

**ОСНОВИ  
ПРИРОДОЗНАВСТВА**  
Інтегрований курс

Підручник для студентів  
вищих навчальних закладів освіти

За редакцією  
В.М. Помогайбо

Київ  
«Академія»  
2014

УДК 502/504 (075) - 057.87

ББК 20я73

Життєвим середовищем людини є навколишній світ. Визначальним принципом існування цього світу є цілісність, яка забезпечується єдністю, нерозривними взаємозв'язками та взаємозалежностями усіх його складових частин, явищ, умов і впливів – фізичних, хімічних, біологічних, геологічних та космічних. Знання цих закономірностей в такому обсязі формує у свідомості людини науково-природничу картину світу.

Підручник створений саме на таких засадах і призначений для студентів вищих навчальних закладів початкової освіти.

Авторський колектив:

Н.Д. Карапузова, І.В. Карапузова, В.М. Помогайбо, Є.А. Починок

Рецензенти:

В.А. Соломаха, доктор біологічних наук, професор;

Н.М. Бібік, доктор педагогічних наук, професор, дійсний член  
НАПН України

ISBN

## ЗМІСТ

<b>1. ВСТУП</b> .....	<b>7</b>
1.1. ПРЕДМЕТ ТА МЕТА КУРСУ.....	7
1.2. НАВКОЛИШНІЙ СВІТ ЯК ЦІЛІСНА СИСТЕМА.....	8
<b>2. ФІЗИЧНІ СИСТЕМИ</b> .....	<b>12</b>
2.1. ПРОСТІР І ЧАС.....	12
2.2. ПОНЯТТЯ ФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ. МАСА І ГУСТИНА ТІЛА.....	13
2.2.1. Маса тіла.....	13
2.2.2. Густина речовини.....	14
2.2.3. Закон збереження маси.....	16
2.3. СИЛИ ТА ЇХ ВИМІРЮВАННЯ.....	16
2.3.1. Поняття сили. Деформація.....	16
2.3.2. Сила тяжіння.....	18
2.3.3. Сили пружності.....	19
2.3.4. Сили тертя.....	22
2.3.5. Сила тиску.....	26
2.3.6. Архімедова сила.....	29
2.4. ЕНЕРГІЯ.....	30
2.4.1. Поняття енергії.....	30
2.4.2. Робота та її вимірювання.....	33
2.4.3. Механічна енергія.....	35
2.5. СПРЯМОВАНІСТЬ САМОЧИННИХ ПРОЦЕСІВ У ПРИРОДІ.....	37
2.6. МЕХАНІЧНИЙ РУХ.....	38
2.6.1. Поняття механічного руху.....	38
2.6.2. Види механічного руху та його параметри.....	40
2.6.3. Інерція.....	42
2.6.4. Система тіл, що взаємодіють.....	44
2.7. ТЕПЛОВІ ЯВИЩА.....	47
2.7.1. Внутрішня енергія.....	48
2.7.2. Теплопровідність.....	52
2.7.3. Конвекція.....	53
2.7.4. Випромінювання.....	53
2.7.5. Кількість теплоти.....	54
2.8. ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ І ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В МЕХАНІЧНИХ І ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСАХ.....	58
2.9. АГРЕГАТНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ РЕЧОВИН.....	60
2.10. ЕЛЕКТРИЧНІ ЯВИЩА.....	63
2.11. МАГНІТНЕ ПОЛЕ.....	74
2.12. КОЛИВАННЯ І ЗВУКИ.....	79
2.12.1. Коливання.....	79
2.12.2. Звукові хвилі.....	82
2.13. СВІТЛОВІ ЯВИЩА.....	83
<b>3. ХІМІЧНІ СИСТЕМИ</b> .....	<b>93</b>
3.1. ПОНЯТТЯ РЕЧОВИНИ.....	93
3.2. СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО БУДОВУ АТОМА.....	94
3.3. ХІМІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ.....	96

3.4. КЛАСИФІКАЦІЯ РЕЧОВИН .....	97
3.4.1. Прості речовини .....	97
3.4.2. Складні речовини.....	100
3.5. ХІМІЧНІ ЗВ'ЯЗКИ.....	102
3.5.1.Ковалентний зв'язок .....	103
3.5.2. Іонний зв'язок.....	104
3.5.3. Металічний зв'язок.....	104
3.5.4. Водневий зв'язок .....	105
3.5.5. Міжмолекулярна взаємодія.....	107
3.6. ХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ.....	108
3.6.1. Класифікація хімічних реакцій .....	108
3.6.2. Енергетика хімічних реакцій.....	112
3.6.3. Швидкість хімічних реакцій.....	113
3.6.4. Хімічна рівновага.....	116
3.7. ОСНОВНІ ЗАКОНИ І ЗАКОНОМІРНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ХІМІЧНИХ СИСТЕМ.....	119
3.7.1. Закон збереження маси та енергії .....	119
3.7.2. Закон об'ємних відношень.....	120
3.7.3. Закон Авогадро .....	120
3.7.4. Періодичний закон і періодична система хімічних елементів .....	121
<b>4. КРИСТАЛИ ЯК ФІЗИКО-ХІМІЧНІ СИСТЕМИ.....</b>	<b>128</b>
4.1. Кристали як фізичні системи .....	129
4.2. Кристали, як хімічні системи.....	136
4.3. Рідкі кристали. ....	138
4.4. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ КРИСТАЛІВ.....	142
4.5. Кристали в живих системах.....	144
<b>5. БІОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ.....</b>	<b>147</b>
5.1. Поняття біологічної системи .....	147
5.2. Загальний огляд світу живих організмів та основи їх класифікації .....	150
5.3. Неклітинні форми життя .....	155
5.3.1. Пріони.....	156
5.3.2. Віруси.....	158
5.3.2.1. Загальна характеристика вірусів .....	158
5.3.2.2. Особливості будови віріонів .....	159
5.3.2.3. Розмноження вірусів .....	162
5.3.2.4. Циркуляція вірусів у природі .....	163
5.3.2.5. Роль вірусів у природі та їх використання людиною .....	163
5.4. Клітини і тканини .....	166
5.4.1. Клітина як біологічна система .....	166
5.4.1.1. Хімічна організація клітини .....	167
5.4.1.2. Структурно-функціональна організація клітини.....	170
5.4.1.3. Поділ клітин .....	177
5.4.2. Тканини.....	181
5.4.2.1. Рослинні тканини.....	181
5.4.2.2. Тваринні тканини .....	188
5.5. Нижчі форми клітинного життя .....	196
5.5.1. Дроб'янки .....	196
5.5.2. Гриби .....	202
5.5.2.1. Слизовики.....	202
5.5.2.2. Справжні гриби.....	203



5.5.2.3. Лишайники .....	209
<b>5.6. РОСЛИНИ.....</b>	<b>211</b>
<b>5.6.1. Нижчі рослини, або водорості.....</b>	<b>212</b>
5.6.1.1. Особливості життєдіяльності водоростей.....	212
5.6.1.2. Будова водоростей.....	213
5.6.1.3. Розмноження водоростей.....	218
5.6.1.4. Розповсюдження водоростей.....	219
5.6.1.5. Значення водоростей у природі та житті людини.....	220
<b>5.6.2. Вищі рослини .....</b>	<b>222</b>
5.6.2.1. Вищі спорові рослини .....	230
5.6.2.2. Насінневі рослини .....	232
<b>5.7. ТВАРИНИ .....</b>	<b>240</b>
<b>5.7.1. Нижчі безхребетні тварини .....</b>	<b>242</b>
5.7.1.1. Найпростіші, або Одноклітинні тварини .....	243
5.7.1.2. Тип Кишковопорожнинні .....	246
5.7.1.3. Тип Плоскі черви .....	250
5.7.1.4. Тип Первиннопорожнинні .....	256
<b>5.7.2. Вищі безхребетні тварини.....</b>	<b>260</b>
5.7.2.1. Тип Кільчасті черви.....	261
5.7.2.2. Тип Молюски .....	265
5.7.2.3. Тип Членистоногі .....	274
5.7.2.3.1. Ракоподібні.....	278
5.7.2.3.2. Трахейнодишні.....	283
5.7.2.3.3. Хеліцерові.....	303
<b>5.7.3. Хребетні тварини.....</b>	<b>308</b>
5.7.3.1. Тип Хордові.....	308
5.7.3.1.1. Надклас Риби.....	311
5.7.3.1.2. Клас Земноводні .....	321
5.7.3.1.3. Клас Плазуни .....	326
5.7.3.1.4. Клас Птахи.....	331
5.7.3.1.5. Клас Ссавці.....	344
<b>5.8. ФУНКЦІОНАЛЬНА РЕТРОСПЕКТИВА БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ .....</b>	<b>358</b>
<b>6. БІОСФЕРА ЯК ЕКОСИСТЕМА.....</b>	<b>363</b>
<b>6.1. ЕЛЕМЕНТИ БІОСФЕРИ .....</b>	<b>363</b>
<b>6.2. ПОНЯТТЯ ЕКОСИСТЕМИ .....</b>	<b>365</b>
<b>6.3. ПОНЯТТЯ БІОСФЕРИ.....</b>	<b>366</b>
<b>6.4. ФУНКЦІОНАЛЬНІ РІВНІ БІОСФЕРИ .....</b>	<b>369</b>
<b>6.5. ЕВОЛЮЦІЯ БІОСФЕРИ .....</b>	<b>373</b>
<b>6.6. КРУГООБІГ РЕЧОВИН ТА ЕНЕРГІЇ В БІОСФЕРІ.....</b>	<b>380</b>
<b>6.7. ЕКОЛОГІЧНА КРИЗА В БІОСФЕРІ.....</b>	<b>383</b>
<b>6.7.1. Визначення екологічної кризи .....</b>	<b>383</b>
<b>6.7.2. Основні забруднювачі біосфери .....</b>	<b>385</b>
<b>6.7.3. Класифікація забруднень біосфери.....</b>	<b>386</b>
<b>6.7.4. Збереження біосфери.....</b>	<b>390</b>
6.7.4.1. Стан атмосфери та раціональне використання повітря .....	390
6.7.4.2. Раціональне використання води.....	395
6.7.4.3. Раціональне використання суходолу .....	396
6.7.4.4. Раціональне використання живої природи. ....	399
<b>7. ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ ЯК ГЕОСИСТЕМА .....</b>	<b>404</b>
<b>7.1. СОНЯЧНА СИСТЕМА ТА ВСЕСВІТ .....</b>	<b>404</b>

7.1.1. Сонячна система.....	404
7.1.2. Галактика .....	407
7.1.3. Гіпотези походження планет Сонячної системи. ....	407
7.2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАНЕТИ ЗЕМЛЯ .....	408
7.2.1. Форма та розмір Землі.....	408
7.2.2. Рух Землі навколо Сонця і календар.....	408
7.2.3. Рух Землі навколо своєї вісі та лік часу.....	410
7.3. БУДОВА ЗЕМЛІ ТА ЇЇ ФІЗИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ.....	412
7.3.1. Внутрішня будова Землі.....	412
7.3.2. Фізичні особливості Землі .....	413
7.3.3. Рельєф та його формування .....	415
7.3.4. Хімічний склад земної кори .....	417
7.4. ВОДНА ОБОЛОНКА ЗЕМЛІ .....	418
7.4.1. Вода на Землі та її властивості .....	418
7.4.2. Океани та моря .....	419
7.4.3. Річки .....	421
7.4.4. Озера та болота .....	423
7.4.5. Підземні води.....	424
7.5. ПОВІТРЯНА ОБОЛОНКА ЗЕМЛІ .....	426
7.5.1. Хімічний склад повітря.....	426
7.5.2. Будова атмосфери.....	428
7.5.3. Температура повітря .....	430
7.5.4. Вода в атмосфері та опади .....	431
7.5.5. Атмосферний тиск та рух повітря .....	433
7.5.6. Погода та клімат.....	435
<b>8. УКРАЇНА ЯК СОЦІОЕКОСИСТЕМА .....</b>	<b>438</b>
8.1. ПРИРОДА УКРАЇНИ.....	439
8.1.1. Рельєф та клімат.....	439
8.1.2. Корисні копалини .....	443
8.1.3. Водні ресурси.....	447
8.1.4. Ґрунти.....	450
8.1.5. Рослинний і тваринний світ .....	451
8.1.6. Природні зони .....	453
8.2. НАСЕЛЕННЯ .....	458
8.3. КУЛЬТУРА .....	461
8.4. ГОСПОДАРСТВО .....	464
8.5. СУЧАСНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН.....	466
8.5.1. Традиції природокористування.....	466
8.5.2. Головні причини і джерела розвитку екологічної кризи .....	469
8.6. РІДНИЙ КРАЙ .....	473
ЛІТЕРАТУРА .....	476

## 1. ВСТУП

Для успішної життєтворчості у свідомості людини повинна бути сформована науково-природнича картина світу, який є середовищем її існування. Кожна людина повинна глибоко усвідомити, що найголовнішим принципом існування світу є його єдність, цілісність, нерозривний взаємозв'язок та взаємозалежність усіх його складових частин (фізичних тіл та полів, хімічних речовин, кристалів, живих організмів, планети Земля та Космосу), однією з яких є вона сама. Це означає, що, руйнуючи щось у навколишньому світі, людина руйнує себе – свій добробут, своє здоров'я. Даний підручник – перша в Україні спроба сприяти вихованню педагогів саме на таких засадах.

В основу підручника покладено знання із таких галузей природничої науки як фізика, хімія, кристалографія, мікробіологія, мікологія, ботаніка, зоологія, загальна фізична географія (сонячна система і планета Земля) та географія України. Хоча перші три розділи є теоретичною основою природничих знань, вони, на жаль, зовсім відсутні у змістові нинішньої фахової підготовки вчителів початкової школи. Через це вчителі-початківці у процесі викладання природознавства часто стикаються зі значними труднощами.

Матеріал у підручнику подається за системно-функціональним принципом і розташований за класичною ієрархічною схемою: від простого до складного.

### 1.1. Предмет та мета курсу

Предметом пропонованої навчальної дисципліни є природне середовище людини в найширшому розумінні слова. Воно розглядається як складна цілісна система взаємозв'язаних і взаємозалежних предметів, явищ, умов та впливів різноманітного природного походження. Субсистемами цієї системи

є фізичні, хімічні, кристалічні, біологічні, геологічні, космічні компоненти. Вони є інтегрованими складовими частинами середовища, зазнають його впливів і своїм функціонуванням впливають на нього.

Опанувавши курс «Основи природознавства», студент повинен знати:

- загальні закони та закономірності існування фізичних, хімічних, біологічних, географічних та космічних систем;
- особливості природного середовища України та своєї області;
- значення цих відомостей у формуванні наукової картини навколишнього світу.

Необхідно також уміти:

- вільно оперувати матеріалом, який викладено в курсі «Основи природознавства»;
- використовувати одержані знання та навички у процесі вивчення методики викладання природознавства у початковій школі та майбутньої професійної діяльності вчителя початкової школи;
- регулярно слідкувати за науковою та методичною природознавчою літературою з метою постійного збагачення та зростання свого професіоналізму.

## **1.2. Навколишній світ як цілісна система**

Під системою (від гр. *systema* – ціле, складане з частин) розуміється об'єктивна єдність закономірно розміщених і взаємозв'язаних предметів, явищ, а також знань про природу та суспільство.

Світ, що нас оточує, – теж система. Він складається з безлічі систем різноманітних ієрархічних порядків. Так Всесвіт є системою найвищого, або першого порядку. Він складається з систем нижчих порядків – галактик, планетних систем, планет, однією з яких є наша Земля. На Землі нас оточують різноманітні системи, які можна розташувати за ієрархічним принципом від вищих порядків до нижчих: біосфера, екосистема (біогеоценоз), популяція, організм, клітина, кристал, молекула, атом, поле. Це – природні системи. Але

ми живемо також в оточенні суспільних систем – людство, держава, нація, трудовий колектив, сім'я, а також система поселення, система виховання, система освіти тощо.

Кожна система характеризується не тільки наявністю зв'язків і стосунків між її складовими частинами, але й неперервною, постійною єдністю з навколишнім середовищем, у взаємодії з яким вона проявляє свою цілісність. Кожна система складається з систем нижчого порядку і одночасно вона, разом з іншими системами такого ж рівня, входить до складу системи вищого порядку. Так, наприклад, молекула білка складається з молекул амінокислот, а ті, в свою чергу, – з атомів вуглецю, кисню, водню, азоту тощо. Вона, з іншого боку, може входити до складу мембрани певного органоїда клітини, а сукупність ідентичних клітин складає тканину організму. Кожен з нас є складною системою органів, тканин, клітин і, у той же час, складовою частиною певної системи вищого порядку – популяції, етносу, людства.

Усі системи можна розділити на три типи: природні, суспільні та штучні. Природні системи виникають та існують у навколишньому світі незалежно від людини. Правда, людина спроможна деякі з цих систем руйнувати у процесі своєї життєдіяльності. До природних систем належать галактики, планетні системи, планети, біосфера, організми, кристали, молекули, атоми, поля. Суспільні системи виникають і існують внаслідок сумісної життєдіяльності людей. З боку людей ці системи можуть зазнавати значного впливу, який здатен суттєво затримувати або прискорювати їх еволюцію. До суспільних систем відносяться людство, держава, етнос, трудовий колектив, сім'я, суспільна система, система освіти, науки тощо. До штучних систем належать системи, створені людиною і не існуючі в природі – поселення, виробничі об'єкти, житло, автомобілі, комп'ютери тощо.

Як же виникають, еволюціонують та зникають системи? Звичайно, таке запитання слухне лише стосовно природних та суспільних систем, бо створення і еволюція штучних систем – справа технології, тобто довільної виробничої діяльності людини. На це запитання вичерпно відповідає зовсім молода

наука синергетика (від гр. *sinergeia* – співпраця, спільна дія), яка виникла в 70-их роках ХХ століття на основі досліджень І. Пригожина та Г. Хакена. Інша, більш точна назва нової науки – теорія самоорганізації. Ця галузь науки досліджує закони самоорганізації та еволюції дуже нерівноважних відкритих систем, що перебувають у стані несталості. Нерівноважною системою є така система, стан рівноваги якої триває менше, ніж стан врівноважування супротивно діючих факторів. Відкритою системою є система, яка безперервно здійснює обмін речовинами, енергією чи інформацією із зовнішнім середовищем, тобто з іншими системами. Усі системи, які нас цікавлять, якраз і відзначаються вказаними властивостями. Такі системи можна також назвати динамічними, бо їх змінювання визначається не лише їхнім станом у даний момент а й попереднім станом і зовнішніми впливами, які є випадковими процесами. Таким чином, система вищої ієрархії має здатність контролювати і регулювати процеси в системах, із яких вона складається.

Рушійною силою для виникнення, існування і зникнення всіх складних відкритих систем є взаємодія двох протилежних начал – творчого, тобто того, що формує певні структури, впорядковує хаос, і руйнівного, тобто того, яке спрямоване на ліквідацію будь-якої упорядкованої структури, на повернення до хаотичного стану. Динамічна система у своєму розвитку обов'язково проходить хаотичний стан (уся або її частини), що спричинює невизначеність, непередбачуваність її подальшого розвитку. З'являється цілий ряд можливостей, варіантів такого розвитку. На етапі досягнення системою максимуму хаотичного стану в ній з'являються особливі центри нової організації – так звані атрактори (від лат. *attraho* – притягувати), навколо яких за певних умов виникають організовані структури, тобто хаос перетворюється в новий порядок. У процесі становлення нової організації, вже на етапі появи різних атракторів та їх взаємодії, більшість із них зникає, а нова упорядкована структура формується навколо того атрактора, який залишився. Саме цим і пояснюються непередбачуваність розвитку динамічних систем. Визначною особливістю виникнення та існування таких систем є загальна тенденція до удосконалення

самоорганізації. Таким чином, в історії природи і суспільства існує закономірність до створення все більш складно упорядкованих систем, або еволюція.

Загальна характеристика систем буде неповною, якщо не згадати тут принцип функціональної достатності кількості елементів системи, або субсистем. Система вищого ієрархічного рівня (складна система) здатна функціонувати в певних межах кількості її субсистем, або елементів. У результаті зменшення кількості елементів системи за межу нижньої достатності система перестає існувати або не формується. Наприклад, кінь не може мати розміри kota, а зменшення чисельності бджолої сім'ї нижче певного рівня призводить до її вимирання. Збільшення кількості субсистем за межі верхньої достатності теж порушує динамічну рівновагу системи, і вона не формується або руйнується. Так, миша не може мати такі розміри як вівця, а держава, яка стала надто великою і якою неможливо доцільно керувати, розпадається.

## 2. ФІЗИЧНІ СИСТЕМИ

### 2.1. Простір і час

Усі системи існують в просторі та часі в оточенні хаосу, із якого вони виникають і куди повертаються після розпаду. Терміном "хаос" (гр.) сучасна наука називає безладний, неупорядкований стан матерії та енергії, де не відбувається спрямованих процесів. У просторі системи розташовані, а в часові вони функціонують і еволюціонують. Не існує єдиного абсолютного простору та часу. Вони відносні. Так для людини космічні відстані є неймовірно великими, бо вони неспівставні з розмірами людського тіла, а для галактичних систем та процесів у них ці відстані цілком адекватні, нормальні. Така ж ситуація з'явиться, коли зіставити відстані в межах тіла людини з відстанями в межах, наприклад, рибосоми. Свій хід часу в галактичній системі, інший – в людському організмі, а ще інший, наприклад, у молекулі гемоглобіну чи в атомі вуглецю, що входить до складу гемоглобіну.

Системи, які мають достатньо велику масу та кількість енергії, здатні впливати на структуру оточуючого простору, надаючи йому кривизну, про що свідчать сучасні астрономічні спостереження над проходженням світла поблизу космічних систем, що мають потужне гравітаційне поле. У такому «викривленому» просторі неможливо здійснювати геометричні вимірювання та розрахунки за допомогою геометрії Евкліда, де, наприклад, сума внутрішніх кутів трикутника дорівнює  $180^{\circ}$ . У цьому ж просторі цей показник може бути меншим  $180^{\circ}$  і навіть близьким до нуля або ж більшим  $180^{\circ}$  і навіть рівним  $270^{\circ}$ . Крім того, в такому просторі змінюється швидкість різноманітних явищ, а отже і хід часу.

Узагальнюючи сказане вище, можна стверджувати, що *простір* є похідним, або наслідком існування матеріальних та енергетичних (польових) структур. Щоб говорити про простір, потрібна наявність не менше як двох тіл або польових структур.



*Час*, у свою чергу, теж є похідним, або наслідком змінювання особливостей окремого тіла чи положення одного тіла відносно іншого. Отже, говорити про рух, або хід часу у науковому розумінні буде таким же некоректним, як і про рух простору. Рух певної структури можливий лише відносно іншої структури, а не сам по собі. В дійсності, у світі не існує чогось такого, відносно чого рухається час. Отже твердження про те, що час рухається із минулого через сьогодні в майбутнє, – всього лише поетична метафора. Сучасною наукою вважається, що час є умовною четвертою координатою нашого трьохмірного простору.

## **2.2. Поняття фізичної системи. Маса і густина тіла**

Фізичними системами є фізичні об'єкти: предмети (фізичні тіла) та поля. Фізичні тіла об'єднують атоми, молекули, фізичні тіла, системи фізичних тіл, що складаються з будь-якої речовини, за умови, коли не відбувається хімічного перетворення цих об'єктів. Фізичні системи можна вважати найбільш простими природними системами порівняно з, наприклад, біологічними системами. Їхню будову та процеси в них вивчає фізика. Розглянемо найголовніші властивості фізичних систем та закономірності їх існування.

### **2.2.1. Маса тіла**

Повсякденно ми спостерігаємо різноманітні прояви притягання тіл до Землі. Таке явище називається гравітацією (від лат. *gravitas* – тягар). Притягуються до Землі всі тіла: одні з них тиснуть на опору, другі розтягують підвіс, а треті, звільнені від опори чи підвісу, падають на Землю.

І. Ньютон (1643–1727) довів, що всі тіла у природі мають здатність притягуватись одне до одного, внаслідок чого гравітацію також називають явищем всесвітнього тяжіння.

Виявляється, що різні тіла притягуються одне до одного по-різному: одні – в меншій мірі, інші – в більшій. Про тіло, яке має здатність притягуватись, наприклад, до Землі в більшій мірі, кажуть, що воно більш масивне.

Здатність тіла притягуватись до інших тіл характеризують поняттям маси (від лат. *massa* – грудка, шматок).

**Маса тіла** – це фізична величина, яка є мірою гравітаційної властивості тіла.

Масу позначають символом *m*. За одиницю маси прийнято 1 кілограм (1 кг). Це маса міжнародного еталонного тіла, яке знаходиться в м. Севрі, що поблизу Парижа (Франція). Користуються також кратними і частинними одиницями маси, а іноді й іншими.

На практиці масу невідомого тіла визначають, порівнюючи її з масою уже відомого (тіла відомих мас називають мірами мас). Прикладом цього є зважування на терезах за допомогою гир.

### 2.2.2. Густина речовини

Щільність – одна з важливих властивостей речовини. Вона тим більша, чим більш масивні її молекули і чим більша їх кількість в одиниці об'єму. Мірою щільності речовини є густина.

**Густина речовини** – це величина, яка чисельно дорівнює масі речовини в одиниці об'єму.

Позначають густину речовини грецькою літерою  $\rho$ . Основною одиницею густини є  $1 \text{ кг/м}^3$ . Використовуються й інші одиниці, зокрема:  $\text{г/см}^3$ ,  $\text{т/м}^3$ ,  $\text{кг/л}$  тощо.

Густину речовини, з якої виготовлене тіло, можна визначити як відношення маси цього тіла до його об'єму:

$$\rho = \frac{m_r}{V_r}$$

Густини більшості з поширених у природі речовини визначені в лабораторних умовах й зведені до відповідних таблиць. Приклади таких таблиць наведено нижче.

#### **Густини речовин твердих тіл**

Тверде тіло	$\rho, \text{г/см}^3$
-------------	-----------------------

Золото	19,3
Срібло	10,5
Сталь, залізо	7,8
Бетон	2,3
Лід	0,90
Корок	0,24

### *Густина рідин*

Рідина	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
Ртуть	13,6
Вода морська	1,03
Вода чиста	1,00
Нафта	0,80
Бензин	0,71

### *Густина газів*

Газ	$\rho$ , кг/см <sup>3</sup>
Повітря (при 0 <sup>0</sup> С)	1,29
Природний газ	0,70
Водяна пара (при 100 <sup>0</sup> С)	0,59

Густина речовин, зазначених в таблицях, обчислена при нормальному атмосферному тиску і температурі: для газів – 0<sup>0</sup>С, для рідин і твердих тіл – 20<sup>0</sup>С.

Інтервал значень густини речовин у Всесвіті і на Землі надзвичайно великий. Так, на Землі найменшу густину має повітря (0,0013 г/см<sup>3</sup>), а найбіль-

шу – метал осмій (22,5 г/см<sup>3</sup>). У Всесвіті ж найменшу густину має міжгалактичне середовище (10-30 г/см<sup>3</sup>), а найбільшу – чорна дірка (1017 г/см<sup>3</sup>).

### 2.2.3. Закон збереження маси

Якщо зв'язок між певними фізичними величинами (а отже, і між відповідними властивостями тіл чи явищ) має характер загальної й усталеної для багатьох випадків залежності, такий зв'язок називають фізичним законом.

Одним із основних фізичних законів є закон збереження маси, який у сучасній фізиці є окремим проявом більш загального закону збереження "маси-енергії".

Законом збереження маси називається зв'язок між масами тіл до і після їх об'єднання.

Згідно цього закону маса тіла дорівнює сумі мас усіх частинок, з яких воно складається. Це означає, що маси окремих частин тіла, за умови їх об'єднання, зберігаються. Закон збереження маси можна записати у вигляді математичного виразу, тобто формули (від лат. *formula* – образ, вигляд):

$$m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n = m.$$

Він є одним із загальних законів природи і справджується у всіх механічних, теплових і хімічних явищах.

## 2.3. Сили та їх вимірювання

### 2.3.1. Поняття сили. Деформація

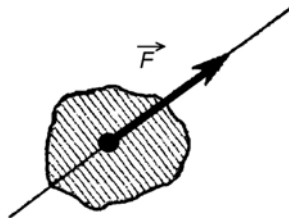
Рух є невід'ємною властивістю усіх об'єктів природи. У русі тіла стикаються одне з одним і взаємодіють, що є невід'ємною властивістю усіх тіл.

Для характеристики взаємодії тіл у фізиці використовують особливу фізичну величину – силу.

**Сила** – міра взаємодії тіл.

Оскільки під час взаємодії тіл може змінюватись швидкість руху, то сила характеризується напрямом, тобто сила є векторною величиною (від лат.

*vector* – везучий, несучий). Векторна величина крім числового значення має ще й напрям. Цей напрям співпадає з напрямом зміни швидкості і прискорення, що виникає внаслідок взаємодії. Графічно силу зображають у вигляді стрілочки (мал. 2.1). Довжина її у відповідному масштабі відповідає числовому значенню сили. Пряму, вздовж якої діє сила, називають лінією дії сили.



Мал. 2.1. Сила

Силою називається векторна величина, яка характеризує механічну дію тіла на інше і є мірою цієї дії.

Будь-які зміни форми, розмірів і об'єму тіла називаються **деформаціями** (від лат. *deformatio* – зміна, змінювання). Деформація визначає собою кінцевий результат руху однієї частини тіла відносно іншої. Вона продовжується доти поки рух частинок не припиниться.

Найпростішим і наочним прикладом пружно деформованого тіла є розтягнута або стиснута пружина. Її зручно використовувати як еталон (від фр. *etalon* – мірило, зразок) для вимірювання сили. За еталон сили можна взяти пружину, розтягнуту або стиснену до певної міри. За видовженням (стиском) пружини можна робити висновок про силу. Деформація, яка зникає після зняття навантаження, називається пружною.

Узагальнюючи численні дослідження з вимірювання сили, англійський вчений Р. Гук (1635-1703) дійшов висновку, що абсолютне видовження під час пружних деформацій прямо пропорційне прикладеній силі.

**Закон Гука** виражається формулою:

$$\Delta l = \frac{1}{k} F ,$$

де  $k$  – коефіцієнт жорсткості пружини (він може бути різним для різного роду пружин; так само буде різним абсолютне видовження  $\Delta l$ ),  $F$  – діюча на пружину сила.

На основі пружин у межах їхньої пружної деформації можна створювати прилади для вимірювання сил, які називаються динамометрами (від гр. *dinamis* – сила та *metreō* – міряю). Динамометрами можна вимірювати силу тяжіння, тертя, пружності та ін.

За одиницю сили в системі **СИ** (Міжнародна система одиниць вимірювання) прийнято 1 ньютон (1Н), яку названо в честь великого англійського фізика І.Ньютона, про якого ми вже згадували у розділі 2.2.1. 1Н є величиною сили, яка за час 1 с змінює швидкість тіла масою 1 кг на 1 м/с.

Відповідно до взаємодії тіл сили поділяються на чотири основні види: сили тяжіння, сили пружності, сили тертя та сили тиску.

### 2.3.2. Сила тяжіння

**Силою тяжіння** називають силу, з якою тіло притягується до Землі у даному місці. Під дією цієї сили вільні тіла падають на Землю.

Силу тяжіння позначають латинською літерою  $F$ .

Численні досліди свідчать, що сила тяжіння пропорційна масам взаємодіючих тіл, а відношення сили тяжіння  $F$  до маси тіла  $m$  для всіх тіл однакова, тобто

$$\frac{F_1}{m_1} = \frac{F_2}{m_2} = \frac{F_3}{m_3} = \frac{F_n}{m_n} .$$

Цю сталу величину позначають латинською літерою  $g$  (від лат. *gravitas* – тягар), тоді

$$\frac{F}{m} = g .$$

Підвісимо до динамометра гирю масою 1 кг – динамометр покаже силу притягання 9,8 Н. На підставі цього можна визначити розмірність  $g$ :

$$g = \frac{F}{m} = \frac{9,8H}{1\text{êã}} = 9,8H/\text{êã} .$$

Таким чином, щоб визначити силу тяжіння  $F$ , що діє на тіло, необхідно 9,8 Н/кг помножити на масу цього тіла  $m$ , виражену в кілограмах. Загальна формула має такий вигляд:

$$F = mg .$$

Числове значення сталої  $g$  залежить від географічної широти місцевості, де здійснюється вимірювання. Так, на полюсі  $g_{\text{пол}} = 9,83$  Н/кг (найбільше) на екваторі  $g_{\text{екват.}} = 9,78$  Н/кг, а на середніх широтах  $g = 9,81$  Н/кг. Останнє значення використовують для практичних розрахунків.

