, увеличивается площадь суши и уменьшается — морей; характерно повышение засушливости климата. Происходит развитие ракоскорпионов; расцвет головоногих. Появляются иглокожие. В морях распространяются первые настоящие позвоночные — панцирные бесчелюстные; появляются рыбы. Первые растения (псилофиты) и животные (паукообразные) осваивают сушу |
| Девон | Многие участки земной коры поднимаются, поэтому площадь морей сокращается; климат становится более континентальным; появляются пустыни и полупустыни. В морях доминируют настоящие рыбы (костные и хрящевые), в мелких водоемах — двоякодышащие рыбы, возникают кистеперые рыбы. Появляются многоножки и насекомые. В конце периода появляются первые земноводные (стегоцефалы). На суше образуются леса из папоротникообразных. Появляются голосеменные |

***Таблица 4.5*** *(окончание)*

| Период | Что происходило |
|---|---|
| Карбон | Заметное потепление и увлажнение климата. Влажные болотистые леса состоят из папоротникообразных. Распространяются голосеменные. Расцвет и разнообразие земноводных. Появляются первые крылатые насекомые — тараканы и стрекозы. В конце периода появляются первые рептилии |
| Пермь | Происходит поднятие суши, как следствие этого — похолодание и развитие засушливого климата. Постепенно вымирают папоротникообразные, их сменяют голосеменные. Вымирают амфибии, развиваются рептилии |

## Мезозойская эра

Включает три периода — триас, юра и мел (табл. 4.6).

***Таблица 4.6.*** *Периоды мезозойской эры*

| Период | Что происходило |
|---|---|
| Триас | Сильно сокращаются площади внутриконтинентальных водоемов, развиваются пустыни. Вымирают земноводные, древовидные папоротникообразные. Сильного развития достигают голосеменные и рептилии. Появляются первые динозавры, крокодилы и черепахи. В морях развиваются костистые рыбы. Появляются первые млекопитающие (яйцекладущие) и птицы |
| Юра | Несколько увеличивается площадь теплых морей. В морях многочисленны аммониты и белемниты. Среди позвоночных господствуют пресмыкающиеся (в воде, воздухе и на земле). Разнообразны насекомые, в том числе летающие формы. Возникают сумчатые и плацентарные млекопитающие. Среди растений господствуют голосеменные |
| Мел | Чрезвычайно быстро распространяются покрытосеменные, вытесняя голосеменные. Очень разнообразны динозавры. Увеличивается разнообразие птиц и зверей. Со второй половины мела климат резко меняется: становится более континентальным и холодным. К концу периода вымирают аммониты и белемниты, морские ящеры и динозавры |

## Кайнозойская эра

В ней выделяют два периода: третичный (палеоген), четвертичный (неоген), но в некоторых учебниках рассматривается еще один период — антропоген (табл. 4.7).

***Таблица 4.7.*** *Периоды кайнозойской эры*

| Период | Что происходило |
|---|---|
| Палеоген | Господствуют млекопитающие и птицы. Формируется большинство современных групп млекопитающих. Появляются первые приматы: лемуры и обезьяны |
| Неоген | Климат более холодный и сухой. Тропические леса отступают к экватору, на их месте возникают степи, где широко распространяются злаки. Сформировались все современные отряды зверей, появились первые человекообразные обезьяны |
| Антропоген | Появление человека |

Климат кайнозойской эры, по сравнению с мезозоем, стал более холодным и сухим. Среди растений возникают близкие к современным отдельные виды и сообщества в целом. Среди беспозвоночных животных расцвета достигают насекомые, среди позвоночных — птицы и млекопитающие, осваивающие для обитания все среды жизни. Эволюция животных завершается появлением человека.

# Происхождение человека (антропогенез)

## Систематика человека

- Тип Хордовые (есть внутренний скелет, кровеносная система замкнута, нервная система в виде нервной трубки, в эмбриогенезе развивается хорда).
- Подтип Позвоночные (в скелете есть позвоночник и череп, нервная трубка дифференцирована на головной и спинной мозг, сердце расположено на брюшной стороне тела).
- Класс Млекопитающие (теплокровность, выкармливание детенышей молоком, есть шерсть, дифференцированная зубная система).
- Подкласс Плацентарные (живорождение, наличие плаценты).
- Отряд Приматы (пятипалая конечность, большой палец противопоставлен остальным, наличие ногтей).
- Семейство Гоминиды.
- Род Человек.
- Вид Человек разумный *(Homo sapiens)*.

## Доказательства происхождения человека от животных

Доказательства происхождения человека от животных впервые были представлены в работе Ч. Дарвина "Происхождение человека и половой отбор". К основным доказательствам относятся сравнительно-анатомические и эмбриологические.

*Сравнительно-анатомические.* Человек имеет сходство с млекопитающими в строении большинства систем органов (кровеносной, дыхательной, выделительной, пищеварительной). Это позволяет сделать предположение об их родстве.

У человека есть рудименты и атавизмы, также являющиеся доказательствами эволюции. *Рудименты человека:* аппендикс; мышца, позволяющая шевелить ушами; копчиковая кость (остаток хвоста), складка в уголке глаза (остаток мигательной перепонки). *Атавизмы человека:* многососковость, волосяной покров на всем теле, наличие хвоста.

*Эмбриологические*. В качестве доказательств используется закон Бэра и биогенетический закон Геккеля. Так, у зародыша человека во время его развития наблюдается сходство с другими позвоночными животными: закладываются жаберные дуги; возникают хорда и нервная трубка; сначала развивается один круг кровообращения.

**Сходство человека и человекообразных обезьян (шимпанзе, горилла, карликовый шимпанзе бонобо, орангутан)**

Сходство в строении тела: общий характер телосложения; отсутствие хвоста; форма глаз и ушей; одинаковое число резцов и клыков; смена молочных зубов на постоянные. Также существуют общие болезни: туберкулез, грипп, воспаление легких. В поведении человека и человекообразных обезьян также есть сходные моменты: групповой образ жизни, иерархия в группах, наличие социальных взаимодействий.

Строение хромосом человека и человекообразных обезьян очень похоже: у человека 46 хромосом, у человекообразных обезьян — 48. При этом у человека 1-я хромосома образована слиянием двух хромосом, гомологичным таковым у шимпанзе (это доказано с помощью метода дифференциальной окраски хромосом). У человека и человекообразных обезьян тождественны группы крови (система АВ0 и резус-фактора).

Современные человекообразные обезьяны не являются прямыми предками человека, но они имеют общих с человеком предков. Человек обладает сильными отличиями от человекообразных обезьян (крупнее головной мозг и, как следствие этого, сильнее развита вторая сигнальная система, более сложное поведение; человек использует энергию вне пищевых цепочек, передает информацию через поколение негенетическим путем и т. п.). Также человекообразные обезьяны (кроме горилл) ведут древесный образ жизни, в связи с чем у них длинные передние конечности, кисти со слабо развитым большим пальцем, хватательный тип стопы.

**Анатомические особенности человека, связанные с прямохождением**

- Череп — увеличен мозговой отдел, затылочное отверстие перемещено вниз. Лоб выпуклый, наклон небольшой. Произошло уменьшение размеров нижней челюсти; появляется подбородочный выступ. Нос выступает вперед. Отсутствуют надглазничный валик и гребни на черепе.
- Позвоночник — S-образной формы, есть изгибы для амортизации движения. Грудная клетка расширена в стороны. Центр тяжести расположен по-другому. Наиболее массивные позвонки — поясничные.
- Верхняя конечность — очень подвижные кости пальцев. Большой палец противопоставлен остальным. Более широкое запястье; уменьшение общей длины кисти.
- Нижняя конечность и пояс конечности — таз широкий, имеет форму чаши; общее укорочение и увеличение в размерах. Кости нижней конечности значительно прочнее и массивнее костей верхней. Стопа имеет сводчатое строение. Есть пяточная кость.
- Мышцы — на голове хорошо развиты мимические; жевательные — гораздо слабее, чем у других приматов. На туловище развиты выпрямитель позвоночника, утолщаются некоторые мышцы живота (прямая). На верхней конечности хорошо развиты сгибатели пальцев и мышцы кисти в целом. Мышцы нижней конеч-

ности и тазового пояса составляют 50% всех скелетных мышц организма. Из них наиболее развиты ягодичные мышцы и четырехглавая мышца бедра.

**Социальные различия** состоят в наличии у человека второй сигнальной системы, абстрактного мышления, сознания, трудовой деятельности.

## Эволюция человека

Человек (род *Homo*) произошел от *австралопитеков* (в дословном переводе — "южные обезьяны"). Австралопитеки вышли из лесов в саванны. В отличие от своих предков (дриопитеков), они передвигались на двух ногах, т. е. освободили передние конечности. У них увеличились размеры и масса тела (до 30—50 кг), объем мозга составлял около 450—650 см$^3$. Для них был характерен стадный образ жизни. Вероятно, уже с этого вида начался процесс потери шерстяного покрова на туловище и конечностях. Австралопитеки делятся на две группы: Австралопитек африканский (некрупный и всеядный) и Австралопитек мощный (травоядный, с мощными коренными зубами). Обе группы были широко распространены в Африке и вымерли примерно 1 млн лет назад. От австралопитека африканского произошел первый вид рода Человек — человек умелый.

*Человек умелый (Homo habilis)* существовал 2 млн лет назад в Африке. Он изготовлял примитивные орудия труда из гальки. Эти орудия довольно трудно отличить от естественных камней, они разнообразны, но неуклюжи и нестандартны. Вел стадный образ жизни, был всеядным. Объем мозга составлял 450—650 см$^3$, рост достигал 120 см.

*Древнейшие люди* (питекантроп, синантроп и т. д.). Несмотря на их разнообразие, все они относятся к одному виду — человек прямоходящий *(Homo erectus)*. Питекантроп был впервые обнаружен на острове Ява. Объем мозга составлял 750—900 см$^3$, рост — 165—170 см. Для архантропов были характерны массивные челюсти без подбородочного выступа, мощные надбровные дуги, узкий и покатый лоб. Этот вид перешел к охоте на крупных животных, у него существенно улучшились орудия труда. Использовали огонь. Возможно, стала появляться речь (у них в лобных долях развивается центр Брока, а в височных — центр Вернике; эти области коры управляют пониманием звуковых сигналов). Сформировались архантропы, скорее всего, в Африке и распространились по всему Старому Свету, исключая самые северные области.

*Древние люди (неандертальцы).* Относятся к виду *Homo neandertalensis* (иногда его относят к подвиду человека разумного *Homo sapiens neandertalensis*). Названы так по месту первой находки, сделанной в долине реки Неандерталь (Германия). Это были люди среднего и невысокого роста, с мощными костями. Череп имел ряд обезьяньих черт — нет подбородочного выступа, есть надглазничный валик, покатый лоб. Мозг палеоантропов по объему (до 1400 см$^3$) не уступал мозгу современных людей, но лобные и височные доли были менее развиты. Неандертальцы пользовались речью. Они охотились на крупных животных, использовали огонь, строили жилища или использовали естественные пещеры. Изобрели меховую одежду. Сильно усложненные орудия труда (копье с наконечником, скребки и т. п.). Впер-

вые отмечены похороны сородичей, при этом иногда неандертальцы украшали могилы. Так же, как и архантропы, обитали в Старом Свете. Были вытеснены неоантропами.

*Современные люди.* Относятся к виду *Homo sapiens*. Одна из первых находок была сделана в гроте Кро-Маньон (Франция), поэтому первые популяции этого вида часто называют кроманьонцами. Эти люди обладали всем комплексом основных физических особенностей, характерных для современных людей. Объем мозга составлял около 1600 см$^3$, рост 170—180 см. Они строили разнообразные убежища, а также использовали пещеры. Они совершенствовали орудия труда, используя для их производства разнообразные материалы (в том числе рог и кость). У этого вида возникло искусство. Человек разумный начал одомашнивать животных и растения. До недавнего времени считалось, что Человек разумный появился примерно 40 тыс. лет назад, однако новые данные свидетельствуют о более древнем появлении этого вида — сделаны находки возрастом 90, 100 и даже 130 тыс. лет. Таким образом, Человек разумный долгое время существовал вместе с неандертальцами.

*Движущие силы антропогенеза.* Человек — биосоциальный вид, поэтому его эволюция происходила под воздействием биологических и социальных факторов. На ранних этапах эволюции человека ведущую роль играли биологические факторы: мутации, борьба за существование, естественный отбор.

В дальнейшем с усилением роли социальных отношений на первое место выходят социальные факторы, хотя биологические также продолжают действовать. По мнению многих ученых, одним из ведущих факторов стала трудовая деятельность.

## Расы человека

Все современные люди относятся к виду Человек разумный. Это доказывается схожестью кариотипа представителей всех рас и нормальной жизнеспособностью и плодовитостью межрасовых гибридов. Согласно современным представлениям, выделяют три большие расы: австрало-негроидную, европеоидную и монголоидную.

*Европеоидная раса* — люди с прямыми или волнистыми, часто светлыми волосами, со светлой кожей. Обычно сильно растут борода и усы. Лицо узкое с выступающим носом, ширина носа невелика, ноздри расположены параллельно друг другу. Глаза расположены горизонтально, складка верхнего века слабо развита или отсутствует. Челюстная часть лица не выступает вперед, губы обычно тонкие. Эта раса сформировалась в Европе и Передней Азии.

*Монголоидная раса* — чаще всего прямые, жесткие и темные волосы. Кожа с желтоватым оттенком, борода и усы растут слабее, чем у европеоидов. Лицо широкое, уплощенное, сильно выступают скулы. Нос уплощен, ноздри расположены под углом друг к другу. Глаза часто узкие, внешний угол чуть выше внутреннего (раскосость). Верхнее веко закрыто кожной складкой, порой до самых ресниц, имеется эпикантус (складка во внутреннем крае глаза, прикрывающая слезный бугорок). Губы средние по толщине. Монголоидная раса сформировалась и преобладает в Азии. К этой расе относят и американских индейцев, однако некоторые авторы

выделяют их в отдельную расу — *америндов* (у них отсутствует эпикантус и лицо профилировано, в отличие от классических монголоидов).

*Негроидная раса* — люди с курчавыми темными волосами, с очень темной кожей и карими глазами. Борода и усы растут слабо. Лицо узкое и низкое, нос широкий. Глаза широко открытые, складка верхнего века развита слабо. Характерно выступание челюстной части лица. Губы толстые, нередко вздутые. Негроидная раса сформировалась в Африке. К этой же расе относят австралийских аборигенов (тогда эту расу называют *австрало-негроидной*), но иногда их выделяют отдельно (волосы не курчавые, а волнистые, борода и усы растут обильно).

Каждая *большая раса* включает в себя несколько *малых рас*. Например, монголоидная раса делится на североазиатскую, южноазиатскую, центральноазиатскую и т. д. Также существуют *смешанные расы*, образующиеся в местах контактов других рас. Смешанные расы образуются при браках между представителями различных рас: мулаты (потомки от браков негроидов и европеоидов), метисы (потомки от браков американских индейцев и европеоидов).

Различия между расами касаются лишь второстепенных признаков, связанных с приспособлениями к конкретным условиям существования. Примеры: темная кожа и курчавые волосы — защита от Солнца; глаза монголоидов — приспособление против песчаных бурь; фермент щелочная фосфатаза эритроцитов существует в трех вариантах — нормальная (оптимальная температура +37 °С), "теплая" (оптимальная температура чуть выше +37 °С) и "холодная" (оптимальная температура чуть ниже +37 °С), частота гена "холодной" формы фосфатазы возрастает с широтой, достигая максимума у народов северных широт.

Все различия между расами возникли под действием биологических факторов эволюции. Поэтому любые теории (например, расизм), утверждающие деление рас на "высшие" и " низшие" (физически и психически неполноценные), являются антинаучными и запрещенными. Также нельзя напрямую переносить биологические закономерности, присущие живой природе, на жизнь человеческого общества (так называемая теория социального дарвинизма).

## Тест по теме "Эволюция. Развитие жизни на Земле. Антропогенез"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Выберите положение теории Ч. Дарвина:

1) все изменения, произошедшие под действием внешней среды, наследуются;

2) виды неизменны и созданы Творцом;

3) в результате воздействия среды выживают наиболее приспособленные особи;

4) видообразование бывает экологическим и географическим.

**А2.** К палеонтологическим доказательствам эволюции относятся:

1) жаберные щели эмбрионов;

2) ископаемые остатки;

3) одинаковое строение передних конечностей;

4) набор хромосом.

**А3.** Выберите пару гомологичных органов:

1) передние конечности крота и медведки;

2) ласты тюленя и рука человека;

3) клубень картофеля и корнеплод моркови;

4) скелет рыбы и скелет коралла.

**А4.** К факторам эволюции **не относится**:

1) изоляция;

2) борьба за существование;

3) мутационная изменчивость;

4) модификационная изменчивость.

**А5.** Что такое морфологический критерий вида?

1) особенности обменных процессов;

2) количество и строение хромосом;

3) особенности строения;

4) ареал, занимаемый данным видом.

**А6.** Возникновение новых видов — следствие:

1) размножения особей;

2) деятельности человека;

3) взаимодействия движущих сил эволюции;

4) сезонных изменений в природе.

**А7.** Элементарная единица эволюции — это популяция, т. к.:

1) она занимает определенную территорию;

2) особи популяции обладают сходным строением;

3) ее генофонд способен изменяться;

4) она способна перемещаться в пространстве.

**А8.** Найдите среди ответов аналогичные органы:

1) крыло бабочки и летучей мыши;

2) копыто жирафа и лося;

3) иглы дикобраза и ежа;

4) ловчий аппарат непентеса и усик гороха.

**А9.** Микроэволюция приводит к образованию:

1) видов; 2) родов; 3) семейств; 4) отрядов.

**А10.** Обтекаемая форма тела, толстый подкожный жировой слой и ласты тюленей — результат действия:

1) искусственного отбора; 3) изоляции;

2) естественного отбора; 4) мутационной изменчивости.

**А11.** В результате действия какой формы отбора преимущественно сохраняются особи со средним значением признака?

1) движущей; 3) межвидовой;

2) стабилизирующей; 4) разрывающей.

**А12.** Основная причина борьбы за существование — это:

1) воздействие человека;

2) нехватка пищевых ресурсов;

3) техногенные катастрофы;

4) многообразие видов.

**А13.** Какую роль играют мутации в эволюции?

1) улучшают обмен веществ организмов;

2) являются резервом для естественного отбора;

3) поражают клетки организма;

4) снижают численность популяции.

**А14.** Среди нижеприведенных фактов найдите пример географического видообразования:

1) человеческая и свиная аскарида;

2) сибирская и дальневосточная лиственница;

3) лютик едкий и лютик ползучий;

4) пшеница диплоидная и тетраплоидная.

**А15.** Внутривидовая борьба за существование — это отношения между:

1) серой и черной крысой;

2) обыкновенной и сибирской сосной;

3) лисой и волком;

4) березами в одном березняке.

**А16.** Предупреждающая окраска характерна для:

1) обыкновенной лисы; 3) белой куропатки;

2) уссурийского тигра; 4) жука-нарывника.

**А17.** Признаком экологического видообразования является:

1) формирование нового вида в результате распада единого ареала на несколько новых;

2) разделение исходного ареала вида природными преградами;

3) возникновение нового вида в пределах одного ареала с материнским;

4) деятельность человека, приводящая к разрыву ареала исходного вида.

**А18.** Результатом эволюции является:

1) естественный отбор; 3) дрейф генов;

2) многообразие видов; 4) популяционные волны.

**А19.** Основным критерием вида является:

1) физиологические потребности;

2) генетическая изоляция от других видов;

3) ареал обитания;

4) особенности строения и размножения.

**А20.** Из-за изменения внешних условий в популяции птиц стали выживать особи с более длинными крыльями, чем предыдущие поколения. Какой вид отбора способствовал этому?

1) методический; 3) движущий;

2) стабилизирующий; 4) дизруптивный.

**А21.** Укажите признак биологического регресса:

1) резкое упрощение строения, утрата органов и систем органов;

2) снижение численности вида;

3) разделение ареала на несколько новых;

4) уничтожение видов человеком.

**А22.** Какой пример относится к ароморфозам?

1) появление жабр у личинок земноводных;

2) превращение передних конечностей китов в ласты;

3) разнообразие хвостовых плавников у костных рыб;

4) формирование двухкамерного сердца у рыб.

**А23.** Сходство дельфина и акулы — это пример:

1) дивергенции; 3) ароморфоза;

2) конвергенции; 4) биологического прогресса.

**А24.** Пресмыкающиеся считаются первыми настоящими наземными позвоночными, т. к. они:

1) имеют две пары конечностей;

2) покрыты роговыми щитками;

3) размножаются на суше;

4) обладают трехкамерным сердцем.

**А25.** Какая особенность строения позволила покрытосеменным растениям занять господствующее положение на Земле?

1) наличие листьев, корней и стеблей;

2) появление сосудов в древесине;

3) быстрое размножение;

4) возникновение камбия.

**А26.** Прокариоты появились:

1) в архее; 2) в протерозое; 3) в палеозое; 4) в мезозое.

**А27.** Одним из важнейших ароморфозов архейской эры является:

1) появление многоклеточных организмов;

2) возникновение фотосинтеза;

3) развитие примитивных беспозвоночных животных;

4) появление многоклеточных водорослей.

**А28.** Периоды мезозойской эры перечислены в правильном порядке:

1) юра, триас, мел; 3) мел, триас, юра;

2) триас, юра, мел; 4) юра, мел, триас.

**А29.** Современную гипотезу происхождения жизни на Земле создал:

1) С. Миллер; 2) А. Опарин; 3) Л. Пастер; 4) И. Павлов.

**А30.** К идиоадаптациям относят:

1) появление хорды;

2) развитие зародышевых оболочек у рептилий;

3) разные формы ног у птиц;

4) теплокровность млекопитающих.

**А31.** К древним людям относятся:

1) австралопитеки; 3) питекантропы;

2) кроманьонцы; 4) неандертальцы.

**А32.** Речь, мышление, труд — это примеры:

1) антропогенных факторов эволюции;

2) экологических факторов эволюции;

3) биологических факторов эволюции;

4) социальных факторов эволюции.

**А33.** Примером рудимента у человека служит:

1) многососковость;

2) мышца, отвечающая за движение уха;

3) хрящи гортани;

4) потовые железы.

**А34.** Одним из отличий человека от других млекопитающих является:

1) четырехкамерное сердце;

2) 5 отделов мозга, включая большие полушария;

3) передние конечности короче, чем задние;

4) вторая сигнальная система.

**А35.** Человеческие расы относятся к одному виду, т. к.:

1) в браке между представителями разных рас рождаются дети;

2) обладают сходным внутренним строением;

3) способны к трудовой деятельности;

4) могут перемещаться по Земле.

**А36.** В каком ответе основные этапы антропогенеза указаны в правильном порядке?

1) человек умелый, человек прямоходящий, неандерталец, кроманьонец;

2) человек прямоходящий, человек умелый, неандерталец, кроманьонец;

3) человек умелый, человек прямоходящий, кроманьонец, неандерталец;

4) неандерталец, человек умелый, человек прямоходящий, кроманьонец.

## Часть В

**В заданиях В1—В3 выберите три правильных ответа из шести.**

**В1.** Что является результатом эволюции?

1) популяционные волны;

2) приспособленность организмов;

3) изоляция;

4) образование новых видов;

5) возникновение родов и семейств;

6) естественный отбор.

**В2.** К эмбриологическим доказательствам эволюции относят:

1) окаменелости животных и растений;

2) крылья птицы и бабочки;

3) закладка хорды у всех позвоночных;

4) сходство зародышей рептилий и амфибий;

5) аппендикс у человека;

6) развитие головного мозга из эктодермы у птиц и млекопитающих.

**В3.** Какие признаки человека связаны с прямохождением и трудовой деятельностью?

1) стопа имеет сводчатую форму;

2) наличие четырех изгибов позвоночника;

3) развитие мелкой мускулатуры кисти;

4) 7 шейных позвонков;

5) конечности состоят из трех отделов;

6) череп состоит из лицевого и мозгового отделов.

**При выполнении заданий В4—В7 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В4.** Установите соответствие между признаком виноградной улитки и критерием вида, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК | КРИТЕРИЙ ВИДА |
|---|---|
| А) питается частями растений | 1) экологический |
| Б) обитает на суше, на лугах | 2) морфологический |
| В) раковина цельная, без крышечки | |
| Г) незамкнутая кровеносная система, есть сердце | |
| Д) есть голова, туловище и нога | |
| Е) преимущественно активна вечером | |

**В5.** Установите соответствие между примером и видом морфологических доказательств эволюции.

| ПРИМЕР | ВИД ДОКАЗАТЕЛЬСТВА |
|---|---|
| А) копыта оленя и лошади | 1) аналогичные органы |
| Б) ласты дельфина и тюленя | 2) гомологичные органы |
| В) глаза кальмара и кита | |
| Г) роговые щитки крокодила и перо птицы | |
| Д) крылья жука и летучей мыши | |
| Е) вибриссы кошки и иглы ежа | |

**В6.** Установите соответствие между видом животного или растения и направлением эволюции, характерным для этого организма.

| ОРГАНИЗМ | НАПРАВЛЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ |
|---|---|
| А) комнатная муха | 1) биологический регресс |
| Б) ландыш майский | 2) биологический прогресс |
| В) венерин башмачок | |
| Г) латимерия | |
| Д) одуванчик лекарственный | |
| Е) серая ворона | |

**B7.** Установите соответствие между примером и путем эволюции.

| ПРИМЕР | ПУТЬ ЭВОЛЮЦИИ |
|---|---|
| А) развитие черепа и позвоночника у рыб | 1) ароморфоз |
| Б) отсутствие крыльев у вшей | 2) идиоадаптация |
| В) возникновение ловчих листьев у росянки | |
| Г) появление кровеносной системы у кольчатых червей | |
| Д) различная длина корней у растений, обитающих в пустыне | |

**B8.** Установите последовательность этапов формирования приспособленности в процессе эволюции:

1) действие движущий формы естественного отбора;

2) изменение условий обитания;

3) сохранение особей с полезными мутациями;

4) возникновение случайных мутаций у особей популяции;

5) формирование популяции с полезными признаками в изменившихся условиях.

## Часть С

**C1.** Какие приспособления возникли у растений в связи с их выходом на сушу? Назовите не менее четырех приспособлений.

**C2.** Черный коршун — хищная птица семейства Ястребиных. Окраска темно-бурая, голова светлее остального тела, хвост имеет характерный вырез — "вилочку". Обитает практически во всех природных зонах Земли за исключением Антарктиды и некоторых океанических островов. Питается мелкими грызунами, птицами, рыбой, не брезгует и падалью. Для гнездования выбирает деревья с подходящими развилками для постройки гнезда.

Какие критерии вида указаны в тексте? Ответ поясните.

**C3.** Почему упрощение строения может привести к биологическому прогрессу?

**C4.** Какие ароморфозы возникли у земноводных? Назовите не менее четырех ароморфозов.

**C5.** Цветочные мухи (журчалки) по окраске тела, местообитанию и полету очень похожи на ос. Как называется такой тип окраски? Докажите относительный характер этого приспособления.

**C6.** Назовите не менее четырех основных факторов, способствовавших эволюции человека и приведших к появлению вида Человек разумный.

# ЭКОЛОГИЯ

Экология (от греч. *ойкос* — убежище, жилище и *логос* — наука, знание) — это наука о взаимосвязях организмов между собой, а также между организмами и окружающей средой. Термин "экология" предложен Э. Геккелем в XIX в. Также экология изучает влияние человека на окружающую среду, решает вопросы охраны природных сообществ от загрязнения, участвует в разработке современных технологий.

## МЕТОДЫ ЭКОЛОГИИ

В экологии используют следующие методы: эксперимент, наблюдение, моделирование (создание искусственных биологических систем) с применением математической обработки данных. Моделирование в экологии позволяет предсказать динамику численности различных видов (в том числе вредителей), протекание различных процессов в сообществе и т. п. С помощью этого метода можно воспроизвести такие крайние положения, которые не могут быть воссозданы на самом объекте (например, последствия ядерной войны).

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Это компоненты живой и неживой природы, влияющие на организм, популяцию или сообщество. По степени выносливости выделяют две группы организмов: эврибионты (выдерживают широкий диапазон изменения силы фактора) и стенобионты. Причем организм, эврибионтный по одному фактору, может быть стенобионтным по другому.

Выделяют 3 группы факторов.

- **Абиотические** — факторы неживой природы. К ним относятся свет, температура, количество осадков, соленость воды, скорость течения и т. д.
  - *Температура.* Она действует везде и постоянно, влияя на скорость многих физических процессов и химических реакций, в том числе на те, которые проходят в живых организмах. Любой организм способен существовать лишь в определенном диапазоне температуры, все, что выше или ниже, приводит к летальному исходу. Есть эвритермные (обитатели лесов умеренного пояса)

и стенотермные виды (обитатели тропических лесов). Все организмы по отношению к этому фактору делятся на две большие группы: пойкилотермные и гомойотермные. Пойкилотермные организмы не могут поддерживать постоянную температуру тела: у них она зависит от температуры окружающей среды. К ним относится большинство организмов нашей планеты. К гомойотермным организмам относятся только две группы животных — птицы и млекопитающие. Они поддерживают определенную постоянную температуру тела вне зависимости от внешних температур.

- *Влажность.* Все живые организмы нуждаются в воде. У большинства животных развились приспособления, позволяющие экономить воду: специальные покровы, уменьшающие испарение; небольшие отверстия дыхательной системы и т. п. Наземные животные активно ищут микроклиматические условия с подходящей им влажностью или сами создают себе такие условия (мокрицы). Среди растений выделяют следующие экологические группы:
  - гидатофиты — это растения, полностью или почти полностью погруженные в воду (кувшинка, элодея, многие водоросли);
  - гидрофиты обитают на мелководье или по берегам водоемов (рогоз, тростник, ирис);
  - гигрофиты живут в условиях постоянно высокой влажности — в сырых лесах, на заболоченных участках (рис, бегония, традесканция);
  - мезофиты предпочитают жить при средних значениях увлажнения (к ним относится большинство деревьев и кустарников лесов умеренного пояса);
  - ксерофиты — растения, занимающие территории с условиями недостаточного увлажнения. Среди них выделяют суккуленты и склерофиты. Суккуленты имеют хорошо развитую водоносную ткань (кактусы, молочаи, агавы). Склерофиты, наоборот, не имеют тканей с запасом воды, но характеризуются жесткими узкими листьями и хорошо развитой склеренхимой (полынь, ковыль, саксаул).
- *Свет.* Наиболее сильно этот фактор действует на растения и другие фотоавтотрофные организмы, т. к. они используют энергию Солнца для своих процессов. Выделяют три группы растений:
  - светолюбивые (им требуется высокий уровень солнечного освещения, в тени такие растения растут гораздо хуже; например, это земляника, василек, подсолнечник);
  - теневыносливые (они могут переносить затенение, но хорошо растут и на свету, к ним относятся многие лесные кустарники и травы);
  - тенелюбивые (занимают нижние ярусы в лесу или обитают глубоко в воде; это мхи, плауны, различные водоросли).

  Среди гетеротрофов есть организмы, для которых свет губителен (бактерии); но для большинства гетеротрофов свет необходим, т. к. они используют его для ориентировки в пространстве, охоты и т. п.

- **Биотические** — факторы живой природы. Это все типы взаимоотношений организмов друг с другом: хищничество, паразитизм, конкуренция, симбиоз и т. п. Более подробно они рассмотрены в *разд. "Сообщества" далее в этой главе*.
- **Антропогенные** — влияние человека. В последнее время наблюдается все возрастающее влияние деятельности человека, оказывающего прямое и непрямое воздействие на живую природу (вырубка лесов, пожары, строительство гидротехнических сооружений и т. д.).

## Действие экологических факторов

*Закон оптимума:* любой экологический фактор имеет определенные пределы положительного влияния на живой организм. Этот закон отражает то, как переносят живые организмы разную силу действия экологических факторов. Его график — симметричная кривая (рис. 4.32).

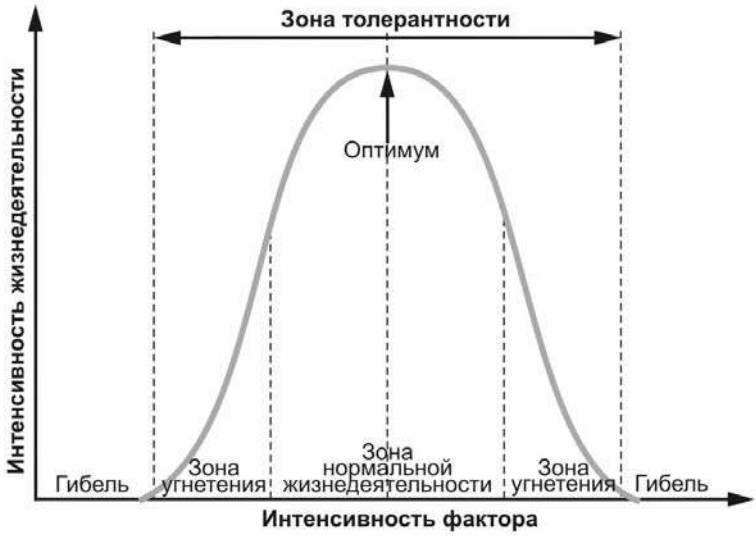



**Рис. 4.32.** Закон оптимума

Зона оптимума — это условия, наиболее благоприятные для жизнедеятельности особей данного вида. В зоне угнетения условия позволяют выживать особям, но меньше подходят для нормальной жизнедеятельности. Верхние и нижние границы выносливости (критические точки) — это такие значения фактора, которые особи этого вида не выдерживают; за их значениями наступает смерть. Условия, близкие к этим точкам, называют экстремальными. Расстояние между верхними и нижними границами выносливости называют *толерантностью вида* или диапазоном его устойчивости. Необходимо добавить, что оптимум для взрослых форм, личинок и яиц одного и того же вида может довольно сильно отличаться.

Организмы, способные выдерживать существенные колебания фактора, называют *эврибионтными* (например, волки в тайге переносят колебания температуры от –40...–35 °С зимой до +30...+35 °С летом). Если же для нормальной жизнедея-

тельности организма необходимы довольно узкие значения того или иного фактора, то его относят к *стенобионтам* (в качестве примера можно привести форель, обитающую в температурном диапазоне +4...+6 °С). При этом один и тот же вид может быть стенобионтом по отношению к одному фактору и эврибионтом — по отношению к другому.

*Закон ограничивающего фактора (закон Либиха):* наиболее значим тот фактор, который больше всего отклоняется от оптимального значения для данного организма. Именно от него зависит выживание особей в данный конкретный момент времени. Необходимо отметить, что этот закон не действует в случае взаимозаменяемых ресурсов: увеличение количества одного может компенсировать нехватку другого.

Классической иллюстрацией этого закона является так называемая "бочка Либиха" — бочка с разной высотой планок. Как видно из рис. 4.33, налить воду выше самой нижней планки невозможно — она будет выливаться, хотя остальные планки имеют большую длину. По такому же принципу действует и закон ограничивающего фактора.

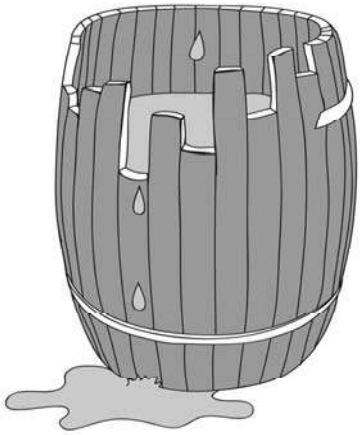


**Рис. 4.33.** Бочка Либиха

Пример: в почве содержатся все элементы минерального питания, необходимые растениям, кроме фосфора. Рост растений и урожай будут зависеть именно от фосфора. Если мы будем вносить в почву любые вещества, кроме фосфора, никакого эффекта мы не добьемся. Таким образом, это правило имеет очень важное практическое значение для сельского хозяйства.

## Основные среды жизни

*Водная* — образована всеми водоемами Земли. Это первая среда, которую освоили живые организмы. Ее особенности: высокая плотность, хорошая теплопроводность, небольшие температурные колебания, небольшое количество кислорода, низкий уровень освещенности (ниже 200 м вечная темнота), высокое давление (на каждые 10 м вглубь давление увеличивается на одну атмосферу), определенный солевой состав.

В водной среде выделяют несколько групп организмов: планктон, нектон и бентос. Планктонные организмы обитают обычно около поверхности (большая часть — на глубине от 0 до 50 м), организм как бы парит в воде и не способен противостоять течению. Планктон[1] состоит из фитопланктона (это автотрофы, в основном представленные одноклеточными водорослями) и зоопланктона (это гетеротрофы, на-

[1] Разновидностью планктона считается *нейстон*. Это группа различных организмов, обитающих у поверхностной пленки воды (как на ней, так и под ней). К нейстону относятся личинки комаров, водомерки, некоторые водоросли, простейшие и т. д.

пример криль). Планктон является основой всех пищевых цепей океана. Нектон — это активно двигающиеся организмы в толще воды, способные противостоять течению и перемещаться на большие расстояния (рыбы, морские млекопитающие и т. п.). Бентос — это организмы, обитающие на дне водоемов (черви, кораллы, моллюски и губки).