Сила тяжіння на різних небесних тілах неоднакова, але, оскільки маса тіла не залежить від того, де воно знаходиться, то стала  $g$  має різне значення: на поверхні Місяця  $g_{\text{М}} = 1,62$  Н/кг, на Венері  $g_{\text{В}} = 8,69$  Н/кг, на Марсі  $g_{\text{Марс}} = 3,86$  Н/кг тощо.

Чим менша маса планети, тим з меншою силою вона притягає до себе тіла.

### 2.3.3. Сили пружності

*Силами пружності* називають сили, які виникають під час зміни форми або об'єму тіл. Прикладами цих сил є дія розтягнутої чи стиснутої пружини, зігнутої пластинки, дошки тощо.

З розділу 2.3.1 ми знаємо, що будь-які зміни форми, розмірів і об'єму тіла називаються деформацією. Деформація продовжується доти, доки сили пружності не зрівноважать зовнішню силу.

У пружно деформованому тілі виникають сили пружності, які в межах пружної деформації здатні повернути тіло (або його частини) у попередній стан. Ці сили зумовлені міжатомними і міжмолекулярними взаємодіями.

Розрізняють пружну і пластичну деформацію. Як вже зазначалося (розділ 2.3.1), деформацією називають *пружною*, якщо після зняття навантаження відновлюються повністю форма і розміри тіла. Деформація, в результаті

якої зміна форми і розмірів тіла не зникає після припинення дії зовнішніх сил, називається *пластичною*, або непружною. В результаті такої деформації тіло набуває (частково або повністю) нової форми та інших розмірів. Тому мости, опори, перекриття, канати, деталі машин конструюють та виготовляють так, щоб вони функціонували (діяли, виконували призначення; від лат. *functio* – діяльність, призначення) в області пружних деформацій, тобто зберігали початкові форми і розміри. Саме це забезпечує надійність і цілісність конструкцій. Навпаки: під час механічної обробки матеріалів – штампування, кування тощо – їх піддають пластичній деформації з таким розрахунком, щоб деталь, виготовлена в результаті обробки, зберігала потрібну форму і розміри.

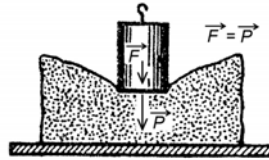
Характер деформації залежить і від навантаження на тіло, і від тривалості дії сили, а також від матеріалу, з якого виготовлене тіло.

Так, якщо пружину стиснути і відпустити, вона набуває попередньої форми та розмірів. Тривале ж стискання чи розтяг пружини призводить до втрати нею пружних властивостей. Тобто значне збільшення тривалості зовнішньої дії на тіло перетворює пружну деформацію в пластичну. Отже, між пружною та пластичною деформацією немає чіткої межі.

На характер деформації значно впливає температура. Так, сталеві пластинки, пружні при кімнатних температурах, стають пластичними, ковкими, якщо їх розжарити до жовтого кольору. Свинець, пластичний при кімнатній температурі, стає пружним за низьких температур. Збільшення пластичності матеріалів із підвищенням температури використовується у техніці під час обробки металів і пластмас.

На всі тіла, що перебувають на Землі, діє сила тяжіння. Під дією сили тяжіння тіло, яке лежить на опорі або підвішене, деформується. Деформується не тільки тіло, а й його опора чи підвіс. Покладемо на гумку (поролон) гирю (мал. 2.2): під дією сили тяжіння гирі до Землі опора (в даному випадку – гумка), деформується. В ній виникає сила пружності, яка зрівноважує силу тяжіння гирі, і гиря набуває стану рівноваги.





Мал. 2.2. Сила тяжіння

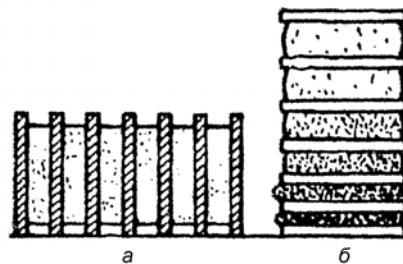
Підвісимо гирю на гумовому підвісі. Гумовий підвіс видовжиться. У ньому виникає напруження, і діє сила пружності. Як і в першому випадку, ця сила зрівноважує силу тяжіння, і гиря залишається в рівновазі.

Сила, з якою тіло, внаслідок притягання до Землі, діє на горизонтальну опору або вертикальний підвіс, називається **вагою тіла**.

Вагу тіла позначають латинською літерою ***P***.

Взаємодія тіла і опори спричинює їх взаємну деформацію. Деформоване (стиснуте або розтягнуте) тіло діє на опору або підвіс (тисне на опору, розтягує підвіс). Слід розрізнити силу тяжіння  $\vec{F}$ , що діє на тіло і до нього прикладена, та вагу тіла  $\vec{P}$ , яка прикладена до опори, чи підвісу (див. мал. 2.2).

Під дією сили тяжіння деформуються всі тіла, а не тільки пружини та гума як у наших прикладах. Та деформація інших твердих тіл часто мало помітна і зареєструвати її можна лише за допомогою чутливих приладів. Проілюструвати ж деформацію тіла під дією сили тяжіння можна на такій моделі (мал. 2.3).



Мал. 2.3. Деформація тіла під дією сили тяжіння

Проміжки між стальними пластинками (в нашому випадку їх 7) однакового розміру заповнені шарами поролону. В одному положенні (мал. 2.3, а) цієї системи тіл шари поролону не деформовані. У другому положенні (мал. 2.3, б) цієї системи під дією сили тяжіння поролон стискається пластинками і тим більше, чим нижчі «поверхи» цієї «башти».

Отже, будь-які тіла в результаті взаємодії деформуються. У людини ця деформація створює фізіологічне відчуття вагомості. Звідси і походить термін «вага тіла», хоч вага – це сила, прикладена не до тіла, а до опори.

Якщо тілу надати можливість вільно падати під дією сили тяжіння, або здійснювати вільний рух навколо Землі подібно до супутників, тоді воно набуде нового стану – невагомості, коли зникають деформації, взаємний тиск шарів, напруження.

Слід також розрізняти масу тіла і його вагу. *Маса* – це властивість самого тіла, міра його інертності, тобто здатності змінювати швидкість свого руху за певний відрізок часу (від лат. *inertia* – нерухомість, бездіяльність). *Вага* ж – це сила, з якою тіло діє на опору, або розтягує підвіс. Вага чисельно дорівнює силі тяжіння, якщо тіло нерухоме (або рухається рівномірно і пряминолінійно). Тому лише в даному разі

$$P = mg,$$

де  $g = 9,8 \text{ Н/кг}$ .

Щоб показати відмінність між поняттями ваги і маси, уявимо, що тіло (космонавт) знаходиться на Місяці. При цьому вага тіла становитиме лише 1/6 тієї ваги, яку б мало тіло (космонавт) на Землі, оскільки сила тяжіння на Місяці приблизно у 6 разів менша від земної. Маса ж тіла залишиться незмінною, тобто тіло матиме ту саму інертність, що і на Землі.

#### 2.3.4. Сили тертя

*Силами тертя* називають сили, що виникають на поверхні зіткнення двох тіл внаслідок їх відносного руху. Ці сили завжди спрямовані протилежно до напрямку швидкості й уповільнюють рух.

Силу взаємодії стичних поверхонь двох тіл називають силою зовнішнього тертя. Сили тертя – ще один вид сил, відмінний від розглянутих вище сил тяжіння та сил пружності. Зовнішнє тертя існує не тільки за умови руху тіл, а й у випадку їх відносного спокою (тертя спокою). Яка природа сил тертя?

Однією з причин виникнення сили тертя є шорсткість поверхонь стичних тіл. Навіть поліровані поверхні мають нерівності.

Другою причиною появи сил тертя є взаємне притягання молекул стичних тіл. Якщо поверхні, що стикаються, добре відполіровані, верхні шари молекул розміщуються так близько, що стає помітним їх взаємне притягання. Зауважимо, що зовнішні умови (навантаження, швидкість, шорсткість поверхонь, температура, мастило) впливають на тертя не менше, ніж природа тіл, що труться.

Залежно від характеру руху стичних тіл кажуть про тертя спокою, тертя ковзання, тертя кочення і опір рухові (рідке тертя).

Щоб зрушити тіло (вантаж, шафу, автомобіль тощо), треба прикласти силу. **Сила тертя спокою** – це і є та сила, що заважає нам зрушити з місця важкий предмет: стіл, шафу, ящик, візок. Сила тертя спокою напрямлена проти того руху, який мав би виникнути. Ця сила виникає під час спроби вивести тіло із стану спокою. Як можна виміряти цю силу? До тіла (брусок), що лежить на підставці, через шнурок прикріпимо динамометр, який триматимемо у руці і одночасно натягуватимемо шнурок. Покази динамометра у момент, коли тіло (брусок) зрушується, і є силою тертя спокою.

Сила тертя спокою дорівнює за модулем силі тяги, що прикладена до тіла паралельно поверхні стикання його з іншим тілом. Ця сила тертя  $\vec{F}_T$  завжди спрямована у бік, протилежний силі тяги  $\vec{F}$  :

$$\vec{F}_T = -\vec{F} .$$

Від чого і як залежить максимальна сила тертя спокою? Покладемо на брусок гирю і повторимо описаний вище дослід. Як видно з показів динамо-

метра, сила тертя спокою зростає. Оскільки у досліді змінилася лише сила тиску на стичні поверхні, то можна зробити висновок, що максимальна сила тертя спокою пропорційна силі нормального тиску на поверхню:

$$F_T \sim N,$$

де  $N$  – модуль сили нормального (напрявленого у вертикальному напрямі) тиску.

Численні досліди підтверджують цей висновок. Якщо змінювати характер стичних поверхонь, можна помітити, що у цих випадках максимальна сила тертя залежить від сили нормального тиску, але її значення інше; інакше кажучи, максимальна сила тертя залежить від матеріалів стичних поверхонь:

$$F_T \sim \mu_o,$$

де  $\mu_o$  – коефіцієнт тертя спокою.

Продовжимо спостереження у досліді, описаному вище. Будемо рухати брусок рівномірно. При цьому слід пригадати, що сила тяги чисельно дорівнює силі тертя ковзання.

Силу тертя, яка виникає в результаті руху одного тіла по поверхні іншого, називають **силою тертя ковзання**.

Ця сила спрямована протилежно переміщенню даного тіла відносно стичного з ним тіла. Вона дещо менша від максимальної сили тертя спокою і залежить від нормального тиску  $N$  та коефіцієнта тертя ковзання  $\mu_k$ :

$$F_T = \mu_k N.$$

(Коефіцієнт тертя ковзання  $\mu_k$ , як і  $\mu_o$ , завжди менший від одиниці.)

Багатовіковий досвід людства, зокрема застосування великого відкриття ще давніх часів – колеса, свідчить про те, що сила тертя кочення значно менша від сили тертя ковзання.

**Сила тертя кочення** за умови однакового навантаження значно менша за силу тертя ковзання. На цьому явищі ґрунтується застосування кулькових та роликів підшипників у техніці. У таких підшипниках обертовий вал не ковзає по нерухомому вкладишу підшипника, а котиться по ньому на сталених кульках або роликах.

Тертя може бути корисним і шкідливим. Коли воно корисне, його намагаються збільшити, коли шкідливе – зменшити. Без тертя спокою ні люди, ні тварини, ні машини не могли б рухатись. Дійсно, йдучи, ми відштовхуємося ногами від землі. Коли тертя між ґрунтом (дорогою) і подошвою достатнє – йти можна; коли ж слизько (потрібного тертя немає), рухатись, зберігати рівновагу важко, або й неможливо. Сила тертя зупиняє під час гальмування автомобіль, потяг тощо. Але без тертя спокою автомобіль (тепловоз, електровоз) не могли б почати рух – колеса проковзували б і автомобіль стояв би на місці; Це спостерігається на вулицях під час ожеледі, дощу. Щоб збільшити тертя, поверхню автомобільних і тракторних шин роблять з ребристими виступами – протекторами, що дає змогу збільшити зчеплення з дорогою, тобто збільшити тертя. Якби не було тертя, предмети вислизали б з рук.

Однак у багатьох випадках тертя шкідливе і його треба зменшувати. Так, у всіх машинах внаслідок тертя нагріваються і спрацьовуються деталі та вузли рухомих частин. Спеціальними заходами (мастилами, застосуванням підшипників та ін.) намагаються зменшити втрати на тертя.

Під час ковзання шарів рідини або газу один відносно одного виникають сили опору рухові, спрямовані вздовж цих шарів у напрямках, протилежних до напрямку руху (швидкості). Такі ж сили виникають і внаслідок руху твердих тіл у рідинах та газах (човнів, вертольотів тощо).

Сили тертя, які виникають під час руху тіл у рідині і газі, залежать від швидкості їх відносного руху, їх називають силами рідкого тертя, або опору середовища.

У процесі руху тіла шари газу (повітря) або рідини ніби прилипають до поверхні рухомих тіл і рухаються разом з ними. Згадайте: ви стоїте на залізничній платформі; мимо проходить потяг. Ви обов'язково відчуваєте вітер, що супроводжує рух потяга. Сила цього вітру тим більша, чим більша швидкість потяга. Потяг «тягне» за собою повітря, а тепловоз «везе» не тільки вагони, а й захоплює значну кількість навколишнього повітря. Аналогічну картину можна спостерігати і під час руху автомобіля.

**Сила опору** значною мірою залежить від форми тіла. Форму тіла, при якій сила опору мала, називають обтічною. Ракетам, літакам, підводним човнам, кораблям і автомобілям надають обтічної форми.

Сила опору залежить і від властивостей середовища, в якому рухається тіло: у воді, наприклад, опір рухові набагато більший, ніж у повітрі.

### 2.3.5. Сила тиску

Якщо ви натиснете на дерев'яний стіл долонею, то сила вашої руки приблизно рівномірно розподілиться по всій поверхні долоні і не спричинить помітної дії на стіл, але якщо ви з таким самим зусиллям натискатимете на стіл гострим гвіздком, така сама сила діятиме на маленьку поверхню вістря гвіздка, і він увійде в дерево. Отже, дія сили залежить ще й від площі поверхні, на яку вона діє.

Дію сили на деяку поверхню характеризують тиском. **Тиском** називається фізична величина, яка дорівнює відношенню сили до площі поверхні, на яку вона діє, за уміти, що поверхня перпендикулярна до напрямку сили і сила розподіляється рівномірно на всю поверхню:

$$p = \frac{F}{S} \quad ,$$

де  $p$  – тиск;  $S$  – площа поверхні;  $F$  – сила, що діє на поверхню, перпендикулярно до неї (таку силу ще називають **силою тиску**).

За одиницю тиску в СІ прийнято паскаль (Па). 1 Па – це такий тиск, який чинить сила 1 Н на поверхню 1 м<sup>2</sup> перпендикулярно до неї:

$$1 \text{ Па} = \frac{1 \text{ Н}}{1 \text{ м}^2} = 1 \text{ Н} / \text{м}^2 .$$

На практиці використовуються й інші одиниці тиску, наприклад кратні – гектопаскаль (гПа), кілопаскаль (кПа) та мегапаскаль (МПа), а також частинні (для вимірювання малих тисків) – міліпаскаль (мПа).

Чим більша сила тиску, тим більший тиск, який вона чинить. Але збільшити (зменшити) тиск можна й інакше: збільшуючи (зменшуючи) площу поверхні. Це широко використовується в техніці.

Щоб ґрунт витримав тиск споруди, роблять значною площу нижньої частини фундаменту. Шини вантажних автомобілів і шасі літаків виготовляють значно ширшими, ніж легкових. Завдяки великій площі гусениць важкі трактори, танки чи всюдиходи переміщуються по такій болотистій місцевості, по якій не пройде людина. І навпаки, добре загострені леза різальних і вістря колючих інструментів, навіть від малої сили, створюють великий тиск.

У живій природі також трапляються різальні та колючі пристрої, це – зуби, кігті, дзьоби, колючки тощо. Усі вони дуже гострі, тверді і гладенькі.

Візьмемо три циліндричні посудини: в одну покладемо дерев'яний брусок, у другу насиплемо гороху, а у третю наллємо води.

Дерев'яний брусок внаслідок дії сили тяжіння тиснутиме лише на дно посудини.


Горох тиснутиме не тільки на дно, а й на стінки посудини в усіх точках дотику горошин. Кожна горошина всередині стиснена з усіх боків сусідніми горошинами і, внаслідок сил пружності, сама буде тиснути в усі боки на горошини. Ці сили тиску будуть тим більші, чим глибше лежить горошина, тобто чим більший шар гороху тисне на неї зверху.

Вода, налита у посудину, через велику рухливість молекул тиснутиме на дно та стінки посудини. Кожний об'єм всередині води буде стиснутий з усіх боків сусідньою водою і внаслідок пружності буде з такою ж самою силою тиснути на сусідні частинки. Ці сили будуть тим більші, чим глибше міститься розглядуваний об'єм води, або чим більший шар води тисне на нього зверху. Поки сили тиску не дуже великі, можемо вважати, що об'єм рідини не змінюється (нестислива рідина), хоча й сили пружності значні. Якщо ж тиск дуже великий, спостерігається помітне зменшення об'єму. На глибині моря близько 2 км тиск настільки великий, що вода зменшується в об'ємі на 1%. Окремі шари і частинки рідин та газів на відміну від твердих тіл можуть ві-

льно переміщатися одні відносно інших в усіх напрямках. Вважають, що рідини і гази мають велику рухливість. Завдяки їй внутрішній тиск у рідинах і газах в усіх напрямках однаковий.

Внаслідок дії сили тяжіння на частинки рідини або газу верхні шари тиснуть на нижчі, ці – на ще нижчі і так далі. Отже, всередині рідин (газів) існує тиск, що зумовлений вагомістю самих рідин чи газів.

Тиск рідин, зумовлений силою тяжіння, називають гідростатичним.

Як можна розрахувати тиск рідини на дно посудини? Візьмемо посудину у формі прямокутного паралелепіпеда, наповнену рідиною. Сила , з якою рідина тисне на дно посудини, дорівнює вазі  $P$  рідини. Площа дна  $S$ . Вагу рідини обчислюють, знаючи її масу  $m$ :

$$F = P = gm.$$

Маса рідини дорівнює добутку її об'єму  $V$  на густину  $\rho$ :

$$m = \rho V.$$

Об'єм рідини у посудині  $V = Sh$ , де  $S$  – площа дна посудини,  $h$  – висота стовпа рідини в посудині.

Отже,  $F = P = g\rho V = g\rho Sh$ .

Тиск рідини  $p$  дістанемо, поділивши силу тиску  $F$  на площу  $S$ :

$$p = \frac{F}{S} = \frac{g\rho Sh}{S}, \text{ або } p = g\rho h.$$

Як бачимо, тиск рідини на дно посудини залежить тільки від густини та висоти стовпа рідини, і не залежить від форми посудини. Це є наслідком закону Паскаля, за яким тиск передається в усіх напрямках без зміни.

Повітряну оболонку, яка оточує Землю, називають атмосферою.

Атмосфера Землі сягає на висоту кількох тисяч кілометрів, щільність атмосфери з висотою зменшується. Верхні шари атмосфери внаслідок дії на них сили тяжіння тиснуть на нижні шари. Отже, той шар атмосфери, який безпосередньо прилягає до Землі, стиснутий найбільше. В результаті цього земна поверхня й усі тіла, що перебувають на ній, зазнають тиску всієї товщі



повітря, або атмосферного тиску. Існуванням атмосферного тиску можна пояснити багато явищ, зокрема дію насоса, фонтану тощо.

Атмосферний тиск з висотою зменшується. Його вимірюють за допомогою ртутних барометрів у міліметрах ртутного стовпа (мм рт. ст.) або барометрів-анероїдів (від гр. *aneros* – безрідинний) у гектопаскалях (гПа), чи міліметрах ртутного стовпа.

Крім барометрів для вимірювання атмосферного тиску існують схожі на них прилади, за допомогою яких вимірюють тиски, що значно відрізняються від атмосферного, скажімо, тиск стиснутого в балоні газу чи навпаки, тиск сильно розрідженого газу. Такі прилади називаються манометрами (від гр. *manos* – нещільний та *metros* – вимірюю).

### 2.3.6. Архімедова сила

Якщо тіло занурити у рідину (газ), рідина (газ) тисне на нього з усіх боків (за законом Паскаля), причому тиск на нижні частини, зрозуміло, більший, ніж на верхні. Внаслідок цього тіло немовби втрачає частину своєї ваги, стає легшим. Отже, на занурене в рідину (газ) тіло діє виштовхувальна сила, напрямлена вертикально вгору. Чисельно вона дорівнює вазі рідини в об'ємі зануреної частини тіла. Цю виштовхувальну силу називають **архімедовою силою** ( $F_A$ ) на честь давньогрецького вченого Архімеда (287-212 рр до н.е.), який розрахував, чому вона дорівнює:

$$F_A = g\rho V,$$

де  $g = 9,8$  Н/кг,  $\rho$  – густина рідини, у яку занурене тіло,  $V$  – об'єм зануреної частини тіла (витісненої рідини). Розрахунок архімедової сили для газів такий самий, як і для рідини.

Кинуті у воду залізний цвях, камінь зразу тонуть, а деревина плаває, причому рівень занурення її у воду різний і залежить від її типу та стану. Як пояснити те, що одні тіла тонуть, інші – плавають? Як ми вже знаємо, на тіло, занурене у рідину, у вертикальному напрямі діють дві сили – сила тяжіння (вниз) та архімедова сила (вгору). Залежно від співвідношення значень цих

сил для даного тіла і даної рідини рівнодійна цих сил може бути спрямована або вниз, або вгору, або дорівнювати нулю. Відповідно до цього тіло або тоне, або зринає чи знаходиться в рівновазі у рідині. Тіло плаватиме у рідині, коли густина рідини більша або дорівнює об'ємній густині тіла. (Слід розуміти саме об'ємну густину тіла, а не матеріалу, з якого воно виготовлене). Так, металевий підводний човен плаватиме у воді, оскільки він має порожнини і його об'ємна густина менша за густину морської води.

Підводний човен занурюватиметься у воду, коли водою заповняться його глибинні цистерни і його густина стане більшою або однаковою з густиною води.

Кожне тіло, яке плаває на поверхні рідини, занурюється у неї настільки, щоб вага рідини в об'ємі зануреної частини тіла дорівнювала б силі тяжіння.

Аналогічними є умови плавання тіл у газах.

Вміння розраховувати архімедову силу і з'ясовувати умови плавання тіл дуже важливе для конструювання, виготовлення та експлуатації кораблів, підводних човнів, повітроплавних апаратів тощо.

## **2.4. Енергія**

### **2.4.1. Поняття енергії**

Термін «енергія» (від гр. *energeia* – дія, діяльність) є чи не одним з найбільш уживаних сучасною людиною. Найчастіше його пов'язують з потребами виробництва, необхідністю використання палива, споживанням їжі, особливим (енергетичним) станом живого організму, здатністю тіл виконати роботу.

Як ми вже знаємо, всі тіла мікро-, макро- і мегасвіту перебувають у неперервному русі і взаємодіють. Узагальнюючи це, кажуть, що формою існування матерії є рух. Фізичними формами руху є механічна, теплова, електрична, ядерна тощо. Всі вони мають здатність перетворюватись одна в одну за певних умов.

Так, якщо тягти брусок по шорсткій поверхні, він нагрівається; якщо вмонтувати в нього чутливий термометр, він покаже, що температура бруска підвищується доти, поки продовжуватиметься рух. Аналогічно нагріваються гальмові колодки трамвайних, тролейбусних, автомобільних коліс, деталі машин, що труться. Пригадуйте: первісні люди добували вогонь тертям. Але як ми вже знаємо, з підвищенням температури пов'язане збільшення швидкостей хаотичного руху молекул у тілі. Отже, під час руху бруска відбувається перетворення його механічного руху у тепловий рух молекул бруска (і поверхні стола). Це саме відбувається і від тертя гальмових колодок та частин коліс.

На гідроелектростанціях механічний рух води перетворюється за певних умов у рух електронів (електричний струм). У електронагрівальних приладах рух електронів (електричний струм) перетворюється в тепловий рух мікрочастинок нагрівального елемента. Автомобілі, літаки, тепловози і теплоходи, трактори та мотоцикли приводяться у механічний рух за рахунок згоряння палива, що є немеханічною (зокрема, хімічною) формою руху.

Все сказане свідчить не лише про взаємоперетворюваність різних форм руху матерії, а й про те, що ці взаємоперетворення відбуваються за певних (конкретних) умов. Дійсно, брусок нагріватиметься, якщо його рухати, прикладаючи мускульні зусилля; під час проходження електричного струму нагрівається провідник, а цей струм вироблятиме, наприклад, гідроелектростанція.

Підкреслимо ще одну дуже важливу для розуміння поняття енергії сутність взаємоперетворень різних форм руху матерії: вони відбуваються не лише за певних умов, а й у певних кількісних співвідношеннях.

Наприклад, нагріти деяке металеве тіло на  $1^{\circ}\text{C}$  можна кількома способами: певним числом ударів молотка, натиранням його руками чи іншим тілом протягом певного часу, пропусканням електричного струму, нагріванням на газовій плитці протягом певного часу й на певному «вогні» тощо. У зв'яз-

ку з цим стверджують, що даний рух може перетворюватися за певних умов в інший лише в певній мірі.

У науці достовірно встановлено, що різні форми руху матерії мають здатність взаємоперетворення за певних умов і в суворо певній кількісній мірі. Тому виникла потреба мати фізичну величину, яка була б загальною кількісною мірою руху і взаємодії (взаємоперетворень) усіх видів матерії. Цією фізичною величиною є енергія.

*Енергія* – одна з характеристик руху і тому не існує сама по собі, окремо від тіл, що взаємодіють, їх частинок і мікрочастинок.

Поняття енергії є важливим поняттям не лише фізики, астрономії та інших природничих наук. Ним користуються у техніці і технології, філософії тощо. В усіх розвинутих країнах світу дбають про енергетику – галузь народного господарства, яка розв'язує одне з найважливіших техніко-економічних завдань сучасної цивілізації: виробництво, передавання та використання енергії.

Відповідно до різних форм руху в науці розрізняють види енергії: механічну, теплову, електромагнітну, хімічну, ядерну та ін.

Якщо тіло не змінює свого, наприклад, механічного руху, то кажуть, що його механічний стан не змінюється; не змінюється відповідно і його механічна енергія (як кількісна міра цього руху). Якщо ж механічний рух перетворюється в інший, внаслідок цього його здатність до наступних перетворень зменшується. Отже, зменшується і його енергія. Це можна сказати й про тепловий вид енергії: нагріте тіло, притиснуте до іншого (холоднішого), нагріває його, але саме при цьому охолоджується, і його здатність нагрівати інші тіла зменшується. Тут, як і в попередньому випадку, кажуть, що теплова енергія нагрітого тіла зменшилася, оскільки аналогічним чином змінився його тепловий стан.

Розглянуті приклади ілюструють загальнонауковий факт: зміна стану тіл означає зміну їх енергії і навпаки.

## 2.4.2. Робота та її вимірювання

Як оцінюють (характеризують) зміну енергії? Для характеристики зміни енергії тіла внаслідок його взаємодії з іншими тілами введено спеціальну фізичну величину – *роботу сили* (її ще називають механічною роботою).

Так, стиснена зовнішньою силою пружина змінила свій стан. Розпрямляючись, ця пружина може виконати роботу, наприклад підняти вантаж. Стиснена пружина у механічному годиннику виконує роботу – рухає стрілки годинника. Є й інші пристрої, які можуть накопичувати здатність виконувати роботу.

Прикладом такого пристрою, крім пружини, є гирьовий годинник. Підтягуючи гирю вгору, ми виконуємо деяку роботу. Внаслідок цього механізм годинника дістає здатність виконувати протягом тривалого часу роботу по переміщенню маятника, стрілок і коліс годинника. З ходом годинника гиря поступово опускається і запас функціональної здатності механізму зменшується; змінюється і стан гирі.

Надаючи швидкості будь-якому тілу, також виконують роботу; внаслідок цього тіло набуває здатності виконати роботу, зменшуючи свою швидкість. Наприклад, залізничний вагон, підштовхнутий тепловозом до потягу, зупиняючись, стискає пружини буферів сусідніх вагонів; куля, випущена з гвинтівки, потрапляючи в перешкоду, руйнує матеріал і т. ін.

У всіх цих випадках виконується робота під час зміни стану тіла: пружина розпрямляється (розкручується), гиря (вантаж) опускається, рухоме тіло зупиняється. Із виконанням роботи ця здатність втрачається.

Таким чином, якщо тіло, або кілька тіл, які взаємодіють між собою (система тіл), можуть за даних умов виконати роботу, то кажуть, що вони мають енергію. Мірою зміни енергії є робота, яку треба виконати, щоб спричинити цю зміну. Це й означає, що енергію і роботу вимірюють в одних і тих самих одиницях (про це йтиметься пізніше).

Є й інші способи зміни стану тіла, а, отже, і його енергії.

Термін «робота» вживають у науці тоді, коли під дією сили відбувається переміщення тіла. Наприклад, людина піднімає вантаж, кінь тягне воза, кран переносить будівельний блок, буксир тягне баржу.

Механічна робота виконується, якщо є дія сили і переміщення тіла внаслідок дії цієї сили. Робота виконується й тоді, коли сила, діючи на тіло, зменшує його швидкість (наприклад, сила тертя або сила тяжіння при русі тіла вгору). Чим більша сила діє на тіло і чим на більшу відстань при цьому переміщується воно, тим більшою буде виконана силою робота. Тому роботу вимірюють добутком сили на відстань, пройдену тілом вздовж напрямку дії цієї сили:

$$\text{робота сили} = \text{сила} \times \text{переміщення}.$$

Надалі, коли говоритимемо про роботу сили, називатимемо її одним словом – робота.

**Роботу** позначають символом  $A$ . Вона визначається за формулою:

$$A = F \cdot s,$$

де  $F$  – модуль сили,  $s$  – модуль переміщення.

Одиничним (фіксованим) значенням роботи в СІ є робота сили 1 Н на відстані 1 м. Цю одиницю називають **джоулем** (скорочено 1 Дж). Отже,

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м} = 1 \text{ Нм} = 1 \text{ Дж}.$$

Цю одиницю роботи названо на честь видатного англійського фізика Дж.П. Джоуля (1818–1889 рр.), який довів, що робота є різновидом зміни енергії.

Оскільки робота дорівнює зміні енергії, то:

$$\Delta W = A = F \cdot s.$$

$\Delta W$  – зміна енергії тіла, внаслідок виконаної роботи. Енергію звичайно позначають літерою  $W$ .

Важливим є не лише величина енергії, яка змінилася, але й темп цієї зміни. Зміна стану тіл, а, отже, і зміна їх енергії завжди відбувається не миттєво, а протягом деякого інтервалу часу. Причому час у цьому процесі є істотною характеристикою. Покажемо це на прикладах.

Скажімо, потрібно підняти на п'ятий поверх лантух зерна. За допомогою ліфта цю роботу можна виконати за кілька секунд. Людина, згинаючись від такої ноші, зійде сходами за кілька хвилин. Ще один приклад. Гектар землі багатолемішним трактором можна виорати за 40–50 хвилин, а для виконання цієї самої роботи конем не вистачить й робочого дня.

Отже, важливо знати не лише виконану роботу (зміну енергії), а й час (темп) її виконання.

Для характеристики темпу виконання роботи (зміни енергії) користуються особливою фізичною величиною – потужністю.

**Потужністю** називають фізичну величину, яка дорівнює відношенню роботи (зміни енергії) до часу, протягом якого її було виконано. Її позначають буквою  $N$ .

Щоб обчислити потужність, треба значення зміни енергії ( $\Delta W$ ) поділити на інтервал часу ( $t$ ), протягом якого ця зміна відбулася:

$$N = \frac{\Delta W}{t} .$$

У випадку ж зміни енергії внаслідок взаємодії тіл, тобто роботи  $\Delta W = A$ , тому

$$N = \frac{A}{t} .$$

За одиницю потужності в системі СІ беруть потужність, при якій за 1 с енергія змінюється на 1 Дж. Цю одиницю називають **ватом** (позначають 1 Вт) на честь англійського вченого і інженера-винахідника Дж. Уатта (1736–1819 рр.). Отже:

$$1 \text{ Вт} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} .$$

### 2.4.3. Механічна енергія

**Механічна енергія** є кількісною мірою механічного руху і його взаємодії (взаємоперетворення) з іншими формами руху. Вона залежить від механі-

чного стану тіла: із зміною стану тіла його енергія змінюється; якщо ж механічний стан тіла не змінюється – його механічна енергія залишається сталою.

Розрізняють два види механічної енергії: потенціальну і кінетичну.

Енергію піднятого відносно Землі тіла, піднятої греблею води, стиснутого газу тощо називають **потенціальною** (від латинського *potentia* – сила, можливість) енергією. Цей вид енергії обумовлений взаємодією або відносним положенням тіл чи окремих частин того самого тіла. Тому потенціальну енергію ще називають енергією взаємодії.

Енергію рухомої води, рухомого повітря, енергію копра (тягар для забивання палів), який падає, енергію будь-якого іншого тіла, що рухається, називають **кінетичною** (від грецького *kinēmatos* – рух) енергією.

Чим з більшою швидкістю рухається тіло і чим більшу масу воно має, тим більшу роботу воно може виконати, а отже, тим більша його кінетична енергія.

У природі, техніці й побуті часто можна спостерігати перетворення одного виду механічної енергії в інший: потенціальної в кінетичну і кінетичної з потенціальною. Наприклад, під час падіння води з греблі її потенціальна енергія перетворюється в кінетичну. У маятнику, який коливається, ці види енергії по чергову переходять одна в одну.

Як кінетичну, так і потенціальну енергію тіл широко використовують на практиці. Зокрема, енергію рухомої води використовують на гідроелектростанціях.

Енергію вітру використовують у вітряних млинах, вітряних водонапірних станціях, вітрових електростанціях. Енергія води, яка падає, і вітру – екологічно чисте джерело енергії, оскільки під час її використання повітря не забруднюється.

Механічна енергія легко перетворюється в теплову, а також в електричну енергію.

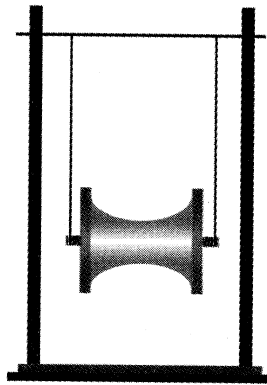
Одне й те саме тіло (або їх сукупність) може одночасно мати і потенціальну і кінетичну енергії. Як приклад, згадаємо: маятник, що коливається, ті-



ло, що піднімається вгору або падає, і т. ін. Тому механічна енергія є сумою потенціальної і кінетичної енергії тіла чи системи тіл. В такому випадку користуються терміном «повна механічна енергія».

## 2.5. Спрямованість самочинних процесів у природі

Накрутимо нитку маятника Максвелла (мал. 2.4) на вісь коліщатка і відпустимо його. Ми підняли коліщатко на певну висоту і надали йому певної потенціальної енергії. Коліщатко опустилося вниз – потенціальна енергія його перетвориться в кінетичну; воно знову підніметься вгору і буде так підніматись і опускатись кілька разів.



Мал. 2.4. Маятник Максвелла

Якої б потенціальної енергії маятнику не надали, він кінець кінцем зупиниться. Куди ж поділась його енергія? Вона витратилась на подолання тертя маятника об повітря, нитки об вісь коліщатка та на подолання інших перешкод. Потенціальна енергія перетворилась в енергію хаотичного руху частинок навколишнього середовища. Затрачена енергія не повернеться до маятника, марно чекати, щоб маятник знову почав рухатись. Перетворення механічної енергії у внутрішню – *необоротний процес*. Він зумовлений перетворенням енергії впорядкованого руху тіла в енергію хаотичного руху частинок, потенціальної енергії тіла у внутрішню енергію тіла та навколишнього середовища.

Розтягнута пружина має енергію. Якщо пружину відпустити, то ця енергія перетвориться в кінетичну енергію, а потім знову ж таки у внутрішню енергію навколишнього середовища. Енергія хаотичного руху частинок не повернеться до пружини, щоб розтягти її. Це теж необоротний процес.

Праска була нагріта і з часом стала холодна. Енергія праски не зникла, за її рахунок нагрілось повітря в кімнаті. Ця енергія не повернеться до праски, щоб та знову стала гарячою. Процес переходу теплоти від нагрітого до холодного тіла – необоротний.

Камінь скочується з гори. Дощ падає на землю. Річка тече до моря. Усе це – приклади самочинних процесів у природі. Неважко помітити, що під час перебігу усіх цих явищ потенціальна енергія взаємодіючих із Землею тіл зменшується. Під час перебігу самочинних процесів зменшується і енергія частинок речовини. Так, при конденсації пари, утворенні льоду частинки води стають "ближчими" одна до одної, енергія їх взаємодії зменшується.

Що є характерним для необоротних процесів? Маятник рухався – став нерухомим. Пружина була розтягнутою – зайняла своє звичне положення. Тіло було гарячим – набуло такої ж температури, як і навколишнє середовище. Під час необоротних процесів, що відбуваються на Землі, тіла переходять до *стану рівноваги*, тобто такого стану, в якому тіла не перебувають у стані механічного руху та не зазнають жодних змін: деформації, зміни температури тощо.

Отже, процеси в навколишньому світі, що супроводжуються затратою енергії на нагрівання оточуючого середовища, є необоротними.

## **2.6. Механічний рух**

### **2.6.1. Поняття механічного руху**

У світі, що нас оточує, все перебуває у неперервному і різноманітному русі. Рухаються люди і машини на вулицях міст і сіл, на полях і сільськогосподарських угіддях, вода в ріках, кораблі і риби в морях, ріках і озерах, літа-

ки і птахи у небі, кров у кровеносних судинах людини і тварини, рослинні соки у тканинах дерев і рослин. Рухаються також молекули і атоми, з яких складаються всі оточуючі тіла.

Поряд з цим ми бачимо і нерухомі тіла: будинки і споруди, дерева і колії залізниць знаходяться на своїх певних місцях. Нерухомі автомобілі, трактори і літаки на стоянках, меблі в кімнатах. Однак ці та інші подібні приклади не спростовують і не заперечують твердження про те, що все у світі рухається. Дійсно, нерухомі відносно поверхні Землі тіла разом з нею обертаються відносно її осі та навколо Сонця; а разом з Сонцем рухаються у Всесвіті. Нема і не може бути абсолютно нерухомих тіл.

Рух – одна з основних властивостей і форм існування речовини та енергії у Світі.

В усіх названих вище випадках можна помітити рух тіл тоді, коли вони змінюють своє положення в просторі відносно інших тіл. Так, поїзд рухається відносно полотна залізниці. Вода в річці рухається відносно її берегів. Ракета рухається, бо вона змінює своє положення відносно Землі, стартового майданчика. Все це випадки найпростішого виду руху – механічного руху, коли одне тіло з плином часу змінює положення відносно інших тіл.

**Механічним рухом** тіла називають зміну з часом його положення в просторі відносно інших тіл.

Тіло (предмет), відносно якого розглядається рух даного тіла, називають тілом відліку. Так, якщо автобус рухається вздовж вулиці, за тіло відліку можна прийняти будь-який будинок, автобусну зупинку, газетний кіоск, перехрестя вулиць тощо. Тілом відліку може бути і другий автобус, що рухається.

Стан спокою і руху тіл відносні, оскільки один і той самий рух відносно різних тіл відліку сприйматиметься по-різному. Відносність механічного руху означає, що говорити про рух можна лише тоді, коли вказано не тільки рухоме тіло, а й тіло відліку. Розглянемо такий приклад.

Пасажи́рський поїзд проходить з певною швидкістю повз платформу. У вагоні сидить пасажир. Вздовж вагона проходить провідник. Людина на платформі спостерігає ці рухи. З точки зору провідника пасажир – нерухомий. З точки зору спостерігача рухомі і пасажир, і провідник, який перебуває одночасно у двох рухах.

### 2.6.2. Види механічного руху та його параметри

Лінія, яку описує під час свого руху тіло, називається *траєкторією*.

Залежно від вигляду траєкторії всі механічні рухи можна поділити на два види: прямолінійні і криволінійні.

Якщо рухоме тіло описує пряму лінію, рух називають *прямолінійним*. Коли рухоме тіло описує криву лінію, рух називають *криволінійним*.

Відстань, пройдену тілом уздовж траєкторії руху, називають шляхом.

Найчастіше його позначають літерою  $s$ .

Одиниця шляху в СІ – 1 метр (1 м).

Серед безлічі різноманітних механічних рухів виділяють рух по прямій, а серед множини прямолінійних рухів – рівномірний рух. Такий рух – найпростіший і його простіше описати.

*Рівномірним прямолінійним* називають такий рух, при якому тіло за будь-які однакові інтервали часу проходить відповідно однакові відстані.

Якщо, наприклад, автомобіль на прямолінійній ділянці шляху рухався так, що

за кожну годину проходив 60 км,

за кожні 1/2 години – 30 км,

за кожну 1/4 години – 15 км,

за кожну 1/8 години – 7,5 км,

за кожну 1/16 години – 3,25 км тощо,

то рух автомобіля на цій ділянці був рівномірний.

Рівномірні прямолінійні рухи різних тіл можуть відрізнитись швидкістю переміщення. Наприклад, за однакових умов руху на шосе мотоцикліст

рухається рівномірно значно швидше велосипедиста, а пішохід рухається повільніше від велосипедиста та мотоцикліста.

Щоб визначити швидкість тіла при рівномірному русі, шлях, пройдений тілом за який-небудь проміжок часу, потрібно поділити на цей проміжок часу:



де  $v$  – швидкість,  $s$  – пройдений шлях,  $t$  – проміжок часу, за який пройдено шлях.

За одиницю швидкості у Міжнародній системі одиниць приймають швидкість такого рівномірного руху, при якому тіло, що рухається, за 1 с переміщується на відстань 1 м.

Знаючи швидкість рівномірного руху тіла, можна визначити шлях, пройдений ним за певний час. Щоб визначити шлях, пройдений тілом при рівномірному русі, треба швидкість тіла помножити на час його руху:

$$s = v \cdot t .$$

Рівномірно і прямолінійно тіло рухається лише на невеликих ділянках шляху. Переважно його швидкості змінюються. Так, на початку руху автомобілі, човни, кораблі, літаки «набирають» швидкість, лише на окремих ділянках шляху рухаються зі сталою швидкістю, потім перед зупинкою рухаються уповільнено, зменшують швидкість і зупиняються.

Рух із змінною швидкістю називають **нерівномірним**.

Для характеристики змінного руху поняття швидкості необхідно розширити. Для цього вводять нові поняття: «середня швидкість на ділянці шляху» та «миттєва швидкість».

Середня швидкість на певній ділянці шляху визначається відношенням цього відрізка шляху до часу, за який тіло пройшло цей відрізок. Однак вона не дає інформації про рух у конкретний момент чи в певній точці траєкторії. Таку інформацію дає миттєва швидкість, тобто швидкість у даний момент руху чи в певній точці траєкторії.

### 2.6.3. Інерція

Повсякденний наш досвід показує, що швидкість тіла може змінюватися від взаємодії його з іншим тілом. Наприклад, м'яч, що лежить на землі, починає рухатися тоді, коли на нього налетить інший м'яч, або коли по ньому вдарять ногою. Але якщо на м'яч не діють інші тіла, то він сам не змінить своєї швидкості, не почне рухатися відносно Землі.

Зменшення швидкості руху й зупинка тіла також не відбуваються самі собою, а спричинюються дією інших тіл. Швидкість кулі зменшується під час проходження її крізь дошку, тобто від взаємодії з дошкою. М'яч, що котиться, зупиняється внаслідок тертя об землю.

Напрямок швидкості також змінюється під дією якого-небудь тіла. Кинутий м'яч змінює напрям руху від удару об стінку або руку. Людина, яка швидко біжить, щоб обігнути дерево, хапається за нього рукою.

Розглянемо такий дослід. На столі похило встановлено дошку. На невеликій відстані від кінця дошки насипано купку піску. На дошку ставлять візок. Візок, скотившись на стіл і потрапивши в пісок, швидко зупиняється, зустрічаючи на шляху перешкоду. Вирівнявши пісок, знову пускають візок по дошці з попередньої висоти. Тепер візок, перш ніж зупинитись, проходить більшу відстань по столу. Якщо зовсім прибрати пісок з шляху візка, то до зупинки він пройде ще більшу відстань. Отже, чим менша дія іншого тіла на візок, тим довше зберігається його рух, тим цей рух ближчий до рівномірного.

Як рухатиметься тіло, якщо на нього зовсім не будуть діяти інші тіла? Відповідь на це запитання дав італійський учений Г. Галілей (1564-1642): якщо на тіло не діють інші тіла, то воно або перебуває в спокої, або рухається прямолінійно й рівномірно. В обох випадках швидкість тіла не змінюється.

Цей висновок дістав назву **закону інерції** (від лат. *inertia* – нерухомість, бездіяльність), який є одним із основних законів природи. Точне формулю-

вання цього закону дав І. Ньютон, включивши його в число основних законів руху. Тому часто закон інерції називають першим законом Ньютона.

Явище збереження швидкості тіла, коли на нього не діють інші тіла, називають інерцією.

Завдяки інерції рухається куля, що вилетіла із ствола гвинтівки, адже дія на неї порохових газів припинилася після її вильоту. За інерцією рухається автомобіль після вимикання двигуна, шайба – після удару по ній ключкою. Прикладом руху за інерцією є і рух молекули газу – кожна молекула його від одного співудару до іншого рухається за інерцією прямолінійно і рівномірно.

Спостереження за взаємодією тіл свідчать, що вони при цьому поведуть себе по-різному: одні тіла набувають більшої швидкості, інші – меншої. Ця властивість тіл дістала назву інертності. Всі тіла інертні, але інертність різних тіл різна. Із двох тіл, що взаємодіють, інертність більша у того тіла, яке в результаті взаємодії повільніше змінює швидкість (отримує менше прискорення).

Поступово наростає швидкість поїздів, автомобілів, що рушають з місця. Швидкість багатотонної ракети-носія також зростає поступово. Поступову зміну швидкості можна спостерігати і під час зупинки поїздів, автомобілів, бігунів-спортсменів.

Для характеристики інертності тіл, використовують уже відому вам величину – масу.

**Маса** є характеристикою не тільки гравітаційних властивостей тіл, тобто їх взаємного гравітаційного притягання. Одночасно з цим маса тіла є мірою його інертності. Численні експерименти і практичний досвід свідчать, що маси двох тіл обернено пропорційні модулям швидкостей, яких вони набувають під час взаємодії:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2}{v_1},$$

де  $m_1$  і  $v_1$  та  $m_2$  і  $v_2$  – маси цих тіл (візків) та їх початкові швидкості, набуті внаслідок взаємодії.

Порівнюючи швидкості, яких набувають тіла в результаті взаємодії, що до цього перебували в спокої, можна визначити, у скільки разів маса одного тіла більша, ніж другого. Цим способом можна вимірювати маси тіл, якщо масу одного з тіл взяти за еталон.

#### 2.6.4. Система тіл, що взаємодіють

Ми вже з'ясували, що дія одного тіла на друге не може бути односторонньою: обидва тіла завжди діють одне на одне, тобто взаємодіють. Внаслідок взаємодії змінюються характер руху чи деформації обох тіл.

Тіло зберігає завжди свій початковий стан відносного спокою або прямолінійного і рівномірного руху доти, поки дія інших тіл не виведе його з цього стану. А що відбувається з тими іншими тілами?

Численні досліди показують, що будь-якій дії завжди є така сама за значенням, але протилежно спрямована протидія. Дія одного тіла на інше виражається силою  $\vec{F}$ . Отже, якщо деяке тіло  $A$  діє на тіло  $B$  з певною силою  $\vec{F}_1$ , існує відповідна сила  $\vec{F}_2$ , з якою тіло  $B$  діє на тіло  $A$ .

Сили, з якими тіла, що взаємодіють, діють одне на одне, спрямовані по одній прямій, однакові за модулем і протилежні за напрямом:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Цей важливий висновок у науці дістав назву *третього закону Ньютона*, названого на честь ученого, що його вперше сформулював.

З цього закону випливає, що сили, які діють внаслідок взаємодії тіл, завжди виникають парами – дія і протидія. Якщо, наприклад, на одне тіло з боку іншого діє сила пружності, воно «відповідає» першому такою самою силою пружності.

Виявляється, що для характеристики руху тіла і його взаємодії з іншими тілами не досить знати його масу і швидкість. Так, рушнична куля масою



m, кинута рукою зі швидкістю 5 м/с, може бути зупинена тканиною або листом картону. Та сама куля після пострілу з рушниці має швидкість 800 м/с, і її не можна зупинити навіть за допомогою трьох складених одна на одну товстих дощок. Ще приклад. Воротар ловить або відбиває футбольний м'яч, який летить з великою швидкістю після сильного удару футболіста. Не вдаючись у розрахунки, можна собі уявити, що воротар не «взяв» би залізного чи сталючого «м'яча» такого самого об'єму і пущеного з такою самою швидкістю. Тому однією з мір механічного руху є спеціальна фізична величина – імпульс тіла (кількість руху).

**Імпульсом тіла** (кількістю руху) називають добуток маси тіла на його швидкість:

$$\vec{p} = m \vec{v} .$$

Імпульс тіла – векторна величина; напрям її вектора збігається з напрямом швидкості.

За одиницю імпульсу тіла у Міжнародній системі одиниць прийнято імпульс тіла масою 1 кг, що рухається зі швидкістю 1 м/с:

$$[p] = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Під час розв'язування практичних задач часто розглядають рух не одного окремого тіла, а системи тіл, що взаємодіють. Будь-які два тіла, що взаємодіють, є найпростішою системою тіл. Групи тіл, рух яких розглядається сумісно і одночасно, у механіці називають системою тіл. Наприклад, Сонце і планети утворюють Сонячну систему. Тіла, що входять до системи, можуть зазнавати дії різноманітних сил. Ті сили, що створені тілами, належать до даної системи і називаються внутрішніми силами системи. Сили, створені тілами, що не належать до даної системи тіл, називають зовнішніми силами системи.

Якщо на систему тіл не діють ніякі зовнішні сили або їх дією в умовах даної задачі можна знехтувати, таку систему називають замкненою, або ізольованою. Ізольованих систем у чіткому розумінні цього означення немає. Всі тіла взаємодіють. В окремих випадках реальні системи можна розглядати

як замкнені, знехтувавши їх взаємодію, яка у даному разі виявляються неістотною.

Імпульс тіла (системи тіл) має цікаву і важливу властивість збереження. Вона полягає в тому, що сума імпульсів тіл, що взаємодіють тільки між собою (замкнена система!), зберігається незмінною. Це твердження називається *законом збереження імпульсу*. Саме для замкнених систем і справджується цей закон:

Векторна сума імпульсів тіл, що входять у замкнену систему, залишається сталою за будь-яких взаємодій тіл цієї системи між собою.

Зміст закону збереження імпульсу пояснюють такі прості досліди.

На столі знаходяться два візки однакової маси  $m$ . До торця одного з візків прикріпимо пластилінову кульку. Нехай візки рухаються назустріч один одному з однаковими за модулем швидкостями  $v$ . Зіткнувшись, обидва візки, що становлять замкнену систему (силою тяжіння і ваги тут можна знехтувати), зупиняються. Це можна пояснити так. Імпульс (кількість руху) лівого візка дорівнює  $m\vec{v}$ , правого  $-m\vec{v}$  (знак « $-$ » вказує, що другий візок рухався зі швидкістю, протилежно спрямованою до швидкості першого візка). До моменту зіткнення (взаємодії) сума імпульсів візків (їх системи) становила:

$$m\vec{v} + (-m\vec{v}) = 0$$

Після зіткнення візки зупинились. Отже, знову сума імпульсів обох візків дорівнює нулю.

Поставимо візки так, щоб вони були повернені один до одного пружинними буферами. Знову надамо візкам однакової швидкості  $\vec{v}$ , але протилежної за напрямом. Після зіткнення візки змінюють напрям швидкостей на зворотний, а модулі їх залишаються тими самими. Якщо до зіткнення імпульс лівого візка дорівнював  $m\vec{v}$ , а правого  $-m\vec{v}$ , то після зіткнення імпульс лівого візка становитиме  $-m\vec{v}$ , а правого  $m\vec{v}$ . Сумарний же імпульс системи (обох візків) знову дорівнюватиме нулю, як і у першому випадку.

У цьому і полягає зміст закону збереження імпульсу.

Ракети, реактивні двигуни і літаки, реактивний рух – що це означає? Що таке реактивний рух? Почнемо з прикладу. Нехай на ставку по спокійній поверхні води плаває човен, в якому знаходиться хлопчик і який завантажено невеликими однаковими камінцями.

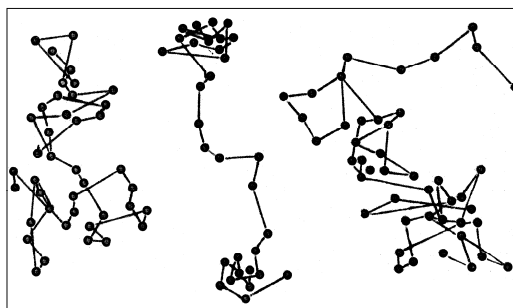
Човен з камінцями та хлопчиком можна вважати замкненою системою тіл, бо їх взаємодія з навколишнім середовищем (водою та повітрям) зникаюче мала: тертя (з водою, повітрям) – мале, а сили тяжіння і вага – зрівноважені.

Що відбудеться, коли хлопчик почне кидати один за одним через однакові інтервали часу камінці у горизонтальному напрямі? Човен почне рухатись відносно берега, і його швидкість буде тим більшою, чим більше відношення маси кожного кинутого камінця до маси човна і більша швидкість кинутого камінця.

Рух, який виникає внаслідок виштовхування тіл із замкненої системи, називається *реактивним*.

## 2.7. Теплові явища

Ми знаємо, що тіла складаються з молекул. Молекули перебувають у безперервному русі. Рух кожної окремої молекули – рух механічний. Можна визначити пройдений шлях і середню швидкість руху окремої молекули. Можна уявити як вона стикається з іншими молекулами тіла.



Мал. 2.5. Рух молекул води

На малюнку 2.5 зображено траєкторії руху мікроскопічних частинок фарби, розчиненої у воді, збільшені в мільйони разів. Частинки рухаються

внаслідок ударів молекул води. Видно, яка складна траєкторія частинок, а отже, і молекул. Рух усіх разом узятих молекул – ще складніший рух. Пригадаємо, що в об'ємі  $1 \text{ см}^3$  води міститься близько  $3,34 \cdot 10^{28}$  молекул, і кожна молекула рухається за дуже складною траєкторією. Важко навіть уявити собі картину цього загального руху молекул тіла. Мільярди мільярдів маленьких частинок рухаються з великими швидкостями в різних напрямках, стикаються одна з одною і зі стінками посудини, від чого змінюються їхні швидкості, і знову рухаються до наступного зіткнення.

Відомо, що зі швидкістю руху молекул тіла пов'язана його температура. Тому безладний рух молекул, пов'язаний з температурою тіла, називають тепловим рухом. Тепловий рух відрізняється від механічного тим, що в ньому бере участь багато частинок, і кожна частинка рухається безладно.

Знання про внутрішню будову речовини і про тепловий рух дають змогу пояснити різні теплові явища.

### **2.7.1. Внутрішня енергія**

Ми знаємо, що є два види механічної енергії: потенціальна і кінетична.

**Потенціальну енергію** мають тіла, які взаємодіють одне з одним – притягуються або відштовхуються. Наприклад, потенціальну енергію мають камінь, піднятий над Землею, стиснута або розтягнута пружина, стиснений газ.

**Кінетичну енергію** мають рухомі тіла: вода, що тече, вітер, м'яч, який котиться, куля, що летить. Кінетична енергія залежить від маси рухомого тіла та його швидкості.

Потенціальна і кінетична енергії можуть перетворюватися одна в одну. Приклади такого перетворення енергії було розглянуто в розділі 2.4.1.

Розглянемо ще один приклад перетворення енергії.

На свинцевій плиті лежить свинцева куля. Підніmemo кулю вгору і відпустимо. Коли ми підняли кулю, то надали їй потенціальної енергії. Під час падіння кулі її потенціальна енергія зменшується, оскільки куля опускається

дедалі нижче. Зате поступово збільшується її кінетична енергія, оскільки швидкість кулі збільшується. Потенціальна енергія тіла перетворюється в кінетичну. Та ось куля вдарилась об свинцеву плиту й зупинилась. І кінетична, і потенціальна енергії кулі відносно плити в цей час дорівнюватимуть нулю.

Чи означає це, що енергія, яку мала до цього куля, безслідно зникла? Ні, не означає. Розглядаючи кулю і плиту після удару, ми помітимо, що їх стан змінився: куля трохи сплюснулася, а на плиті утворилася невелика вм'ятина, тобто куля і плита від удару деформувалися. Вимірявши відразу ж після удару температуру кулі й плити (а це можна зробити), виявимо, що вони нагрілись.

Відомо, що з нагріванням тіла збільшується середня швидкість руху молекул, а отже, збільшується їхня середня кінетична енергія. Молекули мають також і потенціальну енергію: адже вони взаємодіють одна з одною – притягуються, а при дуже тісному зближенні відштовхуються. Деформація тіла зумовлює зміну взаємного розміщення його молекул, тому змінюється і їх потенціальна енергія. Таким чином, при співударі змінюються і кінетична, і потенціальна енергії молекул свинцю. Отже, механічна енергія, яку мала на початку досліду куля, не зникла, вона перейшла в енергію молекул.

Енергію руху і взаємодії частинок, з яких складається тіло, називають ***внутрішньою енергією тіла***.

Тепер ми дізналися, що, крім механічної енергії, є ще один вид енергії – внутрішня.

Внутрішня енергія тіла не залежить ні від руху тіла, ні від положення цього тіла відносно інших тіл. Маючи завжди якийсь запас внутрішньої енергії, тіло одночасно може мати механічну енергію. Наприклад, літак, що летить на певній висоті над землею, крім внутрішньої енергії, має ще й механічну енергію – потенціальну і кінетичну.

Кінетична і потенціальна енергії однієї молекули дуже малі, бо мала маса молекули. Але молекул у тілі безліч, тому внутрішня енергія тіла; що дорівнює сумі енергій усіх молекул, досить велика.

Так, кінетична енергія однієї молекули водню при кімнатній температурі дорівнює 0,000 000 000 000 000 000 005 Дж ( $5/10^{21}$  Дж =  $5 \cdot 10^{-21}$  Дж). Обчислення показують, що сума кінетичних енергій усіх молекул водню, що містяться в 1 м<sup>3</sup> його за тих самих умов, дорівнює 140 000 Дж, – це вже значне число.

Якщо підняти на висоту 3 м величезний кувальний молот масою 5 т, то його потенціальна енергія становитиме теж близько 140 000 Дж. Але потенціальну енергію молота легше використати, ніж внутрішню енергію 1 м<sup>3</sup> водню. Досить відпустити молот, як, падаючи на деталь, він виконає роботу: його потенціальну енергію буде використано.

Але не так просто і не завжди можна використати внутрішню енергію тіла. Цьому питанню приділяють багато уваги в науці. Успіхи техніки великою мірою пов'язані з тим, наскільки людство навчилося використовувати внутрішню енергію тіл.

До внутрішньої енергії відносять також і ту енергію, яку називають атомною енергією. Під час вивчення теплових явищ враховують тільки енергію молекул, бо вона здебільшого змінюється в цих явищах. Тому надалі, говорячи про внутрішню енергію тіла, розумітимемо під нею кінетичну енергію теплового руху й потенціальну енергію взаємодії молекул тіла.

Внутрішня енергія тіла не є якоюсь сталою величиною: в того самого тіла вона може змінюватися. З підвищенням температури внутрішня енергія тіла збільшується, бо зростає середня швидкість, а отже, і кінетична енергія молекул цього тіла. А із зниженням температури внутрішня енергія тіла зменшується.

Підвищення температури тіла можна досягти, виконуючи над ним роботу – тертя, удари, розгинання, згинання, тобто здійснюючи деформацію. Цей процес спричинює зростання швидкості руху молекул тіла, внаслідок чого внутрішня енергія цього тіла збільшується.

Якщо роботу виконує саме тіло, то його внутрішня енергія при цьому зменшується. Це можна спостерігати на такому досліді.

Беруть товстостінну скляну посудину, заткнуту корком, і через спеціальний отвір накачують у неї повітря, в якому є водяна пара. Через деякий час корок вискочить з посудини. У той момент, коли корок вискакує, у посудині з'являється туман. Його поява означає, що повітря в посудині стало холодніше (згадайте, що й надворі туман з'являється під час похолодання).

Стиснене повітря, що є в посудині, виштовхуючи корок, виконує роботу. Цю роботу повітря виконує за рахунок своєї внутрішньої енергії, яка при цьому зменшується. Про зменшення енергії ми дізнаємося з охолодження повітря в посудині.

Внутрішню енергію тіла можна змінити й іншим способом.

Відомо, що чайник з водою, який стоїть на плиті, металева ложка, опущена в склянку з гарячою водою, піч, у якій розпалено вогонь, дах будинку, освітлюваний сонячним промінням, нагріваються. В усіх цих випадках підвищується температура тіл, а отже, збільшується і їхня внутрішня енергія. Як пояснити її збільшення?

Як, наприклад, нагрівається холодна металева ложка, опущена в гарячу воду? Спочатку швидкість і кінетична енергія молекул гарячої води більші за швидкість і кінетичну енергію частинок холодного металу. У тих місцях, де ложка стикається з водою, молекули гарячої води передають частину своєї кінетичної енергії частинкам холодного металу. Тому швидкість і енергія молекул води в середньому зменшуються, а швидкість і енергія частинок металу збільшуються: температура води зменшується, а температура ложки збільшується – температури їх поступово вирівнюються. Із зменшенням кінетичної енергії молекул води зменшується і внутрішня енергія всієї води в склянці, а внутрішня енергія ложки збільшується.

Процес зміни внутрішньої енергії, при якій над тілом не виконується робота, а енергія передається від одних частинок до інших, називають *теплопередачею*.

Отже, внутрішню енергію тіла можна змінити двома способами: виконанням механічної роботи або теплопередачею.

Коли тіло вже нагріте, ми не можемо сказати, яким з двох способів це зроблено. Так, тримаючи в руках нагріту сталеву спицю, не можна сказати, як її нагріли – натираючи чи вміщуючи в полум'я.

### 2.7.2. Теплопровідність

Внутрішня енергія, як і будь-який інший вид енергії, може передаватися від одного тіла до іншого. Ми вже розглянули один з прикладів такого передавання – передавання енергії від гарячої води до холодної ложки. Такий вид теплопередачі називається *теплопровідністю*.

Різні речовини мають неоднакову теплопровідність.

Велику теплопровідність мають метали, особливо срібло й мідь.

Рідини, за винятком розплавлених металів, наприклад ртуті, мають погану теплопровідність. У газів теплопровідність ще менша, оскільки їхні молекули розміщені далеко одна від одної і передавання руху від однієї молекули до іншої утруднене.

Різноманітні пористі тіла мають погану теплопровідність, бо в них між волокнами є повітря. Ось чому вовна, пух і хутро захищають тварин від охолодження. Захищає тварин від охолодження і жировий шар, який є у водоплавних птахів, у китів, моржів, тюленів.

Найменшу теплопровідність має вакуум – дуже розріджений газ. Пояснюється це тим, що теплопровідність, тобто перенесення енергії від однієї частини тіла до іншої, здійснюють молекули або інші частинки, отже, там, де немає частинок, теплопровідності не може бути.