*Наземно-воздушная* — образована поверхностью почвы и нижним слоем атмосферы. Ее особенности: низкая плотность (поэтому постоянная жизнь в воздухе невозможна, а все организмы, обитающие в этой среде, должны иметь опорную систему), плохая теплопроводность, большие температурные колебания (летом +30, зимой –30; в пустыне: днем свыше +50, ночью +10...+15), много кислорода (21%), практически равномерное освещение (*искл.:* под пологом густого леса), относительно стабильное давление, нехватка воды, скорость и сила ветра.

*Почвенная* — образована почвой. Почва — тонкий поверхностный слой суши, возникший в результате деятельности живых организмов и неживого компонента. Ее особенности: трехфазность (твердые частицы пронизаны порами, заполненными водой или воздухом), отсутствие света и резких температурных колебаний (кроме поверхности), относительно высокая плотность и давление, постоянное поступление органических веществ (в основном за счет отмирающих корней и опавших листьев растений). Эта самая насыщенная живыми организмами среда.

Учение о почвах было создано В. В. Докучаевым в XIX в. В процессе жизнедеятельности микроорганизмов происходит разложение органических остатков, что приводит к изменению состава почвы, а также к образованию гумуса. *Гумус (перегной)* — это органическая темноокрашенная часть почвы, образующаяся в результате превращения растительных и животных остатков. В гумусе содержатся основные элементы питания растений, которые под воздействием микроорганизмов становятся доступными для растений.

*Живые организмы как среда обитания* — на каждом живом существе обитают другие организмы: симбионты, комменсалы (нахлебники) и паразиты. Особенности этой среды: практически неограниченный запас пищи, хорошая защита от внешних воздействий (кроме эктопаразитов), постоянные условия среды, необходимость защищаться от иммунных клеток и веществ хозяина.

## Основные пути приспособления организмов к среде

Большинство организмов обитает в постоянно меняющихся условиях среды, к которым они вынуждены приспосабливаться. Выделяют три основных направления.

- *Пассивные приспособления* — организм переходит в состояние покоя и "подчиняется" внешним воздействиям. Среди таких приспособлений выделяют анабиоз и скрытую жизнь (гипобиоз — вынужденный покой и криптобиоз — физиологический покой). При анабиозе у организма практически полностью останавливается обмен веществ. Анабиоз относительно редко встречается в природе и характерен не для всех групп организмов: например, он отмечен у бактерий, водорослей, нематод, коловраток, но не встречается у позвоночных животных.

Скрытая жизнь — это обычное явление в природе, возникающее для пережидания неблагоприятных условий (зимний покой растений, спячка млекопитающих, оцепенение насекомых). В таком состоянии обменные процессы организма очень сильно замедляются. Гипобиоз возникает при прямом действии на организм неблагоприятных факторов среды (понижение или повышение температуры, нехватка воды и т. п.). Как только экологические факторы приобретают нормальные значения, организмы выходят из гипобиоза и возвращаются к обычной жизнедеятельности. Криптобиозу у организмов предшествует длительная физиологическая подготовка (накопление жира, понижение уровня обменных процессов и т. п.). В основном криптобиоз связан с сезонными климатическими изменениями, например со сменой времен года.

- *Активные приспособления* — организм как бы сопротивляется воздействию среды. Наиболее ярко такие приспособления выражены у теплокровных животных — птиц и млекопитающих.
- *Избегание*, когда организм "уходит" от воздействия неблагоприятных факторов. В качестве примера можно привести миграции копытных в африканской саванне, сезонные перелеты птиц и т. п.

## Биологические ритмы организмов

Биологические ритмы возникают из-за периодических изменений условий окружающей среды. Выделяют следующие группы ритмов.

- *Суточные* — приспосабливают организм к смене дня и ночи. Простейший пример суточного ритма — сон и бодрствование. По активности выделяют дневных, сумеречных и ночных животных. Суточные ритмы есть не у всех организмов: обитатели пещер, глубоководные организмы их не имеют, т. к. в данных условиях смены дня и ночи не происходит.
- *Сезонные (годовые)* — приспосабливают организм к смене сезонов года (линька, брачный период и т. д.). Главный экологический фактор, на который реагируют организмы в своих годовых циклах, — это изменение длины дня. Реакция организмов на изменение длины дня называется *фотопериодизмом*. Пример: растения умеренного пояса — если день сокращается, организм готовится к зиме; если удлиняется — к активному росту и размножению.
- *Приливно-отливные* — возникают у организмов, обитающих в прибрежных районах морей и океанов (у моллюсков, ракообразных и т. д.).

## Популяция

*Популяция* — это группа особей одного вида, в течение многих поколений занимающая определенную часть ареала вида, свободно скрещивающихся между собой и обособленных от других популяций этого вида неполными формами изоляции. Изучением популяций занимается демэкология.

Если особи в популяции регулярно перемещаются в пространстве, то обычно такой вид состоит из нескольких больших популяций. Если же степень мобильности осо-

бей невелика, то чаще всего такой вид представлен большим числом мелких популяций.

В пределах ареала вида встречаются более подходящие и менее подходящие для жизни места, поэтому возникает некоторая изоляция одной популяции от другой. Соседние популяции могут контактировать друг с другом при расселении, с помощью миграций, распространения семян и т. д. Границы между популяциями зависят от особенностей ареала вида: если практически вся территория подходит для обитания, то они выражены слабо; если же ареал четко разделен различными преградами, то и границы между популяциями хорошо заметны. В первом случае связь между популяциями постоянная (суслики в степи), во втором — эпизодическая (окуни в разных озерах).

Сходства и отличия между популяциями зависят от степени изоляции: чем она выше, тем сильнее различия. Эти отличия касаются физиологии, морфологии, экологических особенностей и т. д.

Каждая популяция отличается от других популяций вида частотами генов и генотипов, т. е. обладает собственным генофондом. Генетическую изменчивость в природных популяциях изучал советский ученый С. С. Четвериков. В 1926 г. он опубликовал работу "О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики", в которой отметил, что природные популяции насыщены рецессивными мутациями, и выдвинул положение о значении генетических процессов в эволюции, заложив тем самым основы эволюционной генетики.

В идеальных популяциях действует *закон Харди — Вайнберга*: частота гомозиготных и гетерозиготных организмов в условиях свободного скрещивания при отсутствии давления отбора и других факторов остается постоянной. Этот закон описывается формулой $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ ($p^2$(AA) — частота встречаемости гомозиготных доминантных организмов; $2pq$(Aa) — частота встречаемости гетерозиготных организмов и $q^2$(aa) — частота встречаемости рецессивных гомозиготных организмов).

Этот закон верен при соблюдении следующих условий:

- популяция имеет бесконечно большую численность;
- для популяции характерно свободное скрещивание;
- популяция изолирована от других популяций;
- в популяции отсутствуют мутации и нет давления отбора.

Из-за большого числа ограничений, в естественных условиях сохранение равновесного состояния популяций по частоте генов практически невозможно, и закон Харди — Вайнберга не действует.

Процессы, происходящие в популяции:

- рождаемость и смертность — количество особей, родившихся/умерших в популяции за определенное время. Разность между рождаемостью и смертностью определяет прирост популяции. Обычно рождаемость преобладает над смерт-

ностью, и тогда говорят о положительном приросте. Если же преобладает смертность, то прирост отрицательный;

- иммиграция (вселение) и эмиграция (выселение) — количество особей, появившихся/ушедших в/из популяции за определенное время.

Это временные показатели. Соотношение всех этих процессов определяет численность конкретной популяции. Каждая популяция имеет нижний предел численности, при достижении которого она вымирает.

## Характеристики популяции

- *Численность* — количество особей в популяции. Она зависит от колебания смертности и рождаемости, от притока или оттока особей, от условий среды и количества ресурсов на территории. Также необходимо отметить, что популяции, обитающие на границе ареала, обычно немногочисленны.
- *Плотность населения* — количество особей на единицу площади или объема. Это величина, необходимая для сравнения различных популяций, независимо от занимаемой ими территории.
- *Структура* — разделение популяции на группы (части) и соотношение этих групп (частей).
- *Возрастная структура* — это соотношение особей разного возраста в популяции. Она зависит от особенностей жизненного цикла и внешних условий. Существуют виды с простой возрастной структурой, когда вся популяция представлена особями одного возраста (однолетние растения, саранча). У таких видов представители разного возраста никогда не встречаются друг с другом. Численность популяций таких видов очень изменчива и сильно зависит от внешних условий.

  В других популяциях возрастная структура сложная и представлена особями разного возраста. Такие популяции меньше подвержены резким колебаниям численности, они более устойчивые. Соотношение возрастных групп в популяции графически отображается с помощью пирамиды возрастов. Если пирамида имеет широкое основание (много молодых особей) и узкую вершину, то эта популяция растущая. Если же основание заужено, то в популяции преобладает смертность над рождаемостью и ей грозит вымирание. У каждого вида конфигурация пирамиды своя: так, у животных со слабо развитой заботой о потомстве основание очень широкое.
- *Половая структура* — соотношение особей разного пола в популяции. Для раздельнополых животных теоретически она составляет 1:1 (самки и самцы). На самом деле в реальных популяциях это соотношение несколько иное, поскольку гибель особей отличается от соотношения 1:1. Также существуют популяции, в которых половой состав резко отличается от теоретического соотношения самцов и самок: у гермафродитов соотношение полов практически отсутствует; у общественных насекомых (пчелы, шмели и т. п.) обычно существует одна половозрелая самка (матка или царица) и огромное число особей с недоразвитыми

половыми признаками (рабочие особи), а самцы либо отсутствуют, либо появляются только на короткий период для спаривания.

Изучением возрастной и половой структуры популяций занимается демография.

## Численность популяций

**Рост численности.** Любой вид живых организмов способен к размножению в геометрической прогрессии, следовательно, и к безграничному увеличению численности. В природе этого не происходит, т. к. ресурсы, которые использует популяция, на любой территории имеют пределы. Эти пределы называют емкостью среды для конкретных популяций.

При достижении определенной плотности в популяции включаются механизмы саморегуляции численности: животные приносят меньше потомства, большее число особей не участвует в размножении, происходит выселение части особей на другую территорию, меняется поведение (усиливается территориальность); для растений характерно самоизреживание, когда более слабые особи погибают из-за угнетения более сильными; усиливается конкуренция. В результате этого численность снижается и уменьшается вероятность перенаселения и подрыва ресурсов среды, необходимых для нормального существования.

По стратегиям размножения выделяют две группы организмов: *r*-стратеги и *k*-стратеги. Организмы с *r-стратегией* характеризуются высокой плодовитостью, ранним наступлением половой зрелости, коротким жизненным циклом, сильным колебанием численности популяций. Они способны к быстрому расселению на новые местообитания. В основном *r*-стратеги — это мелкие животные (грызуны, насекомые).

*K-стратеги*, наоборот, обладают невысокой плодовитостью и хорошо развитой заботой о потомстве, поздним взрослением, более продолжительным существованием отдельных особей, отсутствием резких колебаний численности за счет более совершенных механизмов ее регуляции. К *k*-стратегам относятся крупные животные (слоны, носороги, орлы). Также необходимо отметить, что разные популяции одного вида могут использовать или *k*-, или *r*-стратегию, в зависимости от внешних условий.

**Динамика численности.** Выделяют три типа динамики численности:

- стабильный тип — численность популяции в течение года изменяется незначительно, без резких скачков. Такой тип характерен для видов со сложной возрастной структурой, низкой плодовитостью и большой продолжительностью жизни (крупные животные);
- изменчивый тип — численность в течение года меняется в десятки раз (синицы, мыши);
- взрывной тип — периодически численность популяции увеличивается в сотни и тысячи раз, т. е. для таких организмов в разные временные периоды характерна или очень высокая, или очень низкая численность. Такой тип динамики чаще

всего встречается у организмов с простой возрастной структурой, большим числом потомков, короткой продолжительностью жизни (насекомые).

**Регуляция численности**

- *Односторонне действующие факторы* не зависят от плотности и численности популяции. В основном это абиотические факторы (температура, осадки, ветер, солнечная радиация и т. д.). Они могут обусловить значительную смертность или благоприятствовать увеличению численности. Эти факторы не столько регулируют численность, сколько отклоняют в ту или иную сторону.
- *Двусторонне действующие факторы* возникают по принципу обратной связи, когда рост численности популяции вызывает все увеличивающееся противодействие этому росту. Чем выше численность и плотность, тем сильнее они действуют, и наоборот. К ним относятся биотические факторы и механизмы саморегуляции. Пример: чем выше численность жертв, тем больше пищи для хищников, их численность также растет, следовательно, пресс их воздействия на жертв увеличивается. Через какое-то время наступает момент, когда хищников становится слишком много, и они начинают подрывать собственную кормовую базу, т. к. жертв становится меньше, чем необходимо. В результате часть хищников погибает, и их воздействие на жертву снижается. Благодаря этому численность жертв начинает расти, и все повторяется заново.

  Рассмотрим обратную ситуацию, когда происходит резкое снижение численности хищников или их уничтожение, например, человеком. Сначала это приводит к росту численности жертв, но в дальнейшем их количество резко уменьшается: при повышении плотности вспыхивают эпидемии, уменьшается количество пищевых ресурсов, что приводит к гибели большей части особей.

  Благоприятное сочетание экологических факторов может приводить к быстрому росту численности, но численность популяции не превышает емкости среды (конечно, если это благоприятное сочетание не увеличило емкость среды). Иногда численность популяции резко возрастает, но в дальнейшем не снижается. Так происходит, если организмы попадают в условия, где отсутствуют их естественные враги (кролики в Австралии).
- *Антропогенные факторы*, т. е. деятельность человека. Она может способствовать увеличению или уменьшению численности популяции. В целях сохранения численности популяции промысловых организмов существуют различные способы ее регулирования: установка сроков и мест для охоты, определение квот на добычу, зимняя подкормка животных.

## Сообщества

*Биогеоценоз* — совокупность всех живых организмов, обитающих на определенной территории и взаимосвязанных биотическими связями. В биогеоценозе выделяют биоценоз (совокупность всех живых организмов) и биотоп (среда обитания организмов). Определение биогеоценоза предложено В. Сукачевым.

Часто биогеоценоз называют также экосистемой, хотя во многих учебниках эти термины имеют различные толкования. *Экосистема* — это любая совокупность органических и неорганических компонентов, в которой может поддерживаться круговорот веществ и энергии. Термин "экосистема" предложен А. Тенсли.

Экосистема (биогеоценоз) состоит из продуцентов, консументов и редуцентов. *Продуценты* — это организмы, создающие из неорганических веществ органические, используя солнечную или иную энергию. В основном к ним относятся растения и сине-зеленые водоросли. *Консументы* — это потребители органических веществ. К ним относятся животные, грибы, бактерии и некоторые растения (например, растение-паразит петров крест). Различают консументов 1-го (травоядные животные), 2-го (хищники и паразиты травоядных) и 3-го (паразиты хищников) порядка. Необходимо отметить, что одно и то же животное может быть как консументом первого, так и второго или даже третьего порядка. Например, волк, поймавший зайца — консумент второго порядка, а поймавший лису — третьего. *Редуценты* — организмы, разрушающие органические соединения. В основном это грибы и бактерии.

Изучением сообществ занимается синэкология.

## Видовая структура сообщества

Выделяют бедные и богатые видами сообщества. Если в экосистеме множество факторов сильно отклоняется от оптимального значения, то в таком сообществе обитает мало видов, например в пустынях, тундрах. Если же сообщество характеризуется оптимальным значением большинства экологических факторов, то в нем наблюдается высокое видовое разнообразие — в дождевых лесах, в коралловых рифах и т. д.

Количество видов в сообществе также определяется разнообразием условий для обитания: чем больше различных мест обитаний, чем разнообразнее параметры абиотических и биотических факторов, тем больше видов обитает в таком сообществе. В качестве классического примера можно привести так называемый "опушечный эффект", когда на опушке леса видовое разнообразие гораздо выше, чем в самом лесу или на лугу около него.

Виды, входящие в биогеоценоз, неравноценны по численности. Выделяют доминирующие (массовые), малочисленные и редкие виды. Доминирующие виды составляют основное ядро биоценоза и характеризуются высокой численностью. Они определяют главные связи в сообществе, создают его структуру и внешний облик. Часть массовых видов, как правило растений, относится к средообразующим видам (или видам-эдификаторам) — они сильно влияют на условия жизни других видов: например, в хвойных лесах это сосны и ели, в лиственных — дуб, береза, клен и т. д. Малочисленных видов немного, но популяция каждого из них устойчива. Это как бы резерв сообщества: в изменившихся условиях они могут включиться в состав доминантов. У редких видов самая низкая численность. В устойчивом биогеоценозе редких видов много, в неустойчивом — мало. Видовая структура каждого сообщества закономерна.

Также численность каждого вида зависит от общего числа видов в сообществе. Чем беднее видами сообщество, тем выше численность каждого вида, обитающего в нем *(правило Тинеманна)*. Если же для данного биогеоценоза характерно высокое видовое разнообразие, то численность каждого вида невысока.

*Распределение видов в пространстве.* Чаще всего виды распределены в пространстве неравномерно, т. к. это связано с особенностями их биологии и неоднородностью структуры сообщества. Основу распределения формируют растения, которые создают *ярусность*, располагая друг под другом листву в соответствии со своим ростом и отношением к свету. Ярусная структура позволяет более полно и эффективно использовать энергию Солнца. Наиболее четко ярусность выражена в лесах. В лесах умеренного пояса выделяют 4 яруса: ярус *A* (высокие деревья-доминанты; например, липа, береза, дуб), ярус *B* (низкие деревья и высокие кустарники; дикая яблоня, рябина), ярус *C* (кустарники и травы, иногда его разделяют на два самостоятельных яруса) и ярус *D* (мхи на поверхности почвы).

Животные живут в отдельных ярусах, но могут осваивать сразу несколько (птицы, белки и т. д.). По образу жизни выделяют следующие группы животных в сообществе.

- Одиночные, когда популяция состоит из отдельных особей, контактирующих друг с другом эпизодически или только во время периода размножения (многие жуки, пауки, рыбы и т. д.).
- Семейные — образуются группы из самца, самки и их потомства. Такие группы могут существовать только один сезон или образовываться на более длительное время (львы, волки в летний период, гепарды).
- Колониальные — при такой форме возникают групповые поселения, члены которого обычно выполняют ряд общих функций — взаимопомощь, совместная защита территории и т. д. (гуси, чайки, суслики, сурки).
- Стайные и стадные виды. Стая — это временное образование, которое необходимо для осуществления какого-либо общего действия, например, миграции, выживания в неблагоприятных условиях (волки зимой, многие рыбы и птицы). Стадо — это более-менее постоянное образование, длительное время существующее в природе (павианы, многие копытные млекопитающие).

## Связи в биогеоценозе. Биологическая продуктивность. Экологическая пирамида

В любом сообществе возникают разнообразные экологические связи между организмами, обитающими в этом сообществе. Выделяют 4 типа связей.

- Трофические (пищевые) — один вид питается другим или продуктами его жизнедеятельности.
- Форические — один вид распространяет другой. В качестве примера можно привести распространение плодов и семян растений различными животными.
- Топические — жизнедеятельность одного вида создает и изменяет условия существования для другого вида. Например, под пологом леса менее выражены

температурные колебания, чем на открытой местности, что оказывает благоприятное воздействие на большинство лесных животных.

- Фабрические — вид использует для создания собственных построек мертвые остатки или живые части других видов: многие певчие птицы используют для постройки своих гнезд веточки и листья растений, а также шерсть животных.

Основными связями в любом сообществе являются пищевые (трофические). В биоценозе формируются *цепи питания* — это ряд организмов, в котором каждое предыдущее звено служит пищей последующему. Отдельное звено цепи питания называют трофическим уровнем. Существуют две разновидности цепей питания:

- *цепь выедания или пастбищная цепь* (всегда начинается с зеленого растения). Например, листья вишни → тля → паук → большая синица;
- *цепь разложения или детритная цепь* (всегда начинается с мертвой органики). Например, мертвое дерево → личинка жука-короеда → дятел → ястреб.

Цепи питания включаются в сети питания, которые объединяют организмы из разных цепей. Возникновение сетей питания связано с тем, что большинство видов животных питается разнообразной пищей.

На каждом этапе передачи вещества и энергии по пищевой цепи теряется примерно 90% и только 10% переходит к очередному потребителю. Это правило называют *правилом 10%.* Потери происходят из-за того, что часть пищи не переваривается и не усваивается, а большая часть полученной энергии рассеивается в виде тепла и тратится на поддержание обменных процессов.

На основании цепей питания и закономерностей перехода в них энергии и вещества создают экологические пирамиды.

*Пирамида чисел* (рис. 4.34) — это соотношение количества организмов на разных трофических уровнях: общее число особей на каждом последующем уровне меньше, чем на предыдущем. Эта пирамида имеет широкое основание и узкую вершину: число особей растений больше числа особей травоядных животных и т. д.

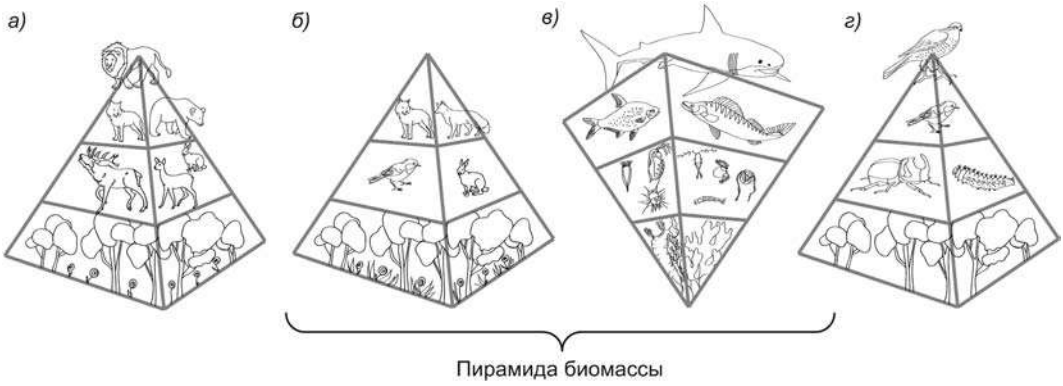



**Рис. 4.34.** Экологические пирамиды (в каждой пирамиде нижний ряд — это продуценты, остальные ряды — консументы разных порядков): *а* — пирамида чисел; *б* — наземные экосистемы; *в* — моря и океаны; *г* — пирамида энергии (биологической продуктивности)

*Пирамида биомассы* (см. рис. 4.34) — это соотношение биомассы на разных трофических уровнях. Масса живых организмов в сообществе составляет его биомассу. В наземных экосистемах пирамида биомассы имеет классическую форму: широкое основание и узкая вершина, т. е. биомасса продуцентов (растений) больше биомассы консументов I порядка (травоядных животных) и т. д. В океане пирамида биомассы имеет перевернутую форму: узкое основание и широкую вершину. Это связано с тем, что в океане продуценты (в основном это водоросли) очень быстро выедаются и не могут накопить значительную биомассу, а в наземных экосистемах — нет.

*Пирамида энергии или пирамида биологической продуктивности* (см. рис. 4.34). Органическое вещество, создаваемое в сообществах за единицу времени, называют *биологической продукцией*. Продукцию растений называют первичной, продукцию животных и других консументов — вторичной. Если оценить продукцию в последовательных трофических уровнях, то получается убывающий ряд чисел: каждое последующее меньше предыдущего примерно в 10 раз. Графически это изображается в виде пирамиды с широким основанием и узкой вершиной — это и есть пирамида биологической продукции или пирамида энергии. Закономерность создания биомассы в цепях питания называется правилом пирамиды биологической продукции. Из этого правила исключений нет.

Наименее продуктивны экосистемы пустынь, тундр, арктических и антарктических побережий; наиболее продуктивны — тропические леса, коралловые рифы и травянистые заросли устьев рек в жарких районах.

## Взаимосвязи популяций в биогеоценозе

Связи между организмами бывают прямыми (непосредственное влияние одного вида на другой) и косвенными (через влияние на внешнюю среду или другие виды). Выделяют 6 типов взаимодействий.

- *Нейтрализм* — виды обитают вместе и не оказывают друг на друга практически никакого воздействия (синицы и копытные леса).
- *Взаимовыгодные отношения (мутуализм)*, когда совместное существование выгодно обоим организмам (актиния и рак-отшельник, муравьи и тли, цветковые растения и насекомые-опылители). Крайним проявлением мутуализма является симбиоз — такой тип взаимовыгодных отношений, когда организмы не могут существовать друг без друга (например, лишайники, состоящие из гриба и водоросли; термиты и жгутиковые простейшие, обитающие в их кишечнике; деревья и грибы, образующие микоризу; бобовые растения и клубеньковые азотфиксирующие бактерии).
- *Конкуренция* — это отношения, невыгодные обеим группам. Возникает из-за борьбы за ресурсы (чаще всего за пищу и территорию). В любом сообществе действует закон Гаузе (закон конкурентного исключения): в одной экологической нише не могут существовать два вида. Экологическая ниша — это совокупность факторов, необходимых для нормального существования вида, т. е. это

место, занимаемое популяцией данного вида в сообществе. Если виды сходным образом используют ресурсы и обитают на одной территории (т. е. пытаются занять одну экологическую нишу), между ними возникают конкурентные отношения, в результате которых один вид вытесняет другой или развивается различная экологическая специализация видов.

- *Хищничество и паразитизм* — это отношения, выгодные одному организму и невыгодные другому. Но для видов в целом эти отношения считаются выгодными. Хищники — это организмы, питающиеся другими организмами, которых они ловят и убивают. Для хищников характерно охотничье поведение. Паразит — это организм, живущий за счет другого организма и наносящий ему вред (хозяин обеспечивает паразита едой и убежищем). Обычно паразит не убивает своего хозяина, хотя встречаются случаи, когда гибель хозяина — обязательное условие выживания и дальнейшего существования паразита: так, личинки наездников паразитируют в личинках других насекомых, выедая их изнутри и вызывая их гибель.
- *Комменсализм* — когда одному организму (комменсалу) совместное существование выгодно, а второму — безразлично. Среди этого типа взаимоотношений выделяют квартиранство и нахлебничество. Нахлебничество заключается в получении остатков пищи организмом-комменсалом после хозяина (например, гиены — комменсалы львов, рыбы-прилипалы — комменсалы акул). Квартиранство — это использование видом убежищ, построенных другими организмами (например, в гнездах птиц обитают различные членистоногие; в муравейниках встречаются различные жуки).
- *Аменсализм* — одному организму совместное существование невыгодно, а второму — безразлично. Обычно встречается у растений. Так, ель выделяет вещества, губительно действующие на травы, для самой ели они являются естественными продуктами обмена веществ.

## Саморегуляция биогеоценоза

Саморегуляция биоценоза выражается в поддержании постоянства видового состава и определенной численности организмов. Отклонение системы от нормы приводит в действие силы, направленные на возвращение ее в нормальное состояние. Например, увеличение численности жертв приводит к увеличению численности паразитов и хищников; повышение плотности популяции сверх определенного уровня вызывает уменьшение размножения и усиление эмиграционных процессов.

## Примеры естественных биогеоценозов

**Пресноводный водоем.** На мелководье и по берегам поселяются укоренившиеся или крупные плавающие растения (тростник, камыш, рогоз, рдест, кувшинки). В толще воды обычны плавающие формы, в основном водоросли (их большая часть образует фитопланктон). У поверхности обитают личинки многих насекомых и их взрослые формы, ракообразные, мальки рыб, головастики, брюхоногие моллюски;

в толще воды и в придонных слоях в основном встречаются рыбы. На дне сосредоточена основная масса редуцентов (бактерии и простейшие). Примеры пищевой цепи: водоросль — головастик — жук-плавунец; фитопланктон — зоопланктон — малек — окунь.

**Широколиственный лес (на примере дубравы).** Доминирующим видом является дуб, содоминантами — липа, реже клен и ясень. Они образуют ярус *А*. Ярус *В* составляют черемуха, подрост деревьев, орешник, ива (обычно по опушкам). В кустарниково-травянистом ярусе преобладают бересклет, жимолость; сныть, пролесник, зеленчук, черемша. Примеры пищевой цепи: лист дуба — гусеница — синица — ястреб-перепелятник; растительный опад — гусеница — жужелица.

## Устойчивость биогеоценоза

Чем больше видов в сообществе, тем оно устойчивее и стабильнее, т. к. ресурсы среды используются разнообразнее и полнее. При уменьшении видового разнообразия устойчивость биоценоза уменьшается: нарушаются биотические связи, изменяется видовой состав. Уничтожение доминирующих видов сообщества приводит к его разрушению.

## Смена сообществ

В любом сообществе происходят изменения, которые в итоге могут привести к смене этого сообщества другим. Эти изменения вызываются различными причинами, которые можно разделить на две большие группы: внешние и внутренние. Внешние причины чаще всего имеют антропогенное происхождение, хотя могут быть и естественными. Если они приводят к смене сообщества, то такую смену называют *дигрессией*.

Внутренние причины всегда имеют естественное происхождение и связаны с процессами, происходящими в самом биогеоценозе. Такие смены сообществ называют *сукцессиями*.

Сукцессия — это процесс саморазвития экосистемы. В биосфере существуют стабильные (существуют длительное время, иногда — тысячелетиями) и нестабильные (могут быстро сменяться другими) сообщества. Основная причина неустойчивости экосистем — несбалансированность круговорота веществ. В природе происходит развитие экосистем от неустойчивых к устойчивым. Этот процесс происходит до тех пор, пока не сформируется сообщество, способное поддержать баланс веществ.

Примером сукцессии может служить зарастание водоема. Из-за нехватки кислорода в придонных слоях редуценты не могут обеспечить полный распад органики, поэтому образуется ил. Озеро мелеет и начинает зарастать с краев, образуется торф, и озеро постепенно превращается в болото. Болото сменяется мокрым лугом, а он — кустарниковыми зарослями и в дальнейшем лесом.

Также сукцессия может начинаться на участке суши, который обнажился в результате каких-то причин (так называемая первичная сукцессия). На первом этапе этот участок заселяется случайно попавшими на него организмами, большинство из которых погибает, а оставшиеся начинают его осваивать. Когда участок освоен, меж-

ду организмами обостряется конкуренция, и часть видов вытесняется и заменяется другими. На последнем этапе на этом участке устанавливается постоянный состав и заканчивается формирование сообщества. Первыми такой участок заселяют бактерии, накипные лишайники и некоторые зеленые водоросли. Затем там поселяются листоватые и кустистые лишайники, а чуть позже — примитивные мохообразные. Эти организмы участвуют в формировании почвы. После того как почва образовалась, территория осваивается травянистыми растениями, а через некоторое время после этого появляются кустарники и деревья.

Некоторые устойчивые сообщества после нарушения их структуры способны к самовосстановлению. Такое восстановление называют вторичными сукцессиями или восстановительными сменами. В качестве примера рассмотрим восстановление елового леса. После пожара (вырубки и т. п.) ельник не может восстановиться сразу, т. к. проростки ели не выдерживают конкуренции светолюбивых трав (иван-чай, вейник и т. д.). Травянистое сообщество сменяется зарослями кустарника (малина) и подростом светолюбивых деревьев, под пологом которых начинают развиваться проростки ели. Они впоследствии вытесняют лиственные деревья, вновь формируя ельник.

Любые сукцессии характеризуются некоторыми общими закономерностями развития от начальных стадий к последующим:

- ❒ происходит увеличение видового разнообразия и одновременно снижение численности отдельных видов;
- ❒ формируются устойчивые и разнообразные экологические связи;
- ❒ увеличивается количество экологических ниш;
- ❒ усложняются цепи питания;
- ❒ замедляются темпы происходящих преобразований;
- ❒ формируется замкнутый круговорот веществ.

## Искусственные экосистемы (агроценозы)

Искусственные биогеоценозы возникают в результате хозяйственной деятельности человека. К ним относятся луга, пастбища, поля, парки, сады и т. д. При их создании необходимо учитывать взаимоотношения между организмами в природных сообществах.

Агроценозы (агроэкосистемы) отличаются от природных сообществ следующими признаками:

- ❒ пониженным видовым разнообразием: например, на полях чаще всего выращивается один вид растений — монокультура;
- ❒ неустойчивостью и неспособностью к самовозобновлению;
- ❒ слабыми территориальными связями;
- ❒ незамкнутым круговоротом веществ;
- ❒ очень слабой саморегуляцией;

- дополнительными источниками питания и затратами энергии — агроценозы поддерживаются человеком с помощью техники.

В агроценозе, как и в биоценозе, формируются цепи питания и возникают различные взаимоотношения между организмами. В агроценозах обитают разнообразные организмы, хотя их значительно меньше, чем в природных сообществах. Большую часть этих организмов составляют вредители (с точки зрения человека), которые могут сильно уменьшать урожай. В борьбе с ним применяются различные методы, один из основных — химический, т. е. применение различных отравляющих веществ (общее название — *пестициды*). При этом очень часто возникает "эффект бумеранга", т. е. эффект, противоположный ожидаемому. Это связано с тем, что большинство пестицидов не избирательны и поражают все организмы, включая полезные (т. е. тех, кто уничтожает вредителей). Численность вредителей исходно выше, чем численность их врагов (т. к. они травоядные, а их враги — хищники), поэтому они быстрее восстанавливают свою популяцию и наносят больше вреда. Также необходимо отметить, что под действием пестицидов у вредителей образуются особи, устойчивые к нему (по принципу движущего естественного отбора), чьи потомки будут также устойчивы к этому препарату.

Второй отрицательный эффект от применения пестицидов — "кумулятивный эффект": в пищевой цепи происходит накопление применяемого препарата. Причем чем выше расположено животное в этой цепочке, тем выше концентрация препарата в его тканях, следовательно, тем сильнее воздействие на его организм.

Поэтому в настоящее время стараются создавать такие искусственнее экосистемы, на которых максимально полно учтены и реализованы природные закономерности.

## Биосфера

Термин "биосфера" был предложен в 1875 г. австрийским ученым Э. Зюссом: "биосфера — особая оболочка Земли, образованная живыми организмами". Это так называемая "биологическая концепция биосферы".

Учение о биосфере разработано В. И. Вернадским (начало XX в.), который впервые распространил понятие биосферы не только на живые организмы, но и на среду их обитания, с которой они находятся в непрерывном единстве (биогеохимическая концепция биосферы). Позднее Вернадским была предложена социально-экономическая концепция биосферы, отражающая превращение биосферы на определенном этапе ее эволюции в ноосферу.

В биосферу входят гидросфера, часть атмосферы и литосферы. В гидросфере живые организмы распространены повсеместно, вплоть до глубины 10—11 км. В литосфере основная масса сосредоточена в почвенном слое, однако встречаются бактерии, обитающие на глубине 3 км. Результаты деятельности живых организмов в литосфере прослеживаются еще глубже (залегание осадочных горных пород). В атмосфере граница жизни определяется озоновым экраном (его высота — 16—20 км), поглощающим УФ-лучи, однако большинство живых существ обитает в нижних слоях.

*Биосфера* — это оболочка Земли, населенная живыми организмами и активно преобразуемая деятельностью живых организмов. Биосфера включает в себя:

- *живое вещество* — совокупность всех живых организмов Земли (В. И. Вернадский). Живое вещество обладает следующими свойствами: рост, размножение, распространение и обмен веществ и энергии с внешней средой. Благодаря биотическому круговороту живому веществу присущи следующие геохимические функции:
  - газовая — биогенная миграция газов в результате фотосинтеза и азотфиксации (осуществляется растениями, сине-зелеными водорослями и бактериями);
  - окислительно-восстановительная — превращение веществ, содержащих атомы с переменной валентностью (например, марганец, железо, сера). В основном эта функция характерна для микроорганизмов. В результате этой деятельности образуются залежи различных руд (например, сульфидов металлов);
  - концентрационная — аккумуляция в своих телах живыми организмами химических элементов, рассеянных в окружающей среде (водоросли накапливают йод, хвощи — кремний, некоторые другие растения — селен; моллюски, многие простейшие — кальций);
  - энергетическая — ассимиляция энергии, прежде всего солнечной (растения), и ее передача по пищевым цепям;
- *биогенное вещество* создается и перерабатывается в процессе жизнедеятельности организмов (нефть, торф, каменный уголь, известняк);
- *косное* (неживое) — образуется без участия живых организмов;
- *биокосное вещество* представляет собой результат совместной деятельности организмов и абиогенных процессов (почва, ил).

**Живое вещество биосферы.** Биомасса всех живых существ биосферы очень незначительна (она составляет около 0,01% массы земной коры), но роль живых организмов в процессах, протекающих в биосфере, огромна. Это определяется тем, что живые организмы поглощают вещества и энергию, необходимые им для жизни, из окружающей среды, и преобразуют их. Эти процессы способствуют преобразованию окружающей среды. Живые организмы могут занимать в биосфере 4 среды обитания: водную, наземно-воздушную, почвенную и других организмов.