Речовини з малою теплопровідністю використовують там, де треба уберегти тіло від охолодження або нагрівання. Наприклад, цегляні стіни добре захищають повітря в кімнаті від охолодження. Льох обкладають соломкою, тирсою, землею, які мають погану теплопровідність і тому уберегають продукти, що є в льоху, від нагрівання.



### 2.7.3. Конвекція

Рідини й гази звичайно нагрівають знизу. Чайник з водою ставлять на вогонь, батареї опалення розміщують під вікнами біля підлоги. Чи випадково це?

Тримаючи руку над гарячою плитою або над лампою, що світиться, ми помітимо, що від плити чи лампи вгору піднімаються теплі струмені повітря. Тут ми спостерігаємо інший вид теплопередачі, який називається *конвекцією* (від лат. *convectio* – перенесення).

При конвекції енергія переноситься самими струменями газу або рідини. Повітря, яке стикається з плитою або лампою, нагрівається від її поверхні й розширюється. Густина розширеного повітря менша від густини холодного, тому шар теплого повітря піднімається в холодному повітрі. Потім прогрівається і починає рухатися вгору наступний шар холодного повітря і т.д.

Так само переноситься енергія і при нагріванні рідини.

### 2.7.4. Випромінювання

У природі існує ще один вид теплопередачі – *випромінювання*, яке йде від усіх нагрітих тіл.

Передавання енергії випромінюванням відрізняється від інших видів теплопередачі тим, що воно може відбуватися в повному вакуумі. Випромінюванням передається на Землю і сонячна енергія.

Випромінюють енергію і сильно, і слабо нагріті тіла: тіло людини, піч, електрична лампочка. Але чим вища температура тіла, тим більше енергії передає воно випромінюванням.

Енергія випромінювання, яке падає на тіла, частково вбирається цими тілами, перетворюючись у їх внутрішню енергію, внаслідок чого вони нагріваються. При цьому тіла нагріваються по-різному, залежно від стану поверхні.

Тіла з темною поверхнею краще вбирають енергію і більше нагріваються. Виявляється, що тіла з темною поверхнею і швидше омолоджуються

випромінюванням. Наприклад, у світлому чайнику гаряча вода остигає повільніше, ніж у темному.

### 2.7.5. Кількість теплоти

Ту частину внутрішньої енергії, яку тіло дістає чи втрачає при теплопередачі, називають *кількістю теплоти*.

Назву «кількість теплоти» прийнято відносити до зміни внутрішньої енергії тільки внаслідок теплопередачі. Цю назву не застосовують до зміни внутрішньої енергії, коли над тілом виконується робота.

Щоб навчитися обчислювати кількість теплоти, з'ясуємо, від яких величин вона залежить.

Якщо треба підігріти воду в чайнику так, щоб вона стала лише теплою, ми нагріваємо її недовго, надаючи їй невелику кількість теплоти. А щоб вода стала гарячою, передаємо їй більшу кількість теплоти. Отже, чим на більше градусів нагріваємо воду, тим більшу кількість теплоти треба передати їй. Звичайно, і охолоджуючись, вода віддасть навколишнім тілам тим більшу кількість теплоти, чим на більше градусів вона охолоне.

Але знати, на скільки градусів підвищилася чи знизилася температура, не досить, щоб мати уявлення про кількість теплоти, яку дістає тіло під час нагрівання або віддає під час охолодження. Розжарена праска, до якої не можна доторкнутися, кімнату не зігріє, а тепла піч або батарея водяного опалення, температура яких близько  $60^{\circ}\text{C}$ , передадуть таку кількість теплоти, за рахунок якої температура повітря в кімнаті помітно підвищиться.

Усім нам доводилося нагрівати воду, і ми знаємо, що для нагрівання повного чайника води потрібна більша кількість теплоти, ніж для того самого чайника, налитого до половини. Переконаємося в цьому на досліді.

Поставимо на одну плиту два кухлі. В один наллємо 200 г води, а в другий – 400 г. У першому кухлі вода нагріється до кипіння раніше, ніж у другому. Знімемо його з плити і спостерігатимемо за другим кухлем. Щоб вода в ньому закипіла, треба передати йому ще якусь кількість теплоти. От-

же, кількість теплоти, передана під час нагрівання тілу, залежить від маси цього тіла: чим більша маса води, тим більшу кількість теплоти треба затратити на її нагрівання.

Охолоджуючись, тіло передає навколишнім предметам тим більше теплоти, чим більша маса охолоджуваного тіла. Чим більше секцій має батарея опалення, тим краще вона обігріває кімнату.

Нагріватимемо на двох однакових пальниках дві посудини. В одну наллємо 400 г води, у другу – 400 г олії. Таким чином, в обох посудинах є по 400 г речовини, тобто маси тіл, які нагріваються, однакові. Однакові й умови їхнього нагрівання, бо посудини дістають енергію від однакових пальників. Відмінність полягає лише в тому, що в другій посудині замість 400 г води є 400 г олії.

Термометри покажуть, що посудина з олією нагрівається швидше. Щоб температура води зрівнялася з температурою олії, воді треба передати додаткову кількість теплоти. Очевидно, для нагрівання однакових мас води й олії на ту саму кількість градусів потрібна різна кількість теплоти: для води вона більша, для олії менша. Значить, кількість теплоти, передана тілу під час нагрівання, залежить і від того, з якої речовини виготовлене тіло.

Отже, кількість теплоти, передана тілу під час нагрівання, залежить від речовини, з якої виготовлене тіло, від маси цього тіла і від зміни його температури.

Як і всякий інший вид енергії, внутрішню енергію вимірюють джоулями.

Як уже зазначалося, кількістю теплоти називають ту частину внутрішньої енергії, яку дістає або втрачає тіло при теплопередачі. Отже, кількість теплоти також вимірюють джоулями (Дж). Застосовують також одиницю кілоджоуль (кДж).

$$1 \text{ кДж} = 1000 \text{ Дж.}$$

Щоб збільшити температуру води масою 1 кг на  $1^{\circ}\text{C}$  треба витратити кількість теплоти, яка дорівнює 4200 Дж. Але якщо нагрівати іншу речовину

масою 1 кг на ту саму температуру  $1^{\circ}\text{C}$ , то потрібна й інша кількість теплоти. Отже, кожна речовина масою 1 кг із зміною її температури на  $1^{\circ}\text{C}$  потребує певної кількості теплоти.

Фізична величина, що показує, яка кількість теплоти потрібна для збільшення температури речовини масою 1 кг на  $1^{\circ}\text{C}$ , або яка якість теплоти виділяється речовиною масою 1 кг при зменшенні її температури на  $1^{\circ}\text{C}$ , називається *питомою теплоємністю речовини*.

Питому теплоємність речовини позначають буквою  $c$ . Одиницею питомої теплоємності речовини є  $1\text{Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ .

Питома теплоємність свинцю  $140\text{ Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ . Це означає, що для нагрівання 1 кг свинцю на  $1^{\circ}\text{C}$  потрібна кількість теплоти, що дорівнює 140 Дж (або внаслідок охолодження 1 кг свинцю на  $1^{\circ}\text{C}$  виділяється кількість теплоти, що дорівнює 140 Дж).

Питома теплоємність деяких речовин в  $\text{Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$

Золото	130	Графіт	750
Ртуть	140	Скло лабор.	840
Свинець	140	Цегла	880
Олово	230	Алюміній	920
Срібло	250	Олія	1700
Мідь	400	Лід	2100
Цинк	400	Гас	2100
Латунь	400	Ефір	2350
Залізо	460	Дерево (дуб)	2400
Сталь	500	Спирт	2500
Чавун	540	Вода	4200

Отже, питома теплоємність показує, як змінюється внутрішня енергія речовини масою 1 кг із зміною температури на  $1^{\circ}\text{C}$ .

Питома теплоємність речовини змінюється внаслідок переходу її з одного стану в інший. Наприклад, питома теплоємність води  $4200 \text{ Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ , питома теплоємність льоду  $2100 \text{ Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ .

Зауважимо, що вода має дуже велику питому теплоємність. Тому вода в морях і океанах, нагріваючись улітку, вбирає велику кількість теплоти, і в місцях поблизу великих водойм улітку не буває так жарко, як у місцях, віддалених від води. Взимку вода охолоджується і віддає значну кількість теплоти, через те зима в цих місцях не така люта.

Завдяки великій теплоємності воду вигідно використовувати і для наповнення радіаторів системи опалення, і для грілок.

Відомо, що молекули складаються з атомів. Наприклад, молекула води складається з одного атома кисню і двох атомів водню. Молекулу можна поділити на атоми. Такий поділ називають хімічною реакцією розкладу. Щоб поділити молекули на атоми, треба подолати сили притягання атомів, виконати роботу, а отже, і затратити енергію. Досліди показують, що коли атоми сполучаються в молекулу, енергія, навпаки, виділяється.

Можна навести таке порівняння: між Землею і всіма тілами існують сили притягання, тому, коли піднімають тіло, віддаляючи його від Землі, то витрачають енергію і виконують роботу. Але якщо тіло, наприклад кувальний молот, падає на Землю, то воно само виконує роботу і його енергія використовується.

На явищі виділення енергії внаслідок сполучення атомів в молекулу і ґрунтується використання палива. Звичайне паливо (вугілля, нафта, бензин тощо) містить вуглець. Під час горіння атоми вуглецю сполучаються з атомами кисню, який є в повітрі. Кожний атом вуглецю сполучається з двома атомами кисню. При цьому утворюється молекула оксиду вуглецю (вуглекислого газу), внаслідок чого виділяється енергія.

Є різні види палива: вугілля, торф, дрова, нафта, сланці, природний газ. Розраховуючи різні двигуни, інженер повинен точно знати, яку кількість теплоти може виділити паливо під час згорання. А для цього треба експеримен-

тальним способом знайти, яка кількість теплоти виділиться від повного згоряння однакової маси палива різних видів. Фізична величина, що показує, яка кількість теплоти виділяється при повному згорянні палива масою 1 кг, називається *питомою теплотою згоряння палива*.

Питому теплоту згоряння палива позначають буквою  $q$ , її одиниця Дж/кг.

Питому теплоту згоряння палива визначають на досліді. Результати експериментальних даних наведено в таблиці.

Питома теплота згоряння деяких видів палива в Дж/кг

Порох	$0,38 \cdot 10^7$	Деревне вугілля	$3,4 \cdot 10^7$
Дрова сухі	$1,0 \cdot 10^7$	Природний газ	$4,4 \cdot 10^7$
Торф	$1,4 \cdot 10^7$	Нафта	$4,4 \cdot 10^7$
Кам'яне вугілля	$2,7 \cdot 10^7$	Бензин	$4,6 \cdot 10^7$
Спирт	$2,7 \cdot 10^7$	Гас	$4,6 \cdot 10^7$
Антрацит	$3,0 \cdot 10^7$	Водень	$12 \cdot 10^7$

З таблиці видно, що, наприклад, питома теплота згоряння торфу дорівнює  $1,4 \cdot 10^7$  Дж/кг. Це означає, що внаслідок повного згоряння 1 кг торфу виділяється  $1,4 \cdot 10^7$  Дж енергії.

Щоб обчислити кількість теплоти  $Q$ , яка виділилася від згоряння будь-якої маси  $m$  палива, треба питому теплоту згоряння помножити на масу палива, що згоріло:

$$Q = qm.$$

## 2.8. Закон збереження і перетворення енергії в механічних і теплових процесах

Ми вже розглядали перетворення одного виду енергії в інший. Під час падіння тіла його потенціальна енергія перетворюється в кінетичну. При па-

дінні свинцевої кулі на свинцеву плиту механічна енергія перетворюється у внутрішню енергію кулі й плити. У двигуні автомобіля і трактора внутрішня енергія пального перетворюється в механічну енергію руху.

Механічна і внутрішня енергія може переходити від одного тіла до іншого. Кінетична енергія води, що тече, передається, наприклад, колесам турбіни, а енергія вітру – крилам вітряного двигуна. Перехід внутрішньої енергії від одного тіла до іншого ми спостерігаємо при теплопередачі, коли внутрішня енергія від одного тіла (наприклад, нагрітої печі) передавалась іншому тілу (повітрю кімнати).

Дослідами доведено, що під час взаємоперетворень потенціальної і кінетичної енергій їх повна сума для замкненої системи взаємодіючих між собою тіл залишається сталою; змінити повну механічну енергію системи тіл можна в результаті передавання енергії іншим тілам або одержанням її від них.

А чи зберігається енергія під час переходу її від одного тіла до іншого або під час перетворення з одного виду в інший?

Досліди свідчать, що, скільки внутрішньої енергії віддало одне тіло, стільки ж її дістало інше, тобто та частина внутрішньої енергії, яка перейшла від одного тіла до другого, збереглася без зміни.

Зроблений висновок стосується не тільки внутрішньої енергії.

Усі інші, складніші досліди, показують, що при всяких перетвореннях енергії її значення зберігається.

Спостереження і досліди привели до відкриття одного з основних законів фізики – **закону збереження і перетворення енергії**.

Цей закон установлює, що енергія не зникає і не створюється. Вона тільки перетворюється з одного виду в інший або переходить від одного тіла до іншого. Енергія не може з'явитися в тілі, якщо воно не дістало її від іншого тіла. Енергія води, що тече, і вітру створюється, як ми знаємо, енергією Сонця; потенціальна енергія ракети, що злетіла вгору – за рахунок енергії палива, витраченого під час її запуску; повітря в кімнаті нагрівається, тобто йо-

го внутрішня енергія збільшується за рахунок енергії, яку воно дістало від печі або батареї опалення.

Закон збереження енергії – один з найвеличніших законів природи. Ми спостерігаємо його прояв як у живій, так і неживій природі. Цей закон завжди враховують у науці й техніці.

Вивчаючи різні механізми, вчені виявили, що жодний з них не може дати виграшу в роботі. Це правило – один з проявів закону збереження енергії. Справді, якби ми, піднімаючи тіло за допомогою важеля, дістали роботу, більшу від тієї, яку виконали, то й потенціальна енергія піднятого тіла була б більшою від затраченої енергії, а це згідно із законом збереження енергії неможливо.

## **2.9. Агрегатні перетворення речовин**

Залежно від умов та сама речовина може перебувати в твердому, рідкому й газоподібному станах. Наочним прикладом цього є лід, вода й водяна пара. Ці стани називаються агрегатними станами.

Перехід речовини з одного агрегатного стану в інший широко використовують у практиці. У металургії, наприклад, плавлять метали, щоб дістати з них сплави: чавун, сталь, бронзу, латунь тощо. Пару, добуту з води під час її нагрівання, використовують на електростанціях у парових турбінах і для багатьох інших технічних потреб. Зрідженими газами користуються в холодильних установках.

У природі зміна агрегатних станів відбувається в широких масштабах. З поверхні океанів, морів, озер і річок випаровується вода, а під час охолодження водяної пари утворюються хмари, роса, туман або сніг. Річки й озера взимку замерзають, а навесні сніг і лід тануть.

Щоб зрозуміти зазначені вище процеси і вміти керувати багатьма з них, ми повинні знати, коли, за яких умов речовина перебуває в тому чи іншому агрегатному стані, які властивості кожного з цих станів і що потрібно для перетворення речовини з одного стану в інший.



Ми вже знаємо, що молекули тієї самої речовини в твердому, рідкому й газоподібному станах ті самі, вони нічим не відрізняються одна від одної. Той або інший агрегатний стан речовини визначається розміщенням і характером взаємодії молекул.

У газах при атмосферному тиску відстань між молекулами набагато більша від розміру самих молекул, тому вони дуже слабо притягуються одна до одної. Середня кінетична енергія молекул газу цілком достатня, щоб виконати роботу для подолання сил молекулярного притягання. Тому, якщо газу не перешкоджають стінки посудини, його молекули розлітаються.

У рідинах і твердих тілах, густина яких у багато разів більша від густини газів, молекули розміщені ближче одна до одної. Середня кінетична енергія їх уже недостатня, щоб виконати роботу на подолання сил молекулярного притягання. Тому молекули в рідинах і особливо в твердих тілах не можуть далеко віддалятися одна від одної.

Твердими тілами у фізиці називають тіла, які мають кристалічну будову. У них на відміну від рідин і газів частинки розміщені впорядковано. Щоб перевести їх з упорядкованого розміщення в безладне, треба виконати роботу на подолання сил молекулярного притягання. При цьому змінюється внутрішня енергія речовини. Під час переходу речовини з твердого стану в рідкий, а потім – у газоподібний внутрішня енергія тіла збільшується, навіть якщо температура тіла не змінюється. При зворотному переході речовини з газоподібного стану в рідкий, а з рідкого – в твердий виділяється певна кількість енергії, внаслідок чого внутрішня енергія тіла зменшується.

Надаючи тілу енергії, можна перевести його з твердого стану в рідкий (наприклад, розплавити лід), а з рідкого – в газоподібний (перетворити воду в пару). Забираючи енергію газу, можна дістати рідину, а з рідини – тверде тіло.

Перехід речовини з твердого стану в рідкий називають **плавленням**.

Щоб розплавити тіло, треба спочатку нагріти його до певної температури.

Температуру, при якій речовина плавиться, називають температурою плавлення речовини.

Одні кристалічні тіла плавляться при низькій температурі, інші – при високій. Лід, наприклад, плавиться при температурі  $0^{\circ}\text{C}$ , свинець – при  $327^{\circ}\text{C}$ , олово – при  $232^{\circ}\text{C}$ , а сталь – при  $1500^{\circ}\text{C}$ . Тому лід плавиться в кімнаті, кусок олова або свинцю можна розплавити в сталевій ложці, нагріваючи її на спиртівці, а залізо плавлять у спеціальних печах, де досягають потрібної температури.

Перехід речовини з рідкого стану в твердий називають *твердненням*, або кристалізацією.

Щоб розплавлене тіло почало кристалізуватися, його треба охолодити до певної температури.

Температуру, при якій речовина твердне (кристалізується), називають температурою тверднення, або кристалізації.

Дослід показує, що речовини тверднуть при тій самій температурі, при якій плавляться. Наприклад, вода кристалізується (а лід плавиться) при  $0^{\circ}\text{C}$ , чисте залізо плавиться і кристалізується при температурі  $1539^{\circ}\text{C}$ .

Якщо нагрівати яке-небудь кристалічне тіло, то можна помітити, що його температура підвищуватиметься тільки до моменту початку плавлення тіла; за весь час процесу плавлення температура тіла не змінюється. При цій температурі частина тіла перебуває в рідкому, а частина – у твердому стані.

Явище перетворення рідини в пару називається *випаровуванням*.

Ми знаємо, що молекули рідини, як і твердого тіла або газу, безперервно рухаються з різними швидкостями. Окремі молекули рідини рухаються з швидкостями як більшими, так і меншими від середньої швидкості. Якщо якась досить «швидка» молекула виявиться біля поверхні рідини, то вона може подолати притягання сусідніх молекул і вилетіти з рідини. Молекули, що вилетіли з поверхні рідини, утворюють над нею пару, тому випаровування відбувається поступово.

Швидкість випаровування залежить від кількох причин.

Якщо аркуш паперу змочити в одному місці ефіром, а в іншому – водою, то помітимо, що ефір випариться значно швидше, ніж вода. Отже, швидкість випаровування залежить від роду рідини. Швидше випаровується та рідина, молекули якої притягуються одна до одної з меншою силою. Адже в цьому разі перемогти притягання і вилетіти з рідини може більша кількість молекул.

Через те що деяка кількість молекул, які рухаються швидко, є в рідині при всіх температурах, випаровування відбуватиметься при будь-якій температурі. Це підтверджують спостереження. Наприклад, калюжі випаровуються і влітку в спеку і восени, коли вже холодно. Але влітку вони висихають швидше. Це пояснюється тим, що чим вища температура рідини, тим більша кількість молекул, які швидко рухаються й можуть подолати сили притягання навколишніх молекул і вилетіти з поверхні рідини. Тому, рідина випаровується тим швидше, чим вища її температура і більша площа поверхні.

Спостереження і досліди показують, що випаровуються і тверді тіла. Випаровується, наприклад, лід, тому білизна висихає і на морозі. Випаровується нафталін, тому ми відчуваємо його запах.

Випаровування має велике значення у житті тварин. Утруднення випаровування порушує тепловіддачу й може спричинити перегрівання тіла.

Ми говорили, що одночасно з випаровуванням відбувається перехід молекул із пари в рідину.

Явище перетворення пари в рідину називають *конденсацією* (від лат. *condensare* – згущувати).

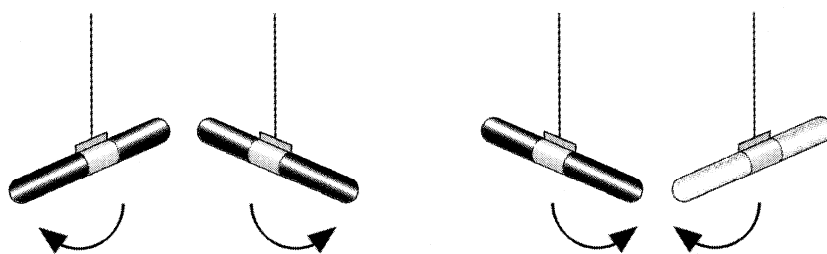
Конденсація пари супроводжується виділенням енергії.

## 2.10. Електричні явища

Якщо потерти скляну паличку об шовк або ебонітову паличку об вовну, то вони будуть притягувати до себе дрібні клаптики паперу, фольгові смужки, пух рослин та інші легкі предмети, тобто стануть наелектризованими, або набудуть електричного заряду. Слово «електрика» походить від слова «елек-

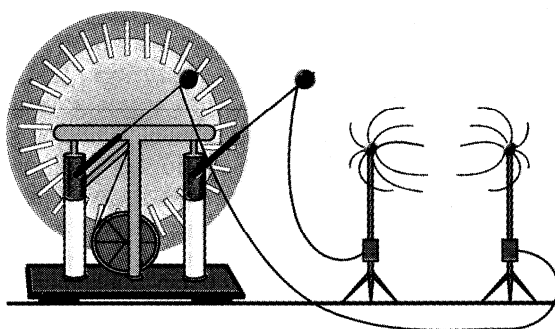
трон», яким давні греки називали бурштин (янтар), здатний наелектризовуватись внаслідок натирання його вовною.

Пізніше виявилося, що існує *два види електричних зарядів*. Так, дві скляні палички, потерті об шовк, взаємно відштовхуються, а скляна паличка, потерта об шовк, та ебонітова паличка, потерта об вовну, взаємно притягуються (мал. 2.6). Заряд на склі та на інших тілах, що утворюють заряд такого виду, назвали позитивним, а заряд на ебоніті, бурштині, сірці, гумі – негативним. Отже, тіла, які мають електричні заряди однакового знака, взаємно відштовхуються, а тіла, які мають заряди протилежного знака, взаємно притягуються.



Мал. 2.6. Взаємодія наелектризованих тіл

При електризації ебонітової чи скляної паличок виникає порівняно невеликий заряд, через те сили, з якими вони взаємодіють, незначні. Значно сильнішу взаємодію заряджених тіл можна спостерігати, зарядивши їх від електрофорної машини, яка дає змогу безперервно розділяти позитивні і негативні заряди. Сполучені з кульками машини султани сильніше взаємодіють в міру того, як заряд їх збільшуються (мал. 2.7).

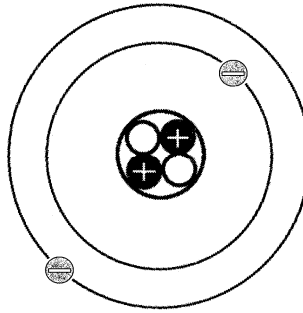


Мал. 2.7. Електрофорна машина

Досліди показують, що наелектризовані тіла взаємодіють одне з одним на відстані: притягуються або відштовхуються. Як же передається дія одного наелектризованого тіла на інше? Вчені довели, що заряджене тіло створює у просторі навколо себе *електричне поле*. Основна властивість електричного поля, завдяки якій воно виявляє своє існування, – це здатність діяти на заряджені тіла з певною силою. Іншими словами, електричне поле має енергію. Діючи з певною силою на заряджене тіло, поле може виконати роботу по переміщенню цього тіла, і вона здійснюється за рахунок енергії поля. Сила, з якою електричне поле діє на внесений у нього електричний заряд, називається електричною силою.

Тіла можна зарядити не лише тертям, а й дотиком. Заряди можуть переміщуватись від одного тіла до іншого по деяких тілах. За здатністю проводити електричні заряди речовини умовно поділяються на *провідники і непровідники електрики*. Усі метали, розчини деяких речовин у воді, ґрунт – добрі провідники електрики. Тіло людини та інші живі організми теж добре проводять електричні заряди. До непровідників електрики, або діелектриків, належать бурштин, ебоніт, скло, фарфор, шовк, пластмаси, гас, повітря та інші гази. Тіла, виготовлені з діелектриків, називають ізоляторами.

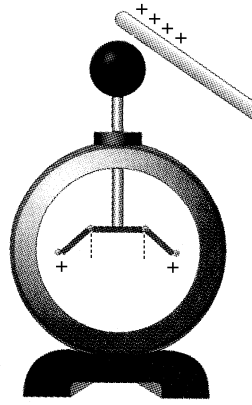
Як пояснити явище електризації тіл? Молекули й атоми в звичайному стані не мають електричного заряду, тому їх переміщенням не можна пояснити електризацію тіл. Багатьма дослідженнями вчених доведено, що однією з основних властивостей електрона є його електричний заряд. Цей заряд не можна “зняти” з електрона. Ядро атома має позитивний заряд. За абсолютним значенням він дорівнює сумі зарядів усіх електронів, які є в атомі. Внаслідок цього атом в цілому електрично нейтральний. (Мал. 2.8).



Мал. 2.8. Схема будови атома

Ми вже знаємо, що коли ебонітову паличку терти об вовну, то вона заряджається негативно, а вовна при цьому заряджається позитивно. Це пояснюється тим, що внаслідок тертя електрони переходять з вовни на ебоніт, тобто з тієї речовини, в якій сили притягання до ядра слабші, до речовини, в якій ці сили більші. Тепер ебонітова паличка має надлишок електронів, тобто заряджається негативним зарядом, а шматок вовни – недостачу, тобто заряджається позитивним зарядом.

Листочки електроскопа розійдуться не лише за умови торкання наелектризованим предметом його кульки, а й тоді, коли кульки не торкатися (мал. 2.9). У цьому випадку на металевому стержні електроскопа заряди перерозподілилися: електрони притяглися ближче до піднесеного зарядженого позитивно тіла. В результаті листочки і стержень виявилися зарядженими позитивно. Якщо від кульки електроскопа відвести наближений наелектризований предмет, то його листочки повернуться у попереднє положення, бо електрони притягнуться до позитивно зарядженого кінця електроскопа і нейтралізують позитивний заряд.



Мал. 2.9. Електризація електроскопа без дотику

При всіх видах електризації – тертям, дотиком чи через вплив – заряди не виникають і не зникають безслідно, вони тільки перерозподіляються в певному тілі або переходять до іншого.

Вище ми розглянули електричні явища, під час яких електричні заряди перебувають у спокої (на ебонітовій чи скляній паличках, електроскопі тощо). Однак найбільший практичний інтерес мають електричні явища, пов'язані з рухом – електричним струмом. **Електричний струм** – це впорядкований рух заряджених частинок (електронів та іонів) по провіднику під дією електричного поля. Таке електричне поле створюється і підтримується протягом тривалого часу за допомогою джерела електричного струму, які бувають найрізноманітніші – від гігантських генераторів потужних електростанцій до мініатюрних акумуляторів та батарейок. Але в будь-якому з них здійснюється процес розділення позитивно і негативно заряджених частинок. Розділені заряджені частинки нагромаджуються на полюсах джерела струму – деталях джерела, до яких приєднуються провідники. Один полюс джерела струму заряджений позитивно, а другий – негативно. В результаті між полюсами джерела утворюється **електричне поле**. Якщо з'єднати полюси провідником, то електричне поле виникне і в провіднику. Під впливом цього поля вільні заряджені частинки в провіднику рухатимуться – виникне електричний струм.

До джерела за допомогою провідників приєднується споживач електричного струму, наприклад, електрична лампочка, комп'ютер тощо. Електричний струм здатен нагрівати провідник, по якому він проходить. Якщо електричний струм пропустити через мідний дріт, намотаний на осердя у вигляді спіралі, буде спостерігатися його магнітна дія. Якщо підключити до джерела струму два стержні і опустити їх у розчин, наприклад, мідного купоросу, то під час проходження струму через розчин на одному із стержнів осідає чиста мідь, тобто спостерігається хімічна дія струму. Електричний струм має широке застосування у промисловості та в побуті.

Електричний струм також відіграє важливу роль у життєдіяльності живих організмів. Так, електрокардіограма являє собою запис на спеціальну паперову стрічку електричних сигналів серця. Електрична активність мозку також може бути записана. Деякі організми здатні генерувати електричний струм, наприклад, електричний скат та декілька сотень інших видів риб.

Дії електричного струму, з якими ми ознайомилися, можуть виявлятися різною мірою – сильніше чи слабше. Досліди показують, що інтенсивність (ступінь дії) електричного струму залежить від заряду, який проходить по колу за 1 с.

Коли вільна заряджена частинка – електрон у металі або іон у розчині електроліту – рухається в електричному колі, то разом з нею переміщується заряд. Чим більше частинок переміститься від одного полюса джерела струму до другого або просто від одного кінця ділянки кола до іншого, тим більший загальний заряд, перенесений частинками.

Електричний заряд, що проходить через поперечний переріз провідника за 1 с, визначає **силу струму** в колі.

Можна сказати тепер, що від сили струму залежить інтенсивність різних дій струму. Чим більша сила струму в колі, тим інтенсивніша і дія струму: більше нагрівається провідник, більша маса речовини осідає на електродах під час хімічної дії струму, сильніша магнітна дія струму.



За одиницю сили електричного струму взято **ампер** (позначають символом  $A$ ) на честь французького фізика А.М. Ампера (1775-1836).

Застосовують також частинні та кратні одиниці сили струму: міліампер ( $mA$ ); мікроампер ( $\mu A$ ), а в техніці – кілоампер ( $kA$ ).

$$1 mA = 0,001 A; 1 \mu A = 0.000001 A; 1 kA = 1000 A.$$

Щоб уявити собі, що таке ампер, наведемо приклади: сила струму в спіралі лампи кишенькового ліхтаря 0,25 А, або 250 мА; в освітлювальних лампах, які використовують у наших квартирах, сила струму становить від 7 до 400 мА (залежно від потужності лампи).

Підраховано, що при силі струму 1 А через поперечний переріз провідника за 1 с проходить  $6 \cdot 10^{18}$  електронів.

Силу струму в електричному колі вимірюють приладом, який називається **амперметром** і вмикається послідовно в будь-яке місце кола.

Сила струму – дуже важлива характеристика електричного кола. Ті, хто працює з електричними колами, повинні знати, що для людського організму безпечною вважається сила струму до 1 мА. Сила струму понад 100 мА призводить до серйозних уражень організму.

У замкненому колі електричний струм може виконувати роботу: приводити в дію двигуни, нагрівати електричні плитки, праски та інші пристрої. З роботи струму роблять висновок про його **потужність**. Пригадаємо, що потужність дорівнює роботі, виконаній за 1 с.

Від чого ж залежить сама потужність електричного струму?

Можна з певністю сказати, що потужність залежить від сили струму. У цьому ми переконалися, ознайомившись з різними діями струму. Ми бачили, що чим більша сила струму в колі, тим інтенсивніші його дії, тим більшу роботу він виконує, отже, тим більша його потужність. Але потужність струму залежить також від іншої фізичної величини, яку називають **електричною напругою** або просто напругою.

Одиницю напруги назвали **вольт** (позначається ***V***) на честь італійського вченого А. Вольты (1745-1827). Крім вольты застосовують частинні і кратні йому одиниці: мілівольт (***mV***), кіловольт (***kV***).

$$1\text{mV} = 0,001\text{V}, \quad 1\text{kV} = 1000\text{V}.$$

Для вимірювання напруги на полюсах джерела струму або на якій-небудь ділянці кола застосовують прилад, який називається **вольтметром**. Затискачі вольтметра приєднують до тих точок кола, між якими треба виміряти напругу. Таке вмикання приладу називається паралельним.

Різні дії струму, такі, як нагрівання провідника, магнітна й хімічна дії, залежать від сили струму. Змінюючи силу струму в колі, можна регулювати ці дії. Але щоб керувати струмом у колі, треба знати, від чого залежить сила струму у ньому.

Ми знаємо, що електричний струм у колі – це впорядкований рух заряджених частинок в електричному полі. Чим сильніша дія електричного поля на ці частинки, тим, очевидно, і більша сила струму в колі.

Досліди підтверджують, що в скільки разів збільшується напруга, прикладена до провідника, у стільки ж разів збільшується сила струму в ньому. Інакше кажучи, сила струму в провіднику прямо пропорційна напрузі на кінцях провідника.

Вмикаючи в електричне коло якого-небудь джерела струму різні провідники й амперметр, можна помітити, що покази амперметра неоднакові, тобто при різних провідниках сила струму в даному колі неоднакова. Наприклад, якщо замість залізної дротини увімкнути в коло такої самої довжини й перерізу нікелінову дротину, то сила струму в колі зменшиться, а якщо увімкнути мідну дротину, то сила струму значно збільшиться.

Вольтметр, який по черзі вмикають до кінців цих провідників, показує однакову напругу. Отже, сила струму в колі залежить не тільки від напруги, а й від властивостей провідників, увімкнених у коло. Залежність сили струму від властивостей провідника пояснюється тим, що різні провідники мають різні **електричні опори**.

За одиницю опору беруть 1 **Ом** – опір такого провідника, в якому при напрузі на кінцях 1 вольт сила струму дорівнює 1 амперу.

Одиницю опору названо на честь німецького фізика Г. Ома (1787-1854).

Застосовують також інші одиниці опору – частинні й кратні йому: міліом (**мОм**), кілоом (**кОм**), мегом (**МОм**).

$$1 \text{ мОм} = 0.001 \text{ Ом}; 1 \text{ кОм} = 1000 \text{ Ом}; 1 \text{ МОм} = 1\,000\,000 \text{ Ом}.$$

У чому причина опору? Якби електрони в провіднику не мали ніяких перешкод під час свого руху, то вони, приведені в упорядкований рух, рухалися б за інерцією необмежено довго без дії електричного поля. Насправді електрони взаємодіють з іонами кристалічної решітки металу. При цьому сповільнюється впорядкований рух електронів і посилюється безладний рух іонів. Сила струму зменшується, а температура провідника збільшується, значить, енергія струму перетворюється у внутрішню енергію провідника.

Залежність опору провідника від його розмірів і матеріалу вперше на дослідах вивчив Г. Ом. Він установив, що опір прямо пропорційний довжині провідника, обернено пропорційний площі його поперечного перерізу й залежить від матеріалу провідника.

Опір провідника з даної речовини довжиною 1 м і площею поперечного перерізу 1 м<sup>2</sup> називається **питомим опором цієї речовини**.

Використаємо буквені позначення:  $\rho$  – питомий опір,  $l$  – довжина і  $S$  – площа поперечного перерізу провідника. Тоді опір провідника  $R$  виразиться формулою:

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

З цієї формули можна визначити одиницю питомого опору:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l}.$$

Оскільки  $R = 1 \text{ Ом}$ ,  $S = 1 \text{ м}^2$ ,  $l = 1 \text{ м}$ , то одиницею питомого опору буде:

$$\frac{1\hat{i} \cdot 1i^2}{i}, \text{ або } 1\text{Ом}\cdot\text{м}.$$

Зручніше виражати площу поперечного перерізу провідника в квадратних міліметрах, оскільки вона найчастіше невелика. Тоді одиницею питомого опору буде:

$$1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}.$$

Щойно було розглянуто три величини, з якими ми маємо справу в будь-якому електричному колі, – це сила струму, напруга та опір. Ці величини пов'язані між собою.

Залежність сили струму від напруги на кінцях ділянки кола та опору цієї ділянки називають законом Ома за ім'ям німецького вченого Г. Ома, який відкрив цей закон у 1827 р.

**Закон Ома** читається так: сила струму в ділянці кола прямо пропорційна напрузі на кінцях цієї ділянки і обернено пропорційна його опору:

$$\text{сила струму} = \frac{\text{напруга}}{\text{опір}}.$$

Використавши буквені позначення величин:  $U$  – напруга,  $I$  – сила струму,  $R$  – опір, закон Ома можна записати у вигляді формули:

$$I = \frac{U}{R}.$$

Закон Ома – один із основних фізичних законів.

З потужністю електричного струму ми вже мали справу, коли вводили поняття напруги. Тоді було з'ясовано, що потужність струму залежить як від сили струму, так і від напруги. Цю залежність можна виразити формулою:

$$P = U \cdot I.$$

**Потужність електричного струму** дорівнює добутку напруги на силу струму.

Одиницею потужності є **1 ват**. За формулою потужності електричного струму його можна визначити через вольт і ампер.

$$1 \text{ Вт} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А} = 1 \text{ В} \cdot \text{А} .$$

Використовують також одиниці потужності, частинні й кратні вату: гектоват (**гВт**), кіловат (**кВт**), мегават (**МВт**).

$$1 \text{ гВт} = 100 \text{ Вт}; 1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт}; 1 \text{ МВт} = 1\,000\,000 \text{ Вт}.$$

Виміряти потужність електричного струму можна вольтметром і амперметром. Щоб обчислити шукану потужність, перемножують напругу й силу струму, знайдені за показами приладів.

Є спеціальні прилади – **ватметри**, якими безпосередньо вимірюють потужність електричного струму в колі.

У паспортах приймачів електричного струму – лампах, нагрівачах, електродвигунах – звичайно зазначають потужність електричного струму. За потужністю легко визначити роботу струму за даний проміжок часу:

$$A = P t ,$$

де  $A$  – робота,  $P$  – потужність,  $t$  – час.

Виражаючи потужність у ватах, а час у секундах, роботу матимемо в джоулях:

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с} .$$

На практиці зручніше роботу струму виражати не в джоулях, а в ват-годинах (Вт-год), гектоват-годинах (гВт-год), кіловат-годинах (кВт-год).

$$1 \text{ Вт-год} = 3600 \text{ Дж}; 1 \text{ гВт-год} = 360000 \text{ Дж}; 1 \text{ кВт-год} = 3600000 \text{ Дж} .$$

Знаючи, на яку потужність розрахований споживач і скільки часу він діє, можна обчислити роботу струму.

Отже, для вимірювання роботи електричного струму потрібні три прилади: вольтметр, амперметр і годинник. На практиці роботу електричного струму вимірюють спеціальними приладами – **лічильниками**. У будові лічильника ніби поєднуються три названі вище прилади. Лічильники електричної енергії можна побачити майже в кожній квартирі.

## 2.11. Магнітне поле

Під час вивчення явища взаємодії наелектризованих тіл було встановлено, що в просторі, який оточує електричний заряд, є електричне поле. Під впливом цього поля рухаються заряджені частинки (електричний струм): електрони — у металах та іони — в рідинах (див. розділ 2.10).

Також було описано різні явища (теплові, хімічні й магнітні), що спостерігаються в колі, в якому є електричний струм. Магнітні явища, як уже зазначалося, виникають тоді, коли є електричний струм.

Основне магнітне явище полягає в тому, що між двома провідниками із струмом виникають сили взаємодії. Такі сили називаються *магнітними силами*.

Надалі, вивчаючи магнітні явища, ми користуватимемося магнітною стрілкою. Магнітна стрілка, як відомо, є головною частиною компаса. Нагадаємо, що магнітна стрілка має два полюси: північний і південний. Лінію, що сполучає кінці (полюси) магнітної стрілки, називають віссю магнітної стрілки.

Розглянемо тепер дослід, який демонструє взаємодію провідника із струмом і магнітної стрілки. Таку взаємодію вперше встановив датський учений Х.К. Ерстед (1777-1851). Його дослід мав велике значення для розвитку вчення про електричні явища.

Розмістимо провідник, увімкнений у коло джерела струму, над віссю магнітної стрілки. При замиканні кола магнітна стрілка відхиляється від свого початкового положення. З розмиканням кола магнітна стрілка повертається в своє початкове положення. Це означає, що провідник із струмом і магнітна стрілка взаємодіють одне з одним.

Як можна пояснити дослід Ерстеда?

Ми знаємо, що навколо наелектризованого тіла є електричне поле. Дією електричного поля одного наелектризованого тіла на друге пояснюється явище взаємодії двох наелектризованих тіл.

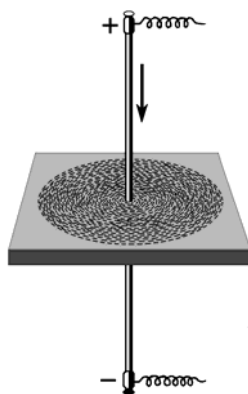
Дослід Ерстеда навів на думку про існування навколо провідника з електричним струмом магнітного поля. Воно й діє на магнітну стрілку, відхиляючи її.

Магнітне поле існує навколо всякого провідника з струмом, тобто навколо рухомих електричних зарядів. Електричний струм і магнітне поле невіддільні одне від одного.

Таким чином, навколо нерухомих електричних зарядів існує тільки одне електричне поле, а навколо рухомих зарядів, тобто електричного струму, існують і електричне, і магнітне поля. Магнітне поле з'являється навколо провідника, коли в ньому виникає струм, тому струм слід розглядати як джерело магнітного поля. У цьому значенні треба розуміти вираз «магнітне поле струму», або «магнітне поле, створене струмом».

Існування магнітного поля навколо провідника з електричним струмом можна виявити різними способами. Один з таких способів полягає у використанні дрібних залізних ошурок.

У магнітному полі ошурки – маленькі шматочки заліза — намагнічуються і стають маленькими магнітними стрілочками. Вісь кожної стрілочки в магнітному полі встановлюється вздовж напрямку дії сил магнітного поля.



Мал. 2.10. Магнітне поле електричного струму

На малюнку 2.10 зображено картину магнітного поля прямого провідника із струмом. Щоб створити таку картину, прямий провідник пропускають крізь аркуш картону. На картон насипають тонкий шар залізних ошурок,

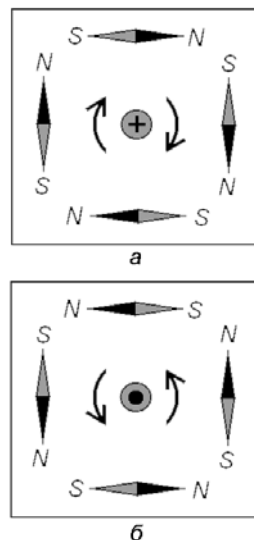
вмикають струм і ошурки злегка струшують. Під дією магнітного поля струму залізнi ошурки розміщуються навколо провідника не безладно, а по концентричних колах.

Лінії, уздовж яких у магнітному полі розміщуються осі маленьких магнітних стрілок, називають магнітними лініями магнітного поля. А напрям, який указує північний полюс магнітної стрілки в кожній точці поля, прийнято за напрям магнітної лінії магнітного поля.

Ланцюжки, що утворюють у магнітному полі залізнi ошурки, показують форму магнітних ліній магнітного поля.

**Магнітні лінії магнітного поля струму** — це замкнені криві, які охоплюють провідник.

За допомогою магнітних ліній зручно зображати магнітні поля графічно. Оскільки магнітне поле існує в усіх точках простору, що оточує провідник із струмом, то через будь-яку точку можна провести магнітну лінію, але так, щоб вона охоплювала провідник із струмом.



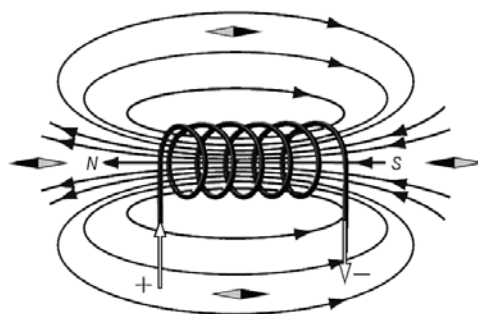
Мал. 2.11. Залежність напрямку магнітних ліній електричного струму від його напрямку в провіднику

На малюнку 2.11-а показано напрям магнітних стрілок навколо провідника із струмом. Провідник розміщений перпендикулярно до площини крес-



лення, струм у ньому спрямований від нас, що умовно позначено кружком з хрестиком. Осі цих стрілок установлюються вздовж магнітних ліній магнітного поля прямого струму. Із зміною напрямку струму в провіднику всі магнітні стрілки повертаються на  $180^\circ$  (мал. 2.11-б; у цьому випадку струм у провіднику напрямлений до нас, що умовно позначено кружком з крапкою). На основі цього досліду можна зробити висновок, що напрям магнітних ліній магнітного поля струму пов'язаний із напрямом струму в провіднику.

Найбільший практичний інтерес становить магнітне поле котушки із струмом. Якщо підвісити котушку із струмом на тонких і гнучких довгих провідниках, то вона встановиться так, як установлюється магнітна стрілка компаса: один кінець котушки буде повернутий на північ, другий – на південь. Таким чином, котушка із струмом, як і магнітна стрілка, має два магнітні полюси – північний і південний. Їх можна визначити, підносячи до них магнітну стрілку (мал. 2.12).



Мал. 2.12. Котушка із струмом

Щоб змінити магнітні полюси котушки, досить змінити напрям струму в ній.

Дію магнітного поля котушки із струмом можна значно підсилити, якщо вставити всередину котушки залізне осердя.

Змінюється дія магнітного поля котушки і під час зміни сили струму: від збільшення сили струму – підсилюється, від зменшення – ослаблюється.

Котушку із залізним осердям усередині називають електромагнітом.

Електромагніти широко використовують у техніці завдяки їхнім особливим властивостям: вони швидко розмагнічуються при вимиканні струму, їх можна виготовляти (залежно від призначення) найрізноманітніших розмірів, під час роботи електромагніту можна регулювати його магнітну дію, змінюючи силу струму в котушці.

Якщо вставити в котушку із струмом стержень із загартованої сталі, то на відміну від залізного стержня він не розмагнічується після вимикання струму, а тривалий час зберігає намагніченість.

Тіла, які довго зберігають намагніченість, називаються постійними магнітами, або просто магнітами.

Магніти можуть мати найрізноманітнішу форму. На малюнку 2.13 зображено підковоподібний і штабовий магніти.



Мал. 2.13. Постійні магніти

Ті місця магніту, де виявляються найсильніші магнітні дії, називають полюсами магніту. Будь-який магніт, як і відома нам магнітна стрілка, обов'язково має два полюси: північний (*N*) і південний (*S*).

Підносячи магніт до предметів, виготовлених із різних матеріалів, можна встановити, що він притягує не всі з них. Магніт добре притягує чавун, сталь, залізо і деякі сплави, значно гірше – нікель і кобальт.

У природі трапляються природні магніти – залізна руда (так званий магнітний залізняк).

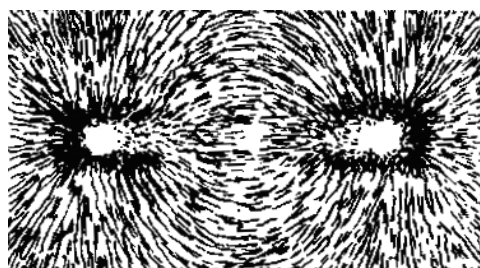
Підносячи до полюсів магнітної стрілки магніт, можна помітити, що північний полюс стрілки відштовхується від північного полюса магніту і

притягується до південного полюса. А південний полюс стрілки відштовхується від південного полюса магніту і притягується північним полюсом.

З описаних дослідів випливає такий висновок: різнойменні магнітні полюси притягуються, однойменні – відштовхуються.

За допомогою залізних ошурок можна дістати уявлення про магнітне поле постійних магнітів.

На малюнку 2.14 зображено магнітне поле штабового магніту. Як магнітні лінії магнітного поля струму, так і магнітні лінії магнітного поля магніту – замкнені лінії. Поза магнітом магнітні лінії виходять з північного полюса магніту і входять у південний, замикаючись усередині магніту.



Мал. 2.14. Магнітне поле штабового магніту

Якщо провідник змусити перетинати магнітні лінії, то в ньому виникає електричний струм. Це явище дістало назву електромагнітної індукції (від лат. *inductio* – наведення збудження). Його відкрив англійський фізик М.Фарадей (1791-1867). На явищі електромагнітної індукції ґрунтується будова і дія потужних джерел струму – генераторів (від лат. *generator* – виробник, породжувач).

## 2.12. Коливання і звуки

### 2.12.1. Коливання

У природі та техніці велике значення мають коливальні системи, тобто тіла та пристрої, які за умови виведення їх зі стану рівноваги здійснюють немов би самочинно коливальний рух. Якщо при цьому на систему не діють зовнішні сили, ці коливання називають вільними, або власними.

Коливаються гілки дерев під час вітру, гойдалки, відхилені від вертикалі, вагони на ресорах під час руху тощо.

Найпростішою коливальною системою є так званий математичний маятник, тобто тіло, підвішене на тонкій нитці за умови, що його розміри набагато менші за довжину нитки, а маса набагато більша маси нитки.

Якщо нитка з підвішеним до неї тілом займає вертикальне положення, маятник перебуває в спокої. Це його стан рівноваги. Якщо маятник відхилити убік, а потім відпустити, він почне здійснювати коливання, траєкторією якого є дуга.

Коливання математичного маятника, та взагалі будь-яке коливання, характеризується такими величинами: амплітуда, період, частота, швидкість, прискорення.

**Амплітудою** (від лат. *amplitudo* – просторість, обшир) коливання називається найбільше (за модулем) відхилення тіла від положення рівноваги. Вона залежить лише від того, на яку відстань було відхилено тіло від положення рівноваги до того, як його відпустили.

Для того, щоб здійснити одне коливання, потрібен певний час. Тривалість одного повного коливання є його **періодом**. Період позначають літерою ***T***, виражають в секундах, а визначають за формулою

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

де ***l*** – довжина нитки маятника, ***g*** – прискорення вільного падіння.

Із формули видно, що період коливання математичного маятника не залежить від маси підвішеного тіла і амплітуди коливань (якщо вона мала!). У даному місці земної поверхні, де прискорення вільного падіння є постійною величиною, період коливання маятника визначається лише довжиною його нитки.

**Частота коливань** – це кількість коливань за одиницю часу. Позначають частоту грецькою літерою ***v***. За одиницю частоти беруть частоту тако-

го коливання, коли за одиницю часу здійснюється одне коливання. Ця одиниця називається герцом ( $\Gamma\text{ц}$ ) на честь відомого німецького фізика Г.Р.Герца (1857-1894).

Між періодом коливання та його частотою існує обернена залежність, тобто

$$\nu = \frac{l}{T}, \text{ або } T = \frac{l}{\nu}.$$

Як і будь-який рух, коливальний рух характеризується швидкістю та прискоренням. Обидві ці величини змінюються від точки до точки, від одного моменту часу до іншого. Так, в точках максимального відхилення від положення рівноваги швидкість дорівнює нулю – в цих точках тіло зупиняється, щоб почати рухатись у зворотному напрямку. В точці рівноваги швидкість максимальна. Прискорення, навпаки, в точці рівноваги дорівнює нулю, а в точці максимального відхилення максимальне.

Вільне коливання маятника має властивість згасати, причиною чого є сила тертя, яка в реальних земних умовах діє на всі тіла, що рухаються. Сила тертя, як ми знаємо, спрямована в бік, протилежний рухові, тому вона виконує від'ємну роботу, тобто зменшує механічну енергію. Зменшення енергії означає зменшення амплітуди, в чому й полягає згасання коливання. Можна сказати, що згасання коливання – це коливання за умови зменшення його амплітуди. Чим більша сила тертя, тим швидше зменшується амплітуда коливання.

Внаслідок того, що будь-який маятник має цілком певний період коливання, їх використовують для регулювання ходу годинника, а також у геологічній розвідці. Відомо, що в різних місцях земної кулі значення  $g$  різні тому, що Земля не є правильною кулею. Крім того, у місцях родовищ руд деяких металів значення  $g$  надто велике. Точне вимірювання цієї величини за допомогою математичного маятника дає можливість виявити такі родовища.

## 2.12.2. Звукові хвилі

Людина живе у світі звуків, які приймаються нею за допомогою органу слуху. Ми чуємо голоси людей, щебетання птахів, звуки музичних інструментів, шум лісу, грім під час грози тощо. **Звуки** виникають внаслідок коливання певного тіла – мембрани динаміка, магнітофона, струни гітари, голосових зв'язок людини і т.п. Вони доходять від генератора до нашого вуха через повітря у вигляді поздовжніх хвиль. При цьому в повітрі виникають зони стиснення і розрідження, які чергуються в напрямку розповсюдження звуку.

Звуки можуть розповсюджуватись не лише в газах, а й в рідкому та твердому середовищі.

Якщо звук – це хвиля, яка розповсюджується в повітрі, то він повинен виникати кожного разу, коли частинки повітря починають коливатися. Але звук не завжди виникає за таких умов. Наприклад, якщо ми будемо махати руками, то спричинимо коливання частинок повітря, але не сприймемо їх як звук. Пояснюється це тим, що відчуття звуку виникає лише за певної частоти коливань у хвилі. Виявляється, що людське вухо сприймає коливання як звук, якщо його частота знаходиться в межах від 20 до 20 тис. Гц. Махати руками 20 і більше разів за секунду ніхто не зможе.

Звуки бувають різноманітні. Ми легко розрізняємо свист і дріб барабана, чоловічий і жіночий голоси тощо. Чим же відрізняються звуки один від одного?

Про одні звуки кажуть, що вони низького тону, інші ми називаємо звуками високого тону. Наше вухо їх легко розрізняє. Спеціальні вимірювання показали, що звуки низьких тонів – це коливання малої частоти в звуковій хвилі. Звуку високого тону відповідає більша частота коливань. Отже, **тон звука** визначається частотою коливань в звуковій хвилі.

Звуки відрізняються також **гучністю**, яка залежить від енергії коливань в генераторі та в хвилі. Енергія коливань, в свою чергу, визначається амплітудою коливань. Отже гучність звуку залежить від амплітуди коливань.

За одиницю гучності взято децибел (*дБ*). Наприклад, гучність звуку шелесту листя оцінюється в 10 дБ, шепоту – 20 дБ, вуличного шуму – 70 дБ. Шум з гучністю 130 дБ відчувається шкірою і викликає відчуття болю. Про звуки різної гучності кажуть, що один гучніше іншого не в стільки-то разів, а на стільки-то одиниць. Наприклад, про гучність вуличного шуму можна сказати, що вона на 60 дБ більше, ніж гучність шелесту листя.

Швидкість звуку різна в різних середовищах. Так, в повітрі при температурі 20оС швидкість звукових хвиль дорівнює 340 м/с, в морській воді – 1530 м/с, а в залізі – 5850 м/с.

Звукова хвиля, розповсюджуючись у певному середовищі, рано чи пізно дійде до межі цього середовища, за якою починається інше середовище, яке складається з інших частинок і де швидкість звуку інша. На цій межі відбувається явище *відбиття звукової хвилі*. Відбиття спричинюється тим, що коливання, принесені хвилею до межі, передаються частинкам іншого середовища, і вони самі стають джерелом нової звукової хвилі. Ця вторинна хвиля розповсюджується не лише в другому середовищі, а й першому, звідки прийшла первинна хвиля. Це і є відбита хвиля. Прикладом відбитого звуку може бути таке відоме явище як луна.

## 2.13. Світлові явища

Одним із найдивовижніших явищ природи є світло. Під впливом світла і тепла існує життя на Землі. Світло дає нам можливість отримати чи не найбільше інформації про навколишній світ.

То що ж таке світло? Оскільки світло нагріває предмети, на які падає, то можна зробити висновок про те, що воно передає цим тілам енергію, яка переноситься даним видом випромінювання. *Світло* – це один із видів хвиль, а саме електромагнітні, які на відміну від механічних хвиль (звук, хвилі на поверхні води тощо) можуть поширюватися і у вакуумі. Швидкість розповсюдження світла у вакуумі та повітрі – 300 000 км/с. Людина за допомогою

органів зору бачить не всі електромагнітні хвилі. Радіохвилі, рентгенівські промені тощо людина не сприймає очима.

Світлове випромінювання створюється джерелами світла, які можуть бути природними і штучними. Природні джерела світла: Сонце, зорі, блискавка, полярні сяйва, гниючі пеньки, деякі види комах, риб тощо. Штучні джерела світла: свічка, лампи різних типів, екран телевізора, лазер тощо.

У дослідженнях світлових явищ використовують поняття променя світла. **Промінь** – це лінія, вздовж якої поширюється світло. Здавна відомо, що в однорідному прозорому середовищі світло поширюється прямолінійно, що підтверджується утворенням тіні.

Світло має властивість **нагрівати предмети**, на які воно падає, передаючи їм свою енергію. Ступінь нагріву предмета одним і тим же джерелом світла може змінюватись в залежності від **відстані** предмета до джерела світла за законом, який стверджує, що **кількість енергії, що потрапляє на одиницю поверхні від джерела світла, обернено пропорційне квадрату відстані від джерела до поверхні**.

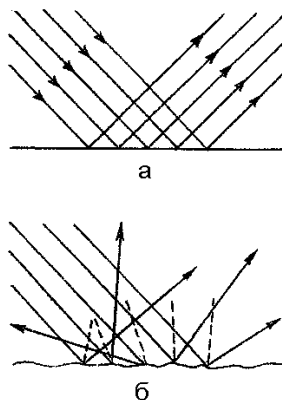
Проте, існує ще одна причина, що впливає на отримання тілом енергії світла – значення **кута падіння** променів світла на поверхню предмета. Виявляється, що найбільше нагрівається тіло, коли промені світла падають на його поверхню під прямим кутом. При зменшенні кута падіння променів ступінь нагріву предмета зменшується. Якщо промені будуть ковзати по поверхні, то вона не буде нагріватися.

З **відбиванням світла** кожен з нас стикається щоденно. Так, ми часто дивимося у дзеркало, прообразом якого, мабуть, була рівна поверхня води, де вперше людина побачила своє зображення, а також зображення Сонця, Місяця, дерев та інших предметів. Це так зване дзеркальне відбивання світла, що зумовлено рівною поверхнею відбиваючого тіла. Дзеркало може відбивати від 70 до 90 % світла, що на нього падає.



Проте й аркуш білого паперу чи поверхня чистого снігу відбиває практично таку саму кількість світла, але ніяких зображень ми при цьому не бачимо. Це зумовлено нерівністю поверхні снігу чи аркуша паперу.

Таке розсіяння світла (розсіяне або дифузне відбивання) легко можна пояснити, якщо порівняти відбивання його від плоского дзеркала та аркуша паперу (мал. 2.15).



Мал.2.15. Дзеркальне та розсіяне відбивання світла

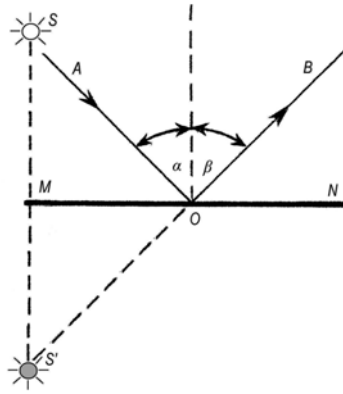
Дзеркальна поверхня відбиває світло у цілком певному напрямку (мал. 2.16-а). У разі відбивання світла від нерівної поверхні кожна її точка відбиває світло лише у «своєму» напрямку (мал. 2.16-б), що й призводить до розсіювання світла у всіх напрямках.

Важливе значення мають обидва види відбивання. Важко уявити життя без дзеркал. Але уявіть собі дзеркальний екран у кінотеатрі – чи всі глядачі бачили б однаково добре зображення на ньому?

На підставі досліджень дзеркального відбивання світла був сформульований один із законів оптики (від гр. *optikē* – наука про зорові відчуття):

***Кут падіння світлового променя дорівнює куту його відбиття.***

Із законів відбивання випливає дуже важливе твердження: промінь падаючий і промінь відбитий можуть мінятися місцями. Якщо падаючий промінь пустити у напрямку **ВО** (мал. 2.16), то відбитий промінь піде у напрямку **ОА**.

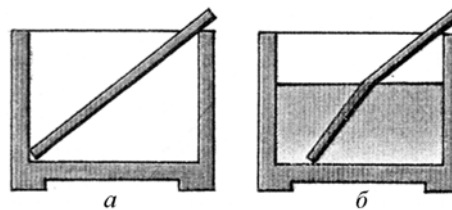


Мал.. 2.16. Закон відбивання

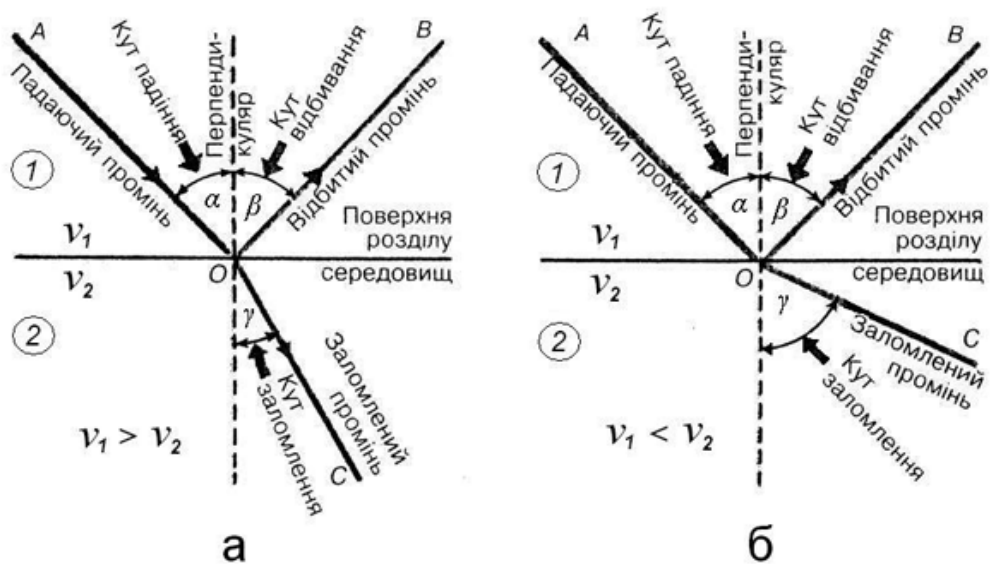
Важливим є і такий висновок. Розглянемо плоске дзеркало  $MN$ , площина якого перпендикулярна до площини малюнка. Нехай  $AO$  – падаючий промінь. Це світло від джерела  $S$ , що падає на поверхню дзеркала.  $OB$  – відбитий промінь. Продовжимо відбитий промінь «за дзеркало». Якщо будемо дивитися на дзеркало у напрямі  $BO$ , то світну точку ми побачимо як точку  $S'$  що симетрична до точки  $S$  відносно дзеркала. Хоч насправді світної точки  $S'$  немає, оскільки дзеркало непрозоре, а тому й ніяких променів з другого його боку немає.

На межі прозорих середовищ, де світло поширюється з різними швидкостями, відбувається не лише відбивання, а й заломлення світлових променів.

Якщо, наприклад, у скляну порожню посудину падає промінь світла, то він не змінює напрямку свого поширення (мал. 2.17-а). Коли в цю посудину налити рідину, наприклад, воду, то на межі повітря і води промінь заломиться (мал. 2.17-б) і далі буде поширюватись прямолінійно.



Мал. 2.17. Поширення променя світла в однорідному середовищі і його заломлення на межі різних середовищ



Мал. 2.18. Заломлення світла на межі двох середовищ, швидкість поширення світла в яких різна

На мал. 2.18-а показано, як відбиваються і заломлюються світлові промені на межі двох середовищ, коли швидкість поширення світла в середовищі 1 більша за швидкість поширення світла в середовищі 2 ( $v_1 > v_2$ ), а на мал. 2.18-б – навпаки  $v_1 < v_2$ .

Як бачимо, у першому випадку кут заломлення менший від кута падіння світла ( $\gamma < \alpha$ ), а у другому – більший ( $\gamma > \alpha$ ).