Водная среда образована всеми водоемами Земли. В океане на долю растений приходится 6—7% биомассы, остальные 93—94% — это животные и микроорганизмы. Основная часть биомассы растений приходится на водоросли. Наземно-воздушная среда образована поверхностью почвы и нижним слоем атмосферы. Суммарная биомасса живых существ суши на 99% образована зелеными растениями и только 1% составляют животные и микроорганизмы. Почвенная среда образована почвой, это самая насыщенная живыми организмами среда.

## Круговорот веществ в биосфере

*Круговорот веществ* — это многократно повторяющийся процесс превращения и перемещения веществ в природе, имеющий более или менее цикличный характер. Он осуществляется с помощью живых организмов, причем каждый вид представляет собой определенное звено в круговороте. Живые организмы используют для жизнедеятельности определенные вещества, а другие вещества отдают в окружающую среду.

Биологический круговорот веществ (биогенная миграция атомов) состоит из двух процессов: аккумуляции веществ в живых организмах и минерализации в результате разложения мертвых организмов.

Аккумуляция обеспечивается продуцентами. Они используют энергию Солнца или химическую энергию, а также неорганические вещества для создания органических веществ (в процессе фотосинтеза или хемосинтеза). Консументы потребляют органическое вещество, образованное продуцентами, и используют его на построение собственного организма; при этом 90% энергии теряется. После гибели продуцентов и консументов их тела разлагаются с помощью деятельности редуцентов. При этом образуются неорганические вещества, снова используемые продуцентами.

Образование живого вещества преобладает на поверхности суши и в верхних слоях морей. Минерализация живого вещества преобладает в почве и глубинах морей.

*Круговорот воды.* В основном осуществляется за счет энергии Солнца (рис. 4.35). Солнечные лучи нагревают водоемы, и вода испаряется. Поднимаясь вверх, пары воды охлаждаются и конденсируются, а потом выпадают на землю в виде осадков. Также часть воды испаряется растениями и животными.

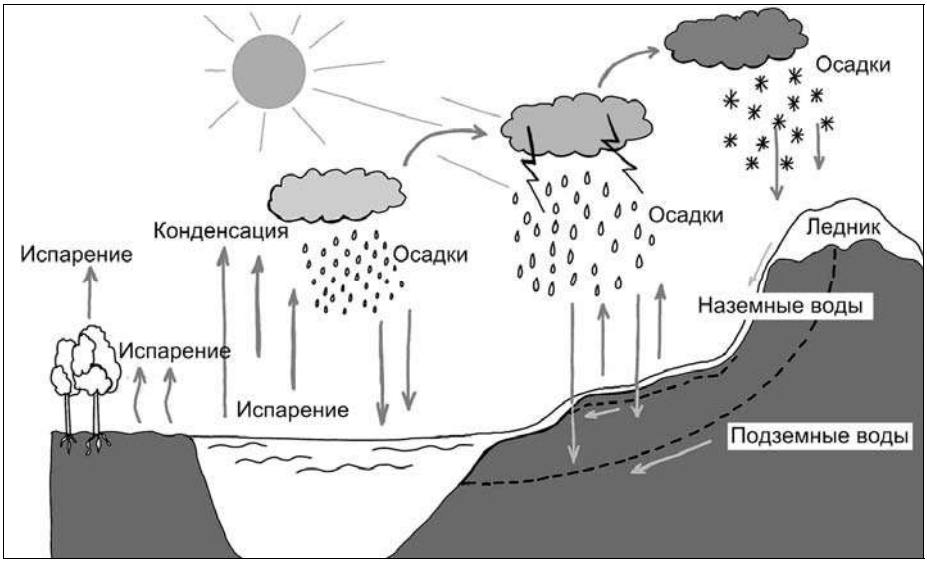



**Рис. 4.35.** Круговорот воды

*Круговорот азота* (рис. 4.36). Атмосферный азот усваивается азотфиксирующими бактериями, обитающими в почве (род *Azotobacter*) и на корнях бобовых растений (род *Rhizobium*). Они переводят его в нитраты, которые используются растениями. Растения не могут самостоятельно окислять молекулярный азот, поэтому получают его только из почвы или от симбиотических бактерий. Животные получают азот только из пищи, поедая растения или других животных. После гибели растений и животных их останки разлагаются благодаря нитрифицирующим бактериям, которые возвращают азотные соединения в почву. Часть органических останков разлагается денитрифицирующими бактериями с образованием свободного азота, вновь поступающего в атмосферу.

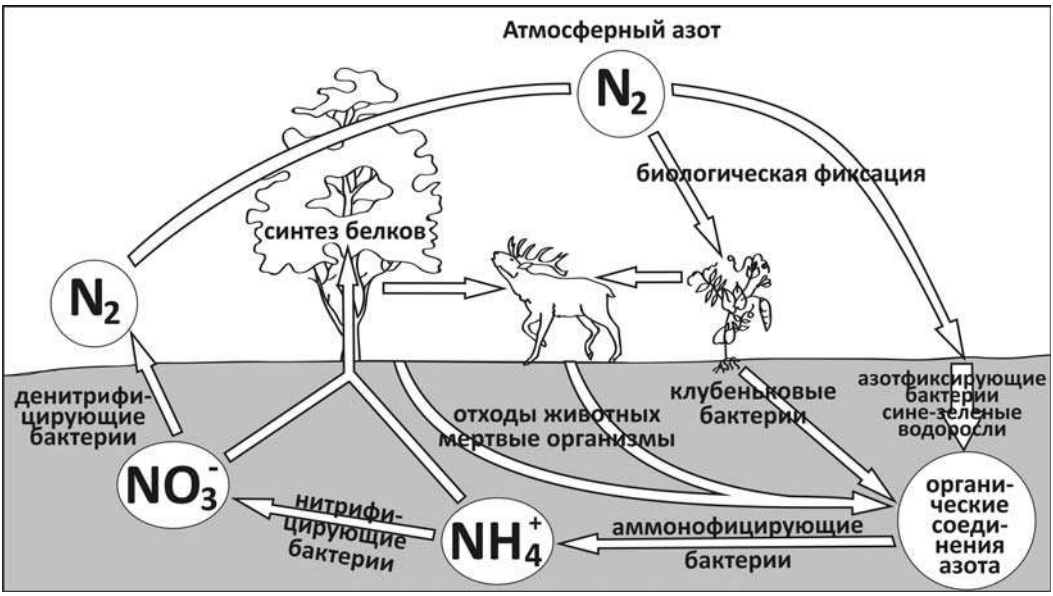



**Рис. 4.36.** Круговорот азота

*Круговорот углерода.* В атмосфере содержится около 0,03% углекислого газа (рис. 4.37). Он поглощается автотрофами в процессе фотосинтеза, а выделяется всеми организмами во время дыхания. Также человек, сжигая природное топливо, выделяет углекислый газ в атмосферу. Часть углекислого газа растворяется в воде и используется организмами (моллюски, простейшие) для построения скелета. После гибели этих организмов образуются осадочные горные породы, например известняк, которые при разрушении выделяют углекислый газ в атмосферу. Также часть углекислого газа консервируется растениями в виде угля и торфа.

*Круговорот кислорода.* В атмосфере содержится кислорода 21% и небольшое количество озона, который образует озоновый экран Земли (рис. 4.38). Кислород расходуется во время дыхания и горения и на окисление минеральных веществ (например, во время хемосинтеза), а при фотосинтезе растений и цианобактерий — образуется. Также небольшое количество кислорода выделяется при распаде некоторых горных пород.

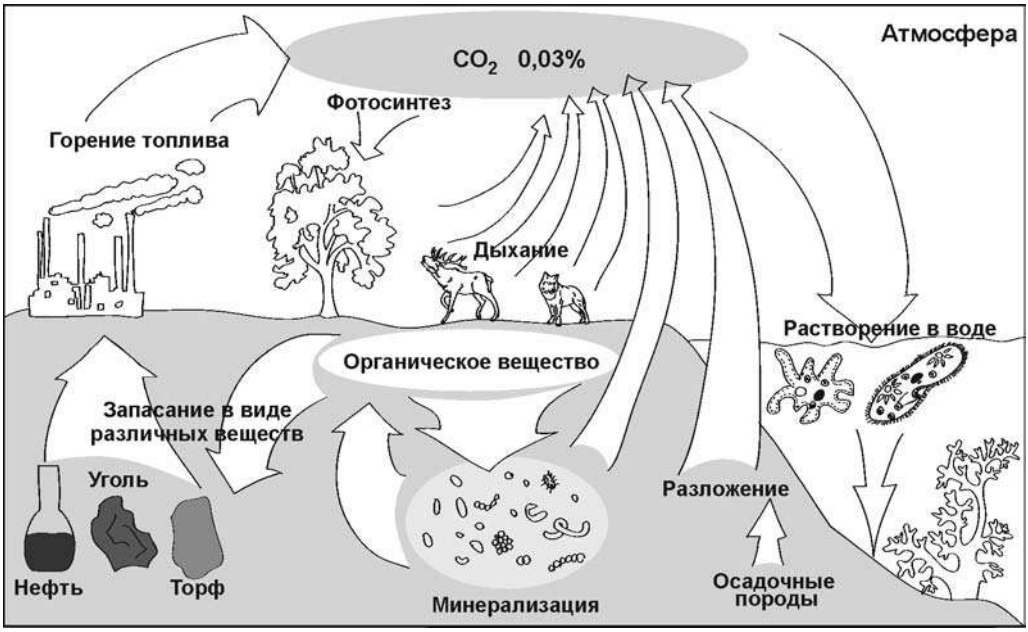



**Рис. 4.37.** Круговорот углерода

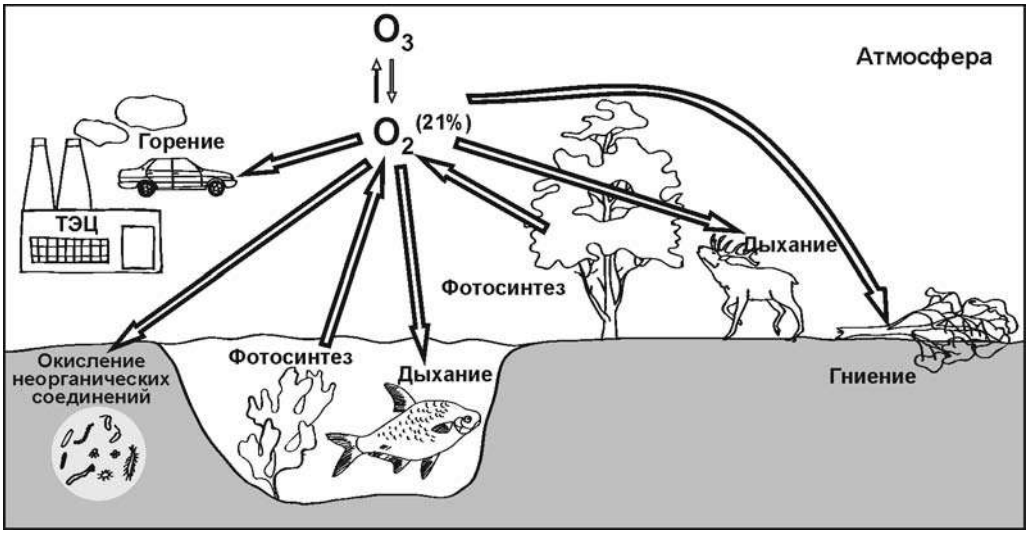



**Рис. 4.38.** Круговорот кислорода

## Превращение энергии в биосфере

Биосфера является открытой системой: ей требуется постоянное поступление энергии извне, т. к. значительная часть энергии теряется живыми организмами при переходе с одного трофического уровня на другой. Основной источник энергии в биосфере — это энергия Солнца. Она аккумулируется зелеными растениями и

сине-зелеными водорослями в процессе фотосинтеза. В результате этих процессов образуется органическое вещество, используемое другими живыми организмами (консументами) на осуществление собственной жизнедеятельности (для дыхания и брожения). Часть солнечной энергии консервируется в виде продуктов жизнедеятельности живых организмов — в виде каменного угля, нефти, торфа и т. д.

## Эволюция биосферы

Эволюция биосферы осуществляется под влиянием двух основных факторов: естественные процессы (геологические, климатические и т. п.) и антропогенное влияние. Эволюция биосферы прошла несколько этапов. Первый этап — возникновение первичной биосферы и круговорота веществ и зарождение жизни в первичном океане свыше 3 млрд лет назад. Второй этап — появление и эволюция многоклеточных организмов. Оба этих этапа осуществлялись согласно биологическим законам и обычно объединяются в *период биогенеза*.

Следующий этап связан с возникновением и развитием человеческой цивилизации. Деятельность людей на ранних этапах существования цивилизации была незначительной. С развитием науки и техники это воздействие все увеличивалось, и в настоящее время эволюция биосферы протекает под воздействием человека. Такая деятельность людей способствует превращению биосферы в ноосферу. Этот период носит название *ноогенеза*.

Представление о переходе биосферы в ноосферу развил В. И. Вернадский (сам термин предложен Т. де Шарденом и Э. Леруа в начале XX в.). По Вернадскому, ноосфера — это новая, высшая стадия биосферы, связанная с возникновением и развитием в ней человечества. Это сфера взаимодействия природы и общества, в пределах которой разумная человеческая деятельность становится главным, определяющим фактором развития.

## Основные пути отрицательного воздействия человека на природу

- Расходование природных богатств планеты. Все ресурсы среды делятся на неисчерпаемые (энергия Солнца, ветра, приливов и отливов и т. п.) и исчерпаемые. Исчерпаемые ресурсы бывают возобновляемыми (почва, растительность, животные, некоторые минеральные соли) и невозобновляемыми (полезные ископаемые).
- Загрязнение среды.
- Истребление видов.
- Разрушение биогеоценозов.
- Изменение климата.

## Основные загрязнители окружающей среды

Основные загрязнители *атмосферы*: твердые частицы (пыль, сажа, зола), газы (оксиды азота, сернистый газ, оксиды углерода, фреоны). Из-за этих выбросов

в атмосфере может образоваться смог: белый (при высокой концентрации газов и твердых частиц во влажной и тихой атмосфере) или фотохимический (когда выбрасываемые вещества реагируют друг с другом, образуя токсичные соединения).

Одним из последствий выбросов разных газов в атмосферу являются кислотные дожди: молекулы оксидов азота и серы соединяются с водой, образуя кислоты. Кислотные дожди действуют на различные организмы: они снижают сопротивляемость растений негативным факторам среды, приводят к размягчению внешнего скелета многих беспозвоночных, затрудняют газообмен у рыб (на жабрах накапливается слизь), что приводит к их гибели.

Увеличение концентрации углекислого газа, метана и некоторых других газов в атмосфере приводит к "парниковому эффекту": молекулы этих газов задерживают тепловые лучи, идущие от земной поверхности, и вследствие этого происходит повышение температуры. Фреоны разрушают молекулы озона, из-за чего могут возникать "озоновые дыры".

Основные загрязнители: промышленность и автомобильный транспорт. В настоящее время большое значение приобретает радиоактивное загрязнение.

Основные загрязнители *гидросферы*: промышленные и бытовые стоки, поверхностно активные вещества (в том числе синтетические моющие средства), нефть и нефтепродукты. Это приводит к массовой гибели водных организмов (особенно при авариях нефтяных танкеров), эвтрофикации водоемов (смыв в водоемы минеральных удобрений с полей способствует быстрому размножению сине-зеленых водорослей, продукты жизнедеятельности которых отравляют воду).

Основные загрязнители: целлюлозно-бумажная, химическая, металлургическая, текстильная и нефтеперерабатывающая промышленность; сельское хозяйство.

Основные загрязнители *недр и почвы*: бытовые отходы, отвалы пустой горной породы, промышленность и транспорт. Из-за этих загрязнений происходит изменение ландшафта и рельефа ("лунные долины"), усиливается эрозия почв, уменьшается плодородие почвы.

Основные загрязнители: промышленность, бытовые отходы, сельское хозяйство.

## Воздействие человека на растительность и животный мир

*Растительность.* Основная проблема — вырубка лесов, а также их уничтожение из-за катастроф, причиной которых является человек (прежде всего, пожары). Уничтожение лесов ведет к обмелению рек и озер, понижается уровень грунтовых вод, более засушливым становится климат, происходит опустынивание территорий, усиливается эрозия почв.

*Животный мир.* Основные антропогенные факторы, действующие на животных: прямое истребление (шкура, мясо, полезные вещества), разрушение среды обитания, пожары. Вследствие этого происходит снижение численности различных видов (вплоть до полного исчезновения), что приводит к снижению биоразнообразия и уменьшению устойчивости сообществ.

## Охрана окружающей среды

- ❒ Наличие соответствующих законов, а также их неуклонное выполнение.
- ❒ Защита от загрязнения (очистные сооружения и т. п.).
- ❒ Разработка и внедрение ресурсосберегающих и экологически чистых технологий.
- ❒ Организация охраняемых территорий (памятников природы, заповедников, заказников, национальных парков).
- ❒ Рекультивация земель.
- ❒ Поддержание видового разнообразия; искусственное разведение редких видов в неволе и реинтродукция в природу.
- ❒ Экологическая работа с населением.

# Тест по теме "Экология"

### Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Экологический фактор, регулирующий переход растений к цветению и плодоношению, это:

1) длина светового дня;

2) количество органических веществ в почве;

3) степень антропогенной нагрузки;

4) количество осадков.

**А2.** К планктону относятся:

1) камбалы и скаты;

2) сельди и ставриды;

3) кораллы и губки;

4) циклопы и дафнии.

**А3.** Какой фактор является ограничивающим для растений, обитающих на большой глубине?

1) температура;

2) свет;

3) количество углекислого газа;

4) соленость воды.

**А4.** Продуценты выполняют функцию:

1) потребления органических веществ;

2) переработки органических веществ;

3) создания органических веществ из неорганических;

4) создания органических веществ из органических.

**А5.** Выберите антропогенный фактор:

1) распашка целины;

2) поедание тлей божьими коровками;

3) весенний разлив реки;

4) взрыв численности саранчи в степях.

**А6.** Примером симбиоза являются взаимоотношения между:

1) азотфиксирующими бактериями и бобовыми растениями;

2) белой планарией и личинками водных насекомых;

3) акулой и рыбой-лоцманом;

4) гиенами и львами.

**А7.** В экосистеме широколиственного леса консументами второго порядка являются:

1) жук-листорез; 3) дождевой червь;

2) черный дрозд; 4) лось обыкновенный.

**А8.** Какой фактор можно отнести к абиотическим?

1) поедание малины медведем;

2) снегопад зимой;

3) уничтожение сорняков на полях;

4) охота на пушного зверя.

**А9.** Какая пастбищная цепь составлена правильно?

1) мертвое дерево → жук-короед → дятел → ястреб-тетеревятник;

2) тля → синица → сокол;

3) желудь → кабан → волк → иксодовый клещ;

4) дождевой червь → скворец → орел.

**А10.** Возрастная структура популяции — это:

1) количество особей, входящих в нее;

2) соотношение особей разного возраста;

3) плотность населения на единицу площади;

4) соотношение самцов и самок.

**А11.** Какой пример характеризует конкурентные отношения?

1) лисица и заяц-беляк; 3) широкий лентец и выдра;

2) тигр и лев; 4) рысь и волк.

**А12.** Кто предложил термин "биогеоценоз"?

1) А. Тенсли; 2) В. Сукачев; 3) В. Вернадский; 4) П. Либих.

**А13.** Наиболее продуктивным сообществом считается:

1) дубрава; 3) еловый лес;

2) полупустыня; 4) городской лесопарк.

**А14.** Выберите признак, характерный для агроценозов:

1) длинные пищевые цепи;

2) невозможность к самовозобновлению;

3) замкнутый круговорот веществ;

4) высокое видовое разнообразие.

**А15.** Какой фактор **не регулирует** численность травоядных организмов в сообществе?

1) длинная холодная и малоснежная зима;

2) недостаток пищевых ресурсов;

3) отсутствие хищников;

4) избыток насекомоядных птиц.

**А16.** К редуцентам в сообществе относятся:

1) травоядные животные; 3) клещи-паразиты;

2) грибы и бактерии; 4) водоросли и цианобактерии.

**А17.** Основная причина сукцессии — это:

1) смена одного сообщества другим;

2) несбалансированность круговорота веществ;

3) сезонные климатические изменения;

4) жизнедеятельность живых организмов.

**А18.** Какой процесс определяет численность популяции?

1) половая структура; 3) плотность населения;

2) иммиграция и эмиграция; 4) видовой состав.

**А19.** Основной источник энергии для большинства сообществ — это:

1) органические вещества живых организмов;

2) минеральные вещества почвы;

3) тепловая энергия Земли;

4) солнечный свет.

**А20.** В чем заключается саморегуляция в экосистеме?

1) ни один вид полностью не уничтожается;

2) количество особей популяции уменьшается;

3) в почве накапливаются растительные остатки;

4) между организмами возникает конкуренция.

**А21.** Космическую роль в сообществе выполняют:

1) зеленые растения; 3) хищники;

2) травоядные животные; 4) грибы и бактерии.

**А22.** Круговорот веществ в биосфере обеспечивают:

1) живые организмы; 3) деятельность человека;

2) абиогенные процессы; 4) осадочные горные породы.

**А23.** Атмосферный азот переходит в нитраты благодаря действию:

1) нитрифицирующих бактерий;

2) клубеньковых бактерий;

3) бактерий гниения;

4) водородных бактерий.

**А24.** Учение о биосфере создано:

1) В. Вернадским; 2) В. Сукачевым; 3) Э. Зюссом; 4) Т. де Шарденом.

**А25.** Накопление в раковинах моллюсков кальция — пример функции живого вещества:

1) энергетической;

2) окислительно-восстановительной;

3) газовой;

4) концентрационной.

**А26.** Круговорот какого вещества в основном обеспечивается солнечной энергией?

1) воды; 2) кислорода; 3) серы; 4) азота.

**А27.** К биокосным веществам, согласно В. Вернадскому, относятся:

1) нефть и торф;

2) полиметаллические руды;

3) почва и ил;

4) водоемы Земли.

**А28.** Синонимом термина "круговорот веществ" является:

1) превращение веществ;

2) биогенная миграция атомов;

3) преобразование веществ;

4) саморазвитие сообщества.

**А29.** Высшая стадия развития биосферы — это:

1) литосфера; 2) ноосфера; 3) тропосфера; 4) ноогенез.

**А30.** Какие организмы возвращают в почву соединения серы и фосфора?

1) дождевые черви; 3) корни растений;

2) почвенные бактерии; 4) шляпочные грибы.

**А31.** Биосфера сильнее всего преобразуется в результате:

1) природных явлений;

2) жизнедеятельности живых существ;

3) воздействия солнечного света;

4) гравитационных сил.

**А32.** Биогенное вещество — это:

1) совокупность всех живых организмов биосферы;

2) совокупность всего живого и неживого в биосфере;

3) вещество, созданное живыми организмами;

4) вещество, созданное живым и неживым.

**А33.** Для защиты природных сообществ от загрязнения:

1) создают заповедники и заказники;

2) уменьшают добычу полезных ископаемых;

3) внедряют малоотходные технологии;

4) запрещают доступ людей в природные сообщества.

**А34.** Как называется охраняемая территория, на которой запрещены **все** виды хозяйственной деятельности?

1) заказник;

2) заповедник;

3) национальный парк;

4) природный парк.

**А35.** Чем вызван парниковый эффект?

1) увеличением температуры в нижних слоях атмосферы;

2) повышением концентрации углекислого газа;

3) уменьшением количества кислорода;

4) действием фреонов.

**А36.** Причиной кислотных дождей служат попадающие в атмосферу:

1) оксиды азота и серы;

2) оксиды тяжелых металлов;

3) гидроксиды щелочных металлов;

4) кислоты.

## Часть В

**В заданиях В1—В3 выберите три правильных ответа из шести.**

**В1.** В биогеоценозе симбиотические отношения возникают между:

1) муравьями и тлями;

2) осинами и грибами-подосиновиками;

3) липами и дубами;

4) клевером и шмелями;

5) гидрой и циклопами;

6) стрекозами и комарами.

**В2.** Как консументом первого, так и консументом второго порядка могут быть:

1) кабан обыкновенный;
2) ястреб-перепелятник;
3) благородный олень;
4) большая синица;
5) полевой воробей;
6) сокол сапсан.

**В3.** Саморегуляция в сообществе проявляется в:

1) полном уничтожении лисами популяции зайцев;

2) уменьшении количества птенцов у хищных птиц при нехватке корма;

3) гибели растений от пожара;

4) зависимости численности мышей от урожая злаков;

5) усилении территориальной агрессии волков при недостатке пищи;

6) изменении плотности населения грызунов весной и летом.

**При выполнении заданий В4—В7 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В4.** Установите соответствие между парой организмов и типом их взаимоотношений в сообществе.

| ОРГАНИЗМЫ | ТИП ВЗАИМООТНОШЕНИЙ |
|---|---|
| А) эхинококк и волк | 1) комменсализм |
| Б) собачий клещ и грызуны | 2) конкуренция |
| В) рыба-прилипала и морская черепаха | 3) паразитизм |
| Г) речная минога и лещ | |
| Д) орел-могильник и беркут | |
| Е) черный дрозд и певчий дрозд | |

**В5.** Установите соответствие между признаками и типом экосистемы, для которой они характерны.

| ПРИЗНАК | ТИП ЭКОСИСТЕМЫ |
|---|---|
| А) небольшой видовой состав | 1) агроценоз |
| Б) короткие пищевые цепочки | 2) природная экосистема |
| В) саморегуляция и устойчивость во времени | |
| Г) незамкнутый круговорот веществ | |
| Д) замкнутый круговорот веществ | |

**B6.** Установите соответствие между примерами и экологическими факторами.

| ПРИМЕРЫ | ФАКТОРЫ |
|---|---|
| А) распашка заливного луга | 1) абиотические |
| Б) накопление свинца в растениях вдоль автострад | 2) антропогенные |
| В) выпадение месячной нормы осадков за несколько дней | |
| Г) смыв удобрений в реки из-за ливневых дождей | |
| Д) резкое похолодание в начале лета | |

**B7.** Установите соответствие между процессом и функцией живого вещества.

| ПРОЦЕСС | ФУНКЦИЯ |
|---|---|
| А) накопление кремния в стебле хвощей | 1) газовая |
| Б) преобразование $Mn^0$ в $Mn^{+4}$ | 2) концентрационная |
| В) выделение кислорода при фотосинтезе | 3) окислительно-восстановительная |
| Г) превращение ионов Fe(II) в Fe(III) | |
| Д) фиксация атмосферного азота бактериями | |
| Е) повышение концентрации йода в клетках морских водорослей | |

**B8.** Установите последовательность процессов, происходящих при вторичной сукцессии:

1) формируется ельник;

2) участок зарастает травами;

3) возникает смешанный лес;

4) вырубка ельника;

5) появляются кустарники;

6) развивается лиственный лес;

7) появляется подрост из елей.

## Часть C

**C1.** Какие приспособления для выживания есть у растений, обитающих в засушливых регионах? Назовите не менее трех приспособлений.

**C2.** Что произойдет с сообществом, если в нем будут практически полностью уничтожены все хищники? Приведите не менее трех изменений.

**C3.** Для чего в сообществе необходимы редкие виды, если их численность очень низка и на сообщество они практически не оказывают никакого воздействия?

**С4.** На полях человек вынужден постоянно бороться с вредителями (насекомыми, грызунами и т. д.), хотя в естественных экосистемах эти виды обладают гораздо меньшей численностью. Как вы можете объяснить этот факт?

**С5.** К каким экологическим последствиям может привести попадание в водоем большого количества сырой нефти? Назовите не менее трех таких последствий.

**С6.** Объясните, какие функциональные группы организмов обеспечивают круговорот кислорода и углекислого газа в биосфере. Назовите роль каждой группы.

# ИТОГОВЫЙ ТЕСТ ПО ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ

## Часть А (только один правильный ответ)

**А1.** Ион какого металла участвует в процессе свертывания крови?

1) калия; 2) кальция; 3) цинка; 4) магния.

**А2.** Связи, возникающие между остатками аминокислот в белковой молекуле, называются:

1) пептидными; 3) ковалентными неполярными;

2) водородными; 4) ионными.

**А3.** В состав белка входят остатки 200 аминокислот. Сколько нуклеотидов содержится в гене, который кодирует данный белок?

1) 200; 2) 400; 3) 600; 4) 800.

**А4.** Мембрана хлоропласта состоит из:

1) крахмала и глюкозы; 3) р-РНК и белков;

2) белков и липидов; 4) витаминов и аминокислот.

**А5.** Денатурация белка считается необратимой, если разрушается:

1) первичная структура; 3) третичная структура;

2) вторичная структура; 4) четвертичная структура.

**А6.** Какую функцию в клетке выполняют лизосомы?

1) участвуют в транспорте веществ;

2) разрушают органические вещества;

3) синтезируют липиды;

4) регулируют обменные процессы.

**А7.** Нуклеоплазма:

1) содержится в ядре;

2) является частью эктоплазмы;

3) расположена непосредственно около ядра;

4) входит в состав цитоплазмы.

**А8.** Какой процесс происходит в темновую стадию фотосинтеза?

1) фотолиз воды; 3) образование глюкозы;

2) усвоение энергии света; 4) синтез белков и АТФ.

**А9.** Одной и той же аминокислоте соответствует антикодон т-РНК АГЦ и триплет ДНК:

1) АГЦ; 2) УЦГ; 3) ТГЦ; 4) УГЦ.

**А10.** Генетический набор n2c характерен для клеток:

1) профазы митоза; 3) профазы II мейоза;

2) телофазы митоза; 4) телофазы II мейоза.

**А11.** Сколько молекул ДНК входит в состав каждой хромосомы по окончанию митоза?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

**А12.** При полном сцеплении генов у организма с генотипом АаВв образуются гаметы:

1) АВ, ав; 2) АВ, ав, Ав, аВ; 3) АаВв; 4) А, а, В, в.

**А13.** При скрещивании двух собак с черной шерстью (Аа) в потомстве получится:

1) все щенки — черные;

2) 75% черных и 25% белых;

3) все щенки — серые;

4) по 50% белых и черных.

**А14.** Сколько типов гамет образуется у организма с генотипом $AaBвX^{H}Y$?

1) 4; 2) 6; 3) 8; 4) 10.

**А15.** Какова вероятность рождения больного ребенка, если генотипы родителей — AABb и aaBb, а болезнь определяется рецессивным геном b?

1) 0%; 2) 6,12%; 3) 12,5%; 4) 25%.

**А16.** В каком случае у потомства будут точно такие же гены, как и у родителей?

1) при половом размножении;

2) при вегетативном размножении;

3) при образовании семян;

4) при партеногенезе.

**А17.** Изменение структуры гена относят к мутациям:

1) генным; 2) анеуплоидным; 3) гаплоидным; 4) геномным.

**А18.** Одуванчик, выросший на поле, и одуванчик, выросший на лугу, отличаются размерами, что объясняется:

1) мутационной изменчивостью;

2) модификационной изменчивостью;

3) нормой реакции;

4) наличием вариационного ряда.

**А19.** Мул был получен в результате:

1) отдаленной гибридизации;

2) близкородственного скрещивания;

3) индивидуального отбора;

4) массового отбора.

**А20.** Диким предком крупного рогатого скота является:

1) зубр; 2) бизон; 3) тур; 4) овцебык.

**А21.** Экологический критерий вида характеризуется:

1) распространением вида на Земле;

2) особенностями питания и местообитания;

3) количеством детенышей в потомстве;

4) особенностями внешнего строения.

**А22.** Какое положение характеризует теорию Ж.-Б. Ламарка?

1) многообразие видов — результат действия факторов эволюции;

2) виды существуют только в определенных условиях;

3) все изменения передаются потомству;

4) наследственная изменчивость играет главнейшую роль в эволюции.

**А23.** К морфологическим доказательствам эволюции относят:

1) особенности строения особей популяции;

2) наличие гомологичных органов у разных видов;

3) распространение популяций в пределах ареала вида;

4) определенные признаки внутреннего строения.

**А24.** Увеличение численности популяции будет сопровождаться:

1) усилением межвидовой борьбы;

2) усилением внутривидовой борьбы;

3) уменьшением конкуренции за ресурсы;

4) усилением размножения.

**А25.** Появление приспособлений у растений и животных — результат действия:

1) естественного отбора; 3) дрейфа генов;

2) борьбы за существование; 4) изоляции.

**А26.** Примером общей дегенерации является:

1) упрощение нервной системы у ракообразных, ведущих прикрепленный образ жизни;

2) отсутствие кровеносной системы у плоских червей;

3) малоподвижный образ жизни двустворчатых моллюсков;

4) отсутствие головного мозга у кишечнополостных.

**А27.** Различные виды галапагосских вьюрков — результат:

1) дивергенции; 3) параллельной эволюции;

2) конвергенции; 4) экологической изоляции.

**А28.** Какой из перечисленных ароморфозов растений появился первым?

1) формирование тканей и органов;

2) появление корня;

3) возникновение фотосинтеза;

4) образование семян.

**А29.** В какую геологическую эру появились первые млекопитающие?

1) палеозойская; 3) протерозойская;

2) мезозойская; 4) кайнозойская.

**А30.** К древнейшим людям относятся:

1) неандертальцы; 3) австралопитеки;

2) питекантропы; 4) кроманьонцы.

**А31.** Перелеты птиц в теплые края регулируются:

1) нехваткой корма;

2) сокращением светлого времени суток;

3) уменьшением среднесуточной температуры;

4) сменой времен года.

**А32.** К какой группе водных организмов можно отнести ската и камбалу?

1) планктон; 3) бентос;

2) нектон; 4) животные толщи воды.

**А33.** Детритная пищевая цепь начинается:

1) с мертвой органики; 3) с травоядных животных;

2) с зеленых растений; 4) с редуцентов.

**А34.** К консументам первого порядка можно отнести:

1) божью коровку; 3) таежного клеща;

2) жука-дровосека; 4) жужелицу.

**А35.** Как называются взаимоотношения, возникающие между сойкой и дубами в лиственном лесу?

1) взаимовыгодные; 2) аменсализм; 3) нейтрализм; 4) паразитизм.

**А36.** Какой газ вызывает парниковый эффект?

1) кислород; 2) азот; 3) метан; 4) фреоны.

## Часть В

**В заданиях В1—В3 выберите три правильных ответа из шести.**

**В1.** Выберите признаки, характерные для митохондрий:

1) состоят из двух мембран;

2) внутренняя мембрана не имеет выростов;

3) содержат кольцевую ДНК;

4) в них происходит окислительное фосфорилирование;

5) под действием ферментов митохондрий полимеры распадаются на мономеры;

6) обеспечивают транспорт веществ.

**В2.** Какие функции в клетке выполняют углеводы?

1) энергетическую; 4) запасающую;

2) транспортную; 5) структурную;

3) каталитическую; 6) гормональную.

**В3.** Из перечисленных примеров выберите идиоадаптации:

1) листья водного растения стрелолиста имеют разную форму и размеры;

2) появление перьев и крыльев у птиц;

3) млекопитающие выкармливают детенышей молоком;

4) многие ядовитые насекомые имеют предупреждающую окраску;

5) у паразитических червей нет пищеварительной системы;

6) у кенгуру задние конечности развиты сильнее, чем передние.

**При выполнении заданий В4—В7 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.**

**В4.** Установите соответствие между признаком и видом отбора, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК | ФОРМА ОТБОРА |
|---|---|
| А) норма реакции суживается | 1) движущий отбор |
| Б) усиливается сходство особей в популяции | 2) стабилизирующий отбор |
| В) выживают особи с новыми значениями признака | |
| Г) действует в постоянных условиях | |
| Д) формирует и закрепляет новую норму реакции | |

**B5.** Установите соответствие между признаком и органоидом клетки, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК | ОРГАНОИД |
|---|---|
| А) содержат кристы | 1) хлоропласты |
| Б) в их мембране находится фотосистема I | 2) митохондрии |
| В) встречаются как у растений, так и у животных | |
| Г) синтезируют АТФ за счет энергии света | |
| Д) обеспечивают автотрофное питание | |

**B6.** Установите соответствие между признаком энергетического обмена и его этапом.

| ПРИЗНАК | ЭТАП ОБМЕНА |
|---|---|
| А) происходит в митохондриях | 1) гликолиз |
| Б) происходит в цитоплазме | 2) кислородный этап |
| В) образуется углекислый газ и вода | |
| Г) образуется пировиноградная кислота | |
| Д) синтезируется 2 АТФ | |
| Е) синтезируется 36 АТФ | |

**B7.** Установите соответствие между признаком и группой организмов, для которой он характерен.

| ПРИЗНАК | ГРУППА ОРГАНИЗМОВ |
|---|---|
| А) генетически закрытая система | 1) вид |
| Б) особи из одной группы могут перемещаться в другие группы | 2) популяция |
| В) минимальная группа, способная эволюционировать | |
| Г) разные группы способны скрещиваться и давать жизнеспособное потомство | |
| Д) обладает репродуктивной изоляцией от других аналогичных групп | |

**B8.** Установите последовательность процессов, происходящих с хромосомами во время клеточного цикла, начиная с интерфазы:

1) к хромосомам крепятся нити веретена деления, и они выстраиваются по экватору клетки;

2) хромосомы деспирализуются и превращаются в клубок тонких нитей;

3) хромосомы спирализуются и конденсируются;

4) происходит удвоение хромосом;

5) хроматиды расходятся к противоположным полюсам клетки.