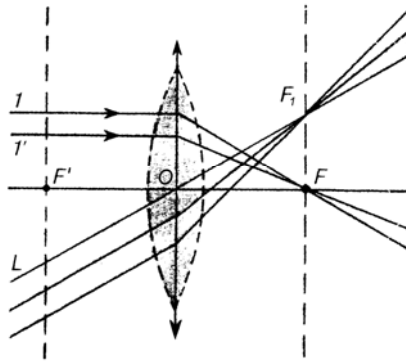
Приклади, в яких використовується відбивання та заломлення світла, дуже поширені: фотоапарат, кінопроектор, прожектор, телескоп тощо.

Основними деталями оптичних приладів є *лінзи*. В оптиці найчастіше зустрічаються сферичні лінзи, заломлюючі поверхні яких є частинами сфери чи площин.

Розглянемо проходження паралельних світлових променів через тонку опуклу лінзу зі скла, що перебуває в повітрі (оптична густина скла більша за оптичну густина повітря).

Пучок променів  $I-I'$  (мал. 2.19) спрямуємо паралельно до головної оптичної осі  $F'OF$ . Після проходження через лінзу ці промені зберуться в точці

$F$ , що лежить на головній оптичній осі і називається *головним фокусом лінзи*.



Мал. 2.19. Фокуси лінзи

Світлові промені через лінзу можна пропускати у двох напрямках, тому лінза має два головні фокуси, симетрично розміщені відносно оптичного центра лінзи. Відстань від оптичного центра лінзи  $O$  до одного з головних фокусів  $F$  називають головною фокусною відстанню лінзи (відрізок  $OF$ ) і часто позначають просто  $F$ .

Лінзи, що перетворюють пучок паралельних променів у збіжний і збирають його в одну точку, називаються *збиральними лінзами*. У розглянутому випадку ми мали справу зі збиральною лінзою. Позначають збиральні лінзи стрілкою, як показано на мал. 2.19.

На оправках лінз, об'єктивів зазначають їх фокусну відстань у метрах, сантиметрах чи міліметрах.

Для характеристики лінз застосовують також величину, що називається оптичною силою.

*Оптичну силу* лінз вимірюють як відношення одиниці до фокусної відстані у метрах:

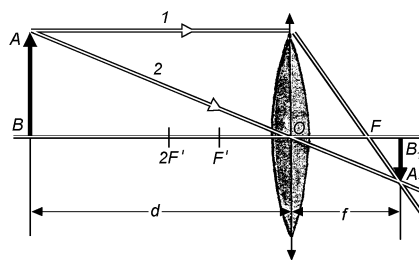
$$D = \frac{1}{F} .$$

Одиницею оптичної сили є *діоптрія* (дптр) – оптична сила лінзи, фокусна відстань якої становить 1 м.

Якщо на лінзу спрямувати пучок світлових променів, паралельних побічній оптичній осі  $L$  (мал. 2.19), то ці промені зберуться в одній точці, що лежить у площині, яка проходить через головний фокус і перпендикулярна до головної оптичної осі лінзи. Ця точка  $F_1$  називається *побічним фокусом лінзи*, а розглянута площина – *фокальною площиною*.

Кожна лінза має дві фокальні площини, з обох боків від лінзи, і безліч побічних фокусів. Якщо відомі точки і площини лінз та напрямки проходження променів через них, можна побудувати зображення предметів, одержаних за допомогою цих лінз.

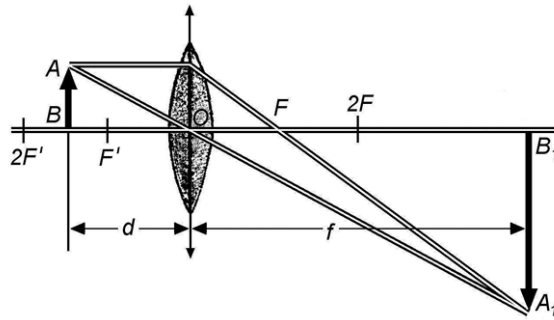
Нехай предмет умовно зображений стрілкою  $AB$  (мал. 2.20). Від кожної точки предмета поширюються світлові промені, частина яких потрапляє і на лінзу.



Мал.. 2.20. Одержання зменшеного зображення за допомогою лінзи

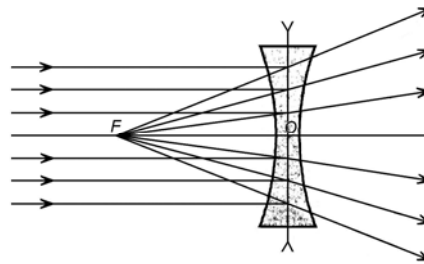
Розглянемо проходження через лінзу променів, що вийшли з верхньої точки предмета  $A$  і пройшли через лінзу. Нехай промінь  $1$  поширюється паралельно до головної оптичної осі. Пройшовши через лінзу і заломившись у ній, цей промінь пройде через головний фокус лінзи  $F$ . Промінь  $2$  проходить через оптичний центр  $O$  лінзи і тому свого напрямку поширення не змінює.

Отже, промені, що вийшли з точки  $A$ , проходять через лінзу і збираються нею у точці  $A_1$ , тобто ця точка є зображенням точки  $A$ . Так само можна побудувати й зображення інших точок предмета, тільки воно буде зменшеним, дійсним (його можна одержати на екрані, фотоплівці тощо), але оберненим. Таке зображення у більшості випадків одержують у фото- та кінокамерах, в оці тощо.



Мал.. 2.21. Одержання збільшеного зображення за допомогою лінзи

Але збиральні лінзи можуть давати і збільшені зображення предметів (мал. 2.21). Якщо предмет розмістити між фокусом і подвійним фокусом, то й розміри предмета  $AB$  будуть збільшені ( $A_1B_1$ ). Зображення будується аналогічно до попереднього. Такі зображення одержують у проєкційній апаратурі та в інших оптичних пристроях.



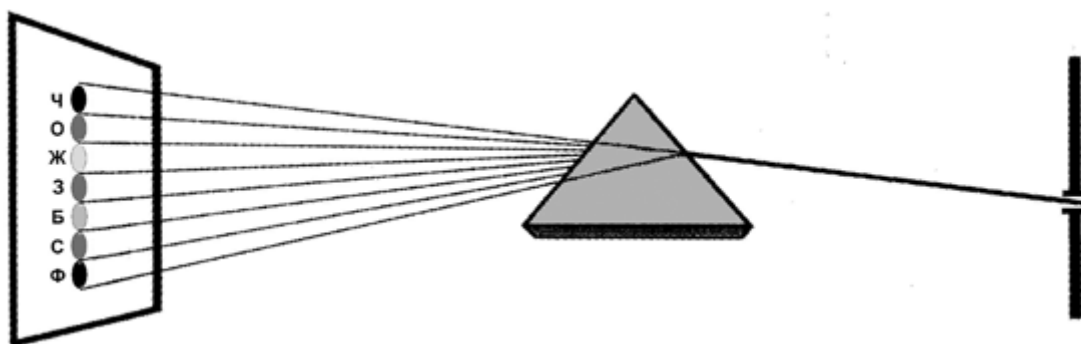
Мал.. 2.22. Уявний головний фокус розсіювальної лінзи

Увігнута скляна лінза у повітрі є **розсіювальною** (мал. 2.22). Якщо на розсіювальну лінзу спрямувати паралельний пучок променів паралельно до її головної оптичної осі, то лінза ці промені розсіюватиме, але у спостерігача, що дивиться на розсіяні промені у напрямку лінзи, створюватиметься враження, що промені виходять з точки  $F$  зліва від лінзи. Ця точка називається **уявним головним фокусом** розсіювальної лінзи. У розсіювальній лінзі таких фокусів два; існує ще безліч побічних фокусів, але всі вони уявні і створюють дві уявні фокальні площини.

Побудова зображень у розсіювальних лінзах здійснюється за тими самими правилами, що й у збиральних, але ці зображення завжди уявні і зменшені.

Чому трава зелена? Чому квіти бувають червоні, жовті, сині? Чому під сонцем сніг виблискує дорогоцінним камінням, різнокольоровими самоцвітами?

Навколишній світ «білий», тому що він освітлений білим сонячним світлом. Однак біле світло є складним. Мабуть, ви не раз бачили, як від склянки з водою, що стоїть проти сонячного світла, на столі чи стіні утворюються різнокольорові смужки – маленька веселка. Це явище може пояснити дослід, який вперше виконав І. Ньютон (мал. 2.23).



Мал. 2.23. Розкладання пучка білого світла

При проходженні через тригранну призму пучок білого світла заломлюється і розкладається на пучки різного кольору, основними з яких є червоний, оранжевий, жовтий, зелений, блакитний, синій, фіолетовий. Це сім кольорів веселки. Різнокольорова смужка, яку ми одержали на екрані, називається *спектром*.

Тепер стало зрозумілим, що колір предмета залежить від того, яку частину спектра відбиває поверхня цього предмета. Так, листя рослини зелене, бо воно відбиває зелені промені сонячного спектра і поглинає всі інші, а квітка червона, бо відбиває червоні промені, а всі інші поглинає і т.д.

*Запитання. Завдання*

1. Як Ви розумієте поняття простору та часу?
2. Дайте визначення фізичної системи.
3. Що таке маса тіла?
4. Дайте визначення сили та коротку характеристику її видів.
5. Розкрийте поняття механічної енергії.
6. Що таке механічний рух та інерція?
7. Охарактеризуйте теплові явища.
8. Сформулюйте закон збереження та перетворення енергії.
9. У чому полягають агрегатні перетворення речовини?
10. Що таке електричний струм?
11. Дайте визначення магнітного поля.
12. Як звук розповсюджується у просторі?
13. Охарактеризуйте основні властивості світлових явищ.



## 3. ХІМІЧНІ СИСТЕМИ

Атоми, молекули та речовини за умови, коли в них не відбувається хімічних перетворень, є фізичними системами. Але вони розглядаються у цьому розділі, бо є підсистемами хімічних систем, або, як ми звикли говорити, компонентами хімічних реакцій.

### 3.1. Поняття речовини

З попереднього розділу ми знаємо, що фізичні об'єкти складаються з речовини. Речовина – це вид матерії, яка має масу спокою, тобто масу тіла, виміряну в системі координат, відносно якої це тіло нерухоме. Поле (електромагнітне, гравітаційне тощо) маси спокою не має.

Раніше поняття речовини і поля протиставлялися одне одному як дві форми матерії, з яких одна (речовина) має дискретну структуру (від. лат. *discretus* – переривчастий, той, що складається з окремих частинок), а друга (поле) – неперервну. Сучасне природознавство вважає, що і речовина і поле складаються з окремих частинок, які мають двоїсту природу, тобто виявляють властивості як частинки, так і хвилі.

Отже, виявлено тісний взаємозв'язок між речовиною і полем, що поглибило наші уявлення про структуру матерії. На цій основі поняття «речовина» та «матерія», які протягом тривалого часу ототожнювалися, були розмежовані. Філософське значення залишилось за поняттям *матерії*, а поняття *речовини* зберегло свій науковий зміст у фізиці та хімії.

Речовина складається з *елементарних частинок* (електронів, позитронів, мезонів, протонів, нейтронів тощо), атомів, іонів, молекул, агрегатів молекул. Елементарні частинки формують *перший рівень організації речовини*. Внаслідок взаємодії протонів і нейтронів виникають позитивно заряджені ядра, які, притягуючи негативно заряджені електрони та утворюють атоми. *Атоми* являють собою найменші хімічно неподільні електронейтра-

льні частинки речовини і складають *другий рівень її організації, або перший рівень організації хімічних систем.*

Наступним, вищим рівнем організації речовини як хімічної системи є молекула. *Молекула* – це найменша електронейтральна частинка речовини, яка здатна до самостійного існування і має певну сукупність властивостей.

Подальше ускладнення хімічної організації речовини відбувається в разі взаємодії атомів і молекул між собою. Внаслідок такої взаємодії утворюються різні *агрегатні стани речовини* – твердий, рідкий та газоподібний. Так, лід, вода і водяна пара – це твердий, рідкий і газоподібний стани однієї і тієї самої речовини – води, які мають місце за певних умов. Будь-яка речовина в разі зміни умов може перейти у будь-який інший агрегатний стан. Наприклад, метал свинець, який за звичайних умов перебуває в твердому стані, при температурі понад  $300^{\circ}\text{C}$  перетвориться на рідину, а при відповідно досить високій температурі ( $1100\text{-}1700^{\circ}\text{C}$ ) випарується. Газ аміак при температурі нижче  $-33^{\circ}\text{C}$  стає рідиною, а нижче  $-78^{\circ}\text{C}$  – твердим тілом.

Отже, при переході від рівня до рівня організація речовини ускладнюється. При цьому в більш високоорганізованих системах існує наступність розвитку: зберігаються найбільш елементарні рівні з усіма специфічними типами взаємодії.

З усього сказаного вище визначається хімічне поняття речовини, або поняття хімічної системи. *Хімічна система* – це певна сукупність взаємозв'язаних та взаємодіючих атомів, молекул та їх агрегатів, які перебувають у будь-якому з трьох агрегатних станів.

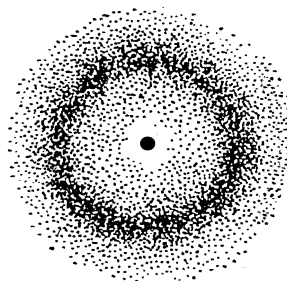
### **3.2. Сучасні уявлення про будову атома**

У моделі атома, запропонованій англійським фізиком Е. Резерфордом (1871-1937), електрони розглядались як частинки, що рухаються по плоских орбітах навколо ядра. Пізніше було доведено, що це не так. Виявилось, що рух електронів, як і інших елементарних частинок, неможливо пояснити правилами класичної механіки, бо поведінка електронів у атомі двоїста. Ця дво-

їстість полягає в тому, що електрони одночасно виявляють властивості і частинок і хвиль. Як частинки, електрони мають певну масу і заряд. Разом з тим потік електронів виявляє хвильові властивості, наприклад, здатність до дифракції (від лат. *diffractus* – розломлений), яка полягає у відхиленні хвиль або потоків елементарних частинок від прямолінійного поширення під час проходження біля перешкод.

Рух і взаємодію елементарних частинок вивчає розділ фізики – квантова механіка. Вона стверджує, що на відміну від звичайних тіл для електрона неможливо одночасно визначити місце перебування його в атомі і швидкість. Це пояснюється тим, що електрон, який швидко рухається, може перебувати у будь-якій частині простору навколо ядра, проте ймовірність його перебування у різних частинах цього простору неоднакова.

Різні положення електрона розглядаються як *електронна хмара* з різною густиною негативного заряду у різних місцях простору. Електрон неначе «розмазаний» навколо ядра у вигляді електронної хмари. (Мал. 3.1).



Мал. 3.1. Електронна хмара атома водню з нерівномірним розподілом густини

Простір навколо ядра, в якому перебування електрона найбільш ймовірне, називають *орбіталлю*.

Електрони в атомі розміщені шарами. Під електронним шаром розуміють сукупність електронів, які розташовані на певній відстані від ядра та один від одного і мають певний запас енергії. Внаслідок останньої властивості електронні шари називають також *енергетичними рівнями*.

Найменшу енергію мають електрони першого енергетичного рівня, який знаходиться найближче до ядра. Якщо надати атому енергію, електрони можуть переходити на більш віддалені від ядра енергетичні рівні. Порівняно з електронами першого рівня електрони наступних рівнів характеризуються більшим запасом енергії.

Таким чином, електрони останнього рівня, що мають найбільший запас енергії, найслабкіше зв'язані з ядром, а тому можуть відриватись від одних атомів і приєднуватись до інших, входячи до складу їх останнього рівня. При цьому в першому випадку утворюються позитивно заряджені іони, у другому – негативно.

### 3.3. Хімічні елементи

Явища, під час перебігу яких відбувається перетворення одних речовин в інші, називаються *хімічними реакціями*. Зміни, які відбуваються в атомах під час хімічних реакцій, не зачіпають ядро атома, а торкаються в основному лише зовнішнього шару електронної оболонки. Тому атоми під час хімічних перетворень зберігаються. Вони залишаються хімічно непорушеними

Сукупність атомів певного виду називається *хімічним елементом*. Оксиген (**O**), Гідроген (**H**), Карбон (**C**), Ферум (**Fe**) – хімічні елементи. Відповідно до нової української хімічної номенклатури назви хімічних елементів пишуться з великої літери. Відомо 110 хімічних елементів. Із них складаються всі речовини навколишнього світу (понад 10 млн.), подібно до того, як з невеликої кількості видів будівельних матеріалів побудовано безліч різноманітних споруд. Це має місце тому, що атоми одного і того хімічного елемента можуть входити до складу молекул різних речовин. Наприклад, атоми хімічного елемент Оксигена входять до складу молекул таких різних за своїми властивостями речовин як кисень, вода, вуглекислий газ, сірчана кислота, глюкоза, гемоглобін тощо.

## 3.4. Класифікація речовин

### 3.4.1. Прості речовини

Речовини бувають прості та складні.

*Простими речовинами* називаються речовини, які містять у своєму складі атоми одного хімічного елемента, наприклад, Оксигена, Гідрогена, Карбона, Ферума, Сірки тощо.

Прості речовини поділяються на метали та неметали.

**Метали.** Із 110 відомих хімічних елементів металів 85.

Усі метали мають *немолекулярну будову*, тобто складаються з атомів, а не з молекул. Наприклад, речовина залізо утворюється внаслідок об'єднання атомів хімічного елемента Ферума. Метали добре проводять струм і теплоту, чимало з них пластичні – легко куються, розплющуються в пластини, витягуються в дріт. Більшість металів має сірий або сріблясто-сірий колір. Виняток становлять мідь і золото. Характерною ознакою металів є також металічний блиск.

Найтиповіша хімічна ознака металів – здатність віддавати електрони під час хімічних реакцій, тобто проявляти *відновні властивості*.

Елементи Калій, Натрій, Кальцій і Магній відіграють життєво важливу роль у структурі живих організмів і в біологічних процесах, які в них відбуваються. Наприклад, біологічні рідини (плазма крові, міжклітинна рідина тощо в організмах тварин та людини) містять такі іони як  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^+$ ,  $Mg^+$  та інші.

Іони натрію разом з іонами хлору підтримують певний осмотичний тиск крові, незважаючи на зміни зовнішніх умов, за рахунок чого клітини живого організму можуть нормально функціонувати. Вони є також складовою частиною поту, який оберігає тіло людини і тварин від перегрівання.

Важливу роль у центральній нервовій системі відіграють іони  $Na^+$  та  $K^+$ . Вони передають електричні імпульси від однієї нервової клітини до ін-

шої, а також вздовж нервового волокна. Іони  $K^+$  також нормалізують тиск крові.

Іони  $Ca^+$  входять до складу кісткової та зубної тканини. Без кальцію неможливе скипання крові, скорочення м'язів і функціонування нервової системи.

Магній також відіграє життєво важливу роль в організмі людини. Він необхідний для нормального функціонування м'язів і нервової системи, бере участь у формуванні кісток, обміні вуглеводів і енергетичному обміні. У рослин магній входить до складу хлорофілу.

Ферум входить до складу гемоглобіну і деяких ферментів, м'язового білка міоглобіну і має здатність накопичуватись в печінці.

Такі метали як Меркурій ( $Hg$ ), Плюмбум ( $Pb$ ), Кадмій ( $Cd$ ), Арсен ( $As$ ) та ін. є отруйними для організму людини і тварин. Вони можуть потрапити в організм разом з продуктами харчування, які вирощувались при умові застосування отрутохімікатів або поблизу автодоріг, хімічних та металургійних заводів.

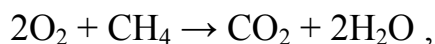
Метали, потрапляючи в природне середовище за допомогою людини, приводять до порушення природних геохімічних циклів елементів.

**Неметали** можуть мати як молекулярну, так і немоллекулярну будову. Наприклад, речовина сірка має кристалічну структуру у вигляді решітки. У вузлах такої решітки містяться восьми-атомні молекули. Отже, сірка має молекулярну будову. Це тверда за звичайних умов речовина жовтого кольору, легкоплавка. Кисень, водень, азот, хлор, йод – також речовини, які мають молекулярну будову. А от вуглець, кремній, гелій та інші інертні гази – речовини немоллекулярної будови.

Неметалів значно менше, ніж металів – всього 25 елементів. Вони погано проводять теплоту й електричний струм, крихкі, мають різний колір.

Якщо найголовнішою хімічною ознакою металів є здатність віддавати електрони в процесі хімічних реакцій, то неметали у більшості хімічних реакцій приєднують електрони, тобто проявляють **окислювальні властивості**.

Правда, хімічна природа неметалів проявляється в залежності від того, з якою речовиною вони реагують – з металами, неметалами чи складними речовинами. У цих реакціях неметали можуть бути або окисниками або відновниками, залежно від хімічної природи другого реагенту. Якщо неметал реагує з речовиною-відновником, то він проявляє окислювальні властивості:



а якщо з речовиною-окислювачем, то проявляє відновлювальні властивості:



Деякі неметали відрізняються від решти. Так, фтор – це єдиний з неметалів, який виявляє лише окислювальні властивості, а бор, вуглець, силіцій та фосфор здатні проявляти відновні властивості стосовно таких сильних окисників як азотна та концентрована сірчана кислоти.

Практично всі неметали входять до складу речовин, з яких побудовано тіло всякого живого організму, – білків, жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот, різноманітних солей тощо. Наприклад, елемент Нітроген входить до складу білків, амінокислот, нуклеїнових кислот, аденозинтрифосфату (АТФ), а елемент Фосфор – до складу всіх мембран, нуклеїнових кислот, АТФ, ферментів, кісткової тканини.

Вода, утворена двома неметалами, в живому організмі є універсальним розчинником, джерелом кисню, осмотичним регулятором, середовищем для біохімічних та фізіологічних процесів, терморегулятором тощо.

Чіткої межі між металами і неметалами не існує. Деякі неметали виявляють металічні властивості, а метали – неметалічні. Наприклад, неметал графіт проводить електричний струм, а стибій – дуже крихкий метал.

**Прості речовини** – це форма існування хімічних елементів у вільному стані. Здебільшого назви простих речовин і відповідних хімічних елементів збігаються, наприклад, проста речовина, утворена хімічним елементом Хлором, називається хлором, а проста речовина, утворена хімічним елементом Магнієм, – магнієм. Назви окремих хімічних елементів і утворених ними

простих речовин відрізняються, наприклад, проста речовина, утворена хімічним елементом Оксигеном, називається киснем, Нітрогеном – азотом, Гідрогеном – воднем, Карбоном – вуглецем (графіт, алмаз). Зверніть увагу, що назва хімічного елемента пишеться з великої літери, а назва простої речовини, утвореної цим елементом, – з малої.

### 3.4.2. Складні речовини

Речовини, які містять у своєму складі атоми різних хімічних елементів, називаються складними речовинами, або *хімічними сполуками*. Це – оксиди, кислоти, солі та інші сполуки.

**Оксидами** називаються складні речовини, утворені двома хімічними елементами, одним із яких обов'язково є Оксиген. Завдяки його хімічній активності оксиди багатьох хімічних елементів дуже поширені в природі. Найпоширенішими природними оксидами є вода, кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (разом з  $\text{SiO}_2$  входить до складу глини та багатьох гірських порід),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (входить до складу залізних руд).

*Більшість оксидів має немолекулярну будову*, наприклад, оксиди міді ( $\text{CuO}$ ) та заліза ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Такі оксиди – тверді речовини. Деякі оксиди мають молекулярну будову, наприклад, вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ) та вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ). За звичайних умов вони перебувають у рідкому або газоподібному стані.

**Кислоти.** Вода реагує з багатьма оксидами неметалів з утворенням кислот. Кислоти різноманітні, але їх об'єднує спільність у будові молекул і здатність розпадатись у воді на іони Гідрогена та групу атомів, яка називається кислотним залишком. Позитивно заряджені іони Гідрогена і надають кислого смаку розчинам кислот. Отже, можна сказати, що кислоти – це речовини, які містять у своєму складі Гідроген та кислотний залишок.

Багато кислот за звичайних умов – рідини (азотна –  $\text{HNO}_3$ ; сірчана –  $\text{H}_2\text{SO}_4$  та ін.), але є й тверді кислоти – ортофосфатна ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), метафосфатна ( $\text{HPO}_3$ ), силікатна ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ , драглиста маса). Всі кислоти важчі за воду. Вони



здебільшого добре розчинні у воді. Деякі леткі кислоти – соляна (HCl), азотна (HNO<sub>3</sub>) та ін. мають задушливий запах. Майже всі кислоти безбарвні.

Кислоти мають *молекулярну будову*. Вони досить поширені у природі. Багато харчових продуктів кислі за смаком. Такий смак їм надають кислоти. У життєдіяльності організмів кислоти відіграють важливу роль, тому споживання їх у невеликих кількостях необхідне. В організм людини кислоти потрапляють з овочами, фруктами та іншими продуктами.

Необхідно пам'ятати, що кислоти – їдкі речовини, і тому поводитися з ними треба обережно. Особливо небезпечні сірчана, азотна і соляна кислоти. При попаданні кислоти на шкіру або в очі її треба негайно змити великою кількістю води, а потім звернутися до лікаря.

**Основи.** Велику групу складних речовин складають основи. Вони утворюються з металу і гідроксильних груп ОН. Відповідно і назви основ утворюються із слова «гідроксид» та назви металу у родовому відмінку. Наприклад, NaOH – гідроксид натрію (їдкий натр), KOH – гідроксид калію (їдке калі) і т.д. Всі гідроксиди мають *немолекулярну природу*. Їхні формули показують не склад молекули, а співвідношення атомів металу та гідроксильних груп.

Основи бувають розчинні у воді, або луги [NaOH, Ba(OH)<sub>2</sub>], та нерозчинні [Cu(OH)<sub>2</sub>, Fe(OH)<sub>3</sub>].

За звичайних умов усі луги – тверді кристалічні речовини білого кольору, із яких NaOH і KOH – милкі на дотик. Деякі з них дуже їдкі і роз'їдають шкіру, тканини, папір тощо. Через це їх називають їдкими лугами. При попаданні на шкіру кристалічні їдкі луги спричиняють опіки, тому їх не можна брати руками, а тільки пінцетом. Якщо ж розчин лугу потрапить на шкіру, то його необхідно зразу ж змити великою кількістю води.

**Солі.** Всі основи реагують з кислотами, утворюючи солі, які являють собою складні речовини, утворені атомами металів і кислотними залишками. З цих сполук вам добре відомі кухонна сіль (NaCl), сода (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), мідний купорос (CuSO<sub>4</sub>) тощо.

Солі, як і гідроксиди, мають *немолекулярну будову*, і їх формули передають лише співвідношення атомів металу та кислотного залишку.

За звичайних умов усі солі – тверді кристалічні речовини різного кольору. Їх розчинність у воді різна. Добре розчиняються у воді нітрати  $[\text{NaNO}_3, \text{Mg}(\text{NO}_3)_2]$ , усі солі натрію і калію ( $\text{KCl}, \text{Na}_2\text{SO}_4$  тощо). А є солі, практично нерозчинні, наприклад, сульфат барію ( $\text{BaSO}_4$ ), хлорид срібла ( $\text{AgCl}$ ).

Солі досить поширені в природі. Вони відіграють важливу роль у процесах обміну речовин у живих організмах. Солі містяться у клітинному соку, входять до складу різних тканин: кісткової, нервової, м'язової тощо. Живі організми потребують постійного надходження солей. Вони їх одержують з питною водою та поживою.

### 3.5. Хімічні зв'язки

Теорія хімічного зв'язку є основою сучасної хімії. Без знання природи взаємодії атомів у речовині неможливо зрозуміти причини різноманітності хімічних сполук, уявити механізм їх утворення, склад, будову та здатність реагувати з іншими речовинами. Іншими словами, теорія хімічного зв'язку лежить в основі розуміння структури та функціонування хімічних систем.

*Хімічний зв'язок* – це сила, що утримує разом два або кілька атомів, іонів, молекул чи будь-яку комбінацію з них. За своєю природою він є електростатичною силою, про причини виникнення якої наука дати вичерпну відповідь нині не може. Головною рушійною силою в утворенні хімічного зв'язку, як вважають, є намагання атомів елементів завершити свою зовнішню електронну оболонку. Це призводить до зниження повної енергії утвореної системи і до виникнення більш стійкого її стану. Мабуть, саме тому деякі інертні гази, маючи завершені електронні рівні, утворюють хімічні зв'язки важко.

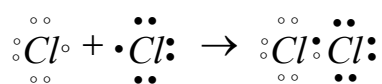
Відомо кілька типів хімічного зв'язку: ковалентний, іонний, металічний, водневий, міжмолекулярна взаємодія. Тип зв'язку визначається електро-негативністю атома, тобто здатністю його притягувати електрони у сполуці.

### 3.5.1.Ковалентний зв'язок

Ковалентний зв'язок утворюється за участю атомів одного й того ж елемента в молекулах простих речовин і різних елементів у молекулах складних речовин.

При утворенні ковалентного зв'язку відбувається *перекривання електронних хмар* валентних електронів та виникнення спільних електронних пар, причому кожний атом поставляє на утворення пари по одному неспареному електрону. Під валентними електронами атома певного хімічного елемента треба розуміти ті з них, які визначають валентність цього елемента (від лат. *valentia* – сила), тобто здатність утворювати певну кількість ковалентних зв'язків за рахунок спільних електронних пар незалежно від способів їх утворення. Валентні електрони і є неспареними електронами.

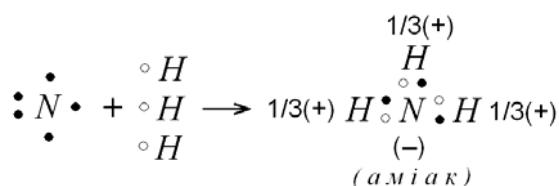
Наприклад, атом Хлору на зовнішньому енергетичному рівні має 7 електронів, один із яких неспарений, тобто валентний. Молекула речовини хлору утворюється за такою формулою:



Оскільки атоми одного й того ж елемента мають однакову електронегативність, то спільна пара рівномірно розподілена між ними в молекулі, і тому в таких випадках утворюється неполярний ковалентний зв'язок. Крім хлору, такий же зв'язок мають молекули кисню, азоту, водню, фтору та інших простих речовин.

Атоми різних елементів відрізняються електронегативністю, і при невеликій її різниці утворюються молекули складних речовин з полярним ковалентним зв'язком. У таких молекулах спільна електронна пара зміщена до більш електронегативного атома, зумовлюючи виникнення на кінцях молеку-

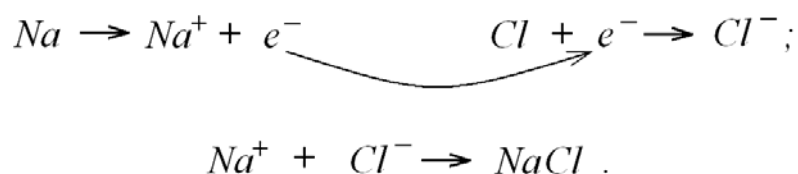
ли деяких надлишкових зарядів, рівних за величиною та протилежних за знаком:



Подібний зв'язок утворюється в молекулах багатьох інших складних речовин: хлороводню (соляної кислоти) HCl, води H<sub>2</sub>O, сірководню H<sub>2</sub>S тощо.

### 3.5.2. Іонний зв'язок

Іонний зв'язок утворюють атоми, що дуже відрізняються один від одного за електронегативністю, а саме: типові метали і типові неметали. У цих випадках спільна електронна пара гранично зміщена до електронегативного елемента, і в утвореній молекулі виникають значні надлишкові заряди. Це призводить до сильної електростатичної взаємодії між атомами, але *повного переходу електронів від одного атома до іншого ніколи не відбувається*. Прикладом може бути схематичне зображення утворення іонного зв'язку в молекулі кухонної солі:



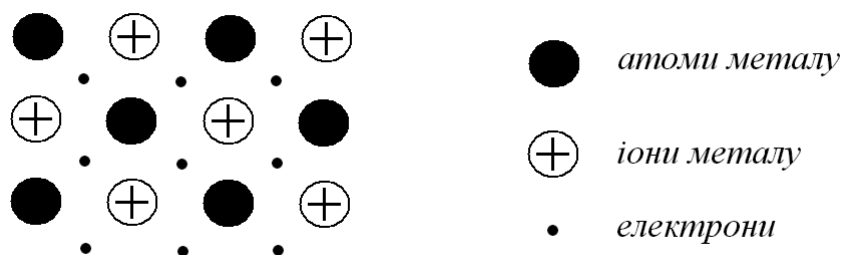
Молекули з іонним зв'язком сильно взаємодіють між собою і утворюють немалекулярні структури – *іонні кристали*.