## Часть C

**C1.** Общая масса всех молекул ДНК в одной соматической клетке составляет $4{,}5\times10^{-9}$ мг. Чему равна масса ДНК перед митозом и после митоза, а также в зрелой яйцеклетке?

**C2.** Найдите ошибки в тексте. Укажите номера предложений, в которых они сделаны, и исправьте их.

1. Естественный отбор — это выживание и размножение наиболее приспособленных особей. 2. Ч. Дарвином выделены 3 формы естественного отбора — движущая, стабилизирующая и дизруптивная. 3. Движущая форма действует в изменившихся условиях среды и способствует сохранению особей со средним значением признака. 4. Стабилизирующая форма действует в относительно постоянных условиях среды. 5. Примером стабилизирующей формы отбора может служить изменение окраски бабочек, обитающих недалеко от промышленных предприятий. 6. Естественный отбор приводит к формированию приспособлений у особей.

**C3.** В XIX и начале XX в. человек часто производил переселение различных животных и растений в другие регионы, подходящие климатически. Но во второй половине XX в. такие переселения практически прекратились. Почему? Ответ объясните.

**C4.** Какие ароморфозы возникли у папоротникообразных? Назовите не менее трех ароморфозов.

**C5.** Какой хромосомный набор содержат клетки зоны деления корня и эндосперма ландыша майского? Из каких исходных клеток и в результате какого деления образуются эти клетки?

**C6.** У фасоли при скрещивании растения, имеющего цепляющийся стебель с белыми цветками с растением, имеющим прямостоячий стебель и красные цветки, гибриды оказались с прямостоячим стеблем и красными цветками. При анализирующем скрещивании гибридов $F_1$ были получены следующие результаты: 106 растений с цепляющимся стеблем и красными цветками, 453 прямостоячих с красными цветками, 444 цепляющихся с белыми цветками, 117 прямостоячих с белыми цветками.

Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, потомства $F_1$ и $F_2$. Какой закон наследственности проявляется в данных скрещиваниях? Ответ объясните.

# Итоговые тесты в формате ЕГЭ

Варианты тестов приведены в соответствие со спецификатором ЕГЭ 2017.

## ВАРИАНТ 1

### Часть 1

**Ответом к заданиям 1—21 является последовательность цифр, число или слово (словосочетание).**

**1.** Рассмотрите предложенную схему. В ответе запишите пропущенный термин, обозначенный на схеме знаком вопроса.

Тип → класс → ? → семейство → род → вид

Ответ: _____

**2.** Цитогенетический метод позволяет изучить:

1) развитие признаков у близнецов;

2) наследование признаков из поколения в поколение;

3) строение хромосом человека;

4) синтез биологически активных веществ;

5) особенности протекания митоза.

| | |
|---|---|
| | |

**3.** В трансляции участвовало 30 молекул т-РНК. Определите количество нуклеотидов в гене, который кодирует этот белок.

Ответ: _____

**4.** Какие функции выполняет в клетке комплекс Гольджи?

1) биосинтез белков;

2) накапливает вещества, которые синтезировались в клетке;

3) участвует в образовании лизосом;

4) синтезирует АТФ;

5) в нем происходит расщепление полимеров.

| | |
|---|---|
| | |

**5.** Установите соответствие между признаками обмена веществ человека и его видом.

| ПРИЗНАК | ВИД ОБМЕНА |
|---|---|
| А) органические вещества окисляются | 1) ассимиляция |
| Б) энергия запасается в АТФ | 2) диссимиляция |
| В) происходит распад биополимеров | |
| Г) синтезируются гормоны | |
| Д) в процессе участвуют хлоропласты | |
| Е) в процессе участвуют митохондрии | |

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**6.** Скрестили высокорослые растения с низкорослыми растениями. В $F_1$ все растения имели среднюю высоту. Какое соотношение фенотипов будет в $F_2$? В ответе запишите последовательность цифр без пробелов.

Ответ: _____

**7.** Биологическое значение мейоза состоит в:

1) появлении новых генов;

2) обмене участками гомологичных хромосом;

3) образовании клеток с удвоенным набором хромосом;

4) формировании гамет у животных;

5) росте и развитии организма.

| | |
|---|---|
| | |

**8.** Установите соответствие между характеристикой размножения и его способом.

| ХАРАКТЕРИСТИКА | СПОСОБ |
|---|---|
| А) происходит без образования гамет | 1) бесполое |
| Б) обычно участвует два организма | 2) половое |
| В) могут образовываться споры | |
| Г) образуется потомство, не являющееся копией родителей | |
| Д) у потомства проявляется комбинативная изменчивость | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**9.** По каким признакам грибы отличаются от животных?

1) не имеют пластид и не фотосинтезируют;

2) растут в течение всей жизни;

3) не имеют тканей;

4) большинство обладают мицелием;

5) в обменных реакциях присутствует мочевина;

6) имеют ограниченный рост.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**10.** Установите соответствие между признаком растения и отделом, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК | ОТДЕЛ |
|---|---|
| А) характерно опыление ветром | 1) зеленые водоросли |
| Б) размножение зооспорами | 2) голосеменные |
| В) тело образовано множеством клеток, схожих по строению | |
| Г) имеют слоевище | |
| Д) имеют вегетативные и генеративные органы | |
| Е) оплодотворение не связано с водой | |

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**11.** Установите последовательность систематических групп, характерных для царства Растений, начиная с **наименьшей**.

1) Однодольные.

2) Пшеница.

3) Злаковые.

4) Пшеница обыкновенная.

5) Покрытосеменные.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**12.** От болезнетворных микроорганизмов человек защищен:

1) белыми кровяными тельцами;

2) пищеварительными ферментами;

3) нейронами и глиальными клетками;

4) кожей и слизистыми;

5) гормонами эндокринной системы;

6) лимфатическими узлами.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**13.** Установите соответствие между характеристикой витамина и его видом.

| ХАРАКТЕРИСТИКА | ВИТАМИН |
|---|---|
| А) участвует в минеральном обмене | 1) A |
| Б) при его нехватке возникает "куриная слепота" | 2) D |
| В) образуется в организме человека из каротина | |
| Г) необходим для нормального развития костей | |

| А | Б | В | Г |
|---|---|---|---|
| | | | |

**14.** Установите последовательность движения крови в организме человека, начиная с правого желудочка:

1) левый желудочек;

2) капилляры;

3) правый желудочек;

4) легочные артерии;

5) легочные вены;

6) левое предсердие.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**15.** Прочитайте текст. Выберите три предложения, в которых даны описания экологического критерия сойки обыкновенной. Запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

(1) Сойка обыкновенная — птица из отряда Воробьинообразные. (2) Она встречается в смешанных и лиственных лесах. (3) Питается насекомыми, орехами, желудями, иногда птенцами других видов птиц. (4) Окраска яркая, хорошо заметная. (5) В кладке 3—4 яйца, которые насиживают оба родителя. (6) Ведет одиночный или семейный образ жизни.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**16.** Установите соответствие между признаком и путем достижения организмом биологического прогресса в эволюции, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК | ПУТЬ ЭВОЛЮЦИИ |
|---|---|
| А) формирование родов и семейств | 1) ароморфоз |
| Б) образование типов и классов животных | 2) идиоадаптация |
| В) усиление узкой специализации | |
| Г) освоение новой среды обитания | |
| Д) принципиальное усложнение общей организации | |
| Е) частные приспособления к среде обитания | |

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**17.** Сходство природной экосистемы и агроценоза заключается в:

1) использовании солнечной энергии;

2) наличии цепей питания;

3) незамкнутом круговороте веществ;

4) наличии продуцентов, консументов, редуцентов;

5) хорошо выраженной саморегуляции;

6) ослабленном действии естественного отбора.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**18.** Установите соответствие между парой организмов и типом биотических отношений, в которые они вступают.

| ОРГАНИЗМЫ | ТИП ОТНОШЕНИЙ |
|---|---|
| А) фитофтора и картофель | 1) симбиоз |
| Б) береза и грибы-лисички | 2) паразитизм |
| В) ель и сосна | 3) конкуренция |
| Г) клевер и клубеньковые бактерии | |
| Д) малинный долгоносик и малина | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**19.** Установите последовательность формирования темноокрашенной популяции бабочек в промышленных районах:

1) образование популяции темноокрашенных бабочек;

2) увеличение численности бабочек с более темной окраской;

3) действие движущей формы естественного отбора;

4) появление в потомстве темных и светлых бабочек.

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |

**20.** Проанализируйте таблицу. Заполните пустые ячейки таблицы, используя термины, приведенные в списке. Для каждой ячейки, обозначенной буквой, выберите соответствующий термин из предложенного списка.

**Отделы растений**

| Отдел | Что доминирует | Представитель |
|---|---|---|
| Мохообразные | ? (А) | Сфагнум |
| Папоротниковидные | Спорофит | ? (Б) |
| ? (В) | Спорофит | Селягинелла |

*Список терминов*

1) спорофит;
2) гаметофит;
3) кукушкин лен;
4) сальвиния;
5) хвощеобразные;
6) плаунообразные;
7) голосеменные.

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

**21.** Проанализируйте график зависимости скорости биохимических реакций от температуры (по оси *x* отложена температура (в °С), а по оси *y* — скорость реакции) — рис. 1.

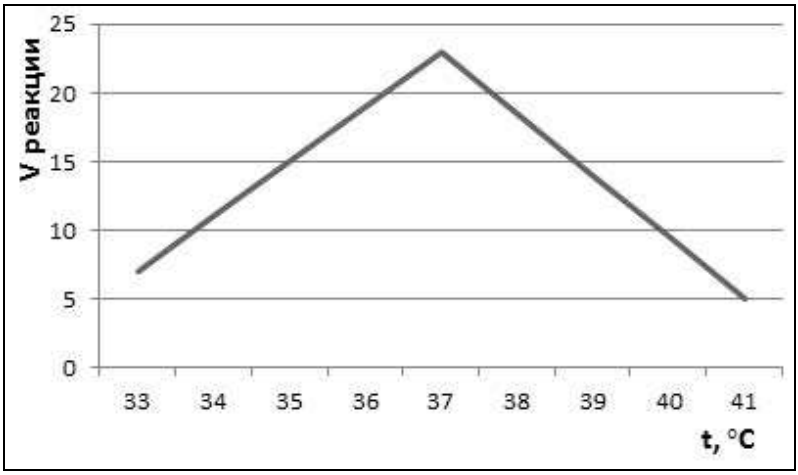



**Рис. 1**

Выберите утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа полученных результатов.

1) скорость реакций с ростом температуры постоянно увеличивается;

2) в диапазоне температур от +33 до +35 скорость реакции увеличивается;

3) скорость реакций с ростом температуры постоянно уменьшается;

4) скорость реакций не зависит от температуры;

5) скорость реакций с ростом температуры сначала увеличивается, затем уменьшается.

Ответ: _____

## Часть 2

**Задания 22—28 требуют развернутого ответа.**

**22.** Чем отличаются ДНК-содержащие вирусы от РНК-содержащих? Назовите не менее двух отличий.

**23.** Какой орган изображен на рис. 2? Какие части обозначены цифрами 1, 2 и 3? Какие функции они выполняют?

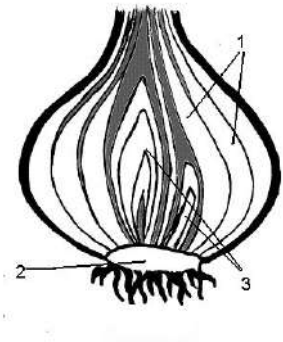



**Рис. 2**

**24.** Найдите 3 ошибки в приведенном тексте и исправьте их.

1. Грибы выделяют в отдельное царство организмов. 2. Тело всех грибов состоит из мицелия, образованного гифами. 3. Клетка грибов снаружи покрыта клеточной стенкой из целлюлозы. 4. Запасным питательным веществом является гликоген. 5. По способу питания грибы — автотрофы. 6. Большинство грибов размножается спорами.

**25.** Какова роль кишечного сока в пищеварении? Какие рефлексы регулируют его выделение?

**26.** Какие ароморфозы появились у птиц? Назовите не менее четырех ароморфозов.

**27.** Фрагмент и-РНК имеет следующее строение: ЦГАГГУАУУЦЦЦУГГ. Определите антикодоны т-РНК и последовательность аминокислот, закодированную в этом фрагменте. Также напишите фрагмент молекулы ДНК, на котором была синтезирована эта и-РНК (для этого используйте таблицу генетического кода).

**28.** Скрестили дрозофил с красными глазами и нормальными крыльями с дрозофилами с белыми глазами и дефектными крыльями. В потомстве все мухи с красными глазами и дефектными крыльями. Определите генотипы всех особей. Какое будет потомство от скрещивания этих мух с обоими родителями?

# ВАРИАНТ 2

## Часть 1

**Ответом к заданиям 1—21 является последовательность цифр, число или слово (словосочетание).**

**1.** Рассмотрите предложенную схему (рис. 3). В ответе запишите пропущенный термин, обозначенный на схеме знаком вопроса.

**Рис. 3**

Ответ: _____

**2.** На клеточном уровне организации живого происходит:

1) синтез белков и липидов;

2) круговорот веществ и энергии;

3) естественный отбор и борьба за существование;

4) размножение;

5) генные мутации.

| | |
|---|---|
| | |

**3.** В молекуле ДНК содержится 26% тимина. Определите, сколько (в %) в этой молекуле содержится цитозина.

Ответ: _____

**4.** Какие процессы происходят в световую фазу фотосинтеза?

1) синтезируется глюкоза из углекислого газа и воды;

2) происходит образование крахмала;

3) распад воды с выделением кислорода;

4) НАДФ$^+$ превращается в НАДФ•2Н;

5) АТФ расходуется на процессы биосинтеза.

| | |
|---|---|
| | |

**5.** Установите соответствие между строением и функцией органического вещества и его видом.

| СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИЯ | ВЕЩЕСТВА |
|---|---|
| А) в их состав входят атомы С, Н, О | 1) белки |
| Б) состоят из остатков молекул аминокислот | 2) углеводы |
| В) все относятся к полимерам | |
| Г) являются основным источником для получения энергии | |
| Д) защищают организм от чужеродных веществ | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**6.** У матери вторая группа крови (гетерозигота), у отца — четвертая. Какова вероятность рождения ребенка с третьей группой крови (в %)? В ответе запишите только число.

Ответ: _____

**7.** Какие процессы не происходят при сперматогенезе?

1) образуются половые клетки с большим запасом питательных веществ;

2) уменьшается вдвое число хромосом;

3) есть стадия формирования;

4) образуются четыре половые клетки с гаплоидным набором хромосом;

5) образуются клетки с набором хромосом как у исходной клетки.

| | |
|---|---|
| | |

**8.** Установите соответствие между характеристикой мутации и ее типом.

| ХАРАКТЕРИСТИКА МУТАЦИИ | ТИП |
|---|---|
| А) включение одного лишнего нуклеотида в молекулу ДНК | 1) хромосомные |
| Б) кратное увеличение числа хромосом в клетке | 2) генные |
| В) поворот участка хромосомы | 3) геномные |
| Г) уменьшение числа хромосом в соматической клетке | |
| Д) удвоение нуклеотидов в ДНК | |
| Е) обмен участками негомологичных хромосом | |

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**9.** В чем состоит сходство **бактерий** и **растений?**

1) имеют клеточное строение;

2) размножаются с помощью спор;

3) содержат кольцевую ДНК;

4) имеют клеточную стенку и мембрану;

5) для дыхания многим нужен кислород;

6) способны к азотфиксации.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**10.** Установите соответствие между признаком и типом животных, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК | ТИП |
|---|---|
| А) кровеносная система замкнутая | 1) Кольчатые черви |
| Б) у большинства есть сердце | 2) Моллюски |
| В) полость тела разделена перегородками | |
| Г) органы выделения — метанефридии | |
| Д) тело состоит из головы, туловища и ноги | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**11.** Установите последовательность систематических групп животных, начиная с **наибольшей**.

1) Млекопитающие.

2) Волк.

3) Псовые.

4) Хордовые.

5) Волк красный.

6) Хищные.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**12.** Назовите причины, которые могут привести к потере зрения у человека:

1) разрушение перепончатого лабиринта;

2) повреждение затылочной доли коры;

3) проблемы в проводниковой части анализатора;

4) поражение колбочек и палочек;

5) нарушения в работе лобной доли коры;

6) паралич промежуточного мозга.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**13.** Установите соответствие между характеристикой иммунитета и его видом.

| ХАРАКТЕРИСТИКА | ВИД ИММУНИТЕТА |
|---|---|
| А) использование лечебной сыворотки | 1) искусственный |
| Б) использование препаратов с ядами возбудителей | 2) естественный |
| В) возникает после перенесения заболевания | |
| Г) передается по наследству | |
| Д) введение ослабленных или убитых микроорганизмов | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**14.** Установите последовательность прохождения нервного импульса в рефлекторной дуге:

1) передний корешок спинномозгового нерва;

2) рецептор в коже;

3) спинной мозг;

4) задний корешок спинномозгового нерва;

5) мышца.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**15.** Прочитайте текст. Выберите три предложения, в которых описано географическое видообразование. Запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

(1) Разные виды лютиков сформировались в результате приспособления к водному режиму и количеству света на лугах и в лесах. (2) Ландыш майский обитает в лесах европейской части России, а ландыш кавказский — в предгорьях и невысоко в горах. (3) Специализация по хозяину привела к возникновению аскариды лошадиной и аскариды свиной. (4) Полиплоидия стала причиной появления новых видов пшеницы. (5) Лиственница сибирская обитает в таежных лесах Западной Сибири, а лиственница даурская — в лесах Дальнего Востока. (6) Серая ворона — обычный вид в городах в европейской части России, а черная ворона — в городах за Уральскими горами.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**16.** Установите соответствие между ароморфозом и классом животных, у которых он впервые появляется в ходе эволюции.

| АРОМОРФОЗ | КЛАСС |
|---|---|
| А) возникновение зародышевых оболочек | 1) Пресмыкающиеся |
| Б) появление диафрагмы | 2) Млекопитающие |
| В) выкармливание детенышей молоком | |
| Г) альвеолярное строение легких | |
| Д) внутреннее оплодотворение | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**17.** К антропогенным факторам относят:

1) прореживание саженцев ели;

2) внесение минеральных удобрений на поля;

3) обмеление рек в результате вырубки лесов;

4) зарастание небольших водоемов и превращение их в болото;

5) выпадение осадков;

6) снижение численности грызунов из-за суровой зимы.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**18.** Установите соответствие между характеристикой и видом экосистемы, к которому она относится.

| ХАРАКТЕРИСТИКА | ВИД ЭКОСИСТЕМЫ |
|---|---|
| А) высокое видовое разнообразие | 1) биогеоценоз |
| Б) преобладание монокультуры | 2) агроценоз |
| В) действие естественного отбора ослаблено | |
| Г) незамкнутый круговорот веществ | |
| Д) устойчивость во времени | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**19.** Установите последовательность формирования ароморфозов у животных в процессе эволюции:

1) появление пищеварительной системы;

2) формирование конечностей из трех отделов;

3) возникновение митоза;

4) образование кровеносной системы.

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |

**20.** Проанализируйте таблицу. Заполните пустые ячейки таблицы, используя термины, приведенные в списке. Для каждой ячейки, обозначенной буквой, выберите соответствующий термин из предложенного списка.

**Классы типа Членистоногих**

| Класс | Усики | Глаза | Ходильные ноги |
|---|---|---|---|
| Ракообразные | 2 пары | ? (А) | 5 пар |
| Паукообразные | отсутствуют | простые | ? (Б) |
| Насекомые | ? (В) | сложные | 3 пары |

*Список терминов*

1) усики отсутствуют;
2) 1 пара усиков;
3) 2 пары усиков;
4) глаза сложные;
5) глаза простые и сложные;
6) глаза простые;
7) 4 пары ходильных ног;
8) 8 пар ходильных ног.

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

**21.** Изучите график зависимости температуры больного лихорадкой от продолжительности болезни (по оси *x* отложена продолжительность болезни (в сутках), а по оси *y* — температура (в °С)) — рис. 4.

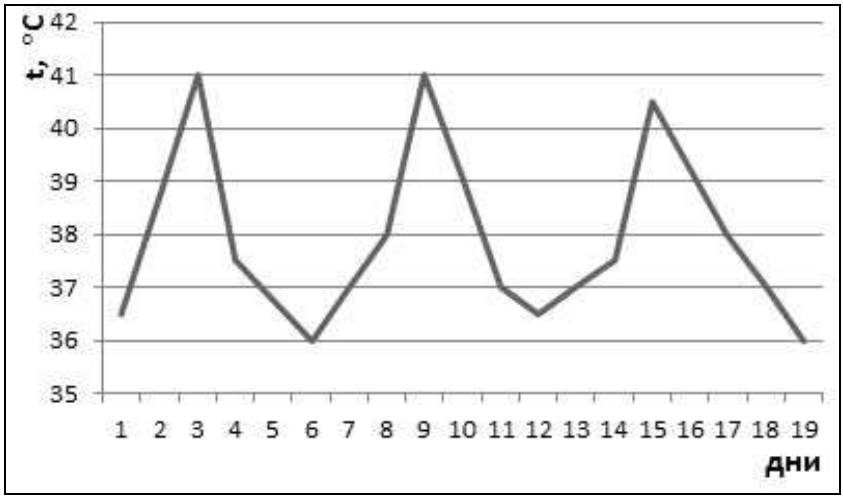



**Рис. 4**

Выберите утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа полученных результатов.

1) максимальная температура наблюдается на 3-й, 9-й и 12-й дни болезни;

2) с 9-го по 11-й день болезни температура у больного снижается;

3) после 15-го дня болезни температура равномерно понижается;

4) с 4-го по 8-й день болезни температура стабильно падает;

5) максимальная температура во время болезни составляет около 41 °С.

Ответ: _____

## Часть 2

**Задания 22—28 требуют развернутого ответа.**

**22.** Для борьбы с вредителями фермер закупил в лаборатории наездника трихограмму. Как называется такой метод борьбы? В чем он заключается?

**23.** Какая часть тела ланцетника на рис. 5 обозначена цифрой 1? Из какого эмбрионального листка она развивается и какими функциями обладает? Какие органы будут развиваться из этой части у других Хордовых?

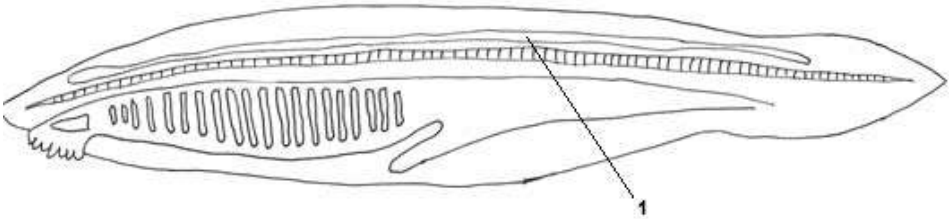



**Рис. 5**

**24.** Найдите ошибки в приведенном тексте. Укажите номера предложений, в которых они сделаны, исправьте их.

1. В пищеварении принимают участие секреты печени, поджелудочной и слюнных желез. 2. Слюнные железы выделяют слюну, содержащую ферменты для переваривания углеводов и белков. 3. Печень выделяет ферменты и желчь, которые по протоку попадают в тонкий кишечник. 4. Желчь эмульгирует жиры. 5. Поджелудочный сок поступает в желудок. 6. Ферменты трипсин и пепсин действуют на белки.

**25.** В каком отделе мозга находится нервный центр, регулирующий давление крови? Какие факторы могут повышать или снижать давление крови? Укажите не менее четырех факторов.

**26.** Объясните, какую роль играет каждый фактор эволюции в формировании приспособлений у живых организмов.

**27.** Фрагмент ДНК имеет такую последовательность нуклеотидов: ЦААГАТТТТГТТААЦ. Установите нуклеотидную последовательность т-РНК,

которая синтезируется на данном фрагменте, и аминокислоту, которую будет переносить эта т-РНК, если третий триплет соответствует антикодону т-РНК. Для решения задания используйте таблицу генетического кода.

**28.** У кур черная окраска перьев доминирует над белой (ген находится в Х-хромосоме), а наличие шпор на ногах — над их отсутствием (ген расположен в аутосоме). Какое потомство можно ожидать от скрещивания гетерозиготной белой курицы со шпорами и гетерозиготного петуха с черными перьями без шпор? Составьте схему решения задачи, определите генотипы родителей и потомства, а также расщепление по фенотипу у потомства.

# ВАРИАНТ 3

## Часть 1

**Ответом к заданиям 1—21 является последовательность цифр, число или слово (словосочетание).**

**1.** Рассмотрите предложенную схему (рис. 6). В ответе запишите пропущенный термин, обозначенный на схеме знаком вопроса.

**Рис. 6**

Ответ: _____

**2.** Областью применения метода гибридизации соматических клеток является:

1) микология;

2) палеонтология;

3) гистология;

4) клеточная инженерия;

5) биотехнология.

| | |
|---|---|
| | |

**3.** Соматические клетки кукурузы имеют 20 хромосом. Сколько хромосом содержится в ее спермиях?

Ответ: _____

**4.** Какие функции выполняет в клетке цитоплазма?

1) является внутренней средой клетки;

2) осуществляет связь между ядром и органоидами;

3) является матрицей для синтеза углеводов;

4) осуществляет передачу наследственной информации;

5) служит местом расположения хромосом в клетках эукариот.

| | |
|---|---|
| | |

**5.** Установите соответствие между особенностями деления и способом деления.

| ОСОБЕННОСТЬ | СПОСОБ ДЕЛЕНИЯ |
|---|---|
| А) образуются две клетки | 1) митоз |
| Б) происходит при созревании гамет у животных | 2) мейоз |
| В) происходит при образовании гамет у растений | |
| Г) характерен обмен генетическим материалом | |
| Д) обеспечивает постоянство числа хромосом в клетках | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**6.** Скрестили белых кроликов с черными (доминантный признак) гетерозиготными кроликами. Какое расщепление будет в $F_1$? В ответе запишите последовательность цифр без пробелов.

Ответ: _____

**7.** Для полового размножения характерны следующие признаки:

1) гаметы образуются из спор;

2) потомки являются точной копией одного из родителей;

3) образуются гаметы;

4) яйцеклетки образуются митозом;

5) в нем могут участвовать как один, так и двое организмов.

| | |
|---|---|
| | |

**8.** Установите соответствие между характеристикой изменчивости, к которому она относится.

ХАРАКТЕРИСТИКА

А) возникает при воздействии высокой температуры

Б) формируется при слияния гамет

В) связана с образованием гамет с увеличенным вдвое числом хромосом

Г) определяется независимым расхождением хромосом в мейозе

Д) возникает при обмене генами между негомологичными хромосомами

ВИД ИЗМЕНЧИВОСТИ

1) мутационная

2) комбинативная

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**9.** Известно, что хламидомонада — одноклеточная, пресноводная водоросль с преобладанием гаметофита в жизненном цикле. Из предложенного ниже текста выберите три признака, относящиеся к описанию перечисленных выше признаков хламидомонады.

(1) Обитает в прудах или небольших водоемах со стоячей водой. (2) Способна к передвижению с помощью жгутика. (3) В ее клетке есть ядро, цитоплазма, хроматофор и глазок. (4) При благоприятных условиях размножается бесполым путем. (5) Большую часть жизни занимает гаплоидная фаза. (6) Зимует в виде зиготы.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**10.** Установите соответствие между особенностью размножения растений и отделом, для которого она характерна.

ОСОБЕННОСТЬ

А) некоторые виды цветут раз в жизни

Б) листья растут верхушкой

В) микроспоры формируются в тычинках

Г) микроспоры образуются на листьях в спорангиях

Д) половые клетки развиваются в заростке

Е) характерно двойное оплодотворение

ОТДЕЛ

1) Папоротниковидные

2) Цветковые

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**11.** Установите последовательность систематических категорий, характерных для царства Растений, начиная с **наименьшей**.

1) Двудольные.

2) Ярутка.

3) Покрытосеменные.

4) Крестоцветные.

5) Ярутка полевая.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**12.** Какие условия могут способствовать появлению близорукости?

1) недостаток освещенности книги;

2) большие физические нагрузки;

3) неправильное положение текста перед глазами;

4) быстрое чтение текста;

5) чтение газет в автобусе или вагоне метро;

6) влажный и спертый воздух в библиотеке.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**13.** Установите соответствие между структурой глаза человека и ее функцией.

| СТРУКТУРА ГЛАЗА | ФУНКЦИЯ |
|---|---|
| А) палочки | 1) оптическая |
| Б) роговица | 2) рецепторная |
| В) желтое пятно | |
| Г) зрачок | |
| Д) сетчатка | |
| Е) хрусталик | |

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**14.** Установите последовательность процессов, которые происходят при **свертывании** крови.

1) образование тромба;

2) фибриноген переходит в фибрин;

3) разрушение тромбоцитов;

4) выделение тромбопластина;

5) повреждение сосудов;

6) протромбин превращается в тромбин.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**15.** Прочитайте текст. Выберите три предложения, в которых даны описания движущей формы естественного отбора. Запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

(1) В популяции изменяется значение среднего, что вызвано изменением экологических факторов. (2) Применение пестицидов привело к появлению устойчивых популяций сорняков. (3) Резкое изменение условий приводит к разделению единой исходной популяции на две новые. (4) Максимальная гибель детенышей наблюдается в семьях, размер которых превышает средние значения для данного вида млекопитающих. (5) При стабильных условиях преимущественно выживают особи со средним значением признака. (6) При изменении цвета грунта изменилась окраска многих донных животных.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**16.** Установите соответствие между примером и доказательством эволюции, к которому он относится.

ПРИМЕР

А) окаменелости

Б) рудименты

В) филогенетические ряды

Г) переходные формы

Д) гомологичные органы

Е) аналогичные органы

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО

1) палеонтологические

2) сравнительно-анатомические

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**17.** Чем характеризуется биогеоценоз смешанного леса?

1) круговорот веществ незамкнутый;

2) верхний ярус продуцентов образуют деревья;

3) энергия солнца в основном усваивается травами;

4) отсутствуют редуценты;

5) среди консументов 1-го порядка преобладают насекомые и грызуны;

6) биомасса растений выше биомассы животных.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**18.** Установите соответствие между признаком позвоночного животного и средой, в которой он сформировался.

ПРИЗНАК ЖИВОТНОГО

А) двухкамерное сердце

Б) две пары трехрычажных конечностей

В) обтекаемая форма тела

Г) шейный отдел позвоночника

Д) глаза с выпуклой роговицей и линзовидным хрусталиком

СРЕДА ОБИТАНИЯ

1) водная

2) наземно-воздушная

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**19.** Установите последовательность ароморфозов в эволюции растений:

1) возникновение фотосинтеза;

2) образование корневой системы;

3) образование семян;

4) возникновение покровных тканей.

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |

**20.** Проанализируйте таблицу. Заполните пустые ячейки таблицы, используя термины, приведенные в списке. Для каждой ячейки, обозначенной буквой, выберите соответствующий термин из предложенного списка.

**Форменные элементы крови**

| Элемент | Особенность строения | Функция |
|---|---|---|
| эритроциты | ? (А) | транспортная |
| лейкоциты | ? (В) | ? (Б) |
| тромбоциты | часть клетки без ядра | свертывание крови |

*Список терминов*

1) содержат миофибриллы;

2) непостоянная форма;

3) образуются в красном костном мозге;

4) ядра нет;

5) иммунитет;

6) поддержание гомеостаза;

7) перенос гормонов.

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

**21.** Изучите график зависимости работоспособности человека от температуры окружающей среды (по оси *x* отложена температура (в °С), а по оси *y* — работоспособность, в %) — рис. 7.

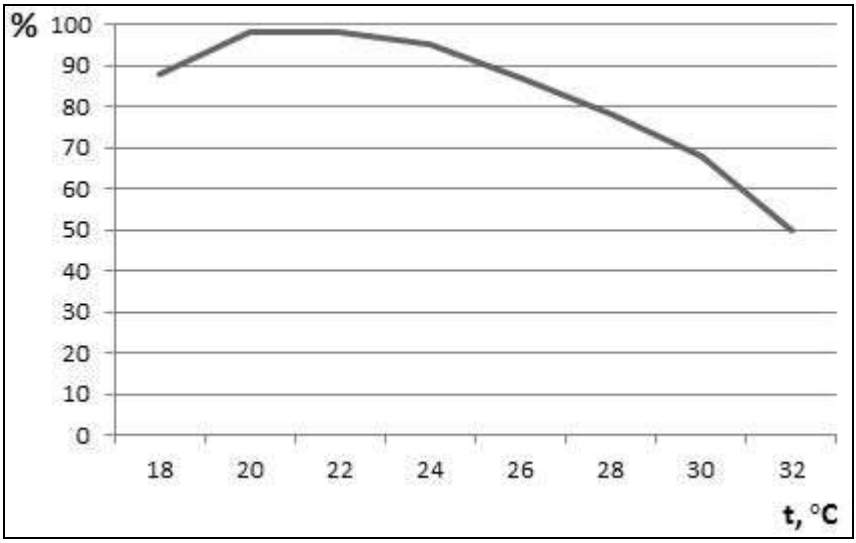



**Рис. 7**

Выберите утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа полученных результатов.

1) с повышением температуры работоспособность человека уменьшается;

2) максимальная работоспособность человека наступает при 27 °С;

3) работоспособность при 20 °С выше, чем при 18 °С;

4) 32 °С для работы лучше, чем 25 °С;

5) внешняя температура не влияет на работоспособность человека.

Ответ: _____

## Часть 2

**Задания 22—28 требуют развернутого ответа.**

**22.** Какие клетки человека не способны к делению? Назовите два типа клеток. Ответ объясните.

**23.** Какой органоид изображен на рис. 8? Каковы его строение и функции в клетке человека?

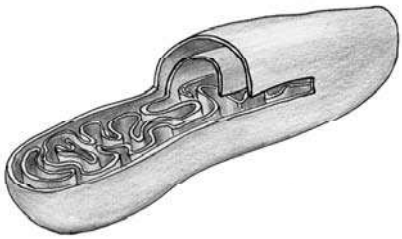


**Рис. 8**

**24.** Найдите 3 ошибки в приведенном тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, объясните их.

1. К типу плоские черви относятся как паразитические, так и свободноживущие организмы. 2. Белая планария — опасный паразит человека. 3. Печеночный сосальщик — это паразит, основным хозяином которого является малый прудовик. 4. Основным хозяином свиного цепня является человек. 5. Взрослый широкий лентец размножается в организме рыбы. 6. Бычий цепень у промежуточного хозяина находится в мышцах.

**25.** Жесткокрылые — один из крупнейших отрядов насекомых. Что способствует их процветанию в природе? Назовите не менее трех факторов.

**26.** Какую роль в круговороте азота играют растения, азотфиксирующие бактерии, нитрифицирующие бактерии и животные?

**27.** В клетке животного диплоидный набор хромосом равен 16. Определите количество хромосом и молекул ДНК в профазу и анафазу митоза, в телофазу I и метафазу II мейоза.

**28.** Голубоглазая женщина с 3-й группой крови (ее родители имели третью и первую группу крови) вышла замуж за кареглазого мужчину со 2-й группой крови (его отец имел голубые глаза и первую группу крови). Определите генотипы родителей. Какие могут родиться дети в этом браке?

# ВАРИАНТ 4

## Часть 1

**Ответом к заданиям 1—21 является последовательность цифр, число или слово (словосочетание).**

**1.** Рассмотрите предложенную схему (рис. 9). В ответе запишите пропущенный термин, обозначенный на схеме знаком вопроса.

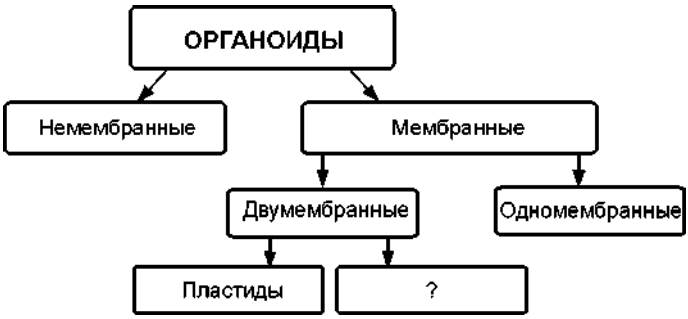



**Рис. 9**

Ответ: _____

**2.** Какие структуры относятся к биогеоценотическому уровню организации жизни?

1) зоопарк в городе;

2) лесное озеро;

3) колония бактериальных клеток;

4) взрослый самец тигра;

5) березовая роща.

| | |
|---|---|
| | |

**3.** В молекуле ДНК содержится 23% гуанина. Определите, сколько (в %) в этой молекуле содержится аденина.

Ответ: _____

**4.** Каково строение и функции митохондрий?

1) расщепляют крахмал до глюкозы;

2) характеризуются анаэробным способом получения энергии;

3) содержат кристы;

4) их ферментативные комплексы расположены в гранах;

5) имеют наружную и внутреннюю мембраны.

| | |
|---|---|
| | |

**5.** Установите соответствие между признаком и органоидом клетки, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК | ОРГАНОИД |
|---|---|
| А) участвует в ассимиляции | 1) лизосома |
| Б) имеет мембрану | 2) рибосома |
| В) состоит из двух субъединиц | |
| Г) расщепляет полисахариды | |
| Д) находится в основном на мембране ЭПС | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**6.** Скрестили растение с красными цветками с растением с белыми цветками. В $F_1$ все цветки красные. В $F_2$ получили 120 потомков. Сколько из них будет с красными цветками? В ответе запишите только число.

Ответ: _____

**7.** **Какими свойствами** не обладает **модификационная изменчивость?**

1) ограничена нормой реакции;

2) имеет массовый характер;

3) передается потомству;

4) проявляется только у отдельных особей;

5) понижает жизнеспособность особей.

| | |
|---|---|
| | |

**8.** Установите соответствие между органами и зародышевым листком, из которого они развиваются.

| ОРГАН | ЗАРОДЫШЕВОЙ ЛИСТОК |
|---|---|
| А) легкие и бронхи | 1) эктодерма |
| Б) двуглавая мышца плеча | 2) энтодерма |
| В) спинной мозг | 3) мезодерма |
| Г) желудок и кишечник | |
| Д) почки и мочеточники | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**9.** Какие особенности у земноводных развились в связи с освоением наземно-воздушной среды?

1) замкнутая кровеносная система;

2) голая тонкая кожа;

3) парные легкие;

4) скелет из черепа и позвоночника;

5) второй круг кровообращения;

6) конечности, состоящие из трех отделов.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**10.** Установите соответствие между характеристикой и процессом жизнедеятельности растения.

| ХАРАКТЕРИСТИКА | ПРОЦЕСС |
|---|---|
| А) синтезируется глюкоза | 1) дыхание |
| Б) окисляются органические вещества | 2) фотосинтез |
| В) сопровождается поглощением энергии | |
| Г) поглощается кислород | |
| Д) происходит в хроматофоре | |
| Е) образуется углекислый газ и вода | |

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**11.** Установите последовательность систематических групп животных, начиная с **наименьшей**.

1) Плотва.

2) Карповые.

3) Костные рыбы.

4) Хордовые.

5) Плотва обыкновенная.

6) Карпообразные.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**12.** Выберите признаки, характерные для лейкоцитов крови человека:

1) имеют форму двояковогнутого диска;

2) уничтожают чужеродные тела;

3) содержат ядра, часто сегментированные;

4) могут изменять свою форму;

5) отвечают за транспорт газов;

6) содержат гемоглобин.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**13.** Установите соответствие между признаком и пищеварительным отделом человека, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК | ОТДЕЛ |
|---|---|
| А) выделяет гормоны | 1) желудок |
| Б) пищеварение в щелочной среде | 2) тонкий кишечник |
| В) пищеварение в кислой среде | 3) поджелудочная железа |
| Г) расположение справа от оси симметрии | 4) печень |
| Д) очистка крови от токсинов | |
| Е) переваривание углеводов | |

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**14.** Установите последовательность органов дыхания, по которым двигается воздух при выдохе.

1) бронхи;

2) носовая полость;

3) трахея;

4) альвеолы легких;

5) носоглотка;

6) гортань.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**15.** Прочитайте текст. Выберите три предложения, в которых даны описания внутривидовой борьбы за существование. Запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

(1) В природе каждое животное имеет конкурентов, партнеров и врагов. (2) В саванне леопарды конкурируют с гепардами и гиенами. (3) Волки зимой конкурируют друг с другом в стае. (4) Буйволы из одного стада помогают друг другу при атаке львов. (5) В прайде львов добыча сначала достается самцу, а потом — самкам. (6) Одиночные молодые львы часто пытаются занять место доминирующего самца в прайде львов, выгнав старого льва.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**16.** Установите соответствие между видом организмов и направлением эволюции, по которому в настоящее время происходит его развитие.

ВИД

А) береза обыкновенная

Б) крыса-пасюк

В) дальневосточный леопард

Г) коала

Д) шиповник колючий

Е) сокол сапсан

НАПРАВЛЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ

1) биологический прогресс

2) биологический регресс

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**17.** Чем определяется устойчивость экосистемы?

1) высокой численностью отдельных видов;

2) дополнительными источниками питания;

3) видовым разнообразием и сложностью цепей питания;

4) резким колебанием численности отдельных видов;

5) замкнутым круговоротом веществ;

6) саморегуляцией.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**18.** Установите соответствие между характеристикой и экологическим фактором.

ХАРАКТЕРИСТИКА

А) распашка степных районов

Б) влияние паразита на организм хозяина

В) парниковый эффект как следствие увеличения выброса парниковых газов в атмосферу

Г) создание каналов для орошения сельскохозяйственных земель

Д) отношения между хищником и жертвой

Е) лишайник как пример организма, состоящего из гриба и водорослей

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР

1) биотический

2) антропогенный

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**19.** Установите последовательность этапов формирования приспособлений в процессе эволюции:

1) изменение среды обитания;

2) формирование популяции с новыми признаками;

3) сохранение особей с полезными признаками;

4) появление случайных мутаций у особей популяции;

5) увеличение числа особей в популяции с полезными мутациями.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**20.** Проанализируйте таблицу. Заполните пустые ячейки таблицы, используя термины, приведенные в списке. Для каждой ячейки, обозначенной буквой, выберите соответствующий термин из предложенного списка.

**Органоиды клетки эукариот**

| **Органоид** | **Строение** | **Функции** |
|---|---|---|
| Хлоропласты | ? (А) | фотосинтез |
| Аппарат Гольджи | несколько плоских цистерн и пузырьки | ? (Б) |
| ? (В) | состоит из микротрубочек | деление клетки |

*Список терминов*

1) рибосомы;

2) вакуоль;

3) клеточный центр;

4) на внутренней мембране есть кристы;

5) содержит граны и ламеллы;

6) внутренняя мембрана гладкая;

7) синтез белков;

8) запас веществ;

9) образование лизосом.

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

**21.** Изучите график зависимости численности животных от времени года (по оси *x* отложено время года, а по оси *y* — численность) — рис. 10.

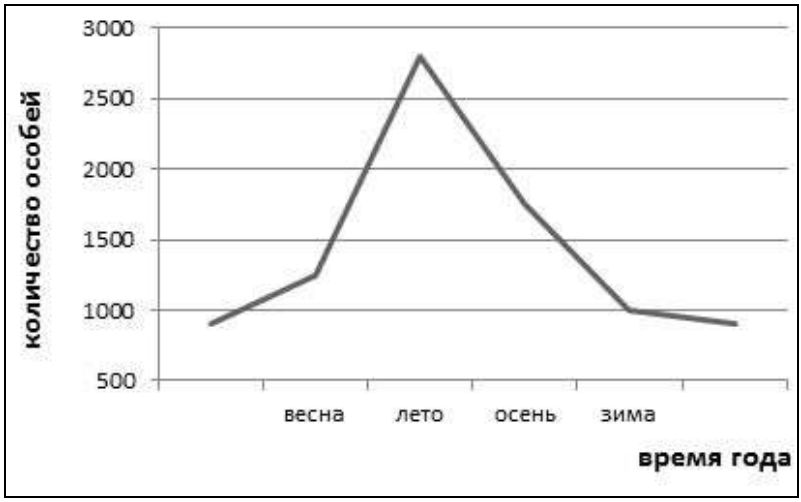



**Рис. 10**

Выберите утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа полученных результатов.

1) количество особей после весны увеличивается;

2) минимальная численность характерна для зимнего периода;

3) зима — наилучшее время для этих животных;

4) летом численность ниже, чем осенью;

5) в начале лета численность животных выше, чем в середине.

Ответ: _____

## Часть 2

**Задания 22—28 требуют развернутого ответа.**

**22.** У многих сортов плодово-ягодных культур в плодах нет семян. Как размножаются такие деревья?

**23.** К какой группе доказательств эволюции относятся изображения на рис. 11? Свой ответ объясните. Приведите другие доказательства из этой группы.

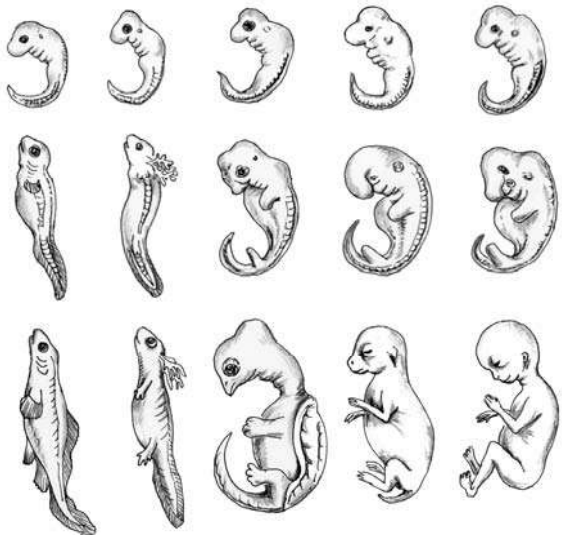


**Рис. 11**

**24.** Найдите ошибки в приведенном тексте. Укажите номера предложений, в которых они сделаны, исправьте их.

1. Метаболизм клетки состоит из двух процессов — пластического и энергетического обменов. 2. К пластическому обмену относят фотосинтез, хемосинтез и брожение. 3. Фотосинтез протекает в клетках растений, цианобактерий и некоторых бактерий, хемосинтез — только в клетках бактерий и цианобактерий. 4. Энергетический обмен заключается в распаде веществ и выделении энергии. 5. У аэробных организмов он включает три этапа: подготовительный, гликолиз и кислородный. 6. Во время кислородного этапа из одной молекулы глюкозы образуется 38 АТФ.

**25.** Сравните клетки животных с клетками высших растений. Укажите не менее трех сходств и трех различий.

**26.** Почему запрещено бесконтрольное применение пестицидов в сельском хозяйстве? Назовите не менее трех последствий таких действий.

**27.** В цикл Кребса вступило 6 молекул ПВК. Определите количество АТФ после кислородного этапа, суммарный эффект диссимиляции и количество молекул глюкозы, вступившей в диссимиляцию.

**28.** Здоровый мужчина с темными волосами (у его матери светлые волосы) женат на женщине с темными волосами и нормальным зрением (ее отец страдал

дальтонизмом, а мать — блондинка). Определите генотипы всех лиц, указанных в задаче. Какова вероятность рождения ребенка со светлыми волосами, страдающего дальтонизмом?

# ВАРИАНТ 5

## Часть 1

**Ответом к заданиям 1—21 является последовательность цифр, число или слово (словосочетание).**

**1.** Рассмотрите предложенную схему (рис. 12). В ответе запишите пропущенный термин, обозначенный на схеме знаком вопроса.

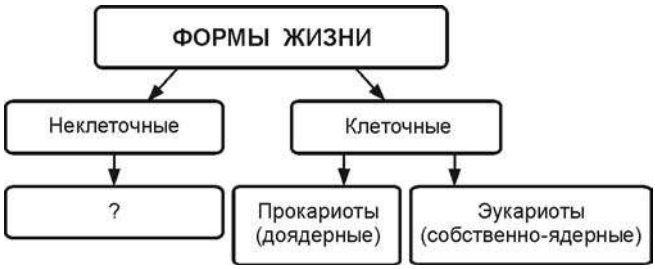



**Рис. 12**

Ответ: _____

**2.** Современные методы цитологии позволяют изучать строение и функции:

1) органоидов клетки;

2) тканей растений;

3) систем органов животных;

4) работу сердечной мышцы;

5) клеток бактерий.

| | |
|---|---|
| | |

**3.** В соматических клетках дрозофилы содержится 8 хромосом. Определите, какое количество молекул ДНК содержится в анафазе мейоза II.

Ответ: _____

**4.** Выберите признаки, характерные для соматических клеток:

1) большинство способно к митозу;

2) диплоидный набор хромосом;

3) участвуют в половом размножении организма;

4) не содержат ядер и мембранных органоидов;

5) образуются из исходных клеток мейозом.

| | |
|---|---|
| | |

**5.** Установите соответствие между процессом фотосинтеза и местом протекания в хлоропласте.

| ПРОЦЕСС | МЕСТО ПРОТЕКАНИЯ |
|---|---|
| А) образуется глюкоза | 1) строма |
| Б) поглощение углекислого газа | 2) тилакоид |
| В) фотолиз воды | |
| Г) хлорофилл поглощает энергию света | |
| Д) синтез АТФ | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**6.** Скрестили двух мышей с серой шерстью. В $F_1$ получили потомство из 80 особей с черной, с серой и с белой шерстью. Сколько потомков будет иметь белую шерсть? В ответе запишите только число.

Ответ: _____

**7.** **Мутации относятся к хромосомным, если они характеризуются следующими признаками:**

1) участок хромосомы перевернут на 180 градусов;

2) количество хромосом уменьшилось в 2 раза;

3) один триплет ДНК заменяется на другой;

4) хромосома потеряла одно плечо;

5) в молекуле ДНК аденин заменился на тимин.

| | |
|---|---|
| | |

**8.** Установите соответствие между признаком организма и стадией эмбрионального развития.

| ПРИЗНАК | СТАДИЯ РАЗВИТИЯ |
|---|---|
| А) сформирована нервная трубка | 1) бластула |
| Б) однослойный зародыш с полостью внутри | 2) гаструла |
| В) формируется мезодерма | 3) нейрула |
| Г) развивается хорда | |
| Д) появляются два зародышевых листка — экто- и энтодерма | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**9.** Известно, что печеночный сосальщик — паразитический плоский червь, живущий в протоках печени крупного рогатого скота. Из предложенного ниже текста выберите три признака, относящиеся к описанию перечисленных выше признаков сосальщика.

(1) Тело без ресничек, имеет две присоски. (2) Характерно питание за счет хозяина. (3) Гермафродит, ежедневно откладывает огромное число яиц. (4) Яйца для развития должны попасть в воду, где из них выходит личинка. (5) Личинка развивается в малом прудовике. (6) Корова, съевшая траву вместе с покоящимися стадиями сосальщика, заражается им.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**10.** Установите соответствие между признаком организма и царства, для которого он характерен.

ПРИЗНАК ОРГАНИЗМА

А) создают органические вещества из неорганических

Б) питаются готовыми органическими веществами

В) оболочка клеток состоит из хитина

Г) оболочка клеток состоит из клетчатки

Д) способны образовывать плодовые тела

Е) в клетках всех видов есть клеточный центр

ЦАРСТВО

1) Растения

2) Грибы

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**11.** Установите последовательность систематических категорий, характерных для царства Растений, начиная с **наименьшей**.

1) Донник лекарственный.

2) Покрытосеменные.

3) Донник.

4) Бобовые.

5) Двудольные.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**12.** Какие функции организма регулирует продолговатый мозг человека?

1) работу сердца;

2) температуру тела;

3) восприятие образов;

4) движение гладких мышц;

5) работу желез внутренней секреции;

6) дыхание.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**13.** Установите соответствие между особенностью мышечной ткани тела человека и ее видом.

| ОСОБЕННОСТЬ | ВИД ТКАНИ |
|---|---|
| А) состоит из многоклеточных волокон | 1) гладкая |
| Б) состоит из веретеновидных клеток | 2) поперечнополосатая |
| В) импульсы соматической нервной системы вызывают сокращение этих мышц | |
| Г) сокращаются медленно и практически не устают | |

| А | Б | В | Г |
|---|---|---|---|
| | | | |

**14.** Установите последовательность процессов, происходящих после поступления пищи в пищеварительную систему:

1) интенсивное всасывание аминокислот, моносахаридов;

2) измельчение пищи и ее обработка амилазой и мальтазой;

3) основное всасывание воды;

4) переваривание белков и некоторых жиров;

5) глотание.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**15.** Прочитайте текст. Выберите три предложения, в которых даны описания гомологичных органов. Запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

(1) Крылья летучих мышей и насекомых используются для полета. (2) Крот применяет передние конечности для копания, а дельфин — для плавания. (3) Усики сома и жука — органы осязания. (4) Глаза каракатицы и кита имеют сходное строение и отвечают за зрение. (5) Концевые фаланги обезьян покрыты ногтями, а у кошачьих на них расположены выдвигающиеся когти. (6) Конечности кузнечика приспособлены для прыжков, а конечности водомерки — для передвижения по поверхности воды.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**16.** Установите соответствие между органами животных и эволюционным процессом, в результате которого они сформировались.

ОРГАНЫ ЖИВОТНЫХ

А) ногти и когти у млекопитающих

Б) крылья бабочки и птицы

В) конечности бабочки и саранчи

Г) жабры у двустворчатых моллюсков и рыб

Д) ласты кита и ласты пингвина

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС

1) дивергенция

2) конвергенция

| А | Б | В | Г |
|---|---|---|---|
| | | | |

**17.** Какие особенности характеризуют агроценозы?

1) замкнутый круговорот веществ;

2) характерно искусственное внесение удобрений;

3) устойчивые и стабильные сообщества;

4) высокая численность организмов одного вида;

5) способны к самовосстановлению;

6) короткие пищевые цепи.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**18.** Установите соответствие между процессом и компонентом биосферы, для которого он характерен.

ПРОЦЕСС

А) образование торфа

Б) фотосинтез

В) извержение вулкана

Г) испарение воды растениями

Д) ветровая эрозия горных пород

КОМПОНЕНТ БИОСФЕРЫ

1) живое вещество

2) неживое вещество

| А | Б | В | Г |
|---|---|---|---|
| | | | |

**19.** Установите последовательность процессов сукцессии:

1) появление травянистых растений;

2) образование почвы;

3) заселение лишайниками голых скал;

4) формирование полноценного сообщества;

5) заселение территории мхами;

6) голый участок земной поверхности.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**20.** Рассмотрите рис. 13 с изображением конечностей предков лошади. Заполните пустые ячейки таблицы, используя термины, приведенные в списке. Для каждой ячейки, обозначенной буквой, выберите соответствующий термин из предложенного списка.

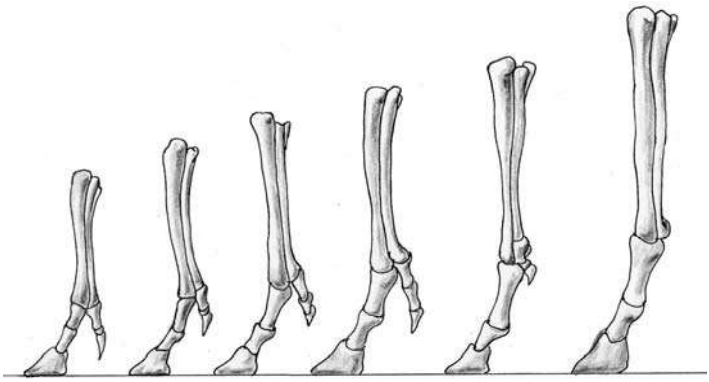


**Рис. 13**

| **Форма эволюции** | **Форма отбора** | **Путь эволюции** |
|---|---|---|
| ? (А) | ? (Б) | ? (В) |

*Список терминов*

1) дизруптивная;

2) общая дегенерация;

3) конвергенция;

4) филетическая эволюция;

5) стабилизирующая;

6) дивергенция;

7) ароморфоз;

8) движущая;

9) идиоадаптация.

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

**21.** Изучите график динамики численности большой синицы по годам (по оси *x* отложены календарные годы, а по оси *y* — численность) — рис. 14.

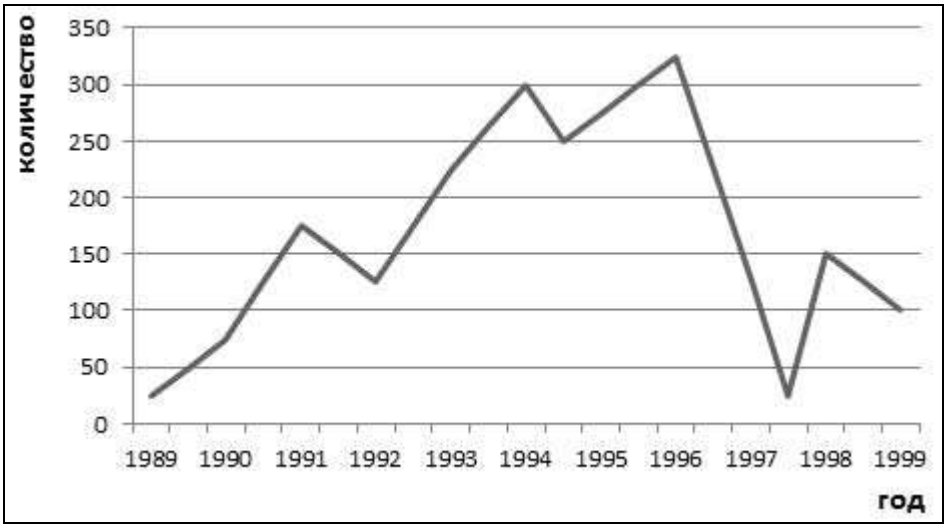



**Рис. 14**

Выберите утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа полученных результатов:

1) наиболее благоприятным годом для нее были 1991 и 1996 годы;

2) численность синиц подвержена сильным колебаниям;

3) с 1992 по 1994 год численность синиц увеличивалась;

4) падение численности наблюдается на протяжении всего времени с 1995 года;

5) наиболее низкая численность наблюдалась в 1993 году.

Ответ: _____

## Часть 2

**Задания 22—28 требуют развернутого ответа.**

**22.** Большинство межвидовых гибридов животных — бесплодно. Почему? Возможно ли преодолеть бесплодие таких гибридов?

**23.** Какие части трубчатой кости обозначены на рис. 15 цифрами 1, 2 и 3? Какие особенности строения характерны этим частям? Какие функции они выполняют?

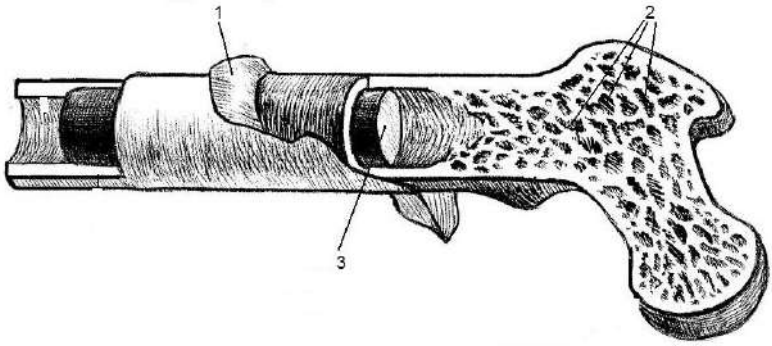



**Рис. 15**

**24.** Найдите 3 ошибки в приведенном тексте. Укажите номера предложений, в которых они сделаны, исправьте их.

1. Популяция — это совокупность свободно скрещивающихся особей одного вида, длительное время занимающая часть ареала вида. 2. Основными характеристиками популяции являются плотность, возрастная и половая структура. 3. Популяция является структурной единицей семейства. 4. Популяция — это элементарная единица эволюции. 5. Мальки разных рыб, живущие в озере, представляют собой одну популяцию. 6. Численность популяции не зависит от воздействия абиотических факторов.

**25.** Какие особенности строения почек помогают им выполнять свои функции в организме человека? Назовите не менее трех таких особенностей.

**26.** Опишите механизм экологического видообразования, начиная с момента возникновения отдельной популяции.

**27.** Какой хромосомный набор содержат клетки фотосинтезирующей ткани листа и спермия липы? Из каких исходных клеток и в результате какого деления образуются эти клетки.

**28.** При скрещивании кукурузы с ромбовидными желтыми семенами с растением, имеющим овальные неокрашенные семена (гены находятся в одной хромосоме), потомство оказалось с ромбовидными желтыми семенами. При анализирующем скрещивании растения из $F_1$ получены следующие результаты: 1150 с ромбовидными желтыми, 1096 с овальными неокрашенными, 132 с ромбовидными неокрашенными и 150 с овальными желтыми семенами. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и потомства в $F_1$ и $F_a$. Какой закон наследственности проявляется в $F_1$ и $F_a$? Ответ объясните.

# ВАРИАНТ 6

## Часть 1

**Ответом к заданиям 1—21 является последовательность цифр, число или слово (словосочетание).**

**1.** Рассмотрите предложенную схему (рис. 16). В ответе запишите пропущенный термин, обозначенный на схеме знаком вопроса.

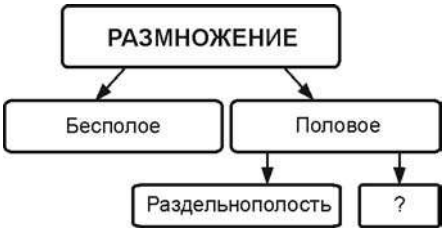



**Рис. 16**

Ответ: _____

**2.** Какие науки изучают строение и функционирование клеток?

1) эмбриология;

2) биохимия;

3) микробиология;

4) цитология;

5) палеонтология.

| | |
|---|---|
| | |

**3.** В сперматозоиде животного содержится 24 хромосомы. Определите количество молекул ДНК в клетке этого животного после метафазы I мейоза.

Ответ: _____

**4.** Биосинтез белка, в отличие от фотосинтеза, происходит:

1) с использованием энергии солнечного света;

2) в ядре;

3) в аппарате Гольджи;

4) на гранулярной ЭПС;

5) с участием рибонуклеиновых кислот.

| | |
|---|---|
| | |

**5.** Установите соответствие между признаком организма и группой, для которой он характерен.

| ПРИЗНАК | ГРУППА ОРГАНИЗМОВ |
|---|---|
| А) неклеточное строение | 1) вирусы |
| Б) наличие собственного обмена веществ | 2) доядерные |
| В) возможность синтеза ДНК по РНК | |
| Г) есть оболочка из муреина | |
| Д) размножение делением надвое | |
| Е) все являются паразитами | |

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**6.** Мужчина дальтоник женат на женщине с нормальным зрением, чей отец также был дальтоником. Какова вероятность рождения (в %) детей-дальтоников в этом браке? В ответе запишите только число.

Ответ: _____

**7.** Какие термины из списка **не относятся** к половому размножению?

1) партеногенез;

2) зигота;

3) спорофит;

4) антеридии;

5) фрагментация.

| | |
|---|---|
| | |

**8.** Установите соответствие между расщеплением в потомстве и типом скрещивания при независимом наследовании.

| РАСЩЕПЛЕНИЕ | ТИП СКРЕЩИВАНИЯ |
|---|---|
| А) 1:1:1:1 | 1) моногибридное |
| Б) 9:3:3:1 | 2) дигибридное |
| В) 1:2:1 | |
| Г) 15:1 | |
| Д) 9:3:4 | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**9.** По каким признакам голосеменные отличаются от папоротникообразных?

1) размножаются спорами;

2) содержат хлорофилл;

3) не требуется вода для оплодотворения;

4) образуют шишки с семязачатками, а затем и с семенами;

5) жизненная форма — деревья, реже кустарники;

6) в древесине отсутствует камбий.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**10.** Установите соответствие между признаком и типом червей, для которого он характерен.

| ПРИЗНАК | ТИП ЧЕРВЕЙ |
|---|---|
| А) наличие целома | 1) Плоские черви |
| Б) кровеносная система отсутствует | 2) Кольчатые черви |
| В) пространство между органами заполнено жидкостью | |
| Г) тело обычно листовидной или лентовидной формы | |
| Д) пищеварительная система слепо замкнута | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**11.** Установите последовательность систематических групп животных, начиная с **наибольшей**.

1) Ястребиные.

2) Птицы.

3) Ястреб-перепелятник.

4) Хордовые.

5) Соколообразные.

6) Ястреб.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**12.** При динамической работе мышц человека, в отличие от статической,

1) движения не происходит;

2) работоспособность менее продолжительна;

3) медленнее наступает утомление;

4) увеличивается частота сердечных сокращений;

5) сокращение мышц чередуется с расслаблением;

6) происходит поддержание позы.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**13.** Установите соответствие между строением, функцией ткани человека и ее типом.

| СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИЯ | ТИП ТКАНИ |
|---|---|
| А) образует железы | 1) эпителиальная |
| Б) состоит из рыхло расположенных клеток | 2) соединительная |
| В) содержит жидкое или твердое межклеточное вещество | |
| Г) межклеточного вещества мало | |
| Д) обеспечивает иммунитет | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**14.** Установите последовательность, характерную для обмена углеводов в организме человека, начиная с их поступления в пищеварительный тракт:

1) удаление продуктов распада из клеток;

2) поступление в клетки тела;

3) переваривание в ротовой полости и кишечнике;

4) окисление до углекислого газа и воды;

5) всасывание в кровь.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**15.** Прочитайте текст. Выберите три предложения, в которых даны описания ароморфозов у птиц. Запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

(1) Разные формы клюва отражают приспособления к типу питания. (2) Для полета сформировались крылья и появились перья. (3) Характерна теплокровность, что обеспечивает высокий уровень обмена веществ. (4) Сердце четырехкамерное, поэтому кровь не смешивается (5) В пищеварительной системе желудок разделен на два отдела, а пищевод переходит в зоб. (6) Все птицы откладывают яйца.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**16.** Установите соответствие между характеристикой вида и критерием вида, к которому эту характеристику относят.

| ХАРАКТЕРИСТИКА | КРИТЕРИЙ ВИДА |
|---|---|
| А) обитают в хвойных и смешанных лесах | 1) морфологический |
| Б) активны ночью, днем прячутся | 2) физиологический |
| В) характерна темная окраска спины | 3) экологический |
| Г) в помете обычно 2—3 потомка | |
| Д) животные ведут одиночный или стайный образ жизни | |

| А | Б | В | Г | Д |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**17.** В экосистеме саморегуляция проявляется в:

1) зависимости численности травоядных от количества трав на лугах;

2) регуляции численности жертв хищниками;

3) сокращении численности редких растений в результате неконтролируемого сбора;

4) смене одного сообщества на другое;

5) гибели деревьев в результате засухи;

6) уменьшении потомства при возрастании численности.

| | | |
|---|---|---|
| | | |

**18.** Установите соответствие между организмами — обитателями экосистемы и функциональной группой, к которой их относят.

| ОРГАНИЗМЫ | ГРУППА |
|---|---|
| А) хламидомонада, хлорелла | 1) консументы |
| Б) дождевой червь, пиявка | 2) продуценты |
| В) дуб, береза | |
| Г) белая планария, гидра | |
| Д) сапротрофные бактерии | |
| Е) шляпочные грибы | |

| А | Б | В | Г | Д | Е |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

**19.** Установите последовательность процессов эмбриогенеза у обыкновенного окуня:

1) появление хорды и нервной трубки;

2) развитие гаструлы;

3) дробление зиготы;

4) вылупление малька;

5) формирование трех зародышевых листков.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**20.** Проанализируйте таблицу. Заполните пустые ячейки таблицы, используя термины, приведенные в списке. Для каждой ячейки, обозначенной буквой, выберите соответствующий термин из предложенного списка.

**Группы организмов**

| Группа | Тип питания | Представители |
|---|---|---|
| Продуценты | ? (А) | растения |
| Консументы | гетеротрофы | ? (Б) |
| Редуценты | ? (В) | бактерии, грибы |

*Список терминов*

1) цианобактерии;

2) автотрофы;

3) мохообразные;

4) миксотрофы;

5) грибы;

6) гетеротрофы;

7) туберкулезная палочка.

| А | Б | В |
|---|---|---|
| | | |

**21.** Изучите график зависимости используемой энергии от продолжительности физической нагрузки (по оси *x* отложена продолжительность нагрузки (в минутах), а по оси *y* — используемая энергия (в кДж)) — рис. 17.

Выберите утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа полученных результатов.

1) чем выше и длительнее нагрузка, тем больше затраты энергии;

2) энергозатраты с 4-й по 5-ю минуты меньше, чем со 2-й по 3-ю;

3) после 3-й минуты нагрузок организму необходимо меньше энергии;

4) с 1-й по 4-ю минуту рост энергозатрат выше, чем с 4-й по 6-ю минуты;

5) от времени затраты энергии не зависят.

Ответ: _____

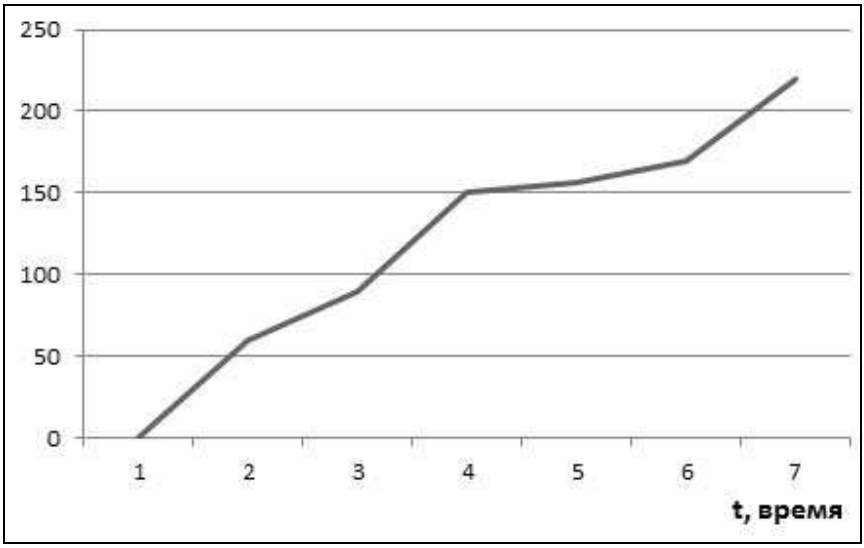



Рис. 17

## Часть 2

**Задания 22—28 требуют развернутого ответа.**

**22.** Почему кормящей матери нельзя употреблять некоторые лекарства и курить? Ответ поясните.

**23.** Какие стадии жизненного цикла папоротника обозначены на рис. 18 цифрами 1, 2, 3? Какой генетический набор характерен для каждой из этих стадий? К какой группе — равноспоровых или разноспоровых папоротников — относится изображенный цикл? Свой ответ обоснуйте.

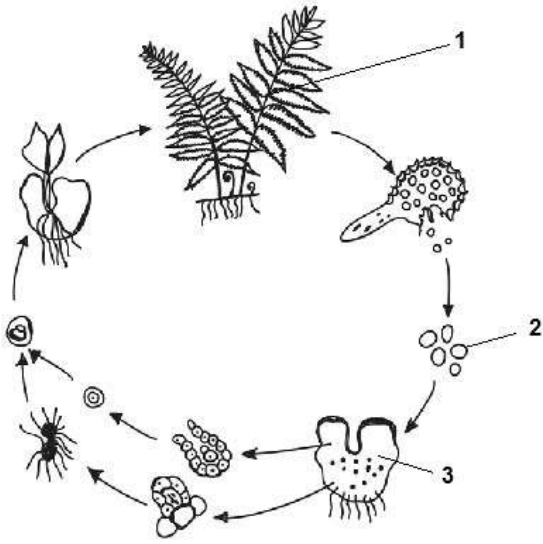



Рис. 18

**24.** Найдите ошибки в приведенном тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их.

1. Спинной мозг образован серым и белым веществом. 2. Белое вещество выполняет рефлекторную функцию. 3. От спинного мозга отходит 31 пара нервов. 4. Передние корешки спинного мозга включают в себя отростки чувствительных нейронов, задние — отростки двигательных нейронов. 5. Задние и передние корешки входят в состав разных нервов.

**25.** Что необходимо предпринять при оказании доврачебной помощи человеку с открытым переломом голени?

**26.** Самцы диких банкиевских кур обладают длинным окрашенным хвостом. Особи с очень коротким и тусклым или слишком длинным и ярким погибают в результате действия естественного отбора. Объясните данное явление с точки зрения теории эволюции. Какая форма естественного отбора проявляется в этом случае?

**27.** В биосинтезе фрагмента молекулы белка участвовали молекулы т-РНК с антикодонами УГЦ, АЦЦ, ГЦА, ЦАЦ, ЦУА. Определите аминокислотную последовательность молекулы белка, строение и-РНК, переносящей информацию о структуре этого белка, и строение участка двухцепочечной ДНК, в которой закодирована информация о первичной структуре этого белка. Для решения используйте таблицу генетического кода.

**28.** У волнистых попугаев желтая окраска — доминантный аутосомный признак (А); сцепленный с Х-хромосомой ген определяет размер клюва (В — короткий клюв). У птиц гомогаметный пол — мужской, а гетерогаметный — женский. Скрестили зеленую самку с длинным клювом с желтым самцом с коротким клювом (гетерозигота). В потомстве оказались птенцы длинноклювые зеленые, короткоклювые зеленые, короткоклювые желтые и длинноклювые желтые. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей и потомства, их пол и соотношение потомства по фенотипу. Какие законы наследственности проявляются в данном случае?