На відміну від ковалентного іонний зв'язок – ненасичений, неспрямований, що визначається природою заряджених частинок

### 3.5.3. Металічний зв'язок

Металічний зв'язок має місце в речовинах, які існують в кристалічній формі. Кристали металів мають позитивно заряджені іони, які утримуються у певних положеннях кристалічних ґраток вільно рухливим «морем» електро-

нів. Ці електрони є валентними електронами атомів металів, які вже не належать окремим атомам металу в кристалі. Вони розподілені між позитивними іонами. Це пояснюється відносно слабким притяганням зовнішніх електронів до ядра (великі радіуси атомів) та недостатньою їх кількістю для утворення двохелектронних ковалентних зв'язків.



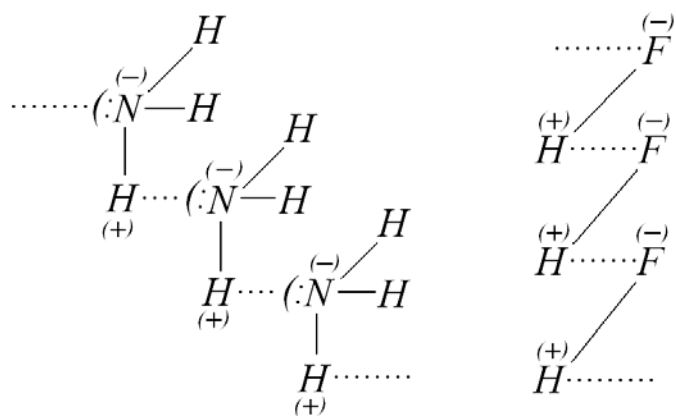
Мал.3.2. Схема утворення металічного зв'язку

Ці електрони не утворюють пар між сусідніми іонами металу, а перебувають на «гігантських» орбітах, які поширюються на всі кристалічні ґратки, що і зумовлює високі теплопровідність та електричну провідність усіх металів.

#### 3.5.4. Водневий зв'язок

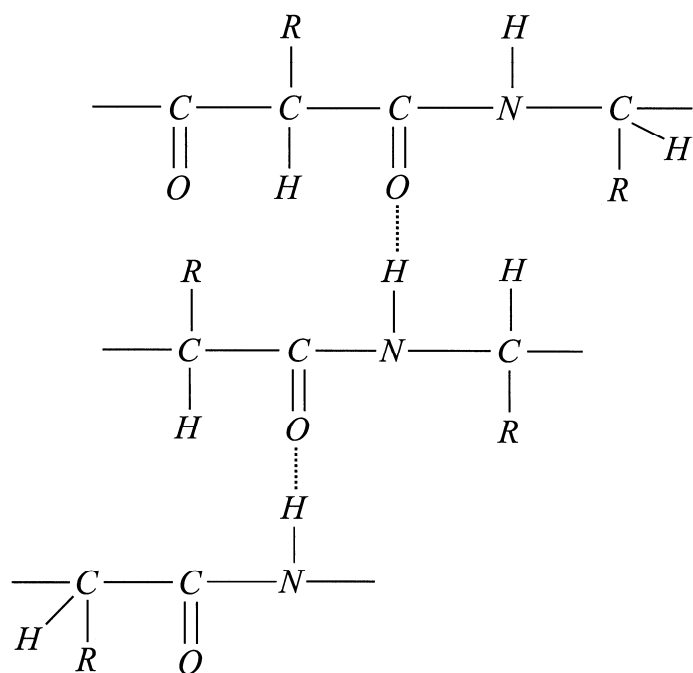
Своєрідним хімічним зв'язком є водневий зв'язок, який буває міжмолекулярним та внутрішньомолекулярним.

*Міжмолекулярний водневий зв'язок* виникає між молекулами, до складу яких входить атом Гідрогену і атом сильно електронегативного елемента: Фтору, Оксигену, Нітрогену, рідше Хлору. В таких молекулах спільна електронна пара дуже зміщена від атома Гідрогену, на якому виникає великий позитивний заряд. За рахунок цього заряду атом Гідрогену взаємодіє з негативним зарядом атома дуже електронегативного елемента іншої молекули. Нижче наведено схему міжмолекулярного водневого зв'язку у рідкому аміаку та рідкому фтороводні.



Водневий зв'язок позначають крапками і цим підкреслюють, що він набагато слабкіший за ковалентний зв'язок (приблизно у 15-20 разів), але все ж зумовлює асоціацію (від лат. *assotiatio* – з'єднання, сполучення) молекул води, оцтової та фтороводневої кислот, спиртів тощо. Наявністю водневих зв'язків зумовлені аномальні властивості води і, насамперед, її рідкий агрегатний стан та висока температура кипіння, яка пов'язана з додатковими затратами енергії на розрив водневих зв'язків до початку кипіння.

Водневий зв'язок може існувати і всередині однієї молекули, і тоді його називають **внутрішньомолекулярним**. Найчастіше цей вид зв'язку виникає в молекулах органічних сполук, які містять у своєму складі такі групи атомів як –ОН, =NH, NH<sub>2</sub> тощо. Так, у більшості білків поліпептидні ланцюги, з яких складаються їхні молекули, скручені у вигляді спіралі. Просторова конфігурація, якої набуває поліпептидний ланцюг, називається вторинною структурою білка. Така структура підтримується завдяки численним водневим зв'язкам між групами >CO і >NH, розміщеними на сусідніх витках спіралі.



Водневий зв'язок відіграє важливу роль у процесах, що відбуваються в живій та неживій природі, а також у багатьох процесах хімічної технології. Це розчинення, кристалізація, адсорбція (від лат. *adsorbatio* – поглинання поверхневе), формування структури білків, полісахаридів, утворення подвійної спіралі ДНК, каталіз (від лат. *katalysis* – припинення; явище змінювання швидкості хімічної реакції) тощо.

### 3.5.5. Міжмолекулярна взаємодія

Міжмолекулярна взаємодія є *найслабкішим хімічним зв'язком*. Вона полягає у притяганні різнойменно заряджених кінців молекул і відштовхуванні однойменно заряджених. Міжмолекулярна взаємодія зумовлює притягання молекул і агрегацію речовин, перетворення газоподібної речовини на рідину і далі на тверде тіло.

Завдяки міжмолекулярній взаємодії утворюються кристали з молекулярним типом кристалічної ґратки, у вузлах якої містяться молекули. В молекулах атоми сполучені значно міцнішими ковалентними зв'язками, тому процеси плавлення або сублімації (від лат. *sublimo* – підіймаю, підношу), перехід

речовини з твердого стану безпосередньо в газоподібний під час нагрівання молекулярних кристалів відбуваються без руйнування молекул.

Молекулярні кристали утворюють органічні сполуки й неорганічні бінарні (парні) сполуки типу  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  тощо. У формі молекулярних кристалів перебувають деякі прості речовини ( $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{S}_8$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ).

Кристали інертних газів також молекулярні, побудовані з одноатомних молекул.

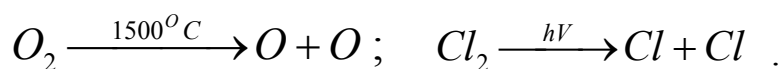
### 3.6. Хімічні реакції

Саме хімічні реакції і є власне хімічними системами, як уже зауважувалось вище. Найхарактернішою ознакою хімічної реакції є зміна хімічного складу вихідних речовин і утворення нових речовин, які мають інший склад та інші властивості.

#### 3.6.1. Класифікація хімічних реакцій

Розрізняють такі типи хімічних реакцій: розкладу, сполучення, заміщення, обміну та перегрупування.

**Реакції розкладу** – це реакції, в результаті яких з однієї речовини утворюється дві або кілька нових речовин. До цього типу належать численні реакції розкладу молекулярного кисню, водню, хлору на атоми (вільні радикали) під впливом сильного нагрівання (термічний розклад) або під дією сонячного світла (фотохімічний розклад):

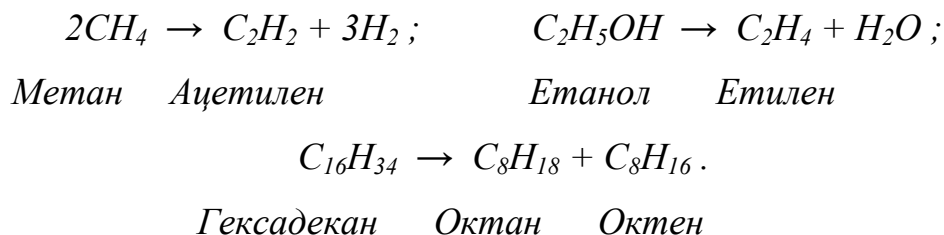


Іноді подібні процеси супроводжуються зміною агрегатного стану речовини. Наприклад, у твердому стані сірка складається з молекул  $\text{S}_8$ . Під час сильного нагрівання вона плавиться і переходить у газоподібний стан, де складається з молекул  $\text{S}_2$  і навіть з окремих атомів.

В органічній хімії до реакцій розкладу належать численні реакції дегідратування (відщеплення води), різноманітні реакції, що відбуваються під час



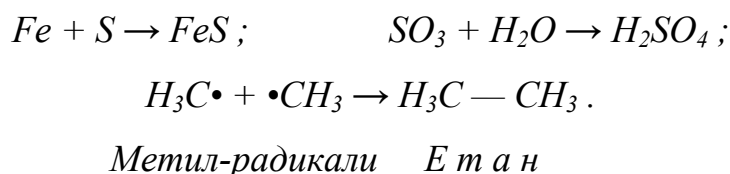
термічного і каталітичного крекінгу (від англ. *cracking* – розкладання) нафто-продуктів, наприклад:



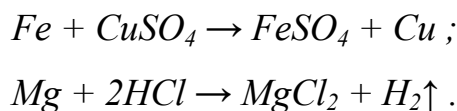
Реакції електролітичної дисоціації кислот також належать до реакцій розкладу.

**Реакції сполучення** – це реакції, в результаті яких з двох або кількох речовин утворюється одна нова речовина.

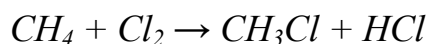
Вони відбуваються під впливом зміни зовнішніх умов: температури, тиску, радіоактивного опромінення, поглинання квантів світла, навіть внаслідок простого зіткнення, що веде до утворення молекул (водню, кисню, хлору тощо), та під час взаємодії радикалів (від лат. *radicalis* – корінний; стійка група атомів у молекулі, що переходить без зміни із однієї хімічної сполуки в іншу), наприклад:



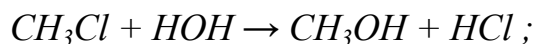
**Реакції заміщення** – це такі реакції між простою і складною речовинами, у процесі яких атоми простої речовини заміщують атоми одного з елементів складної речовини, утворюючи нову просту і нову складну речовини. До цього типу належать реакції заміщення металів у водних розчинах солей на інші, активніші метали, наприклад:



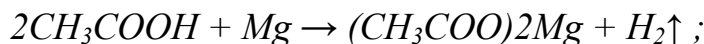
Подібні реакції є і в органічній хімії: заміщення Гідрогену у вуглеводнях на Хлор або Бром; взаємодія лужних металів з фенолом або спиртом; взаємодія бромю або хлору з бензолом чи фенолом; добування нітробензолу, аніліну тощо. Наприклад:



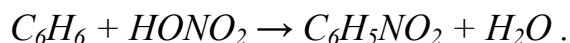
Метан                      Хлорметан



Хлорметан                      Метанол



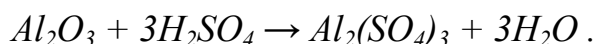
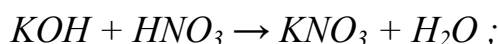
Оцтова кислота                      Ацетат магнію



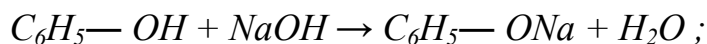
Бензол                      Нітробензол

Якщо в неорганічній хімії реакції заміщення – це реакції між простою і складною речовинами, то в органічній хімії це можуть бути також реакції між двома складними речовинами, у процесі яких атоми заміщуються не тільки на інші атоми, а й на групу атомів, як це має місце в останньому прикладі.

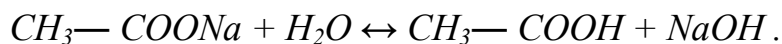
**Реакції обміну** – це такі реакції, у процесі яких дві складні речовини обмінюються своїми складовими частинами. До них належать різноманітні реакції солей одна з одною, кислот з солями тощо:



В органічній хімії до цього типу реакцій належить взаємодія фенолу з лугами, гідроліз солей карбонових кислот тощо:



Фенол                                      Фенолят натрію

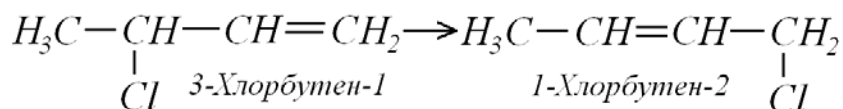


Ацетат натрію                      Оцтова кислота

**Реакції перегрупування** – це такі реакції, внаслідок яких одна речовина перетворюється на іншу.

Внаслідок таких перетворень відбувається перебудова хімічних зв'язків. Типовими прикладами можуть убути такі перетворення: графіт  $\leftrightarrow$  алмаз, кисень  $\leftrightarrow$  озон. Ці перетворення, як і всі реакції, супроводжуються тепловими явищами. До цього типу належать також **реакції ізомеризації** (від

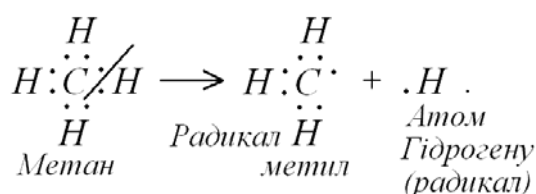
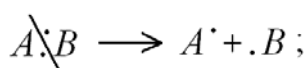
гр. *isos* – подібний та *meros* – частина) органічних сполук, коли хімічний склад молекули речовини не змінюється, але змінюється просторове розташування атомів у молекулі, внаслідок чого змінюються фізико-хімічні властивості цієї речовини. Наприклад:



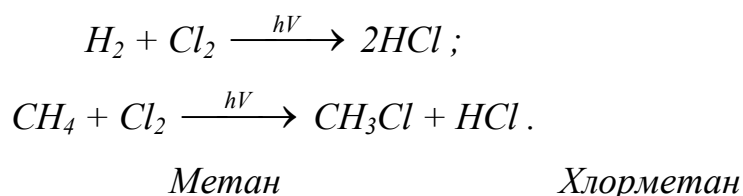
Існують і **інші класифікації хімічних реакцій**, наприклад, за джерелом енергії: термохімічні, фотохімічні, електрохімічні, або за тепловим ефектом: екзотермічні (з виділенням теплоти) та ендотермічні (з поглинанням теплоти).

Крім того, в сучасній хімії реакції класифікують і за механізмами їх перебігу, тобто за способом розривання хімічних зв'язків. Таких способів два – гомолітичний та гетеролітичний.

**Гомолітичне** (або радикальне) **розривання** ковалентного зв'язку полягає в тім, що електронна пара, яка утворила зв'язок, симетрично розділяється. Внаслідок цього утворюється дві незаряджені частинки, кожна з яких має один неспарений електрон, – вільні радикали:

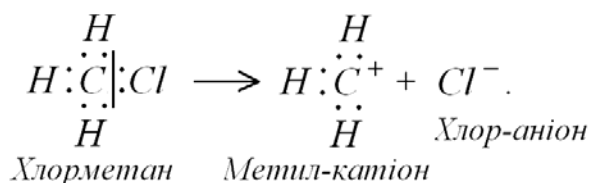
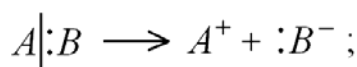


Прикладами гомолітичних реакцій можуть бути такі:

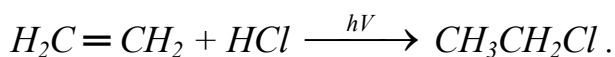
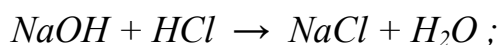


**Гетеролітичне** (іонне) **розривання** ковалентного зв'язку полягає в тому, що електронна пара не розділяється, а цілком залишається в одній з частин молекули, надаючи їй негативного заряду і перетворюючи її на аніон (не-

гативно заряджений іон). Інша частина молекули, втративши електрон, набуває позитивного заряду, перетворюючись на катіон (позитивно заряджений іон). Відбувається несиметричне розривання хімічного зв'язку:



А нижче наведені приклади гетеролітичних реакцій:



*Етилен*

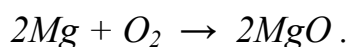
*Хлоретан*

Існує ще багато різноманітних принципів класифікації хімічних реакцій. Це зумовлено складністю хімічних систем та їх різноманітністю. Для того, щоб глибше зрозуміти механізм перебігу тієї чи іншої хімічної реакції, треба аналізувати її всебічно, з якомога більшої кількості точок зору

### 3.6.2. Енергетика хімічних реакцій

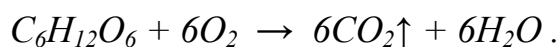
Під час перебігу хімічних реакцій зберігається число атомів, їх загальна маса, кількість електронних зарядів, а змінюються лише хімічні зв'язки між атомами: одні – руйнуються, інші виникають. На руйнування хімічних зв'язків потрібна енергія, а під час утворення нових зв'язків, навпаки, енергія виділяється.

Наприклад, коли запалити магнієву стрічку, то вона горить сліпучим полум'ям:



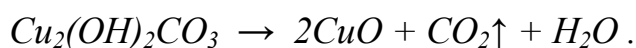
При цьому відбувається перегрупування атомів Магнію і Оксигену з утворенням оксиду магнію, яке супроводжується виділенням теплоти і світла. Такі хімічні реакції називаються *екзотермічними*.

У живих організмах розпад складних органічних речовин теж здійснюється в результаті окислення з виділенням енергії, необхідної для їх життєдіяльності:



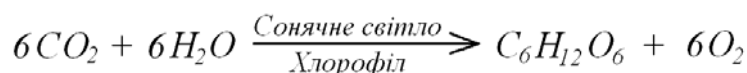
*Глюкоза*

У процесі нагрівання така речовина як малахіт розкладається:



Ця хімічна реакція відбувається з поглинанням теплоти зовні і називається *ендотермічною*.

Обмін енергії, що супроводжує хімічні реакції, має першорядне значення для живих організмів, оскільки процеси їх життєдіяльності залежать від енергії, яка або надходить зовні (рослини), або утворюється в організмі внаслідок розпаду поживних речовин (тварини). В поживних речовинах міститься енергія хімічних зв'язків, яка була тут акумульована під дією сонячного світла. Під час фотосинтезу в рослинах, де є каталізатор хлорофіл, під впливом світлової енергії вуглекислий газ і вода перетворюються на глюкозу та інші цукри:



Спосіб життя, який веде людина, залежить також від використання енергії з інших джерел: викопне паливо (вугілля, нафта), чи природний газ. Усі ці речовини утворилися в результаті повільного перетворення (за мільйони років) матеріалу рослинного походження, який містив накопичену енергію Сонця. Внаслідок спалювання палива виділяється енергія, яку людина використовує для своїх потреб.

### **3.6.3. Швидкість хімічних реакцій**

Хімічні реакції відбуваються з різною швидкістю. Одні з них здійснюються за частки секунди, інші – протягом тисячоліть. Так, реакція нейтралізації кислоти лугом за кімнатної температури відбувається миттєво. А хіміч-

не вивітрювання гірських порід, наприклад, перетворення граніту на глину, пісок та інші речовини, триває віками.

У житті часто буває необхідно керувати швидкістю хімічних реакцій. Для розпалювання вогню в печі, наприклад, треба прискорити реакцію горіння, а для гасіння пожежі – сповільнити й припинити її. Небажаною реакцією є іржавіння заліза. Якщо ми не можемо припинити цей процес зовсім, то можемо хоча б загальмувати його. На підприємствах зі швидкістю хімічних реакцій пов'язана ефективність добування речовин: чим швидше відбувається реакція добування хімічного продукту, тим виробництво економічно вигідніше.

Щоб керувати швидкістю реакцій, треба знати, від чого вона залежить. Нижче розглянуті чинники, які впливають на швидкість перебігу реакцій.

**Природа речовини.** Перш за все швидкість хімічної реакції залежить від *хімічної активності* реагуючих речовин. Наприклад, під час взаємодії магнію з хлороводною кислотою швидкість виділення водню більша, ніж під час взаємодії цинку з цією ж кислотою. У свою чергу, залізо взаємодіє з хлороводною кислотою повільніше, ніж цинк. Це залежить від того, що із цих трьох металів найбільш хімічно активним є магній, а найменше – залізо.

Крім того, на швидкість хімічних реакцій впливає *міцність хімічних зв'язків* у молекулах реагуючих речовин. Наприклад, речовини з іонним і полярним ковалентними зв'язками у водних розчинах взаємодіють між собою дуже швидко. А суміш газоподібних водню  $H_2$  і кисню  $O_2$  може зберігатись протягом багатьох років при  $20^{\circ}C$  без змін внаслідок того, що в молекулах цих речовин атоми зв'язані ковалентним зв'язком, який є найбільш міцним із хімічних зв'язків.

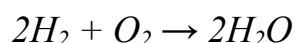
**Агрегатний стан речовини.** Для того, щоб відбулася хімічна реакція, реагуючі частинки вихідних речовин (молекули, атоми, іони) повинні зіткнутися одна з одною. Частота зіткнень залежить від швидкостей, з якими ці частинки рухаються. Найбільшу швидкість мають молекули газів, найменшу – частинки твердої речовини.

**Ступінь подрібнення.** Якщо тверді реагуючі речовини не подрібнені, то хімічна реакція може відбуватися лише у зоні взаємного прилягання цих речовин. За умови подрібнення речовин збільшується поверхня їх стикання і швидкість реакції між ними. Так, дрова легше запалити, якщо порубати поліна на тріски. Важко запалити кусок цукру, а цукровий пил може миттєво спалахнути й навіть вибухнути.

**Концентрація реагуючих речовин.** Горіння у чистому кисні відбувається інтенсивніше, ніж на повітрі, бо концентрація молекул кисню в повітрі приблизно в 5 разів менша, ніж у чистому кисні. Внаслідок цього число зіткнень між молекулами реагуючих речовин у чистому кисні буде більшим, отже, і швидкість реакції горіння вища.

Якщо хімічна реакція відбувається між газами, то її швидкість можна збільшити за допомогою тиску, що збільшить концентрацію газу.

**Температура.** Відомо, що для здійснення хімічної реакції частинки вихідних речовин повинні зіткнутися. Проте не кожне зіткнення частинок спричинює реакцію. Так, в  $1 \text{ см}^3$  газу за нормальних умов відбувається приблизно  $10^{29}$  зіткнень за секунду. Виходячи з цього, всі реакції між газами мали б відбуватися миттєво. Однак, це не завжди так. Наприклад, синтез води



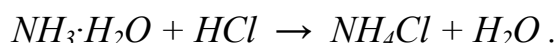
при  $20^\circ\text{C}$ , як ми вже згадували, здійснити практично неможливо через надто малу швидкість реакції при такій температурі. При  $500^\circ\text{C}$  ця реакція відбувається за 50 хв, а при  $700^\circ\text{C}$  процес здійснюється практично миттєво. Виходить, що до реакції ведуть зіткнення не всіх молекул, а тільки тих, які найбільш реакційездатні. Такі молекули називаються **активними**, бо вони мають достатній запас енергії для хімічної взаємодії. Якщо запас енергії молекул недостатній для руйнування хімічних зв'язків, такі молекули називаються **неактивними**.

Отже, нагрівання речовин сприяє збільшенню числа активних молекул, тому й швидкість більшості хімічних реакцій в разі нагрівання зростає.

**Каталіз.** Відомо, що біологічні процеси в живих системах відбуваються довільно і з великою швидкістю. Одним із визначальних факторів цього явища є *каталізатор* – речовина, що змінює швидкість хімічної реакції і не входить до складу продуктів реакції. Каталізатор може прискорювати хімічну реакцію (позитивний каталіз), або уповільнювати її (негативний каталіз).

Суть дії каталізатора полягає в тому, що він зменшує енергію активації, тобто знижує висоту активаційного бар'єру за рахунок утворення з реагентами *проміжних сполук*, що й полегшує хід реакції.

Наприклад, сухі аміак  $\text{NH}_3$  і хлороводень  $\text{HCl}$  не реагують між собою. При наявності вологи (каталізатора) вода утворює з аміаком проміжну сполуку  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , яка легко взаємодіє з хлороводнем:



Як видно з реакції, каталізатор (вода) при цьому відновлюється.

Існує також інший механізм каталізу, коли каталізатор не бере безпосередньої участі у хімічній реакції, а впливає на її швидкість лише *своєю присутністю*. Прикладом такого типу каталізу може бути здійснення реакції рідких рослинних жирів з воднем в присутності нікелю в дрібнодиспергованому (від лат. *dispersus* – розпорошений, розсіяний) стані, внаслідок чого утворюються тверді жири (маргарин тощо).

До біологічних каталізаторів належать *ферменти*, які за хімічною природою є білками. Вони каталізують хімічні реакції в біологічних системах. Ферменти на відміну від звичайних каталізаторів діють за більш обмежених умов – за певної температури, відповідних концентрацій іонів водню і гідроксиду ( $\text{OH}^-$ ). На їх дію впливають також різні домішки, наприклад, солі.

Ферменти відіграють важливу роль у перебігу різних біологічних процесів – травлення, дихання у людини і тварин, фотосинтезу в рослинних клітинах, бродіння тощо.

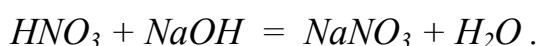
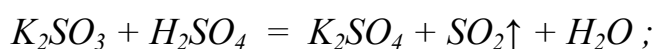
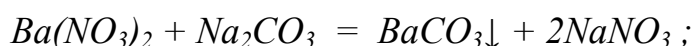
### 3.6.4. Хімічна рівновага

Хімічні реакції можуть бути необоротними та оборотними.

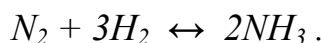


**Необоротними** називаються реакції, які відбуваються тільки в одному напрямі і завершуються повним перетворенням вихідних речовин у продукти реакції.

Реакція припиняється тоді, коли один із реагентів вичерпується повністю або один із продуктів виводиться із сфери реакції. До необоротних реакцій, яких не так багато, належать, наприклад, іонообмінні реакції, в результаті яких випадає осад, виділяється газ, або утворюються малодисоційовані сполуки (вода, слабкі електроліти тощо).



**Оборотними** називаються такі реакції, які одночасно відбуваються у двох взаємно протилежних напрямках. До них належать, наприклад, синтез аміаку, хлороводню, води, а також реакції гідролізу (від гр. *hydōr* – вода та *lysis* – розпад; розпад складних речовин на декілька нових за допомогою води), етерифікації (від гр. *aithēr* – ефір та лат. *facio* – роблю; утворення складних ефірів внаслідок реакції між кислотами і спиртами) тощо.



*Аміак*

Тут взаємодія водню з азотом – пряма реакція, а розклад аміаку – зворотна.

На початку реакції концентрація вихідних речовин  $\text{N}_2$  і  $\text{H}_2$  велика, і швидкість прямої реакції також велика. В міру витрачання вихідних речовин швидкість прямої реакції зменшується. Водночас починає нагромаджуватися продукт реакції  $\text{NH}_3$ . Поки його мало, швидкість зворотної реакції незначна. В міру нагромадження аміаку швидкість зворотної реакції зростає. Настає такий момент, коли швидкості прямої та зворотної реакцій зрівнюються. Це означає, що настає хімічна рівновага: скільки молекул вихідних речовин вступає в пряму реакцію, стільки саме їх утворюється в результаті зворотної реакції.

Оборотні реакції не доходять до кінця, оскільки і пряма і зворотна реакції після досягнення стану рівноваги не припиняються, а продовжуються, причому з однаковою швидкістю. Таку рівновагу називають рухомою, або *динамічною*. Оскільки дія обох протилежних реакцій взаємно зменшується, то в реагуючій суміші помітних змін не відбувається. Проте в момент встановлення рівноваги завжди можна виявити як продукти реакції, так і вихідні речовини.

Однак іноді буває необхідним виділити один із продуктів оборотної реакції, найчастіше прямої. У цьому разі впливають на рівновагу, яка встановилася, і зміщують її в потрібному напрямку. Після цього рівновага встановлюється знову.

На стан хімічної рівноваги впливають такі чинники: концентрація, температура, а для газоподібних речовин – також тиск.

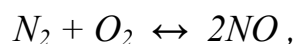
**Вплив концентрації.** Якщо під час синтезу аміаку збільшити концентрацію  $N_2$  або  $H_2$ , то рівновага зміститься в бік утворення  $NH_3$  й аміаку можна буде добути більше. Це зрозуміло, бо число молекул азоту і водню на одиницю об'єму збільшується, зіткнення між ними стають частішими, тому аміаку утворюються більше.

Має значення також зменшення концентрації продукту реакції. Якщо під час взаємодії азоту з воднем весь час видаляти аміак, який утворюється, то рівновага зміщуватиметься вправо, бо все нові й нові порції азоту й водню реагуватимуть з утворенням аміаку, щоб компенсувати його видалення.

**Вплив температури.** Наведена вище реакція синтезу аміаку екзотермічна (відбувається з видаленням теплоти). Виходить, якщо треба добути більше аміаку, то систему слід охолоджувати. Тоді втрачена теплота поповнюватиметься за рахунок перебігу прямої реакції, що відбувається з виділенням теплоти. Отже, все нові й нові порції азоту та водню реагуватимуть між собою. І навпаки, підвищення температури викличе прискорення зворотної реакції, тобто аміак розкладатиметься.

**Вплив тиску.** Якщо стискувати реагуючі гази, то реакція буде змушена йти в бік утворення речовин, які займають менший об'єм. Так, у розглянутій вище реакції синтезу аміаку за такої умови рівновага зміщується вправо, у бік утворення аміаку.

Якщо реакція відбувається без зміни об'ємів реагуючих газів, наприклад,



то тиск не впливає на стан рівноваги.

**Вплив каталізатора.** Каталізатор, який помітно впливає на швидкість реакції, зовсім не зміщує рівновагу, бо він однаковою мірою прискорює як пряму, так і зворотну реакції. Більше того, він сприяє швидкому досягненню хімічної рівноваги.

## 3.7. Основні закони і закономірності функціонування хімічних систем

### 3.7.1. Закон збереження маси та енергії

Окремо взятую хімічну реакцію можна вважати *замкненою системою*. В такій системі процеси здійснюються за законом збереження маси та енергії. Загальна маса та енергія ізольованої системи залишаються сталими незалежно від змін, які відбуваються в цій системі.

Маса і енергія пов'язані між собою: якщо під час хімічної реакції енергія виділяється, то маса утворених речовин зменшується порівняно з масою вихідних речовин, а якщо енергія поглинається, – то збільшується. В практичній діяльності людина цього не помічає, бо енергетичні ефекти хімічних реакцій незначні і не здатні помітно змінити маси реагуючих речовин. Наприклад, при утворенні з водню та хлору 36,5 г хлороводню виділяється енергія, що відповідає масі близько  $1 \cdot 10^{-9}$  г. Такі малі маси лежать поза межами можливості вимірювання і ними можна нехтувати. Проте слід пам'ятати, що кожне хімічне рівняння символізує собою закон збереження маси та енергії при

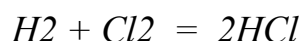
хімічних реакціях: *сумарні маса та енергія речовин, що вступили в реакцію, завжди дорівнюють сумарним масі та енергії продуктів реакції.*

### **3.7.2. Закон об'ємних відношень**

На відміну від маси та енергії речовин, що беруть участь у хімічній реакції, об'єм реагуючої суміші може змінюватись і досить суттєво. Це відбувається тоді, коли в реакції беруть участь газоподібні речовини або утворюються газоподібні продукти реакції.