# ПРИЛОЖЕНИЯ

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

# Черепно-мозговые нервы

- I — обонятельный. Отходит от обонятельной луковицы больших полушарий и иннервирует обонятельную область (в носовой полости).
- II — зрительный. Отходит от промежуточного мозга. В полости черепа левый и правый зрительный нервы частично перекрещиваются. Иннервирует сетчатку глаза.
- III — глазодвигательный. Отходит от среднего мозга. Иннервирует мышцы глазного яблока.
- IV — блоковой. Отходит от среднего мозга. Иннервирует мышцы глазного яблока.
- V — тройничный. Отходит от моста. Иннервирует слезные железы, кожу головы, глазное яблоко, зубы, слизистую ротовой полости, барабанную перепонку, мышцы головы.
- VI — отводящий. Отходит от моста. Иннервирует мышцу глазного яблока.
- VII — лицевой. Отходит от моста. Иннервирует мимические мышцы лица, некоторые мышцы шеи; вкусовая чувствительность.
- VIII — преддверно-улитковый. Отходит от моста. Иннервирует вестибулярный аппарат и кортиев орган (внутреннее ухо).
- IX — языкоглоточный. Отходит от продолговатого мозга. Иннервирует мышцы, слизистую глотки и барабанную полость.
- X — блуждающий. Отходит от продолговатого мозга. Иннервирует сердце, органы дыхания и пищеварения, мышцы глотки и гортани, печень и поджелудочную железу, почки.
- XI — добавочный. Отходит от продолговатого мозга. Иннервирует мышцы туловища (например, трапециевидную).
- XII — подъязычный. Отходит от продолговатого мозга. Иннервирует мышцы языка.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 2

# Некоторые скелетные мышцы человека

*Мышцы головы и шеи:* мимические и жевательные (голова); подъязычные, лестничные, грудино-ключично-сосцевидная (шея).

*Мышцы туловища:*

- спина: трапециевидная, широчайшая, ромбовидная (поверхностные — осуществляют движение лопатки, ключицы и плечевой кости); ременная (поворачивает голову), выпрямитель позвоночника (глубокие);
- грудь: грудные, подключичная (поверхностные — обеспечивают движение плечевого пояса); межреберные (глубокие). Обе группы участвуют в дыхательных движениях;
- живот: косые, прямые, поперечные — образуют брюшной пресс;
- диафрагма разделяет грудную и брюшную полости, участвует в дыхательных движениях. Развивается только у млекопитающих.

*Мышцы верхней конечности и пояса конечности:* дельтовидная (пояс), бицепс (двуглавая мышца плеча), трицепс (трехглавая мышца плеча), мышцы предплечья и кисти (сгибатели и разгибатели пальцев).

*Мышцы нижней конечности и пояса конечности:* ягодичные, поясничные (пояс); четырехглавая и двуглавая мышца бедра, портняжная, икроножная, мышцы стопы.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 3

# Половая система. Размножение и развитие человека

## МУЖСКАЯ ПОЛОВАЯ СИСТЕМА

Состоит из половых желез (семенники), семявыносящих протоков, предстательной железы (простаты), семенных пузырьков и полового члена. Основным органом являются семенники, расположенные в мошонке (вне полости тела). Они покрыты соединительнотканной оболочкой, которая образует перегородки, делящие железу на дольки. Внутри долек расположены извитые семенные канальца, выстланные эпителием, в котором развиваются сперматозоиды. Между семенными канальцами находятся клетки Лейдига, образующие эндокринную часть семенника. Они вырабатывают половые гормоны, в том числе тестостерон.

К семеннику снаружи прирастает его придаток — он содержит созревшие сперматозоиды. От придатка отходят семявыносящие протоки, которые проходят через простату и открываются в мочеиспускательный канал. Около окончания протока расположен семенной пузырек, выделяющий особый секрет, разжижающий сперму и питающий сперматозоиды. Простата выделяет секрет (он нейтрализует кислую среду и стимулирует подвижность сперматозоидов), добавляющийся к сперме, и синтезирует некоторые гормоны.

## ЖЕНСКАЯ ПОЛОВАЯ СИСТЕМА

Состоит из половых желез (яичники), маточных (фаллопиевых) труб (в них попадает яйцеклетка после образования в яичниках; также в них происходит оплодотворение), матки (в ней развивается ребенок), влагалища (соединяет полость матки с наружными половыми органами; выделяет вещества, убивающие бактерии) и наружных половых органов.

Яичник — парный орган, расположенный в полости малого таза. Снаружи покрыт эпителием и соединительнотканной оболочкой. Внутри него находится корковое вещество, в котором образуются яйцеклетки, и мозговое вещество, состоящее из соединительной ткани, сосудов и нервов. Образование яйцеклеток носит циклический характер (длительность одного цикла обычно составляет 28 дней). Также яич-

ник содержит эндокринную часть, вырабатывающую женские половые гормоны (эстрогены, прогестерон).

Менструальный цикл женщины. Управляется гормонами гипофиза и яичников. В цикле различают 3 фазы. Менструальная фаза (4 дня при 28-дневном цикле): функциональный слой слизистой оболочки матки отторгается, сосуды вскрываются, наступает кровотечение. Постменструальная фаза (с 5-го по 14—15-й день): под влиянием эстрогенов функциональный слой слизистой матки восстанавливается, в яичнике формируется новая яйцеклетка, которая попадает в маточную трубу. Выход зрелой яйцеклетки называется овуляцией. Предменструальная фаза (15—28 дни): образуется прогестерон, который влияет на маточные железы и слизистую оболочку. Их секреция увеличивается, возрастает толщина функционального слоя в матке. Если яйцеклетка не оплодотворяется, то наступает менструальная фаза.

# РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕКА

Оно начинается с оплодотворения — слияния двух половых клеток. У человека всегда сливаются один сперматозоид и одна яйцеклетка. Иногда у женщины одновременно образуются две яйцеклетки, которые оплодотворяются двумя разными сперматозоидами — так возникают разнояйцевые близнецы. Они могут быть похожими не более, чем родные братья и сестры и могут быть разного пола. Иногда после оплодотворения зигота разделяется на два самостоятельных организма — так формируются однояйцевые близнецы. Они всегда одного пола, очень похожи; у них одинаковый генотип.

После проникновения сперматозоида в яйцеклетку вокруг нее формируется оболочка оплодотворения, препятствующая проникновению других сперматозоидов. После оплодотворения образуется зигота, имеющая диплоидный набор хромосом. Зигота подвергается дроблению — многократному делению митозом. В результате дробления формируется бластула — многоклеточный пузырек. Бластула постепенно опускается в матку, где происходит имплантация — прикрепление бластулы к стенке матки. С этого момента и до 8 недель развития эта стадия называется эмбрионом (с 9-й недели и до рождения — плод). В дальнейшем происходит гаструляция и образование гаструлы — трехслойного зародыша. Этот зародыш содержит три зародышевых листка (экто-, мезо- и эндодерму), из которых формируются органы и системы органов.

В это же время формируется желтое тело беременности (эндокринная железа) и плацента — временный орган, обеспечивающий жизнедеятельность зародыша и в дальнейшем плода. Плацента образуется за счет врастания оболочек эмбриона в стенку матки. Через несколько недель формируется пуповина — длинный тяж, в котором расположены кровеносные сосуды от плода к плаценте. Кровь ребенка и матери никогда не смешивается. По окончанию беременности наступают роды, в результате ребенок появляется на свет.

Беременность у человека длится 270—280 дней, т. е. порядка 9 месяцев.

# ГИГИЕНА БЕРЕМЕННОЙ ЖЕНЩИНЫ

- Соблюдение режима питания. Увеличение количества витаминов, солей кальция и железа в пище; общее количество пищи должно быть увеличено незначительно (среднее увеличение массы тела — 10—12 кг на всю беременность).
- Соблюдение личной гигиены.
- Отсутствие вредных привычек (курение, употребление алкоголя).
- Прием лекарств — только по рекомендации и под контролем врачей.
- Ежедневные прогулки.
- Сохранение привычной физической нагрузки в первую половину беременности и ее сокращение во второй половине.
- Свободная и теплая одежда (по погоде).

# ВОЗРАСТНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕКА

- Новорожденный (от рождения до 1 мес.). Характерно непропорциональное строение тела. Кости черепа не сросшиеся — между ними есть "роднички", тазовые кости также не сросшиеся; позвоночник без изгибов.
- Грудной возраст (от 1 мес. до 1 года). Постепенно появляются изгибы позвоночника, с 6 мес. начинает сидеть, к 12 мес. — ходить. С 6—8 мес. начинается прорезывание молочных зубов. Кормят грудным молоком и начинают добавлять специальную пищу для грудных детей (пюре, соки и т. п.). Ко 2-му мес. формируется "комплекс оживления", с 3—4-го начинает играть в погремушки.
- Детство — с 1 года и до начала полового созревания (10—12 лет). Выделяют:
  - раннее детство, или ясельный возраст (1—3 года). Изменяются пропорции тела. Начинает активно ходить и говорить, возникают манипуляции с предметами. Кризис 3-х лет "я сам";
  - дошкольный период (с 3-х до 6—7 лет). Продолжается познание мира, усиливается вербальный компонент. Основная форма деятельности — игра, а к 6—7 годам — ролевая игра. Молочные зубы начинают заменяться коренными;
  - младший школьный возраст (от 6—7 до 10—12 лет). Ведущая форма деятельности — игра. Начинается интенсивное обучение: ребенок посещает школу.
- Подростковый (пубертатный) возраст (от 10—12 до 16—18 лет). Начинают функционировать половые железы. Формируются вторичные половые признаки, т. е. признаки, отличающие один пол от другого (к первичным половым признакам относятся половые железы и половые органы). Например, у мужчин к ним относятся усы и борода, адамово яблоко (кадык); у женщин — развитые грудные железы, форма таза. Развивается мужской или женский тип фигуры, проис-

ходит ломка голоса. Характерен неравномерный и быстрый рост, быстрая утомляемость, непостоянный и нестабильный гормональный фон, поэтому возможна быстрая смена настроения, неуравновешенное поведение, стремление выделиться. Возникает подростковая субкультура и субмода.

- Юность — окончательно физическое формирование, завершение обучения. Начало самостоятельной жизни.
- Зрелость — формирование мировоззрения, завершение обучения, способность решать разнообразные жизненные задачи самостоятельно. Экономическая независимость.
- Старость.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 4

# Некоторые психические процессы человека

## ПАМЯТЬ

Память — это способность человека хранить информацию и использовать ее при необходимости. Выделяют кратковременную и долговременную память. *Кратковременная память* помогает сохранению информации о чем-либо очень незначительное время. *Долговременная память* — сохранение информации длительное время (от нескольких минут и до десятилетий). Это основной вид памяти человека

В зависимости от того что мы запоминаем и воспроизводим, также выделяют: двигательную память (запоминание движений); эмоциональную (память чувств); образную (сохранение всех видов образов — зрительных, слуховых и т. п.); словесно-логическую или смысловую (запоминание мыслей, выраженных словами).

Существуют два способа запоминания: *механический* и *осмысленный*. Механическое (зазубривание) состоит в многократном повторении материала без его осмысления. При этом знания удерживаются в памяти непрочно. При осмысленном человек пытается понять смысл и суть запоминаемого материала. При таком способе материал запоминается гораздо лучше и в большем объеме. Запоминание бывает также произвольным и непроизвольным. Произвольное связано с сознательным запоминанием материала, оно требует применение специальных приемов от человека. Непроизвольное запоминание обычно основано на сильных эмоциях и происходит независимо от сознания человека.

## ЭМОЦИИ

Эмоции — это субъективные реакции человека на воздействие внутренних и внешних раздражителей, проявляющиеся в виде удовольствия, радости, страха и т. д. Эмоции бывают положительными (радость, смех) и отрицательными (гнев, ярость, страх). Положительные эмоции побуждают человека к их достижению и сохранению. Отрицательные эмоции стимулируют активность, направленную на избегание вредных воздействий. В экстремальных условиях, когда человек не может справиться с конкретной ситуацией, развиваются аффекты — это особый вид эмоций. Аффекты характеризуются бурным протеканием и ярко выраженными внешними

проявлениями. Высшая степень развития эмоций человека — чувства. Чувства выражают отношение человека к обществу, самому себе или другим людям. Они характеризуются стабильностью, длительностью и индивидуальностью.

Все эмоции имеют внешние проявления. Это могут быть движения, мимика, учащение дыхания, усиление сердцебиения и т. п. Проявление эмоций в той или иной ситуации индивидуально и зависит от темперамента и воспитания.

# РЕЧЬ

Звуки образуются за счет работы голосовых связок гортани. Окончательное оформление звуков происходит при участии органов ротовой полости. В состав любой речи входят гласные и согласные звуки.

В первые четыре месяца жизни в голосе ребенка слышатся первые гласные и согласные звуки. С 3—4 месяцев ребенок пытается комбинировать звуки в слоги. К концу первого года появляются первые слова, богатые гласными звуками. В этот период речь ребенка носит подражательный характер, затем она становится осмысленной и сознательной. В целом человек учится говорить до 5—6 лет. Если в этот период времени человек не слышит человеческую речь, то он не научится говорить никогда (синдром Маугли).

# МЫШЛЕНИЕ

Мышление — это особый вид деятельности человека, характеризующийся обобщенным и опосредованным отражением внешнего мира и внутренних переживаний. Благодаря мышлению человек правильно ориентируется в окружающем мире, используя ранее полученные знания в новой обстановке.

Мышление человека происходит посредством понятий, каждое из которых выражается словом (одним или несколькими) или образом. Эти понятия являются элементами мышления, различные их сочетания дают возможность переходить от одних мыслей к другим, т. е. протекать процессу мышления в различных его формах.

Мышление человека развивается постепенно. Сначала оно заключается в выполнении определенной последовательности действий. В это время ребенок способен только предсказывать результат действия (например, он знает, что будет, если ударить игрушку молотком). С 7—10 лет формируется способность к логическому рассуждению. При этом могут использоваться только конкретные понятия. Последняя стадия развития мышления — возникновение способностей к абстракциям. Обычно она развивается с 11—13 лет.

# СОН

Сон — это особое физиологическое состояние мозга и организма в целом, при котором снижается реакция нервной системы на внешние раздражители. Сон человека состоит из нескольких циклов, каждый цикл включает две фазы — медленный и быстрый сон. За ночь у обычного человека проходит несколько полных циклов сна.

Медленный сон характеризуется замедлением дыхания и сердечного ритма, мышцы расслабляются, температура понижается, глаза неподвижны или совершают медленные движения. Он наступает сразу после засыпания и длится 1—1,5 часа. В этой фазе выделяют 4 стадии. Первая стадия (дремота) выражается замедлением работы нервной системы. Вторая стадия — возникновение собственно сна. В третью стадию возникают регулярные медленные волны, в четвертую они доминируют (эти две стадии часто объединяют под общим названием — дельта-сон). При пробуждении из фазы медленного сна человек обычно не помнит сновидений.

Во время быстрого сна усиливается работа внутренних органов, учащается пульс и дыхание, повышается давление крови и температура тела, тонус мышц также повышается. Глаза совершают быстрые движения. Продолжается 10—15 мин. Быстрый сон наступает после медленного сна. В эту фазу часто возникают сновидения и, просыпаясь, человек обычно хорошо их помнит.

У многих людей возникают нарушения сна. Основными причинами считаются некоторые заболевания, нарушение нормального суточного ритма, перегрузка информацией, гиподинамия. В среднем человеку ежедневно необходимо 8 часов сна (для детей больше, для пожилых людей — меньше). Перед сном нельзя долго смотреть телевизор или сидеть за компьютером, также не рекомендуют обильную еду. При нарушениях сна отмечается снижение работоспособности, усталость, потеря концентрации и т. п.

# ТЕМПЕРАМЕНТ

Темперамент — это тип нервной системы человека. Каждый тип темперамента характеризуется особенностями протекания психических процессов.

Выделяют 4 типа темперамента:

- *холерик* — неустойчивый, неуравновешенный, взрывной тип. Человек с таким темпераментом характеризуется быстротой действий, переменчивым настроением, сильными и быстро возникающими чувствами, хорошо выраженными жестами и мимикой;
- *сангвиник* — устойчивый, уравновешенный, сильный тип. Сангвиники энергичны, общительны, характеризуются ярким проявлением эмоций. У них высокая работоспособность;
- *флегматик* — устойчивый, уравновешенный, сильный тип. Флегматик — довольно спокойный, часто замкнутый человек. Для него характерно слабое внешнее проявление собственных эмоций, его мимика обычно маловыразительна. Обычно люди этого типа характеризуются упорством, устойчивостью к действию стрессовых факторов и высокой работоспособностью;
- *меланхолик* — неустойчивый, неуравновешенный, слабый тип. Основной признак таких людей — повышенная склонность к глубоким эмоциональным переживаниям. Обычно это малообщительные, ранимые люди; у них низкая работоспособность и быстрая утомляемость.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

# Таблица генетического кода (и-РНК)

| Первое основание | Второе основание | | | | Третье основание |
|---|---|---|---|---|---|
| | **У** | **Ц** | **А** | **Г** | |
| У | Фен | Сер | Тир | Цис | У |
| | Фен | Сер | Тир | Цис | Ц |
| | Лей | Сер | — | — | А |
| | Лей | Сер | — | Три | Г |
| Ц | Лей | Про | Гис | Арг | У |
| | Лей | Про | Гис | Арг | Ц |
| | Лей | Про | Глн | Арг | А |
| | Лей | Про | Глн | Арг | Г |
| А | Иле | Тре | Асн | Сер | У |
| | Иле | Тре | Асн | Сер | Ц |
| | Иле | Тре | Лиз | Арг | А |
| | Мет | Тре | Лиз | Арг | Г |
| Г | Вал | Ала | Асп | Гли | У |
| | Вал | Ала | Асп | Гли | Ц |
| | Вал | Ала | Глу | Гли | А |
| | Вал | Ала | Глу | Гли | Г |

*Правила пользования таблицей:* первый нуклеотид в триплете берется из левого вертикального ряда, второй — из верхнего горизонтального ряда и третий — из правого вертикального. Там, где пересекутся линии, идущие от всех трех нуклеотидов, и находится искомая аминокислота.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

# Некоторые хромосомные болезни человека

- *Синдром Дауна.* Для людей, страдающих этим заболеванием, характерна умственная отсталость, низкий рост, короткие пальцы, характерный разрез глаз. Причина болезни — наличие дополнительной хромосомы в 21-й паре (трисомия), реже — перенос участка 21-й хромосомы на 15-ю. Возникновение болезни Дауна связано с нарушением мейоза у женщины, когда происходит нерасхождение гомологичных хромосом и возникает яйцеклетка с 24 хромосомами (в норме каждая гамета содержит 23 хромосомы). При оплодотворении такой яйцеклетки развивается ребенок с синдромом Дауна. Вероятность рождения больного ребенка возрастает с увеличением возраста женщины: после 40 лет частота рождения больных детей сильно увеличивается.
- *Синдром Клайнфельтера.* Люди, страдающие этой болезнью, фенотипически являются худощавыми мужчинами высокого роста, с длинными руками и ногами, узкими плечами и широким тазом. Вторичные половые признаки выражены слабо. Причина этой болезни — наличие второй Х-хромосомы (набор половых хромосом ХХУ).
- *Синдром Шерешевского — Тернера.* Это болезнь, встречающаяся у женщин. Ее причина — отсутствие одной Х-хромосомы (набор половых хромосом Х0). Эти женщины низкого роста (120—140 см), с короткой шеей и крыловидными складками кожи на шее (вид "сфинкса"). Вторичные половые признаки выражены слабо.
- *Синдром Патау.* Появление этой болезни связано с наличием третьей хромосомы в 13 паре. Эта болезнь характеризуется серьезными нарушениями в работе различных органов, что приводит к смерти больных на первом году жизни.
- *Синдром "кошачьего крика".* Для всех больных характерно уменьшение короткого плеча у одной из хромосом из 5-й пары. Это заболевание сопровождается нарушением функций многих внутренних органов, ранней детской смертностью и плачем, напоминающим мяуканье кошки.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 7

# Наследственность и изменчивость организмов по Дарвину

Ч. Дарвином были выделены две формы изменчивости: определенная (групповая) и неопределенная (индивидуальная).

Определенная, или групповая — это изменчивость, возникающая под влиянием какого-нибудь фактора внешней среды, который одинаково действует на всех особей и изменяет их в одном направлении. С современных позиций, это модификационная изменчивость.

Неопределенная, или индивидуальная, изменчивость проявляется у отдельных особей. Эта изменчивость является наследственной. К ее разновидностям Ч. Дарвин относил:

- длящаяся изменчивость — это незначительные наследственные изменения, которые постепенно накапливались в ряду поколений. Это мелкие, почти незаметные изменения, которые составляют отличительный признак каждого отдельного животного и растения от всех других особей того же вида. Индивидуальные различия не ограничиваются только внешними признаками, а затрагивают особенности внутреннего строения, физиологии, поведения и др.;
- возникновение новых форм в результате резких изменений. Эти изменения внезапные, самопроизвольные и возникают одномоментно. Поэтому особи с подобными изменениями могут считаться внезапно возникшей новой породой. В качестве примера Дарвин называл Мошанских овец: в 1828 г. во Франции на ферме Мошан появился ягненок, с длинной, мягкой, прямой и шелковистой шерстью. У растений такие внезапные изменения встречаются также довольно часто (например, подобным образом возникла однолистная земляника). В основе этого вида изменчивости лежат мутации;
- соотносительная или коррелятивная изменчивость, при которой изменение в одном органе является причиной изменений других органов (голуби с оперенными ногами имеют перепонки между пальцами; белые кошки с голубыми глазами глухи). В ее основе, по современным данным, лежит множественное действие гена;
- изменчивость от скрещивания, дающая разные сочетания признаков. В основе этой формы изменчивости лежат комбинации признаков, т. е. это комбинативная изменчивость.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 8

# Правила макроэволюции

- *Необратимость эволюционного процесса* (закон Л. Долло) — вид не может вернуться к прежнему состоянию, уже осуществленному в ряду его предков.

  Пример: киты, дельфины, тюлени — морские животные. Они освоили водную среду, но в своей жизни непрерывно связаны с воздушной средой. Они уже никогда не смогут приобрести жабры, утраченные дальними предками наземных четвероногих, поэтому их приспособление к водной среде будет не таким, как у рыб.

- *Чередование главных направлений эволюции* (закон А. Н. Северцова): в эволюции чередуются ароморфозы, принципиально меняющие уровень организации таксона, с идиоадаптациями — изменениями частного порядка.

  Этот закон иллюстрируется эволюцией любой крупной группы живых организмов: масштабные эволюционные изменения случаются редко и проходят быстро (об этом можно судить по редкости ископаемых остатков переходных форм на таких отрезках эволюционного развития) и чередуются со сравнительно долгими периодами мелких изменений по пути увеличения специализации.

  Пример. Среди растений такими крупными изменениями были: появление фотосинтеза; многоклеточное строение; возникновение органов и тканей; появление семян, цветков и плодов. Каждый ароморфоз сопровождался расцветом определенных групп растений. Но эти ароморфозы разделяли огромные промежутки времени, когда шло активное образование видов с этими новоприобретенными признаками.

- *Правило происхождения от неспециализированных предков* (правило Э. Д. Копа): обычно новые крупные группы организмов берут свое начало не от высших представителей предкового класса, а от сравнительно примитивных малоспециализированных форм. Низкая специализация предковых форм определяет возможность возникновения принципиально иных приспособлений.

  Пример. Примитивные летающие насекомые имели две пары крыльев с густой сетью жилок, простые, почти одинаковые ходильные ноги и ротовой аппарат грызущего типа.

- *Правило прогрессирующей специализации* (правило Ш. Депере) — группа организмов, вступившая на путь специализации, в дальнейшем будет идти все дальше по пути этой специализации. Прогрессирующая специализация затрагивает, как правило, лишь отдельные органы или системы органов. При этом изменение одних органов в связи с новыми условиями среды компенсирует длительное отставание темпов преобразования других органов.

  Пример: предки птиц приобрели способность к полету, и в последующем эта способность сохранилась и усилилась; увеличение размеров тела позвоночных, что является более выгодным с точки зрения обмена веществ; уменьшение размеров тела у грызунов, ведущих подземный образ жизни, и ласки, охотящейся в норах.

- *Правило адаптивной радиации* (правило Г. Ф. Осборна или принцип дивергенции Ч. Дарвина): филогенез любой группы сопровождается разделением ее на ряд отдельных филогенетических стволов, которые расходятся в разных адаптивных направлениях от исходного состояния. То есть развитие любой группы организмов сопровождается ее разделением дивергенцией на ряд отдельных дочерних групп, которые осваивают различные экологические условия.

- *Правило усиления интеграции биологических систем* (И. И. Шмальгаузен): биологические системы в процессе эволюции становятся все более интегрированными, с все более развитыми регуляторными механизмами, обеспечивающими такую интеграцию.

  Если сравнить высокоразвитых и низкоорганизованных животных, можно заметить, что высокоразвитые животные отлично действуют как единое целое, но плохо переносят свое разрушение. Например, курица с отрубленной головой живет всего несколько минут, а черепаха с размозженной головой — несколько недель. Плоские черви, разрезанные на две части, восстанавливают из каждой целое животное. Раки легко восстанавливают утраченные конечности и усики, а осьминоги — щупальца, а человек не сможет восстановить утраченную руку или ногу. Низкоорганизованные животные легче переносят всевозможные повреждения, в то время как среди высокоорганизованных животных способность к регенерации усиливается лишь у сидячих и малоподвижных форм. Быстрая гибель поврежденного организма высокоорганизованного животного говорит о тесной взаимосвязи его органов и их систем.

# Ответы к тематическим тестам

## ГЛАВА 1. БОТАНИКА

### Тест по анатомии и морфологии растений

#### Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 10 | 4 | 19 | 4 | 28 | 3 |
| 2 | 2 | 11 | 4 | 20 | 3 | 29 | 1 |
| 3 | 1 | 12 | 3 | 21 | 4 | 30 | 2 |
| 4 | 4 | 13 | 1 | 22 | 4 | 31 | 4 |
| 5 | 1 | 14 | 2 | 23 | 3 | 32 | 2 |
| 6 | 3 | 15 | 3 | 24 | 3 | 33 | 2 |
| 7 | 2 | 16 | 3 | 25 | 3 | | |
| 8 | 2 | 17 | 2 | 26 | 3 | | |
| 9 | 4 | 18 | 3 | 27 | 2 | | |

#### Часть В[1]

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 124 | В3 | 145 | В5 | 331213 | В7 | 25134 |
| В2 | 236 | В4 | 12112 | В6 | 122121 | В8 | 3214 |

[1] Для вопросов, в которых необходимо сопоставить таблицы, ответы можно представить так: А3Б3В1Г2Д1Е3. То есть варианту А из левой таблицы соответствует вариант 3 из правой, варианту Б — вариант 3, и т. д. Но запись ответа можно укоротить, отбросив буквы. Тогда и получится ответ 331213, как, например, для вопроса В5.

## Часть С[1]

**С1.** Для уменьшения испарения: нижняя сторона листьев меньше нагревается, поэтому потери воды будут меньше, что обеспечит нормальное протекание всех процессов в растении.

**С2.** Такое строение колленхимы позволяет молодому органу интенсивно расти, т. к. клетки колленхимы способны к растяжению и росту.

**С3.** Ошибки: № 2 — тройчатые — это сложные листья; № 4 — камбия в листьях нет; № 6 — дыхание происходит постоянно.

**С4.** Благодаря соцветиям увеличивается время цветения, следовательно, возрастает вероятность опыления и оплодотворения. Таким образом, общее количество плодов на растении будет больше.

**С5.** Либо яркие сочные плоды, семена которых имеют плотную оболочку, которая способна выдержать воздействие желудочного и кишечного сока животного. Либо плоды сухие с большим количеством разнообразных выростов для прикрепления к шерсти животного.

**С6.** Вегетативное размножение преобладает у растений (земляника, малина, ландыш), семена которых либо трудно прорастают, либо их немного, либо они не выдерживают конкуренции с другими растениями. Половое размножение преобладает у растений (дуб, береза, сосна, одуванчик) с большим количеством семян, семена которых конкурентоспособны, при этом размер семян не имеет решающего значения.

# Тест по систематике растений

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 8 | 4 | 15 | 3 | 22 | 4 |
| 2 | 1 | 9 | 3 | 16 | 3 | 23 | 3 |
| 3 | 3 | 10 | 2 | 17 | 4 | 24 | 1 |
| 4 | 1 | 11 | 3 | 18 | 4 | 25 | 1 |
| 5 | 4 | 12 | 3 | 19 | 2 | 26 | 3 |
| 6 | 3 | 13 | 4 | 20 | 2 | 27 | 3 |
| 7 | 3 | 14 | 3 | 21 | 4 | 28 | 3 |

[1] Необходимо отметить, что ответы на задания части С любого теста даны конспективно, по ключевым пунктам.

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 145 | В3 | 245 | В5 | 121211 | В7 | 24153 |
| В2 | 234 | В4 | 12211 | В6 | 121121 | В8 | 25341 |

## Часть С

**С1.** У них появляются органы (лист, стебель, почка) и ткани (покровные, основные); большинство мохообразных обитает на суше.

**С2.** Бесполое размножение происходит быстро, поэтому в благоприятных условиях, когда ресурсов много и их нужно быстро освоить, водоросли используют именно этот способ. При половом размножении образуется зигота, которая обычно имеет прочные внешние оболочки, позволяющие растению пережить неблагоприятные условия.

**С3.** Возможный вариант ответа[1]:

1) хорошо развитые покровные ткани;

2) появление корневой системы;

3) более совершенная проводящая система, соединяющая все органы растения.

**С4.** Возможный вариант ответа:

1) их листья благодаря своему строению испаряют гораздо меньше воды;

2) хорошо развитая корневая система, позволяющая добывать воду из почвы;

3) особое строение покровных тканей, позволяющее уменьшить испарение.

**С5.** Возможный вариант ответа:

1) наличие цветков и плодов;

2) семена расположены в плодах, поэтому лучше защищены от неблагоприятных воздействий;

3) наличие эндосперма и двойное оплодотворение;

4) появление сосудов в древесине.

---

[1] Словосочетание "возможный вариант ответа" говорит о том, что к правильным ответам относится большее количество фактов, явлений и проч., чем приведено в готовом ответе.

# Тест по бактериям, грибам и лишайникам

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 5 | 4 | 9 | 3 | 13 | 2 |
| 2 | 2 | 6 | 3 | 10 | 3 | 14 | 4 |
| 3 | 3 | 7 | 1 | 11 | 2 | 15 | 3 |
| 4 | 3 | 8 | 2 | 12 | 3 | | |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 146 | В2 | 134 | В3 | 212211 | В4 | 21212 |

## Часть С

**С1.** Лишайник представляет собой симбиотический организм, состоящий из гриба и водоросли и обладающий особенностями строения и размножения, характерными только для него.

**С2.** Возможный вариант ответа:

1) не все природные зоны Земли благоприятны для обитания конкретного вида бактерий;

2) наличие конкурентов и врагов;

3) нехватка ресурсов.

**С3.** Многие цианобактерии способны к азотфиксации: они переводят атмосферный азот в нитраты, тем самым увеличивая их количество на рисовых плантациях. Эти нитраты используются растениями для построения клеток (азот — один из макроэлементов), поэтому урожайность риса повышается.

**С4.** Заражение грибами-паразитами может происходить многими способами, в том числе через пыльцу при перекрестном опылении (споры паразита могут прикрепляться к пыльце или к телу насекомых-опылителей) или через другие органы цветка, а самоопыляемым растениям, во-первых, не требуется пыльца другой особи, во-вторых, их цветок обычно имеет плотно сомкнутые части околоцветника. Все это препятствует заражению.

# Итоговый тест по ботанике

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 10 | 1 | 19 | 2 | 28 | 3 |
| 2 | 4 | 11 | 3 | 20 | 3 | 29 | 1 |
| 3 | 1 | 12 | 4 | 21 | 3 | 30 | 4 |
| 4 | 2 | 13 | 2 | 22 | 1 | 31 | 2 |
| 5 | 1 | 14 | 4 | 23 | 2 | 32 | 2 |
| 6 | 2 | 15 | 4 | 24 | 3 | 33 | 4 |
| 7 | 2 | 16 | 2 | 25 | 4 | 34 | 4 |
| 8 | 3 | 17 | 3 | 26 | 2 | 35 | 1 |
| 9 | 2 | 18 | 3 | 27 | 2 | 36 | 1 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 235 | В3 | 125 | В5 | 12212 | В7 | 311233 |
| В2 | 345 | В4 | 211222 | В6 | 112121 | В8 | 134562 |

## Часть С

**С1.** Клубень имеет почки, узлы и междоузлия.

**С2.** Ошибки: № 2 — молодой стебель деревьев покрыт кожицей (эпидермой); № 3 — пробка образуется в первый год жизни стебля; № 4 — луб состоит из ситовидных трубок, сосуды — это клетки древесины.

**С3.** 1 — верхняя эпидерма (кожица), представленная одним слоем живых клеток и покрытая кутикулой (транспирация, газообмен, защита); 2 — столбчатая ткань, являющаяся составной частью основной фотосинтезирующей ткани (фотосинтез); 3 — проводящий пучок, состоящий из механической ткани, луба и древесины (транспорт веществ).

**С4.** Возможный вариант ответа:

1) наличие мицелия и гиф;

2) гетеротрофы, нет пластид и не способны к фотосинтезу;

3) клеточная стенка из хитина;

4) размножение спорами.

**С5.** Возможный вариант ответа:

1) семена, покрытые мощной и прочной оболочкой;

2) узкие и жесткие листья для уменьшения испарения;

3) запасающие ткани, в которых накапливаются необходимые вещества;

4) покровные ткани, препятствующие внешним воздействиям;

5) короткий вегетационный период (у пустынных и тундровых растений).

**С6.** Возможный вариант ответа:

1) появление тканей и органов;

2) появление и развитие корневой системы, поглощающей вещества из почвы;

3) независимость размножения (в частности, процесса оплодотворения) от воды;

4) развитие проводящей системы, связывающей все органы растения в единое целое.

# ГЛАВА 2. ЗООЛОГИЯ

## Тест по беспозвоночным животным

### Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 10 | 4 | 19 | 4 | 28 | 2 |
| 2 | 4 | 11 | 1 | 20 | 3 | 29 | 2 |
| 3 | 3 | 12 | 1 | 21 | 1 | 30 | 3 |
| 4 | 4 | 13 | 2 | 22 | 3 | 31 | 1 |
| 5 | 3 | 14 | 4 | 23 | 3 | 32 | 3 |
| 6 | 1 | 15 | 1 | 24 | 4 | 33 | 3 |
| 7 | 3 | 16 | 2 | 25 | 2 | 34 | 1 |
| 8 | 2 | 17 | 1 | 26 | 2 | 35 | 2 |
| 9 | 3 | 18 | 3 | 27 | 4 | 36 | 3 |

### Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 235 | В3 | 125 | В5 | 22211 | В7 | 112212 |
| В2 | 136 | В4 | 221211 | В6 | 211212 | В8 | 14352 |

## Часть С

**С1.** Дыхательная система комара представлена трахеями, которые открываются дыхальцами на брюшке. Таким образом, ротовой аппарат комара непосредственно с его дыхательной системой не связан.

**С2.** Ошибки: № 1 — кишечнополостные относятся к двухслойным животным; № 4 — стрекательные клетки используются только один раз, после чего они отмирают; № 5 — пищеварение также происходит в клетках.

**С3.** Возможный вариант ответа:

1) хорошо развитые покровы тела и органы прикрепления;

2) отсутствие пищеварительной системы у ленточных червей;

3) способность поглощать пищу через покровы тела;

4) огромное число половых продуктов.

**С4.** Жемчужина образуется у некоторых двустворчатых моллюсков. Образование жемчужины: сначала между мантией и створкой раковины попадает инородная частица, а затем она начинает обрастать перламутровыми слоями. Чем больше таких слоев, тем крупнее жемчуг.

**С5.** Из-за отсутствия естественных врагов количество крабов быстро увеличивается, и они начинают вытеснять многие местные виды, а также резко снижается численность донных животных, которые используются крабом в пищу.

**С6.** Это объясняется:

1) параллельной эволюцией цветковых растений и насекомых, которые опыляют эти растения;

2) разнообразием способов и типов питания насекомых;

3) приспособлением к обитанию в разнообразных природных зонах.

# Тест по теме "Тип Хордовые"

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 10 | 4 | 19 | 2 | 28 | 3 |
| 2 | 4 | 11 | 1 | 20 | 4 | 29 | 1 |
| 3 | 2 | 12 | 2 | 21 | 3 | 30 | 1 |
| 4 | 2 | 13 | 2 | 22 | 3 | 31 | 2 |
| 5 | 4 | 14 | 4 | 23 | 1 | 32 | 2 |
| 6 | 2 | 15 | 3 | 24 | 3 | 33 | 2 |
| 7 | 3 | 16 | 1 | 25 | 2 | 34 | 2 |
| 8 | 2 | 17 | 3 | 26 | 2 | 35 | 2 |
| 9 | 1 | 18 | 2 | 27 | 3 | 36 | 2 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B1 | 135 | B3 | 245 | B5 | 122112 | B7 | 11212 |
| B2 | 135 | B4 | 22111 | B6 | 112323 | B8 | 51432 |

## Часть С

**C1.** У таких рыб обычно очень хорошо развита забота о потомстве или икринки откладываются в труднодоступные для их врагов места, поэтому выживаемость мальков у этих видов гораздо выше, чем у рыб с большим количеством икры. Также такие рыбы обычно долго живут и, как следствие этого, неоднократно размножаются в течение своей жизни.

**C2.** Ошибки: № 3 — кочующие птицы перемещаются в пределах одной природной зоны, на расстоянии не более нескольких сотен километров; № 5 — скворцы, ласточки и стрижи — перелетные птицы; № 6 — особи одного вида могут быть или только оседлыми, или только перелетными.

**C3.** Возможный вариант ответа:

1) размножаются в воде;

2) икринки и личинки также развиваются в воде;

3) кожа тонкая и голая, поэтому не может защитить организм от излишнего испарения воды.

**C4.** Возможный вариант ответа:

1) внутреннее оплодотворение и зародышевые оболочки;

2) появление неполной перегородки в сердце, уменьшающей смешение крови;

3) более совершенное строение дыхательной системы;

4) головной мозг (особенно большие полушария) развит сильнее.

**C5.** Возможный вариант ответа:

1) перьевой покров и крылья;

2) крупные грудные мышцы;

3) легкий и прочный скелет;

4) полное разделение артериального и венозного кровотока.

**C6.** Возможный вариант ответа: наличие у предковых форм

1) вторичного костного нёба;

2) дифференцированных зубов, располагающихся в челюстных альвеолах;

3) двух затылочных мыщелков;

4) практически полного сходства пищеварительной системы.

# Итоговый тест по зоологии

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 10 | 3 | 19 | 2 | 28 | 4 |
| 2 | 3 | 11 | 4 | 20 | 2 | 29 | 3 |
| 3 | 1 | 12 | 2 | 21 | 2 | 30 | 4 |
| 4 | 1 | 13 | 2 | 22 | 2 | 31 | 3 |
| 5 | 2 | 14 | 4 | 23 | 1 | 32 | 2 |
| 6 | 2 | 15 | 2 | 24 | 2 | 33 | 1 |
| 7 | 1 | 16 | 3 | 25 | 3 | 34 | 4 |
| 8 | 2 | 17 | 3 | 26 | 2 | 35 | 2 |
| 9 | 3 | 18 | 3 | 27 | 1 | 36 | 1 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 246 | В3 | 246 | В5 | 22121 | В7 | 112222 |
| В2 | 126 | В4 | 21122 | В6 | 112211 | В8 | 256413 |

## Часть С

**С1.** Многие клещи являются переносчиками опасных болезней человека, в том числе таких, как энцефалит, тиф и т. д.

**С2.** Ошибки: № 2 — раковина развита не у всех моллюсков, например, у большинства головоногих она редуцирована; № 4 — кровеносная система незамкнутая; № 5 — органом выделения служат почки.

**С3.** В результате этого численность травоядных животных (например, оленей и косуль) сначала вырастет, а затем резко снизится из-за возникновения эпидемий в популяции этих животных. Также будет уменьшаться количество растительности, особенно подроста и травянистых растений.

**С4.** Возможный вариант ответа: отсутствие кожного дыхания, размножение на суше, зародышевые оболочки, 4-камерное сердце, вторичное костное нёбо.

**С5.** Более прогрессивным и эволюционно молодым является развитие с полным превращением. При таком типе развития насекомых уменьшается конкуренция между личинками и взрослыми формами, т. к. они используют разные ресурсы среды, и прежде всего пищевые.

**С6.** Возможный вариант ответа:

1) запасание корма (сойки, поползни);

2) после линьки в конце лета возникает более густой перьевой покров;

3) образование смешанных стай (синицы разных видов);

4) переход на питание другими кормами.

# ГЛАВА 3. АНАТОМИЯ

## Тест по теме "Ткани"

### Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 5 | 3 | 9 | 3 | 13 | 3 |
| 2 | 2 | 6 | 1 | 10 | 2 | 14 | 2 |
| 3 | 2 | 7 | 2 | 11 | 1 | 15 | 2 |
| 4 | 3 | 8 | 3 | 12 | 3 | | |

### Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 145 | В2 | 22112 | В3 | 32121 |

### Часть С

**С1.** Возможный вариант ответа: способность синтезировать биологически активные вещества, плотно прилегающие друг к другу клетки, прочность соединения, высокая регенерационная способность.

**С2.** Возможный вариант ответа: молекулы ядовитого вещества действуют на мембрану нейрона и блокируют выделение медиатора в синаптическую щель, из-за чего нервный импульс не способен перейти с нейрона на нейрон.

**С3.** Ошибки: № 2 — гладкие мышцы не относятся к разновидностям соединительной ткани; № 3 — в межклеточном веществе соединительной ткани содержится много волокон; № 5 — в состав сухожилий в основном входит плотная соединительная ткань.

# Тест по теме "Нервная система"

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 6 | 1 | 11 | 3 | 16 | 2 |
| 2 | 4 | 7 | 4 | 12 | 1 | 17 | 1 |
| 3 | 2 | 8 | 1 | 13 | 2 | 18 | 3 |
| 4 | 3 | 9 | 1 | 14 | 3 | 19 | 4 |
| 5 | 3 | 10 | 4 | 15 | 4 | 20 | 2 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 236 | В2 | 322131 | В3 | 121112 | В4 | 42513 |

## Часть С

**С1.** В данном случае мы имеем дело с нарушением работы мозжечка, который отвечает за координацию движений: его работа нарушена настолько, что человек постоянно промахивается мимо предмета, в данном случае, мимо кружки.

**С2.** Возможный вариант ответа: преобладание лобной доли над всеми остальными; большее количество борозд и извилин; большие полушария достигают максимального размера по отношению ко всему мозгу.

**С3.** Это может быть связано с нарушением работы рецепторов (не воспринимают температуру, боль и т. д.), чувствительных нейронов (не передают информацию в нервный центр) или самого нервного центра (его часть, отвечающая за обработку поступающей информации, не функционирует).

# Тест по теме "Эндокринная система"

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 6 | 2 | 11 | 1 | 16 | 2 |
| 2 | 4 | 7 | 4 | 12 | 2 | 17 | 3 |
| 3 | 3 | 8 | 3 | 13 | 2 | 18 | 4 |
| 4 | 2 | 9 | 2 | 14 | 2 | 19 | 4 |
| 5 | 2 | 10 | 4 | 15 | 4 | 20 | 3 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 135 | В2 | 245 | В3 | 22121 | В4 | 211212 |

## Часть С

**С1.** Эта болезнь называется акромегалией. Она связана с гиперфункцией гипофиза у взрослого человека, когда избыток гормона соматотропина приводит к росту отдельных частей тела.

**С2.** Половые гормоны (гормоны половых желез), гормон роста (гормон гипофиза) и тироксин (гормон щитовидной железы).

**С3.** Возможный вариант ответа: человек видит, что к нему приближается собака, которая рычит и лает. Информация об этом по нервам поступает в мозг, который посылает нервные импульсы, учащающие сердцебиение и дыхание, повышающие давление и т. д. Одновременно надпочечники выделяют в кровь адреналин, действующий аналогичным образом.

# Тест по теме "Опорно-двигательный аппарат"

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4 | 6 | 2 | 11 | 2 | 16 | 4 |
| 2 | 3 | 7 | 3 | 12 | 1 | 17 | 3 |
| 3 | 3 | 8 | 3 | 13 | 3 | 18 | 2 |
| 4 | 3 | 9 | 4 | 14 | 4 | 19 | 2 |
| 5 | 1 | 10 | 2 | 15 | 3 | 20 | 2 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 235 | В2 | 134 | В3 | 112221 | В4 | 12112 |

## Часть С

**С1.** Возможный вариант ответа:

1) чаще происходит повреждение крупных кровеносных сосудов и возникает венозное или артериальное кровотечение;

2) разрывается кожа, поэтому внутрь организма могут проникнуть болезнетворные бактерии в большом количестве.

**С2.** Ошибки: № 3 — в губчатой костной ткани содержится красный костный мозг; № 4 — плоские кости в основном образованы губчатой тканью; № 5 — надкостница обеспечивает рост кости в толщину.

**С3.** Возможный вариант ответа:

1) травмы позвоночника;

2) наследственные болезни, рахит;

3) неправильное распределение нагрузки (например, ученик носит портфель только на правом плече);

4) неправильная поза при сидении.

# Тест по теме "Кровь"

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 6 | 2 | 11 | 2 | 16 | 1 |
| 2 | 2 | 7 | 1 | 12 | 3 | 17 | 2 |
| 3 | 3 | 8 | 1 | 13 | 3 | 18 | 1 |
| 4 | 2 | 9 | 2 | 14 | 3 | 19 | 4 |
| 5 | 4 | 10 | 2 | 15 | 3 | 20 | 2 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 135 | В2 | 236 | В3 | 22121 | В4 | 354261 |

## Часть С

**С1.** Кровь и лимфа содержат клетки и межклеточное вещество, а также выполняют специфические функции в организме человека.

**С2.** Концентрация физиологического раствора составляет 0,9%, что соответствует концентрации ионов в плазме крови, т. е. такой раствор является изотони-

ческим. Поэтому при введении лекарств в таком растворе клетки крови человека не разрушаются.

**С3.** При неспецифическом ответе чужеродные микроорганизмы уничтожаются благодаря фагоцитозу, но не со всеми антигенами можно справиться таким образом. При специфическом ответе возникают специальные белки, которые опознают все попавшие в организм антигены, поэтому борьба с ними становится более эффективной.

## Тест по теме "Кровеносная и лимфатическая системы"

### Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 6 | 2 | 11 | 1 | 16 | 3 |
| 2 | 4 | 7 | 4 | 12 | 4 | 17 | 3 |
| 3 | 1 | 8 | 1 | 13 | 2 | 18 | 2 |
| 4 | 3 | 9 | 3 | 14 | 2 | 19 | 1 |
| 5 | 1 | 10 | 3 | 15 | 2 | 20 | 2 |

### Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 145 | В2 | 245 | В3 | 232131 | В4 | 264153 |

### Часть С

**С1.** Самые толстые мышечные стенки — у левого желудочка. Это связано с тем, что в нем самое высокое давление крови, следовательно, его стенки испытывают наибольшую нагрузку.

**С2.** Возможный вариант ответа: в состоянии стресса мышцы сосудов и сердца работают с большим напряжением, что приводит к уменьшению их эластичности, более быстрому изнашиванию, нарушению клеточного дыхания из-за нехватки кислорода и спазмам.

**С3.** При избыточном поступлении липидов (в том числе холестерина) на стенках сосудов изнутри откладываются холестериновые бляшки, уменьшающие просвет сосудов. В результате затрудняется кровоток через такие участки, что может привести к инфаркту, атеросклерозу и другим сердечно-сосудистым заболеваниям.

# Тест по теме "Пищеварительная система"

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 6 | 2 | 11 | 3 | 16 | 4 |
| 2 | 2 | 7 | 2 | 12 | 3 | 17 | 1 |
| 3 | 1 | 8 | 2 | 13 | 1 | 18 | 2 |
| 4 | 2 | 9 | 2 | 14 | 3 | 19 | 2 |
| 5 | 3 | 10 | 4 | 15 | 2 | 20 | 2 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 236 | В2 | 135 | В3 | 221232 | В4 | 21233 |

## Часть С

**С1.** Возможный вариант ответа:

1) нарушения в работе желудка и тонкого кишечника;

2) поражение печени;

3) поражение почек.

**С2.** Ферменты слюны участвуют в расщеплении углеводов, лизоцим обладает антибактериальным действием, муцины облегчают глотание. Слюноотделение контролируется безусловными рефлексами (при попадании пищи в ротовую полость) и условными рефлексами (при виде, запахе и мыслях о еде).

**С3.** Возможный вариант ответа:

1) избыточный вес;

2) нарушение углеводного и липидного обменов, и, как следствие этого, сахарный диабет;

3) появление липидных бляшек на стенках сосудов и возникновение заболеваний сердечно-сосудистой системы;

4) накопление больших жировых запасов, которое приводит к ожирению.

# Тест по теме "Обмен веществ. Витамины"

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 6 | 3 | 11 | 2 | 16 | 2 |
| 2 | 2 | 7 | 2 | 12 | 2 | 17 | 4 |
| 3 | 2 | 8 | 1 | 13 | 3 | 18 | 4 |
| 4 | 4 | 9 | 3 | 14 | 2 | 19 | 3 |
| 5 | 3 | 10 | 4 | 15 | 1 | 20 | 3 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 246 | В2 | 146 | В3 | 22112 | В4 | 246513 |

## Часть С

**С1.** Цинга возникает при длительном отсутствии витамина С в пище. В рацион русских моряков всегда входила квашеная капуста, в которой содержится много этого витамина (до 20—25 мг на 100 г самого продукта и до 30 мг на 100 г рассола).

**С2.** В хлебобулочных и кондитерских изделиях содержится большое количество углеводов, избыток которых легко превращается в жиры, откладывающиеся в подкожной жировой клетчатке.

**С3.** Возможный вариант ответа: при избытке жиров в пище прежде всего страдает печень (необходимо выделять больше желчи для эмульгирования жиров) и кровеносная система, которой надо транспортировать больше продуктов переваривания жиров. При избытке белков основное отрицательное действие оказывается на почки (приходится удалять большее количество мочевины) и опять-таки на печень (в ней метаболизируются аминокислоты).

# Тест по теме "Дыхательная система"

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 6 | 3 | 11 | 2 | 16 | 4 |
| 2 | 1 | 7 | 3 | 12 | 2 | 17 | 2 |
| 3 | 1 | 8 | 2 | 13 | 4 | 18 | 3 |
| 4 | 4 | 9 | 3 | 14 | 2 | 19 | 3 |
| 5 | 2 | 10 | 2 | 15 | 3 | 20 | 1 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 235 | В2 | 112221 | В3 | 21121 | В4 | 532641 |

## Часть С

**С1.** Большинство дыхательных мышц относится к поперечнополосатым, которые способны к произвольному сокращению, поэтому мы можем регулировать их работу; мышцы желудка — гладкие, их работа контролируется непроизвольно вегетативной нервной системой.

**С2.** За задней стенкой трахеи проходит пищевод, который при глотании несколько расширяется. Цельное хрящевое кольцо не дает такой возможности, поэтому хрящи гортани имеют форму дуги.

**С3.** При подъеме в горы, с определенного уровня, воздух становится более разреженным, поэтому при вдохе в организм поступает меньше кислорода, чем обычно. Чтобы компенсировать нехватку кислорода в тканях, у человека вырабатывается больше эритроцитов, которые переносят кислород. Именно так тренируются многие спортсмены, увеличивающие кислородную емкость крови.

# Тест по теме "Кожа. Почки. Выделение"

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 6 | 4 | 11 | 3 | 16 | 4 |
| 2 | 1 | 7 | 2 | 12 | 3 | 17 | 2 |
| 3 | 2 | 8 | 2 | 13 | 2 | 18 | 2 |
| 4 | 3 | 9 | 1 | 14 | 3 | 19 | 1 |
| 5 | 3 | 10 | 2 | 15 | 4 | 20 | 4 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B1 | 356 | B2 | 135 | B3 | 21212 | B4 | 35241 |

## Часть С

**C1.** Вместе с пóтом человек теряет не только воду, но и ионы, что может привести к нарушению водно-минерального обмена. Поэтому необходимо пить минеральную воду, т. к. при этом восполняются не только потери воды, но и потери ионов.

**C2.** Действительно, после принятия напитков, содержащих алкоголь, сначала сосуды расширяются, и человеку кажется, что он согревается. Однако через непродолжительное время сосуды резко суживаются, и человеку становится очень холодно. Также нельзя забывать, что резкое расширение сосудов увеличивает потери тепла, что в условиях низких температур может привести к переохлаждению или даже обморожению.

**C3.** Возможный вариант ответа:

1) часть жидкости удаляется через кожу в составе пота;

2) часть жидкости удаляется в виде пара через легкие;

3) количество мочи также зависит от внешней температуры, протекания обменных процессов, от питания человека (например, большое количество белка в пище требует много воды для его переваривания).

# Тест по теме "Анализаторы"

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 6 | 2 | 11 | 3 | 16 | 3 |
| 2 | 1 | 7 | 2 | 12 | 2 | 17 | 2 |
| 3 | 3 | 8 | 1 | 13 | 4 | 18 | 1 |
| 4 | 2 | 9 | 3 | 14 | 2 | 19 | 4 |
| 5 | 3 | 10 | 2 | 15 | 3 | 20 | 4 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 134 | В2 | 256 | В3 | 232123 | В4 | 322212 |

## Часть С

**С1.** Для выравнивания давления в наружном и среднем ухе, чтобы предотвратить поражение барабанной перепонки (вплоть до ее разрыва).

**С2.** У водителя при такой работе глаз очень быстро устают мышцы, изменяющие кривизну хрусталика, поэтому возникает усталость глаз.

**С3.** В оценке вкуса пищи, наряду со вкусовыми рецепторами, участвуют обонятельные рецепторы, расположенные в носовой полости. При насморке, сопровождающемся воспалением слизистой носовой полости, обонятельные рецепторы работают гораздо хуже обычного, поэтому и вкус пищи человек различает гораздо слабее.

# Итоговый тест по анатомии

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 10 | 3 | 19 | 2 | 28 | 3 |
| 2 | 2 | 11 | 1 | 20 | 1 | 29 | 3 |
| 3 | 3 | 12 | 2 | 21 | 2 | 30 | 2 |
| 4 | 2 | 13 | 2 | 22 | 2 | 31 | 3 |
| 5 | 3 | 14 | 2 | 23 | 1 | 32 | 3 |
| 6 | 1 | 15 | 2 | 24 | 1 | 33 | 3 |
| 7 | 3 | 16 | 2 | 25 | 3 | 34 | 2 |
| 8 | 3 | 17 | 1 | 26 | 2 | 35 | 1 |
| 9 | 2 | 18 | 2 | 27 | 4 | 36 | 3 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 235 | В3 | 135 | В5 | 212212 | В7 | 22112 |
| В2 | 246 | В4 | 11212 | В6 | 132121 | В8 | 35124 |

## Часть С

**С1.** Возможный вариант ответа:

1) антибиотик должен приниматься строго в определенном количестве;

2) антибиотик должен приниматься в виде курсового лечения, чтобы не возникали устойчивые к нему штаммы бактерий.

**С2.** Буквой А на рисунке обозначен мозжечок. В нем различают два полушария, покрытые корой, и червь. Мозжечок состоит из белого и серого вещества. Мозжечок отвечает за координацию движений и регуляцию тонуса мышц.

**С3.** Ошибки: № 2 — дуги безусловных рефлексов проходят через ствол головного мозга и через спинной мозг; № 4 — условные рефлексы потомству не передаются; № 6 — условный рефлекс не разрушается, а затухает.

**С4.** Возможный вариант ответа:

1) некоторые витамины в больших количествах вызывают отравления (например, витамин А);

2) витамины не накапливаются в организме, поэтому излишек будет удаляться, что увеличит нагрузку на почки;

3) возможны нарушения процессов жизнедеятельности (например, при избыточном поступлении витамина D возникают рвота, головная боль и боли в суставах и костях, а избыточное поступление витамина С способствует образованию камней в почках).

**С5.** Возможный вариант ответа:

1) снижение иммунитета;

2) частые заболевания простудного характера;

3) поражение органов, в которых есть очаги воспалительных процессов, приводящее к различным последствиям, в том числе к некрозу и бесплодию;

4) снижение работоспособности, быстрая утомляемость.

**С6.** Возможный вариант ответа:

| Завтрак | Обед | Полдник | Ужин |
|---|---|---|---|
| 375 кДж.<br>1) стакан молока (200 г);<br>2) хлеб белый (50 г);<br>3) сыр (30 г) | 750 кДж.<br>1) рис отварной (50 г);<br>2) свинина (150 г);<br>3) масло растительное (5 г);<br>4) салат из капусты (100 г) и моркови (100 г) | 188 кДж.<br>1) кефир (300 г);<br>2) творог (60 г) | 188 кДж.<br>1) каша гречневая (50 г);<br>2) масло сливочное (2 г) |

# ГЛАВА 4. ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

## ТЕСТ ПО ТЕМЕ "ЦИТОЛОГИЯ"

### Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 10 | 3 | 19 | 2 | 28 | 3 |
| 2 | 2 | 11 | 2 | 20 | 1 | 29 | 4 |
| 3 | 1 | 12 | 3 | 21 | 1 | 30 | 2 |
| 4 | 2 | 13 | 3 | 22 | 2 | 31 | 4 |
| 5 | 4 | 14 | 2 | 23 | 2 | 32 | 3 |
| 6 | 3 | 15 | 2 | 24 | 3 | 33 | 2 |
| 7 | 4 | 16 | 4 | 25 | 3 | 34 | 1 |
| 8 | 3 | 17 | 2 | 26 | 3 | 35 | 2 |
| 9 | 2 | 18 | 2 | 27 | 2 | 36 | 4 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 123 | В3 | 134 | В5 | 121211 | В7 | 21121 |
| В2 | 356 | В4 | 212121 | В6 | 12211 | В8 | 43521 |

## Часть С

**С1.** Возможный вариант ответа:

1) сходства: наличие оболочки, мембраны, цитоплазмы, рибосом;

2) отличия: у бактерий нет мембранных органоидов, ДНК расположена в цитоплазме, оболочка состоит из муреина (а у растений из целлюлозы).

**С2.** Митохондрии развиты сильнее в клетках мышечной ткани, т. к. она постоянно сокращается, для чего ей требуется большое количество АТФ. АТФ в клетках синтезируется в митохондриях.

**С3.** Фрагмент ДНК: ЦГАТТАЦААГАААТГ. Антикодоны т-РНК: ЦГА, УУА, ЦАА, ГАА, АУГ. Аминокислотная последовательность: ала-асн-вал-лей-тир.

**С4.** Фрагмент т-РНК: АУАЦЦЦГАУААЦГЦА. Антикодон ГАУ, кодон и-РНК — ЦУА, аминокислота — лей.

**С5.** 2n = 20. Генетический набор: перед митозом 20 хромосом и 40 молекул ДНК; после митоза 20 хромосом и 20 молекул ДНК; после первого деления мейоза 10 хромосом и 20 молекул ДНК; после второго деления мейоза 10 хромосом и 10 молекул ДНК.

**С6.** После гликолиза — 64 АТФ, после кислородного этапа — 1152 молекулы АТФ, суммарный эффект диссимиляции — 1216 АТФ.

# Тест по теме "Размножение организмов. Гаметогенез. Онтогенез"

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 9 | 2 | 17 | 2 | 25 | 1 |
| 2 | 2 | 10 | 1 | 18 | 2 | 26 | 1 |
| 3 | 3 | 11 | 3 | 19 | 1 | 27 | 1 |
| 4 | 2 | 12 | 4 | 20 | 1 | 28 | 3 |
| 5 | 4 | 13 | 2 | 21 | 1 | 29 | 3 |
| 6 | 1 | 14 | 3 | 22 | 4 | 30 | 3 |
| 7 | 1 | 15 | 2 | 23 | 1 | | |
| 8 | 2 | 16 | 3 | 24 | 4 | | |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 124 | В3 | 145 | В5 | 21221 | В7 | 123132 |
| В2 | 235 | В4 | 221211 | В6 | 213312 | В8 | 41352 |

## Часть С

**С1.** При половом размножении происходит обмен генетической информации, что повышает генетическую разнородность популяций и дает больше вариантов для эволюционного отбора.

**С2.** Возможный вариант ответа:

1) уменьшение конкуренции за пищу между личинками и взрослыми формами;

2) уменьшение конкуренции за территорию между личинками и взрослыми формами;

3) распространение и освоение новых территорий благодаря большей подвижности личиночных форм.

**С3.** Возможный вариант ответа:

1) три стадии, а не четыре;

2) из одной исходной клетки образуется одна половая клетка, а не четыре;

3) в стадию роста одновременно вступает немного клеток.

**С4.** У этих животных вероятность оплодотворения гораздо ниже, чем у животных с внутренним оплодотворением; забота о потомстве развита слабо или отсутствует.

**С5.** Бесполое размножение, как правило, осуществляется гораздо быстрее, чем половое, поэтому ресурсы среды используются более быстро и полно, также происходит освоение новых территорий. При половом размножении образуется зигота, способная перенести неблагоприятные условия (например, зиму в умеренном климате).

**С6.** Цифрой 1 обозначена энтодерма. Из нее образуются пищеварительная система, печень, щитовидная и поджелудочная железа, органы дыхания.

# Тест по теме "Генетика и селекция"

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 10 | 3 | 19 | 2 | 28 | 2 |
| 2 | 3 | 11 | 1 | 20 | 3 | 29 | 2 |
| 3 | 1 | 12 | 1 | 21 | 2 | 30 | 3 |
| 4 | 4 | 13 | 4 | 22 | 2 | 31 | 2 |
| 5 | 2 | 14 | 2 | 23 | 3 | 32 | 4 |
| 6 | 3 | 15 | 4 | 24 | 2 | 33 | 2 |
| 7 | 1 | 16 | 2 | 25 | 2 | 34 | 1 |
| 8 | 2 | 17 | 1 | 26 | 2 | 35 | 2 |
| 9 | 2 | 18 | 3 | 27 | 2 | 36 | 1 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 356 | В3 | 136 | В5 | 12221 | В7 | 11221 |
| В2 | 234 | В4 | 21122 | В6 | 33212 | В8 | 42513 |

## Часть С

**С1.** Изменение структуры хромосом относится к хромосомным мутациям. Метод исследования — цитогенетический.

**С2.** Отличия связаны с уходом за животными: второй фермер явно ухаживал гораздо лучше, применял соответствующие корма, делал профилактические прививки и т. д. Изменение признака (в том числе массы тела) определяется нормой реакции. Вероятно, для этой породы верхний предел составляет именно 800 кг, поэтому никакие, даже лучшие условия, не помогли фермеру откормить быка больше этой массы.

**С3.** Массовый отбор эффективен, когда выделяют особей по качественным, просто наследуемым признакам (белые или красные цветки и т. п.). При отборе по количественным, сложно наследуемым признакам (число зерен в колосе, содержание жиров в плодах) более эффективен индивидуальный отбор, т. к. здесь нужна предельно точная оценка генотипа.

**С4.** А — правша, а — левша; $X^H$ — норма, $X^h$ — болезнь. Мужчина $AaX^hY$, женщина — аа $X^HX^H$.

Дети: 25% — мальчик, правша, здоров, генотип $AaX^HY$; 25% — мальчик, левша, здоров, генотип $aaX^HY$; 25% — девочка, правша, носительница, генотип $AaX^HX^h$; 25% — девочка, левша, носительница, генотип $aaX^HX^h$.

**С5.** Мужчина $AaI^{B}i^{0}$, женщина $AaI^{B}i^{0}$, ребенок $aai^{0}i^{0}$.

**С6.** Исходные растения: АаВв и Аавв. Генотипы потомства: АаВв (желтые овальные); Аавв (желтые шаровидные); аавв (белые шаровидные) и ааВв (белые овальные).

## Тест по теме "Эволюция. Развитие жизни на Земле. Антропогенез"

### Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 10 | 2 | 19 | 2 | 28 | 2 |
| 2 | 2 | 11 | 2 | 20 | 3 | 29 | 2 |
| 3 | 2 | 12 | 2 | 21 | 2 | 30 | 3 |
| 4 | 4 | 13 | 2 | 22 | 4 | 31 | 4 |
| 5 | 3 | 14 | 2 | 23 | 2 | 32 | 4 |
| 6 | 3 | 15 | 4 | 24 | 3 | 33 | 2 |
| 7 | 3 | 16 | 4 | 25 | 2 | 34 | 4 |
| 8 | 1 | 17 | 3 | 26 | 1 | 35 | 1 |
| 9 | 1 | 18 | 2 | 27 | 2 | 36 | 1 |

### Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 245 | В3 | 123 | В5 | 221212 | В7 | 12212 |
| В2 | 346 | В4 | 112221 | В6 | 211122 | В8 | 42135 |

### Часть С

**С1.** Возможный вариант ответа:

1) появление органов и тканей;

2) развитие корневой системы;

3) развитие проводящих тканей, объединяющих все органы в единое целое;

4) постепенное уменьшение зависимости оплодотворения от воды, вплоть до полной утраты такой зависимости.

**С2.** Морфологический (особенности строения), экологический (питание, гнездование) и географический (ареал).

**С3.** Упрощение строения вполне может быть связано с приспособлением к среде обитания. Например, у многих червей паразитов редуцируются органы чувств и нервная система, т. к. для условий, в которых они обитают, высокий уровень нервной деятельности не является необходимым.

**С4.** Возможный вариант ответа:

1) возникновение второго круга кровообращения и трехкамерного сердца;

2) появление среднего уха, в том числе одной слуховой косточки;

3) конечности рычажного типа;

4) орган дыхания — легкие.

**С5.** Такой тип окраски относится к мимикрии — подражанию и сходству незащищенного вида с защищенным. Относительный характер приспособления заключается в том, что молодые птицы поедают цветочных мух до тех пор, пока не попытаются съесть осу.

**С6.** Возможный вариант ответа:

1) освоение орудий труда;

2) освоение огня;

3) развитие речи и социальных отношений;

4) охота на крупных животных.

## Тест по теме "Экология"

### Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 10 | 2 | 19 | 4 | 28 | 2 |
| 2 | 4 | 11 | 4 | 20 | 1 | 29 | 2 |
| 3 | 2 | 12 | 2 | 21 | 1 | 30 | 2 |
| 4 | 3 | 13 | 1 | 22 | 1 | 31 | 2 |
| 5 | 1 | 14 | 2 | 23 | 2 | 32 | 3 |
| 6 | 1 | 15 | 4 | 24 | 1 | 33 | 3 |
| 7 | 2 | 16 | 2 | 25 | 4 | 34 | 2 |
| 8 | 2 | 17 | 2 | 26 | 1 | 35 | 2 |
| 9 | 3 | 18 | 2 | 27 | 3 | 36 | 1 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 124 | В3 | 245 | В5 | 11212 | В7 | 231312 |
| В2 | 145 | В4 | 331322 | В6 | 22121 | В8 | 4256731 |

## Часть С

**С1.** Возможный вариант ответа:

1) узкие и жесткие листья, уменьшающие испарение воды;

2) длинные корни, способные достать до водоносного слоя;

3) хорошо развитые водоносные ткани, в которых растение запасает воду.

**С2.** Возможный вариант ответа:

1) количество травоядных резко увеличивается;

2) травоядные поедают слишком много растительности, поэтому сообщество начинает разрушаться;

3) из-за повышения плотности населения среди травоядных вспыхивают эпидемии, приводящие к резкому падению численности (ниже обычного уровня).

**С3.** В любом сообществе действует правило: чем больше видов в сообществе, тем оно устойчивее и стабильнее, т. к. ресурсы среды используются разнообразнее и полнее. При уменьшении видового разнообразия устойчивость биоценоза уменьшается, и оно становится более уязвимым.

**С4.** На полях обычно выращивается только одна культура, которой и питаются определенные виды вредителей. Поскольку этот вид растений занимает доминирующее положение, то и вредителей становится больше (больше пищи — выше численность). В естественной экосистеме численность любого вида ограничена количеством ресурсов и наличием врагов, поэтому количество насекомых и грызунов существенно ниже, чем на полях.

**С5.** Возможный вариант ответа:

1) образование пленки на поверхности воды, не пропускающей кислород в воду, и, как следствие, гибель многих водных обитателей;

2) загрязнение нефтью кожных покровов и перьев у птиц, ведущее к их смерти от нарушения терморегуляции;

3) накопление нефтепродуктов в телах живых организмов (кумулятивный эффект), причем сильнее всего будут страдать животные, находящиеся на вершине пищевой цепочки.

**С6.** Продуценты — поглощение углекислого газа и выделение кислорода (в процессе фотосинтеза); консументы и редуценты — поглощение кислорода и выделение углекислого газа в процессе дыхания. Также часть водных организмов (моллюски, простейшие) использует соединения углерода для постройки скелета.

# Итоговый тест по общей биологии

## Часть А

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 10 | 3 | 19 | 1 | 28 | 3 |
| 2 | 1 | 11 | 1 | 20 | 3 | 29 | 2 |
| 3 | 3 | 12 | 1 | 21 | 2 | 30 | 2 |
| 4 | 2 | 13 | 2 | 22 | 3 | 31 | 2 |
| 5 | 1 | 14 | 3 | 23 | 2 | 32 | 3 |
| 6 | 2 | 15 | 4 | 24 | 2 | 33 | 1 |
| 7 | 1 | 16 | 2 | 25 | 1 | 34 | 2 |
| 8 | 3 | 17 | 1 | 26 | 1 | 35 | 1 |
| 9 | 1 | 18 | 2 | 27 | 1 | 36 | 3 |

## Часть В

| № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ | № вопроса | Ответ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| В1 | 134 | В3 | 146 | В5 | 21211 | В7 | 12221 |
| В2 | 145 | В4 | 22121 | В6 | 212112 | В8 | 43152 |

## Часть С

**С1.** Перед митозом количество ДНК удваивается, поэтому масса составляет $9\times10^{-9}$ мг. После митоза количество ДНК уменьшается в два раза, поэтому масса равна $4{,}5\times10^{-9}$ мг. После мейоза набор хромосом в клетке nc, поэтому масса ДНК будет $2{,}25\times10^{-9}$ мг.

**С2.** Ошибки: № 2 — формы естественного отбора предложены И. Шмальгаузеном; № 3 — движущая форма отбора способствует сохранению особей с новым значением признака; № 5 — изменение окраски бабочек (индустриальный меланизм) — пример движущей формы естественного отбора.

**С3.** У переселенных видов практически отсутствовали естественные враги и паразиты в новых условиях, благодаря чему они очень быстро размножались и начинали вытеснять местные виды. Иногда их размножение приобретало характер национального бедствия, например ввоз кроликов в Австралию.

**С4.** Возможный вариант ответа:

1) преобладание диплоидного спорофита над гаплоидным гаметофитом;

2) появление корней;

3) возникновение разноспоровости у некоторых видов.

**С5.** Клетки зоны деления корня содержат диплоидный набор хромосом. Они образуются митозом из зародышевого корешка семени. Эндосперм характеризуется триплоидным набором хромосом, он образуется при слиянии одного гаплоидного спермия с центральной диплоидной клеткой.

**С6.** А — прямостоячий стебель, а — цепляющийся стебель; В — красные цветки, в — белые цветки. Генотипы родителей: аавв и ААВВ (исходные формы гомозиготны, т. к. в потомстве нет расщепления). В анализирующем скрещивании формируется 4 фенотипических класса, но соотношение отличается от менделеевского 1:1:1:1, поэтому в данном случае мы имеем дело со сцепленным наследованием (закон Моргана). Гены, кодирующие эти признаки, находятся в одной хромосоме, но сцепление неполное, поэтому и образуется 4 класса в потомстве.

Схема:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Р | аавв | × | | ААВВ |
| Г | ав | | | АВ |
| $F_1$ | | АаВв | | |
| Р | АаВв | × | | аавв |
| Г | АВ, ав | (некроссоверные) | | ав |
| | Ав, аВ | (кроссоверные) | | |
| $F_a$ | АаВв | аавв | Аавв | ааВв |
| | 453 особи | 444 особи | 117 особей | 106 особей |

# Ответы к итоговым тестам в формате ЕГЭ

## ЧАСТЬ 1

| № | Вариант 1 | Вариант 2 | Вариант 3 | Вариант 4 | Вариант 5 | Вариант 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | отряд | ветром | приобретенный | митохондрия | вирусы | гермафродитизм |
| 2 | 35 | 14 | 45 | 25 | 15 | 24 |
| 3 | 90 | 24 | 10 | 27 | 8 | 48 |
| 4 | 23 | 34 | 12 | 35 | 12 | 45 |
| 5 | 222112 | 21121 | 12121 | 21212 | 11222 | 121221 |
| 6 | 121 | 25 | 11 | 90 | 20 | 50 |
| 7 | 24 | 15 | 35 | 35 | 14 | 35 |
| 8 | 12122 | 231321 | 12121 | 23123 | 31232 | 22122 |
| 9 | 234 | 145 | 135 | 356 | 123 | 345 |
| 10 | 211122 | 12112 | 212112 | 212121 | 122122 | 21211 |
| 11 | 42315 | 416325 | 52413 | 512634 | 13452 | 425163 |
| 12 | 146 | 234 | 135 | 234 | 146 | 345 |
| 13 | 2112 | 11221 | 212121 | 321442 | 2121 | 12212 |
| 14 | 342561 | 24315 | 534621 | 413652 | 25413 | 35241 |
| 15 | 236 | 256 | 126 | 356 | 256 | 234 |
| 16 | 212112 | 12221 | 121122 | 112212 | 12121 | 33123 |
| 17 | 124 | 123 | 256 | 356 | 246 | 126 |
| 18 | 21312 | 12221 | 12122 | 212211 | 11212 | 212111 |
| 19 | 4321 | 3142 | 1423 | 14352 | 63514 | 32514 |
| 20 | 246 | 572 | 452 | 593 | 489 | 256 |
| 21 | 25 | 235 | 13 | 125 | 23 | 14 |

# ЧАСТЬ 2

## Вариант 1

**22.** Возможный вариант ответа:

1) в ДНК-содержащих вирусах содержится тимин, а в РНК-содержащих — урацил;

2) в ДНК-содержащих вирусах содержится ДНК, а в РНК-содержащих — РНК;

3) в нуклеотидах ДНК-содержащих вирусах содержится дезоксирибоза, а в РНК-содержащих — рибоза.

**23.** 1) Луковица — подземный видоизмененный побег.

2) 1 — сочные листья, 2 — стебель (донце), 3 — почка.

3) 1 — запасающая, 2 — прикрепление листьев, почек и корней, 3 — развитие нового растения.

**24.** 2. Тело не всех грибов состоит из мицелия, есть одноклеточные формы (дрожжи).

3. Клетка грибов снаружи покрыта клеточной стенкой из хитина.

5. По способу питания грибы — гетеротрофы.

**25.** 1) Кишечный сок содержит ферменты, действующие на все виды органических веществ. Под его воздействием полимеры распадаются до мономеров.

2) Безусловные рефлексы: при попадании пищи в кишечник.

3) Условные рефлексы: при виде, запахе еды или мыслях о еде.

**26.** Возможный вариант ответа:

1) теплокровность;

2) четырехкамерное сердце и полное разделение артериального и венозного кровотока;

3) перьевой покров;

4) высокий уровень развития нервной системы и органов чувств.

**27.** 1) Антикодоны т-РНК (по правилу комплементарности): ГЦА, ЦЦА, УАА, ГГГ, АЦЦ.

2) ДНК (по правилу комплементарности): ГЦАЦЦАТААГГГАЦЦ.

3) Аминокислоты: арг-гли-про-три.

**28.** А — красные глаза, а — белые; В — дефектные крылья, b — нормальные крылья.

P: AAbb × aaBB

(исходные особи гомозиготны, т. к. в потомстве нет расщепления)

Г: Ab aB

$F_1$: AaBb (красные глаза, дефектные крылья)

P: AaBb × aaBB

Г: Ab, AB, aB, ab aB

$F_1$: AaBB и AaBb (красные глаза, дефектные крылья 50%),
aaBB и aaBb (белые глаза, дефектные крылья 50%)

P: AAbb × AaBb

Г: Ab AB, Ab, aB, ab

$F_1$: AABb и AaBb (красные глаза, дефектные крылья 50%),
Aabb и Aabb (красные глаза, нормальные крылья 50%)

## Вариант 2

**22.** 1) биологический метод борьбы с вредителями;

2) наездники откладывают свои яйца в яйца и личинок вредителей. Вылупившаяся личинка наездника поедает яйцо или личинку изнутри.

**23.** Цифрой 1 обозначена хорда. Она развивается из энтодермы. Также из энтодермы развиваются органы пищеварительной и дыхательной систем.

**24.** 2. Слюнные железы выделяют слюну, содержащую ферменты только для переваривания углеводов. На белки ферменты слюны не действуют.

3. Печень выделяет желчь, которая по протоку попадает в тонкий кишечник. Ферменты печень не выделяет.

5. Поджелудочный сок поступает в 12-перстную кишку (тонкий кишечник).

**25.** Возможный вариант ответа:

1) в продолговатом мозге;

2) гормоны (например, адреналин), нервные импульсы от коры больших полушарий; лекарственные препараты и некоторые напитки или продукты.

**26.** Возможный вариант ответа:

1) наследственная изменчивость поставляет материал для эволюции;

2) изоляция приводит к формированию разных приспособлений у разных популяций;

3) борьба за существование и естественный отбор формируют приспособления к конкретным условиям среды.

**27.** Фрагмент т-РНК (по правилу комплементарности): ГУУ-ЦУА-ААА-ЦАА-УУГ. Антикодон ААА, кодон и-РНК (по правилу комплементарности) — УУУ, аминокислота — фен.

**28.** А — черная окраска, а — белая; В — наличие шпор на ногах, b — отсутствие шпор.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| P: | $X^aYBb$ (гетерозиготна по условию) | | × | $X^AX^abb$ (гетерозиготен по условию) | |
| Г: | $X^aB$, $X^ab$, YB, Yb | | | $X^Ab$, $X^ab$ | |
| $F_1$: | Гаметы | $X^aB$ | $X^ab$ | YB | Yb |
| | $X^Ab$ | $X^AX^aBb$ | $X^AX^abb$ | $X^AYBb$ | $X^AYbb$ |
| | $X^ab$ | $X^aX^aBb$ | $X^aX^abb$ | $X^aYBb$ | $X^aYbb$ |

Расщепление в потомстве: 50% черных и 50% белых; 50% со шпорами и 50% без шпор; по обоим признакам расщепление одинаково у петухов и куриц.

## Вариант 3

**22.** Возможный вариант ответа:

1) скелетные мышечные и нервные;

2) эти клетки очень специализированные.

**23.** 1) митохондрия;

2) это органеллы с двойной мембраной — наружной гладкой и внутренней с многочисленными выростами (кристами);

3) участвуют в энергетическом обмене клетки. В них окисляется ПВК до $CO_2$ и $H_2O$, а также синтезируется АТФ.

**24.** 2. Белая планария — свободноживущий плоский червь. 3. Печеночный сосальщик — это паразит, основным хозяином которого является человек и крупный рогатый скот. 5. Взрослый широкий лентец размножается в организме человека и рыбоядных млекопитающих.

**25.** Возможный вариант ответа:

1) быстрая смена поколений;

2) высокое генетическое разнообразие;

3) хорошая приспособленность к различным условиям обитания.

**26.** Атмосферный азот усваивается азотфиксирующими бактериями, обитающими в почве и на корнях бобовых растений. Они переводят его в нитраты, которые используются растениями. Растения не могут самостоятельно окислять молекулярный азот, поэтому получают его только из почвы или от симбиотических бактерий. Животные получают азот только из пищи, поедая растения или других животных. После гибели растений и животных их останки разла-

гаются благодаря нитрифицирующим бактериям, которые возвращают азотные соединения в почву. Часть органических останков разлагается денитрифицирующими бактериями с образованием свободного азота, вновь поступающего в атмосферу.

**27.** Профаза митоза — набор 2n4c, 16 хромосом, 32 молекулы ДНК. Анафаза митоза — 4n4c, 32 хромосомы, 32 молекулы ДНК. Телофаза мейоза I — n2c, 8 хромосом, 16 молекул ДНК. Метафаза мейоза II — n2c, 8 хромосом, 16 молекул ДНК.

**28.** А — карие глаза, а — голубые глаза.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| P: | $aaI^Bi^0$ (женщина) | | × | $AaI^Ai^0$ (мужчина) | |
| Г: | $aI^B$, $ai^0$ | | | $aI^A$, $ai^0$, $AI^A$, $Ai^0$ | |
| $F_1$: | Гаметы | $AI^A$ | $Ai^0$ | $aI^A$ | $ai^0$ |
| | $aI^B$ | $AaI^AI^B$ | $AaI^Bi^0$ | $aaI^AI^B$ | $aaI^Bi^0$ |
| | $ai^0$ | $AaI^Ai^0$ | $Aai^0i^0$ | $aaI^Ai^0$ | $aai^0i^0$ |

50% — дети с карими глазами, 50% — с голубыми.

25% — четвертая группа крови; 25% — третья, 25% — вторая; 25% — первая.

## Вариант 4

**22.** Возможный вариант ответа:

Такие деревья размножаются вегетативно — в основном с помощью прививок. Используются либо черенки, либо глазки (почка с небольшой частью стебля).

**23.** 1) эмбриологические;

2) на рисунке изображены эмбриональные стадии развития различных позвоночных;

3) биогенетический закон: онтогенез есть быстрое и краткое повторение филогенеза, т. е. каждая особь в ходе эмбрионального развития повторяет историю развития вида в целом.

**24.** 2. К пластическому обмену относят фотосинтез и хемосинтез; брожение — это энергетический обмен. 3. Фотосинтез протекает в клетках растений, цианобактерий и некоторых бактерий, хемосинтез — только в клетках бактерий. 6. Во время кислородного этапа из одной молекулы глюкозы образуется 36 АТФ; 38 АТФ — суммарный эффект всего энергетического обмена.

**25.** Возможный вариант ответа:

Сходства: есть мембрана, мембранные органоиды (аппарат Гольджи, эндоплазматическая сеть, митохондрии), рибосомы.

Отличия: у растений есть клеточная стенка, хлоропласты и центральная вакуоль, а у животных нет. У животных есть клеточный центр, а у растений нет.

**26.** Возможный вариант ответа:

1) гибель не только вредных, но и полезных насекомых;

2) превышение предельно допустимой концентрации пестицидов в продуктах, которые могут попасть на стол к людям;

3) быстрая выработка устойчивости к пестицидам у вредителей;

4) попадание пестицидов в естественные экосистемы, что приведет к нарушению уже в них.

**27.** 1) Из одной молекулы глюкозы образуется 2 ПВК, поэтому в диссимиляцию вступило 3 молекулы глюкозы;

2) после кислородного этапа АТФ синтезировалось $3 \cdot 36 = 108$ молекул;

3) суммарный эффект диссимиляции равен $3 \cdot 38 = 114$ молекул АТФ.

**28.** А — темные волосы, а — светлые; $X^d$ — дальтонизм, $X^D$ — нормальное зрение.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| P: | $AaX^DY$ (его мать аа) | | × | $AaX^DX^d$ (ее отец $X^dY$, а мать аа) | |
| Г: | $AX^D$, $aX^D$, $aY$, $AY$ | | | $AX^D$, $aX^D$, $AX^d$, $aX^d$ | |
| $F_1$: | Гаметы | $AX^D$ | $aX^D$ | $AX^d$ | $aX^d$ |
| | $AX^D$ | $AAX^DX^D$ | $AaX^DX^D$ | $AAX^DX^d$ | $AaX^DX^d$ |
| | $aX^D$ | $AaX^DX^D$ | $aaX^DX^D$ | $AaX^DX^d$ | $aaX^DX^d$ |
| | $AY$ | $AAX^DY$ | $AaX^DY$ | $AAX^dY$ | $AaX^dY$ |
| | $aY$ | $AaX^DY$ | $aaX^DY$ | $AaX^dY$ | $aaX^dY$ |

Вероятность рождения светловолосого ребенка, страдающего дальтонизмом, — 1/16 (6,25%).

## Вариант 5

**22.** 1) Они содержат по одному хромосомному набору от родителей разных видов, поэтому невозможно нормальное протекание мейоза и образование гамет;

2) для преодоления бесплодия у таких гибридов используется полиплоидизация, но этот метод практически не применим к животным.

**23.** 1 — надкостница, это соединительная ткань из двух листков, функция — рост кости в толщину;

2 — губчатая ткань, имеет много ячеек с красным костным мозгом, функция — кроветворение и опора;

3 — желтый костный мозг, это соединительная ткань, функция — запас липидов и некоторых витаминов.

**24.** 3. Популяция является структурной единицей вида. 5. Мальки одного вида рыб, живущие в озере, представляют собой одну популяцию. 6. Численность популяции зависит от воздействия абиотических факторов.

**25.** Возможный вариант ответа:

1) интенсивное снабжение кровью;

2) большое число нефронов, очищающих кровь;

3) приносящая клубочковая артериола крупнее выносящей (за счет этого выносящие артериолы создают дополнительное сопротивление кровотоку и поддерживают в клубочках повышенное давление).

**26.** Возможный вариант ответа:

Экологическое видообразование базируется на экологической изоляции. Прежде всего, этот способ связан с приспособлением популяции к определенной пище, температуре, глубине, т. е. к определенным условиям среды. При этом формирующийся новый вид находится в пределах одного ареала с материнским видом. Под действием естественного отбора между популяциями усиливаются различия из-за разных приспособлений к факторам среды, которые в итоге приводят к репродуктивной изоляции и появлению нового вида.

**27.** 1) Спермий — гаплоидный набор, клетки фотосинтезирующей ткани — диплоидный.

2) Спермий образуется митозом из генеративной клетки пыльцы.

3) Клетки фотосинтезирующей ткани образуется митозом из клеток образовательной ткани.

**28.** A — ромбовидные семена, a — овальные; B — желтые семена, b — неокрашенные семена.

Так как гены в одной хромосоме (по условию), то мы имеем дело со сцепленным наследованием.

P: AABB × aabb

(исходные формы гомозиготны, т. к. в потомстве нет расщепления)

G: AB ab

$F_1$: $\frac{AB}{ab}$

P: AaBb × aabb

(анализирующее скрещивание)

G: AB, ab (некроссоверные) aB, Ab (кроссоверные)

$F_2$: $\frac{AB}{ab}$ $\frac{ab}{ab}$ $\frac{Ab}{ab}$ $\frac{aB}{ab}$

Наблюдается неполное сцепление генов, поэтому у дигетерозигот образуется 4 типа гамет. Особей, образовавшихся из некроссоверных гамет, значительно больше, т. к. некроссоверных гамет всегда больше, чем кроссоверных.

Закон сцепленного наследования (закон Моргана).

## Вариант 6

**22.** Возможный вариант ответа:

1) табачный дым содержит ядовитые вещества, которые могут повредить ребенку и привести к появлению каких-либо аномалий;

2) некоторые лекарства также могут быть опасны для развития ребенка.

**23.** 1 — спорофит, набор диплоидный;

2 — спора, набор гаплоидный;

3 — заросток (гаметофит), набор гаплоидный.

Это равноспоровый папоротник, т. к. все споры одинаковы.

**24.** 2. Белое вещество выполняет проводниковую функцию. 4. Передние корешки спинного мозга включают в себя отростки двигательных нейронов, задние — отростки чувствительных нейронов. 5. Задние и передние корешки входят в состав одного нерва.

**25.** Возможный вариант ответа:

1) остановить кровотечение;

2) обработать рану антисептическими средствами;

3) наложить шину, зафиксировав ногу в коленном и голеностопном суставах;

4) транспортировать пострадавшего к врачу.

**26.** 1) особи с ярким хвостом более заметны для хищников, поэтому погибают, не оставив потомства;

2) особи с тусклым хвостом не выбираются самками для размножения;

3) действует стабилизирующая форма отбора — когда погибают организмы с крайними значениями признака, а выживают — со средним.

**27.** 1) и-РНК (по правилу комплементарности): АЦГ-УГГ-ЦГУ-ГУГ-ГАУ;

2) аминокислотная последовательность: тре-три-арг-вал-асп;

3) 1-я цепь ДНК (по правилу комплементарности, по и-РНК): ТГЦАЦЦГЦАЦАЦЦТА, 2-я цепь ДНК (по правилу комплементарности): АЦГТГГЦГТГТГГАТ.

**28.** A — желтая окраска, a — зеленая; B — короткий клюв, b — длинный.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| P: | $aaX^b$ (гомозиготна) | | × | $AaX^BX^b$ (гетерозиготен по условию) | |
| G: | $aX^b$, $aY$ | | | $AX^B$, $AX^b$, $aX^B$, $aX^b$ | |
| $F_1$: | Гаметы | $AX^B$ | $AX^b$ | $aX^B$ | $aX^b$ |
| | $aX^b$ | $AaX^BX^b$ | $AaX^bX^b$ | $aaX^BX^b$ | $aaX^bX^b$ |
| | $aY$ | $AaX^BY$ | $AaX^bY$ | $aaX^BY$ | $aaX^bY$ |

Расщепление в потомстве: 50% желтых и 50% зеленых; 50% с коротким клювом и 50% с длинным клювом; по обоим признакам расщепление одинаково у самцов и самок.

# Список иллюстраций

**Рис. 1.1.** Жизненные формы растений *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ..... 19
**Рис. 1.2.** Строение эпидермы *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ..... 21
**Рис. 1.3.** Строение ксилемы *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ..... 24
**Рис. 1.4.** Строение флоэмы *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ..... 24
**Рис. 1.5.** Виды корней растения ..... 27
**Рис. 1.6.** Типы корневых систем ..... 27
**Рис. 1.7.** Строение корня на продольном разрезе ..... 28
**Рис. 1.8.** Схема движения веществ по корню от ризодермы к древесине *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ..... 29
**Рис. 1.9.** Видоизменения корня *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ..... 30
**Рис. 1.10.** Строение побега ..... 32
**Рис. 1.11.** Типы побегов *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ..... 33
**Рис. 1.12.** Строение почек ..... 34
**Рис. 1.13.** Внешнее строение листа ..... 35
**Рис. 1.14.** Типы сложных листьев ..... 36
**Рис. 1.15.** Типы жилкования ..... 36
**Рис. 1.16.** Типы листорасположения ..... 37
**Рис. 1.17.** Внутреннее строение листа ..... 37
**Рис. 1.18.** Видоизменения листьев *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ..... 39
**Рис. 1.19.** Строение зрелого стебля липы *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ..... 41
**Рис. 1.20.** Строение клубня ..... 43
**Рис. 1.21.** Строение луковицы ..... 44
**Рис. 1.22.** Строение корневища (на примере ландыша) *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ..... 44
**Рис. 1.23.** Строение семян однодольных и двудольных растений ..... 46
**Рис. 1.24.** Типы прорастания семян *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ..... 47
**Рис. 1.25.** Строение цветка ..... 48
**Рис. 1.26.** Строение тычинки ..... 49
**Рис. 1.27.** Строение пестика ..... 50
**Рис. 1.28.** Простые соцветия ..... 51
**Рис. 1.29.** Способы опыления *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ..... 52
**Рис. 1.30.** Схема двойного оплодотворения *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ..... 53

**Рис. 1.31.** Сочные плоды *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....54
**Рис. 1.32.** Сухие плоды *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....55
**Рис. 1.33.** Строение хламидомонады ....62
**Рис. 1.34.** Жизненный цикл хламидомонады *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....63
**Рис. 1.35.** Строение хлореллы *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....63
**Рис. 1.36.** Строение вольвокса *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....64
**Рис. 1.37.** Строение спирогиры ....65
**Рис. 1.38.** Некоторые представители бурых водорослей *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....66
**Рис. 1.39.** Жизненный цикл зеленых мхов (на примере кукушкиного льна) *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....68
**Рис. 1.40.** Строение сфагнума *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....69
**Рис. 1.41.** Строение папоротника *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....71
**Рис. 1.42.** Жизненный цикл щитовника мужского ....72
**Рис. 1.43.** Строение плауна *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....73
**Рис. 1.44.** Строение хвоща *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....74
**Рис. 1.45.** Жизненный цикл сосны *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....77
**Рис. 1.46.** Семейство Крестоцветные (на примере редьки дикой и пастушьей сумки) *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....80
**Рис. 1.47.** Семейство Бобовые (на примере гороха посевного) *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....81
**Рис. 1.48.** Строение Пасленовых (на примере картофеля) *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....82
**Рис. 1.49.** Типы цветков Сложноцветных ....84
**Рис. 1.50.** Строение Лилейных (на примере ландыша майского и тюльпана) *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....85
**Рис. 1.51.** Цветок злака *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....86
**Рис. 1.52.** Формы бактерий *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....93
**Рис. 1.53.** Строение клетки бактерии *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....94
**Рис. 1.54.** Мукор ....97
**Рис. 1.55.** Пеницилл ....98
**Рис. 1.56.** Почкование дрожжей ....98
**Рис. 1.57.** Строение шляпочного гриба *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....99
**Рис. 1.58.** Типы шляпок грибов *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....99
**Рис. 1.59.** К вопросу С3 ....111

**Рис. 2.1.** Строение амебы ....116
**Рис. 2.2.** Строение эвглены ....118
**Рис. 2.3.** Цикл малярийного плазмодия *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....119
**Рис. 2.4.** Строение инфузории ....120
**Рис. 2.5.** Схема строения гидры ....124
**Рис. 2.6.** Схема строения медузы ....125
**Рис. 2.7.** Строение стенки тела планарии ....128
**Рис. 2.8.** Строение систем органов планарии ....128
**Рис. 2.9.** Строение печеночного сосальщика *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....129

**Рис. 2.10.** Цикл развития печеночного сосальщика *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* .....130
**Рис. 2.11.** Жизненный цикл бычьего цепня *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* .....133
**Рис. 2.12.** Цикл широкого лентеца *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* .....134
**Рис. 2.13.** Внутреннее строение дождевого червя *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* .....139
**Рис. 2.14.** Строение улитки.....143
**Рис. 2.15.** Строение беззубки.....144
**Рис. 2.16.** Внутреннее строение речного рака .....148
**Рис. 2.17.** Внутреннее строение паука.....151
**Рис. 2.18.** Внутреннее строение насекомого.....154
**Рис. 2.19.** Развитие насекомых с неполным превращением *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....156
**Рис. 2.20.** Развитие насекомых с полным превращением *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....156
**Рис. 2.21.** Строение ланцетника .....167
**Рис. 2.22.** Строение сердца различных позвоночных *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....170
**Рис. 2.23.** Строение головного мозга различных позвоночных *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....171
**Рис. 2.24.** Внешнее строение рыбы.....173
**Рис. 2.25.** Скелет рыбы *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....174
**Рис. 2.26.** Внутреннее строение рыбы *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....176
**Рис. 2.27.** Внешнее строение лягушки *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* .....181
**Рис. 2.28.** Скелет лягушки *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....182
**Рис. 2.29.** Внутреннее строение лягушки *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....183
**Рис. 2.30.** Жизненный цикл лягушки *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....186
**Рис. 2.31.** Внешнее строение ящерицы *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* .....188
**Рис. 2.32.** Скелет ящерицы *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....188
**Рис. 2.33.** Внутреннее строение рептилий *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* .....190
**Рис. 2.34.** Внешнее строение пера *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....195
**Рис. 2.35.** Микроскопическое строение пера *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....195
**Рис. 2.36.** Типы перьев *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* .....195
**Рис. 2.37.** Скелет птицы *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....196
**Рис. 2.38.** Внутреннее строение птицы *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* .....198
**Рис. 2.39.** Механизм дыхания у птиц *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* .....199
**Рис. 2.40.** Строение головного мозга птицы .....200
**Рис. 2.41.** Строение яйца птицы.....201
**Рис. 2.42.** Скелет собаки *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....207
**Рис. 2.43.** Внутреннее строение млекопитающих *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* .....208

**Рис. 3.1.** Типы тканей человека *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* .....234
**Рис. 3.2.** Типы простого эпителия.....235
**Рис. 3.3.** Многослойный ороговевающий .....235
**Рис. 3.4.** Схема строения железы .....236
**Рис. 3.5.** Схема строения железы внешней секреции.....236
**Рис. 3.6.** Схема строения разных видов соединительной ткани *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*.....238

**Рис. 3.7.** Строение нейрона....239
**Рис. 3.8.** Строение синапса *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....240
**Рис. 3.9.** Строение гладкой мышцы *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....241
**Рис. 3.10.** Строение поперечнополосатой мышечной ткани....241
**Рис. 3.11.** Схема рефлекторной дуги *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....246
**Рис. 3.12.** Отделы нервной системы *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....247
**Рис. 3.13.** Строение спинного мозга....248
**Рис. 3.14.** Строение головного мозга....249
**Рис. 3.15.** Отделы вегетативной нервной системы *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....253
**Рис. 3.16.** Схема нейроэндокринной регуляции *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....263
**Рис. 3.17.** Строение черепа....268
**Рис. 3.18.** Строение позвоночника....269
**Рис. 3.19.** Строение позвонка....269
**Рис. 3.20.** Строение верхней конечности....271
**Рис. 3.21.** Строение нижней конечности *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....271
**Рис. 3.22.** Строение остеона....272
**Рис. 3.23.** Строение трубчатой кости....273
**Рис. 3.24.** Строение сустава *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....274
**Рис. 3.25.** Строение скелетной мышцы....276
**Рис. 3.26.** Состав крови человека *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....283
**Рис. 3.27.** Схема иммунитета *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....286
**Рис. 3.28.** Строение сердца....292
**Рис. 3.29.** Типы кровеносных сосудов человека *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....294
**Рис. 3.30.** Схема кругов кровообращения человека *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....295
**Рис. 3.31.** Отделы пищеварительной системы человека *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....304
**Рис. 3.32.** Строение зуба....305
**Рис. 3.33.** Строение ворсинки кишечника *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....306
**Рис. 3.34.** Печень и поджелудочная железа *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....308
**Рис. 3.35.** Строение дыхательной системы человека *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....325
**Рис. 3.36.** Строение ацинуса легкого....327
**Рис. 3.37.** Схема газообмена *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....328
**Рис. 3.38.** Строение кожи....337
**Рис. 3.39.** Выделительная система человека *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....341
**Рис. 3.40.** Строение почки....342
**Рис. 3.41.** Схема строения глаза....350
**Рис. 3.42.** Строение сетчатки *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....351
**Рис. 3.43.** Нарушения зрения *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....353
**Рис. 3.44.** Строение уха *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....354
**Рис. 3.45.** К заданию С2....371

**Рис. 4.1.** Схема работы фермента *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....378
**Рис. 4.2.** Строение АТФ *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....380
**Рис. 4.3.** Строение нуклеотида *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....381
**Рис. 4.4.** Строение ДНК *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)*....381

**Рис. 4.5.** Формы жизни *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....382
**Рис. 4.6.** Внешнее строение ....383
**Рис. 4.7.** Строение мембраны ....386
**Рис. 4.8.** Классификация органоидов *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....388
**Рис. 4.9.** Эндоплазматическая сеть ....390
**Рис. 4.10.** Аппарат Гольджи ....390
**Рис. 4.11.** Митохондрия ....391
**Рис. 4.12.** Хлоропласт ....391
**Рис. 4.13.** Строение хромосомы ....392
**Рис. 4.14.** Типы хромосом *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....392
**Рис. 4.15.** Строение клетки растения ....393
**Рис. 4.16.** Строение клетки животного ....393
**Рис. 4.17.** Схема метаболизма *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....394
**Рис. 4.18.** Строение гена эукарио *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....402
**Рис. 4.19.** Строение оперона прокариот ....403
**Рис. 4.20.** Фазы митоза ....405
**Рис. 4.21.** Схема кроссинговера ....406
**Рис. 4.22.** Гаметогенез *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....415
**Рис. 4.23.** Эмбриональное развитие ланцетника ....418
**Рис. 4.24.** К вопросу С6 ....426
**Рис. 4.25.** Иллюстрация первого закона Менделя ....428
**Рис. 4.26.** Иллюстрация второго закона Менделя ....429
**Рис. 4.27.** Иллюстрация третьего закона Менделя *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....430
**Рис. 4.28.** Эмбрионы позвоночных на разных этапах развития ....455
**Рис. 4.29.** Изменение конечности лошади в процессе эволюции ....455
**Рис. 4.30.** Формы естественного отбора *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....460
**Рис. 4.31.** Пути макроэволюции ....465
**Рис. 4.32.** Закон оптимума *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....486
**Рис. 4.33.** Бочка Либиха *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....487
**Рис. 4.34.** Экологические пирамиды *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....496
**Рис. 4.35.** Круговорот воды *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....503
**Рис. 4.36.** Круговорот азота *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....504
**Рис. 4.37.** Круговорот углерода *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....505
**Рис. 4.38.** Круговорот кислорода *(иллюстратор — Прокудина Н. В.)* ....505

# Предметный указатель

## А

Австралопит 474
Автотрофы 394
Агроценоз 500
Аллели 427
Аллергия 287
Амеба протей 116
Аминокислоты 316
Амитоз 407
Амфибии 180
Анализатор 349
◊ вкусовой 357
◊ зрительный 349
◊ кожный 357
◊ обонятельный 356
◊ слуховой 354
Анафаза 405
Анемия 284
Апикомплекса 119
Аппарат 245
◊ опорно-двигательный 267
Аптерий 194
Ароморфоз 465
Артерия 293
Архантроп 474
Археоптерикс 204
Аскарида 135
Ассимиляция 394
Атавизм 456
◊ человека 472
Атмосфера 506
АТФ 380

## Б

Бактерии 93
Бактериофаг 383
Белки 316, 377
Бесчерепные 166
Биогеоценоз 493
Биологический прогресс 465
Биополимер 376
Биосфера 501
Брожение 396
Бронхи 326
Брюхоногие 142

## В

Вакцина 286
Вена 294
Вид 462
Вилочковая железа 261
Вирус 383
Витамины 319
Водоросли 62
◊ бурые 65
◊ зеленые 62
◊ красные 66
◊ сине-зеленые 95
Волокна, нервные 239
Волосы 338
Всасывание 311
Выделение 341

## Г

Галактоза 378
Гемизиготность 427
Ген 427
◊ аллельный 427
◊ доминантный 427
◊ рецессивный 427
◊ сцепленное наследование 433
Генетическая карта хромосом 435

Генетический код 400
Геном 427
Генотип 427
Гермафродит 124, 129, 139
Гетеротрофы 395
Гибридизация 444
Гидра 123
Гидроидные 123
Гидросфера 507
Гипоталамус 251, 258
Гипотеза чистоты гамет 429
Гипофиз 259
Гирудотерапия 141
Глаз 350
Гликоген 379
Гликолиз 395
Глотка 305
Глюкоза 378
Головной мозг 248
Головоногие 145
Гормоны 258
Гортань 325
Грибы 96
Грудная клетка 270
Группа крови 285
Грызуны 213
Гумус 488

## Д

Дезоксирибоза 378
Денатурация 377
Дерма 337
Дизентерийная амеба 117
Динозавр 193
Дисахариды 378
Диссимиляция 394
Дождевой червь 138
Доминирование:
◊ неполное 431
◊ полное 431
Дрейф генов 458
Дробянки 92
Дыхание 324
◊ внешнее 327
◊ внутреннее 329
◊ двойное 199
◊ регуляция 329

## Е

Естественный отбор 460
Ехидна 212

## Ж

Жабродышащие 147
Жгутиковые 117
Железы 235
Желудок 306
Желудочный сок 309
Желчь 307
Жиры 317, 379

## З

Зайцеобразные 213
Закаливание 340
Закон:
◊ биогенетический 454
◊ зародышевого сходства 454
◊ ограничивающего фактора (закон Либиха) 487
◊ оптимума 486
◊ Харди — Вайнберга 490
Закон Менделя:
◊ второй 428
◊ первый 428
◊ третий 429
Звери 205
Земноводные 180
Змеи 192
Зубы 305

## И

Идиоадаптации 466
Идиобласты 20
Иммунитет 261, 286
◊ активный 286
◊ гуморальный 287
◊ естественный 286
◊ клеточный 287
◊ пассивный 286
◊ приобретенный 286
Интерфаза 404
Инфузория 120
◊ балантидий 121
◊ туфелька 120
Искривление позвоночника 275

## К

Капилляр 294
Кариотип 427

Китообразные 214
Кишечнополостные 122
Клетка 375
◊ основная 21
Клеточные включения 391
Клетчатка 379
Клон 414
Клювоголовые 192
Ключица 270
Кодоминирование 432
Кожа 336
Колленхима 22
Кольчатые черви 137
Комплементарность 432
Консументы 494
Коралловые полипы 126
Корень 26
◊ видоизменение 30
◊ строение 28
Корка 22
Корнеплод 31
Кость:
◊ состав 272
◊ строение 272
Крахмал 379
Кровь 282
◊ группа 285
◊ свертывание 285
Крокодил 192
Кроманьонец 475
Круг кровообращения 294
Круглые черви 134
Ксилема 23

## Л

Лактоза 379
Ланцетник 166
Ластоногие 214
Легкие 326
Лейкоциты 284
Ленточные черви 131
Лимфа 282
Лимфатические капилляры 297
Лимфатические сосуды 297
Лимфатические узлы 297
Липиды 379
Лист 34
Листопад 39
Лишайники 100
Лягушка 180
Лямблия 118

## М

Макроэволюция 464
Малокровие 284
Малощетинковые 138
Мальтоза 379
Малярийный плазмодий 119
Медуза 125
Мейоз 406
Мерозоит 119
Метаболизм 394
Метафаза 405
Мечехвосты 152
Миокард 291
Митоз 404
Млекопитающие 205
Млечники 25
Многоклеточные 122
Многоножки 153
Многощетинковые 140
Мозжечок 250
Моллюски 142
Моносахариды 378
Монофилия 465
Морские гидроидные 124
Мохообразные 67
Мочевой пузырь 343
Мочеиспускательный канал 343
Мочеточники 343
Муреин 379
Мутация 438
Мягкотелые 142

## Н

Надпочечники 261
Насекомоядные 212
Насекомые 153
Наследственность 426
Нейроглия 239
Нематоды 135
Непарнокопытные 215
Нервы 239
Ногти 338
Носовая полость 324
Нуклеиновые кислоты 380

## О

Обмен веществ 316, 394
◊ белков 316
◊ воды и минеральных веществ 318

◊ жиров 317
◊ углеводов 317
Обморожение 340
Оболочники 166
Общая дегенерация 466
Одноклеточные 114
Ожог 339
Окраска 462
Олигосахариды 378
Олигохеты 138
Онтогенез 416
Опахало 194
Оплодотворение 416
◊ растений 53
Опыление 52
Орган 245
Органеллы 388
Остеон 272
Острица 136
Очинок 194

## П

Папоротникообразные 70
Парнокопытные 215
Паукообразные 150
Пептид 377
Пептидная связь 377
Первозвери 212
Перегревание 339
Переохлаждение 339
Перидерма 22
Печеночный сосальщик 129
Печень 307
Пиноцитоз 387
Пирамида экологическая 496
Питательное вещество 302
Питекантроп 474
Пищеварительные железы 307
Пищевод 306
Пищевые продукты 302
Пиявки 140
Плазма крови 282
Планария 128
Плацентарные 212
Плечевой пояс 270
Плоды 53
Плоские черви 126
Плоскостопие 275
Побег 32
Поджелудочная железа 262, 308
Позвонок 269
Позвоночник 268
Позвоночные 168
Полимерия 433
Полипептид 377
Полисахариды 379
Полихеты 140
Половые железы 262
Популяция 457, 489
Постэмбриональный период 419
Потовые железы 337
Почка 33
Почки 342
Правило 10% 496
Пресмыкающиеся 187
Приматы 215
Продуценты 494
Прокариоты 384
Простейшие 115
Протеид 377
Протеин 377
Профаза 405
Прыткая ящерица 187
Птицы 194
Пульс 295

## Р

Радиолярия 117
Размножение 413
◊ бесполое 413
◊ половое 414
Рак речной 147
Раковинная амеба 117
Ракообразные 147
Ракоскорпионы 153
Раса 475
Рахит 275
Редуценты 494
Резус-фактор 285
Реликты 457
Рептилии 187
Ресничные черви 127
Рефлекс 246, 303
◊ безусловный 362
◊ условный 362
Рефлекторная дуга 246
Речная минога 172
Рибоза 378
Ризодерма 22
Риниофиты 70

РНК 382
Ротовая полость 304
Рудимент 456
◊ человека 472
Рукокрылые 213

## С

Сальные железы 338
Саркодовые 116
Саркожгутиконосцы 116
Сахароза 379
Сверхдоминирование 432
Селекция 442
Семенные растения 75
Семя 45
Сердце 291
Сизый голубь 194
Система:
◊ выделительная 341
◊ дыхательная 324
◊ корневая 27
◊ кровеносная 291
◊ лимфатическая 297
◊ мышечная 275
◊ нервная 245
▫ вегетативная 247, 252
▫ соматическая 247, 252
◊ органов 245
◊ пищеварительная 302
◊ эндокринная 258
Скелет человека 267
Склеренхима 23
Скрещивание:
◊ возвратное 431
◊ дигибридное 429
Слюнные железы 307
Собственно Круглые черви 135
Солнечник 117
Сосальщики 129
Соцветие 51
Спинной мозг 247
Споровики 119
Стебель 40
Стробиляция 126
Сумчатые 212
Сцифоидные 125
Сцифомедуза 125
Сыворотка:
◊ крови 282
◊ лечебная 286

## Т

Тазовый пояс 270
Таламус 251
Телофаза 405
Тканевая жидкость 281
Ткань 20, 233
◊ мышечная 241
◊ нервная 239
◊ соединительная 236
◊ эпителиальная 233
Токсоплазма 120
Толстый кишечник 307
Тонкий кишечник 306
Торможение 362
Транспорт 386
Трахейнодышащие 153
Трахея 325
Трилобитообразные 147
Трилобиты 147
Трипаносома 118
Трихинелла спиральная 136
Трихомонада 118
Трихомы 22
Тромбоциты 284

## У

Углеводы 317, 378
Устьица 22
Утконос 212
Ухо 354

## Ф

Фагоцитоз 387
Феллодерма 22
Фенотип 427
Флоэма 24
Фораминифера 117
Фосфолипиды 379
Фотолиз 398
Фотосинтез 38, 397
Фруктоза 378

## Х

Хелицеровые 150, 152
Хемосинтез 398
Хитин 379
Хищные 213

Хламидомонада 62
Хлорофилл 38
Хоботные 215
Хордовые 165
Хромосома 391
Хромосомная теория наследственности 435

## Ц

Цветок 48
Целлюлоза 379
Цикл:
◊ Кальвина 398
◊ клеточный 404
◊ Кребса 395
◊ трикарбоновых кислот 395
Циста 116
Цитоплазма 387

## Ч

Череп 267
Черепахи 192
Чешуйчатые 192
Членистоногие 146

## Ш

Шизогония 119

## Щ

Щитовидная железа 260

## Э

Эвглена зеленая 117
Эволюция человека 474
Экосистема 494
Эмбриогенез 417
Эмбриональный период 417
Эндокард 291
Эпидерма 21
Эпидермис 336
Эпикард 292
Эпистаз 433
Эритроза 378
Эритроциты 283
Эукариоты 385
Эхолокация 213, 214

## Я

Ядерный дуализм 115
Ядро 391
Ядрышко 391
Яйцо птицы, строение 201
Ящерица 192