*Об'єми газів, що вступають у реакцію, відносяться один до одного і до об'ємів добутих газоподібних продуктів, як невеликі цілі числа.* Цей хімічний закон сформулював французький вчений Ж.Л. Гей-Люссак (1808).

При цьому допускається, що всі об'єми газів зведені до однакових температури і тиску. Наприклад, під час синтезу хлороводню з хлору і водню



співвідношення об'ємів газів таке:  $V(H_2) : V(Cl_2) : V(HCl) = 1 : 1 : 2$ , тобто 1 л водню сполучається з 1 л хлору, утворюючи 2 л хлороводню. Отже, в рівняннях хімічних реакцій коефіцієнти перед формулами газоподібних речовин відповідають їхнім об'ємам.

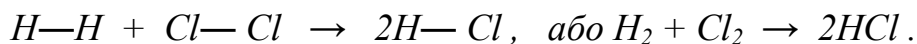
Виявлену закономірність можна пояснити на підставі закону Авогадро.

### **3.7.3. Закон Авогадро**

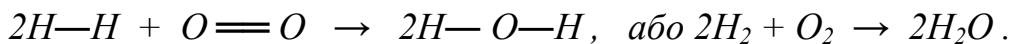
У 1811 р. італійський вчений А. Авогадро висловив гіпотезу, яку пізніше було підтверджено дослідженнями, а тому вона стала називатися законом Авогадро: *в однакових об'ємах різних газів за однакових умов (температури та тиску) міститься однакове число молекул.*

Вчений припустив, що молекули простих газів складаються з двох однакових атомів. Під час сполучення, наприклад, водню з хлором їхні молекули розщеплюються на атоми, а останні утворюють молекули хлороводню. Проте оскільки із однієї молекули водню та однієї молекули хлору утворю-

ється дві молекули хлороводню, то й об'єм останнього повинен дорівнювати сумі об'ємів вихідних газів, тобто



Аналогічно під час утворення водяної пари



Отже об'ємні відношення можна легко пояснити, виходячи з уявлення про двохатомність молекул простих газів –  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $Cl_2$ ,  $N_2$  тощо.

### 3.7.4. Періодичний закон і періодична система хімічних елементів

Російський вчений Д.І.Менделєєв (1834-1907), досліджуючи хімічні властивості відомих на той час 63 елементів, розмістив їх у порядку зростання атомних мас і помітив, що властивості елементів змінюються не монотонно, а періодично. Наприклад, у ряду елементів  $Li - Be - B - C - N - O - F - Na - Mg - Al - Si - P - S - Cl$  закономірна зміна властивостей (послаблення металічних і посилення неметалічних властивостей з послідовним збільшенням валентності) у межах одного відрізка ряду (від  $Li$  до  $F$ ) повторюється і в інших відрізках (від  $Na$  до  $Cl$ , від  $K$  до  $Br$  і т.д.).

Інакше кажучи, періодично повторюються елементи, подібні в хімічному відношенні. Ця закономірність була названа Д.І.Менделєєвим законом періодичності, на підставі якого вчений створив періодичну систему хімічних елементів, яка стала схематичним зображенням відкритого ним закону (мал. 3.3).

Період	Група													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII						
1	<b>H</b> 1,0079 Гідроген Водень										<b>He</b> 4,0026 Гелій	<b>2</b>		
2	<b>Li</b> 6,941 Літій	<b>3</b> 9,012 Веґерій	<b>4</b> 10,81 Бор	<b>5</b> 12,011 Карбон Вуглець	<b>6</b> 14,0067 Азот	<b>7</b> 15,999 Кисень	<b>8</b> 16,999 Фтор	<b>9</b> 18,998 Неон	<b>10</b> 20,179 Неон					
3	<b>Na</b> 22,990 Натрій	<b>11</b> 24,305 Магній	<b>12</b> 26,981 Алюміній	<b>13</b> 28,086 Силіцій	<b>14</b> 30,973 Фосфор	<b>15</b> 32,06 Сірка	<b>16</b> 35,453 Хлор	<b>17</b> 39,948 Аргон	<b>18</b> 39,948 Аргон					
4	<b>K</b> 39,098 Калій	<b>19</b> 40,08 Кальцій	<b>20</b> 44,956 Кальцій	<b>21</b> 47,90 Титан	<b>22</b> 50,941 Ванадій	<b>23</b> 51,996 Хром	<b>24</b> 54,938 Манган	<b>25</b> 55,847 Залізо	<b>26</b> 58,933 Кобальт	<b>27</b> 58,933 Кобальт	<b>28</b> 58,70 Нікель	<b>Ni</b>		
5	<b>Rb</b> 85,468 Рубідій	<b>37</b> 87,62 Стронцій	<b>38</b> 89,904 Стронцій	<b>39</b> 91,22 Ітрій	<b>40</b> 92,906 Цирконій	<b>41</b> 95,94 Ніобій	<b>42</b> 97,90 Молибден	<b>43</b> 101,07 Технецій	<b>44</b> 101,07 Рутеній	<b>45</b> 102,905 Родій	<b>46</b> 106,4 Паладій	<b>Pd</b>		
	<b>47</b> 107,868 Срібло	<b>48</b> 112,40 Срібло	<b>49</b> 114,82 Срібло	<b>50</b> 118,71 Олово	<b>51</b> 121,76 Стибій	<b>52</b> 127,60 Телур	<b>53</b> 126,904 Йод	<b>54</b> 131,29 Ксенон						
6	<b>Cs</b> 132,91 Цезій	<b>55</b> 137,33 Барій	<b>56</b> 138,905 Барій	<b>57</b> 175,07 Лантан	<b>58</b> 176,49 Гафній	<b>59</b> 180,948 Тантал	<b>60</b> 183,85 Вольфрам	<b>61</b> 186,207 Реній	<b>62</b> 187,04 Осмієвий	<b>63</b> 188,906 Осмієвий	<b>64</b> 192,22 Іридій	<b>65</b> 195,08 Платина		
	<b>79</b> 196,967 Золото	<b>80</b> 200,59 Золото	<b>81</b> 204,37 Золото	<b>82</b> 207,2 Свинцевий	<b>83</b> 208,980 Бісмут	<b>84</b> 208,980 Полоній	<b>85</b> 208,980 Астат	<b>86</b> 222 Радон						
7	<b>Fr</b> [223] Францій	<b>87</b> 226,025 Радій	<b>88</b> 226,025 Радій	<b>89</b> [227] Актиній	<b>90</b> [227] Актиній	<b>91</b> [227] Актиній	<b>92</b> [227] Актиній	<b>93</b> [227] Актиній	<b>94</b> [227] Актиній	<b>95</b> [227] Актиній	<b>96</b> [227] Актиній	<b>97</b> [227] Актиній		
Висш оксиди	R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>						
Легкі водневі сполуки				RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R	HR						
*Лантаноїди	<b>58</b> 140,908 Церій	<b>59</b> 140,908 Прометій	<b>60</b> 144,24 Неодим	<b>61</b> 145 Прометій	<b>62</b> 150,4 Самарій	<b>63</b> 151,96 Европій	<b>64</b> 157,25 Гадоліній	<b>65</b> 168,93 Тербій	<b>66</b> 173,04 Диспрозієвий	<b>67</b> 174,97 Гольмій	<b>68</b> 175,04 Ербій	<b>69</b> 175,04 Тулій	<b>70</b> 176,03 Йттербий	<b>71</b> 176,03 Лютецій
**Актиноїди	<b>90</b> 232,038 Торій	<b>91</b> 232,038 Торій	<b>92</b> 238,029 Уран	<b>93</b> 238,029 Нептуній	<b>94</b> 244 Плутоній	<b>95</b> 244 Америцій	<b>96</b> 247 Кюрієвий	<b>97</b> 251 Берклій	<b>98</b> 251 Каліфорній	<b>99</b> 251 Ейнштейнівський	<b>100</b> 251 Фермій	<b>101</b> 251 Менделєєвський	<b>102</b> 259 Нобелій	<b>103</b> 260 Лоуренсій

Мал. 3.3. Періодична система хімічних елементів (коротка форма)

У таблиці періодичної системи хімічні елементи розташовані за періодами, групами та підгрупами. Система складається із 7 періодів, які, в свою чергу, діляться на 10 рядів. Періоди бувають малими та великими.

Малі періоди (1, 2, 3) мають відповідно 2, 8 і 8 елементів. Великі періоди (4, 5, 6, 7) мають відповідно 18, 18, 32 та 24 елемента. Зверніть увагу, що сьомий період не закінчений. Він, як і шостий, може містити 32 елемента.

**Періодом** називається сукупність (ряд) хімічних елементів, розташованих за порядком зростання їхньої атомної маси. Період починається (крім першого) активним лужним металом і завершується (поки крім сьомого) інертним газом.

За подібністю хімічні елементи в системі розділяються на 8 груп. У свою чергу, групи діляться на підгрупи: основну та побічну.

**Група періодичної системи** є сукупністю хімічних елементів, подібних за своїми властивостями. Найбільш тісна подібність у елементів однієї підгрупи.

Отже, знаючи властивості одного із елементів певної підгрупи, можна уявити і загальні властивості решти її членів.

Так, наприклад, фізичні властивості даного елемента (густина, температура плавлення, кипіння та ін.) є середньоарифметичною величиною значень чотирьох його «сусідів» за таблицею (за підгрупою та рядом).

Періодична система – це виключно важливе узагальнення, яке дозволяє передбачити властивості хімічних елементів.

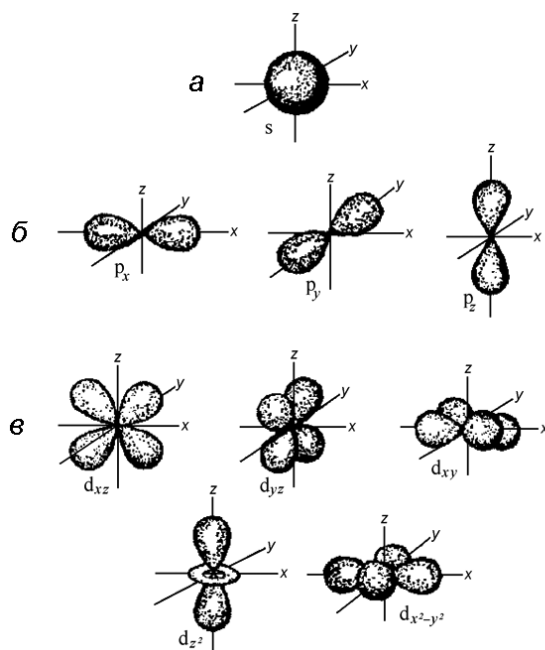
У сучасному, уточненому вигляді періодичний закон стверджує, що властивості елементів, а також форми і властивості їхніх сполук перебувають у періодичній залежності від заряду ядра атомів елементів, або коротше: **властивості елементів перебувають у періодичній залежності від величини зарядів ядер їхніх атомів.**

Періодична система правильно відображує не тільки періодичний закон, а й будову атомів елементів. Так, порядковий номер елемента в періодичній системі показує заряд ядра його атома, отже, і загальне число електронів. Збільшення зарядів ядер від 1 до 110 спричинює періодичне повторення будови останнього енергетичного рівня. Оскільки властивості елементів за-

лежать в основному від числа електронів на останньому рівні їх атомів, то вони також періодично повторюються.

Хімічні властивості атомів елементів визначаються не лише величиною заряду їхнього ядра, а й такими характеристиками атомів, як їхній розмір, енергія іонізації, спорідненість до електрона, електронегативність тощо.

**Розмір атома.** Через хвильовий характер руху електронів їхні орбіталі не мають чітко окреслених меж та й форма орбіталей у різних електронів різна (мал.3.4). Ось чому атоми не мають точно визначеного розміру.



Мал.3.4. Форма та орієнтація орбіталей: а – s-орбіталь, б – p-орбіталі, в – d-орбіталі

Розміри атомів та іонів обчислюють припускаючи, що вони мають форму кулі. Використовуючи рентгенівське проміння, визначають відстань між сусідніми атомами елемента і обчислюють атомний радіус.

У металів розміри атомів більші від розмірів їхніх іонів, бо вони віддають електрони. У неметалів, коли їхні атоми приєднують електрони, розміри іонів більші від розмірів атомів. Наприклад, радіус атома Натрію (Na) дорівнює 0,189 нм, а іона Натрію ( $\text{Na}^+$ ) – 0,098 нм.



**Енергія іонізації.** Важливою характеристикою атомів хімічних елементів, що частково визначає їх хімічну активність, є енергія іонізації. Це – енергія, необхідна для відривання електрона від атома, що перебуває в нормальному (незбудженому) стані, і утворення катіона.

Для елементів одного періоду енергія іонізації збільшується зліва направо, оскільки в цьому напрямку збільшується заряд ядра і зменшується радіус атома. Для атомів лужних металів (Li, Na, K і т.д.) вона найменша, а для інертних газів (Ne, Ar, Kr і т.д.) – найбільша. Наприклад, для атомів елементів II періоду енергія іонізації збільшується від 520 кДж/моль у Літійу (Li) до 3963,5 кДж/моль у Неону (Ne). Пригадаємо з шкільного курсу хімії, що моль – це така кількість речовини, яка містить стільки молекул чи атомів, скільки атомів міститься в 12 г вуглецю.

У підгрупах вона зменшується зверху вниз завдяки збільшенню відстані між електроном і ядром атома елемента. Так, для атомів лужних металів енергія іонізації зменшується від 520 кДж/моль у Літійу (Li) до 384 кДж/моль у Францію (Fr), а для атомів інертних газів вона зменшується від 2371,94 кДж/моль у Гелію (He) до 1036,93 кДж/моль у Радону (Rn).

Енергія іонізації пов'язана з хімічними властивостями елементів. Так, лужні метали, енергія іонізації атомів яких невелика, легко віддають електрони і виявляють яскраво виражені металічні властивості. Хімічна пасивність інертних газів пов'язана з високими значеннями їх енергії іонізації.

**Спорідненість з електроном.** Атоми можуть не тільки віддавати, а й приєднувати електрони. При цьому утворюються відповідні аніони. Енергія, що виділяється (або поглинається) внаслідок приєднання до атома одного електрона, називається спорідненістю до електрона. Якщо енергія виділяється, то утворюються стійкі аніони, а якщо поглинається – нестійкі.

Спорідненість до електрона, як і енергію іонізації, виражають у джоулях на моль (або в електрон-вольтах). Величина цієї енергії відома не для всіх елементів, бо вимірювати її досить важко. Найбільші значення спорідненості до електрона мають галогени (F, Cl, Br, I, At), в атомах яких у зовнішньому

електронному шарі перебуває по 7 електронів. Це свідчить про посилення неметалічних властивостей елементів у міру наближення до кінця періоду

**Електронегативність.** Для характеристики відносної здатності атомів певної сполуки набувати негативного заряду користуються поняттям електронегативності, під якою розуміють умовну величину, що характеризує здатність атома відтягувати до себе електронну густину порівняно з атомами інших елементів тієї самої сполуки.

Ця здатність залежить від енергії іонізації атома та від його спорідненості до електрона і дорівнює півсумі цих величин. За одиницю цього показника приймають електронегативність Літію (Li) і порівнюють з нею електронегативність інших елементів.

У періодах хімічних елементів спостерігається загальна тенденція до зростання електронегативності, а в підгрупах – до її зменшення. Найменші значення електронегативності мають атоми лужних металів (Li, Na, K тощо), а найбільші – галогенів (F, Cl, Br тощо). Найбільш електронегативним елементом є Фтор (F).

Електронегативність певного хімічного елемента не є сталою величиною, бо може змінюватись в залежності від того, з якими іншими елементами він входить до складу сполуки.

Поняття електронегативності використовується для якісного пояснення хімічного зв'язку між атомами: від значення їх відносної електронегативності залежить характер утвореного зв'язку.

#### *Запитання. Завдання*

1. Дайте визначення речовини
2. Розкрийте сучасні уявлення про будову атома.
3. Яка різниця між хімічним елементом і речовиною?
4. Подайте класифікацію речовин.
5. Які хімічні зв'язки Ви знаєте?
6. Охарактеризуйте ковалентний та іонний зв'язки.

7. Які типи хімічних реакцій Ви знаєте?
8. Чим відрізняються реакції заміщення та обміну?
9. Назвіть чинники, від яких залежить швидкість хімічних реакцій?
10. Що таке хімічна рівновага?
11. Назвіть основні закони функціонування хімічних систем.
12. У чому полягає періодичний закон і періодична система хімічних елементів?

## 4. КРИСТАЛИ ЯК ФІЗИКО-ХІМІЧНІ СИСТЕМИ

Основна форма існування твердих тіл – кристалічна. М'який графіт і твердий алмаз, прозорий кварц і в'язкий нефрит, мідь, яка добре проводить електричний струм, та ізолятор сапфір – лише окремі приклади різноманітного царства кристалів (від гр. *krystallos* – спочатку – лід, пізніше – гірський кришталь, прозорий камінь). У земній корі майже 98% усіх твердих тіл – кристали, які надзвичайно різноманітні за формою, розміром, прозорістю, забарвленням та іншими властивостями. Характерним для всіх кристалічних речовин є їх самоограннення плоскими поверхнями.

**Кристалами** називаються симетричні тіла у вигляді многогранників, у яких їх складові частини (атоми, молекули, іони) розташовані строго періодично, утворюючи геометрично закономірну кристалічну структуру.

Однак є і такі тверді речовини в яких частинки розташовані безладно, на зразок рідин чи газів. Такі некристалічні тверді тіла називаються **аморфними тілами** (від гр. *amorphos* – безформний). Вони не здатні формуватися у многогранники.

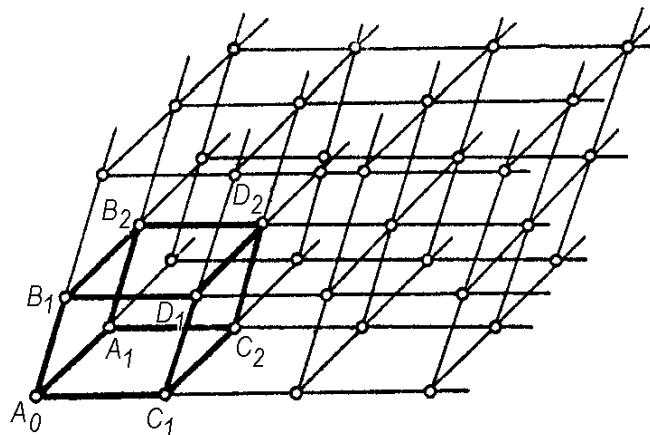
Одна і та ж речовина може існувати як у кристалічному, так і у аморфному вигляді, причому вона здатна поступово із аморфного стану переходити в кристалічний. Для цукерки-льодяника, щоб вона перетворилася у кристалічну речовину (кристалічний цукор), потрібно декілька місяців, для звичайного віконного скла – десятки років, а для обсидіану чи янтарю – мільйони років. Можливий і зворотній процес: кристалічна речовина перетвориться на аморфну, наприклад, внаслідок переплавлення того ж таки кристалічного цукру.

Кристали – досить прості системи, але за функціональними ознаками їх можна розглядати як фізико-хімічні системи.

## 4.1. Кристали як фізичні системи

*Прості кристали* складаються із атомів одного хімічного елемента. Наприклад, алмаз і графіт – це чистий Карбон. Більш *складні кристали* побудовані із атомів двох і більше хімічних елементів. Наприклад, кристали кухонної солі містять два хімічних елемента (електрично заряджених атома) – Натрій та Хлор. Але незалежно від того, з яких частинок складається кристал і якої вони форми, будь-яка кристалічна речовина має ґратчасту структуру. Щоб уявити це, необхідно подумки заповнити простір множиною паралелепіпедів, вирізнити відповідні точки, наприклад, їхні центри, і ми отримаємо просторові ґратки, що є «кістяком» кристала. Макетом такого «кістяка» будуть ґратки будь-якої кристалічної речовини, зроблені з дроту та кульок. Кульки – це частинки (атоми, іони, молекули), із яких складаються кристали, а дріт – відстані між ними.

Ґратки складаються з безлічі однакових елементарних комірок. Послідовно рухаючи цю комірку паралельно до самої себе можна відтворити весь кристал, і побачити що основною властивістю ґраток є повторюваність цих комірок через чітко однакова відстані.(мал.4.1).



Мал. 4.1. Просторові ґратки кристалічної речовини

Вершини комірок називаються вузлами, які можуть бути окремими атомами, іонами чи ґратками іонів чи атомів.

Принцип будови кристалічної речовини на основі просторових ґраток пояснює утворення простих граней та прямих ребер на кристалах. Зовнішня многогранна форма кристалів – це відбиття їхньої внутрішньої будови. Реальні ребра кристалів відповідні рядам складових часинок, грані – щільним сіткам частинок, а вершини – вузлам.

Від розташування елементарних схем просторових ґраток (рядів, вузлів, плоских сіток тощо) залежать численні властивості, які притаманні виключно кристалічним речовинам: анізотропність, однорідність, здатність до самоорганізації (само огранювання), постійність точки плавлення.

**Анізотропність.** Анізотропність (від гр. *anisos* – неоднаковий та *tropos* – властивість) кристалів полягає в тому, що численні фізичні властивості (міцність, твердість, крихкість, колір, швидкість проходження світла тощо) проявляються неоднаково в залежності від напрямку.

При нагріванні виточена із кристала куля **розширюється** за різними напрямками **неоднаково**. Наприклад, у кварцу розширення у одному напрямку вдвічі більше, ніж у другому, перпендикулярному першому; у кальциту цей показник дорівнює п'яти. Внаслідок цього кристалічна куля за умови, нагрівання перетворюється в еліпсоїд.

Якщо із кристалів кухонної солі виточити стержні за різними напрямками і випробувати їх на **міцність**, то виявиться, що для їх розламування потрібно затратити різні зусилля.

**Твердість кристала** теж залежить від напрямку. Якщо дряпати будь-яким вістрям грань кристала, то в одному напрямку він дряпається легше, ніж в іншому, а подряпини можуть бути різної довжини та ширини. Якщо дряпати скло (аморфна речовина), то подряпини на ньому у всіх напрямках будуть однаковими.

**Теплопровідність кристалів** за різними напрямками теж різна. Так, якщо пластинки, вирізані по горизонтальній та вертикальній площинах, вкрити воском і з протилежного боку доторкнутися розпеченою голкою, то форма розплавленої плями буде різною, наприклад, круг та еліпс.

Таким чином, майже всі фізичні властивості кристалічних речовин проявляються неоднаково за різними напрямками, тобто кристалічні речовини анізотропні, а аморфні речовини, властивості яких не залежать від напрямку, ізотропні (від гр. *isos* – однаковий та *tropos* – властивість).

**Однорідність.** Як ми щойно переконалися, усі властивості кристалічних речовин залежать не від місця, а від напрямку. Наприклад, твердість алмаза чи іншої кристалічної речовини буде однаковою в одному й тому ж напрямку в усіх точках кристала. Однаковими також будуть питома вага, теплопровідність, електропровідність тощо. Ця особливість кристалічних тіл пов'язана з їх внутрішньою будовою.

У кристалічних ґратках відстань між складовими частинами в паралельних і непаралельних рядах неоднакова. Фізичні властивості проявляються залежно від напрямку рядів ґраток: в горизонтальних рядах вони мають одне значення, а у вертикальних – інше. Отже всі паралельні напрямки в кристалі рівнозначні, бо будь-які паралельно проведені лінії перетнуть однакову кількість часток, що розташовані на однаковій відстані між собою.

**Здатність до самоорганізації** – це властивість кристалів утворювати грані за умови вільного росту. За сприятливих умов формуються правильні многогранники, гранями яких є плоскі сітки просторових ґраток.

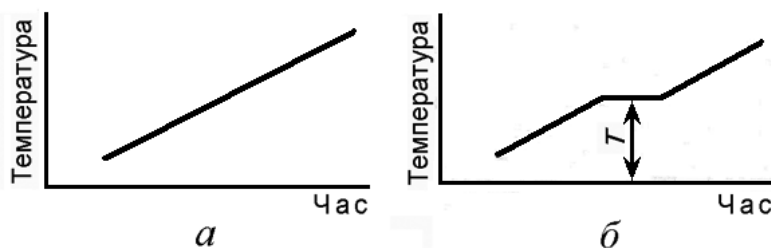
Якщо занурити частину кристала неправильної форми у розчин, який перебуває в певних умовах, то через деякий час він обросте гранями і набуде форми, характерної для кристалів даної речовини. Наприклад, виточена із октаедра (восьмигранник) галуна. Куля в насиченому розчині знову набуде форми октаедра.

**Постійність точки плавлення.** При нагріванні кристалічної речовини температура його буде зростати до певної межі. В результаті подальшого нагрівання кристал почне плавитися, але температура його деякий час залишається постійною, бо все тепло витрачається на руйнування кристалічних ґраток. Температура, за якої починається плавлення кристала, називається тем-

пературою плавлення. Кожна кристалічна речовина має свою постійну температуру плавлення.

Аморфні речовини певної температури плавлення не мають і при нагріванні поступово розм'якшуються.

Якщо процес плавлення аморфних і кристалічних речовин зобразити графічно, то він матиме такий вигляд (мал.4.2).



Мал. 4.2. Криві нагрівання аморфних (а) та кристалічних (б) тіл

Розгляд кристалів як фізичних систем буде не повним, якщо не згадати такі їх властивості як спайність, електропровідність, магнітність, здатність до деформації, подвійного променезаломлення та люмінесценції.

**Спайність.** Спайністю називається здатність кристалів розколюватися при ударі (чи іншому механічному впливові) за площинами певного напрямку. Наприклад, кам'яна сіль при ударі завжди розколюється на прямокутні брусокки з ідеально гладкими та рівними гранями, кристал ісландського шпата форми ромбоедра – на маленькі ромбоедри з такими ж кутами, як і у великого кристала, і т. д. Спайність у деяких речовин проявляється досить чітко, а в інших – ледве помітно. Так кварц дуже погано розколюється за певними напрямками.

Аморфні ж тіла при ударі руйнуються не за рівними площинами, а за випадковими, кривими поверхнями на неправильні уламки.

Виявляється, що в дійсності явище спайності ускладнюється тим, що в реальних кристалах, крім сил зчеплення, наявні також зв'язки хімічної природи. Прикладом такого хімічного зв'язку може бути іонний зв'язок між іонами Цинку та Сульфуру у кристалі сфалериту, який за геометричною струк-

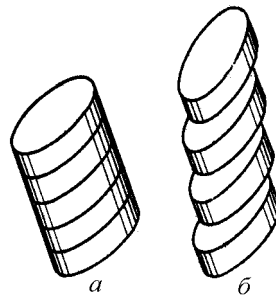


турою схожий на алмаз, але в алмазі всі атоми однорідні. На спайність впливають також температура та домішки. Чим температура нижча, тим спайність краща. Домішки ж погіршують спайність або й зовсім ліквідують її.

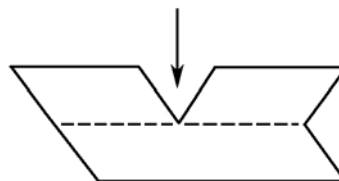
**Механічна деформація.** Під впливом механічних сил кристали змінюють свою форму – деформуються. Малі навантаження на кристали не приводять до руйнування його структури. Якщо після припинення навантаження його початкова форма повністю відновлюється, то така деформація називається пружною.

При збільшенні навантаження може настати мить, коли кристал лише частково повертається до своєї попередньої форми. Така деформація називається залишковою, або пластичною. Залишкова деформація спричинюється або ковзанням однієї частини стосовно іншої, або двійникуванням.

**Ковзання** – це деформація, за якої шари кристала зміщуються відносно один одного подібно тому, як зсувається купка книг (мал. 4.3). Ковзання однієї частини кристала відносно іншої без його розриву може відбуватися тільки у площинах, які зв'язані між собою найменше. За таких умов частинки кристала залишаються взаємно паралельними.



Мал. 4.3. Деформація ковзання в кристалі цинку: а – до ковзання, б – після ковзання



Мал. 4.4. Схема механічного двійникування

Якщо при деформації дві частинки кристала стають дзеркально симетричними між собою, то таке явище називається *механічним двійникуванням*. За такої деформації шари кристала зміщуються вздовж площини двійникування, а його частини змінюють свою орієнтацію.

Якщо натиснути лезом ножа на ребро ромбоедра кальциту (мал. 4.4) то одержимо зсув паралельно площині іншого ромбоедра. Одна частина кристала залишається після натиснення в початковому стані а інша пересувається, утворюючи ділянки, які є двійниками стосовно іншої частини кристала.

*Пластичні деформації* у кристалічних речовинах – досить розповсюджене явище, особливо у металів, що і пояснює їх ковкість. Викривлення та вигини кристалів також можна пояснити ковзанням окремих найдрібніших ділянок кристала вздовж певних площин.

Пластична деформація кристалів відзначається анізотропністю, бо здійснюється не в напрямку діючої сили, а за певними кристалографічними напрямками у певних кристалографічних площинах, що залежить від структури кристала.

**Подвійне променезаломлення** полягає в тому, що промінь світла, який входить в кристал, ділиться на два променя. Внаслідок цього зображення предметів, які розглядаються через кристал, подвоюються. Це явище притаманне всім кристалам, крім кристалів кубічної структури.

Світло, яке пройшло через кристал, стане поляризованим. Це означає, що світлові коливання в кожному із двох променів, які вийшли з кристалу, здійснюються не в усіх напрямках, як у неполяризованому, звичайному світлі, а в одному напрямку. До того ж, коливання в одному промені будуть перпендикулярні коливанням у другому.

Кристалічні речовини мають немов би „щілини”, і світло може проходити лише у тому випадку, коли електромагнітні коливання спрямовані вздовж „щілин”. Якщо „щілини” двох кристалічних пластинок паралельні, то світло проходить через них, а якщо „щілини” схрещені, то промінь не про-

ходить. Внаслідок цього, дві прозорі кристалічні пластинки можуть зовсім не пропускати світла, якщо їх взаємно відповідно розташувати.

**Електропровідність.** Кристалічні речовини в більшості є ізоляторами, але здатні генерувати електричний заряд внаслідок нагрівання та охолодження, або механічної деформації.

При нагріванні та охолодженні утворюється піроелектрика (від гр. *pyr* – вогонь). Таку властивість мають кристалічні речовини, в яких відсутній центр симетрії, наприклад турмалін.

При стисненні чи розтягуванні кристала того ж турмаліну виникає п'єзоелектрика (від гр. *piezō* – давлю). Найбільш вживаними п'єзоелектриками є кварц. Якщо його стиснути за певними напрямками, то на двох його протилежних гранях з'являються електричні заряди: на одній – позитивний, а на іншій – негативний. Якщо кристал розтягувати, знаки зарядів зміняться на протилежні. Чим більша сила стискування чи розтягування, тим більша величина зарядів. П'єзоелектричні явища, як і піроелектричні, притаманні кристалам, що не мають центра симетрії.

П'єзокристали використовуються для перетворення механічної енергії в електричну і навпаки, а також в радіотехніці, як стабілізатори частот (п'єзокварц).

**Люмінесценція.** Деякі мінерали починають світитися під впливом різних факторів. Це явище називається люмінесценцією. Наприклад, флюорит світиться при нагріванні – термолюмінісценція. Деякі кристалічні речовини світяться під впливом тиску чи розчинення, але справжня люмінесценція виникає при опроміненні їх катодними ультрафіолетовими та іншими короткохвильовими променями. Колір та інтенсивність свічення різноманітні в залежності від виду мінералу, наявності в ньому домішок, температури, виду опромінення. Цікаво, що більшість кристалів світиться лише в момент їх опромінення. Це явище дістало назву флюоресценції (від лат. *fluor* – течія). Значно рідше зустрічається фосфоресценція (від гр. *phōs* – світло та *phoros* – той, що несе) – післясвічення, тобто свічення мінералу після опромінення.

Явище люмінесценції має широке застосування в пошуках корисних копалин.

**Магнітність.** У природі існує незначна кількість мінералів, яким притаманні властивості магніту, наприклад, магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) та його різновид маггеміт. Здавна ці мінерали використовували для виготовлення компасів.

Магнітні властивості кристалів пов'язані з орбітальним рухом електронів навколо атомних ядер, а також обертання їх навколо власної вісі.

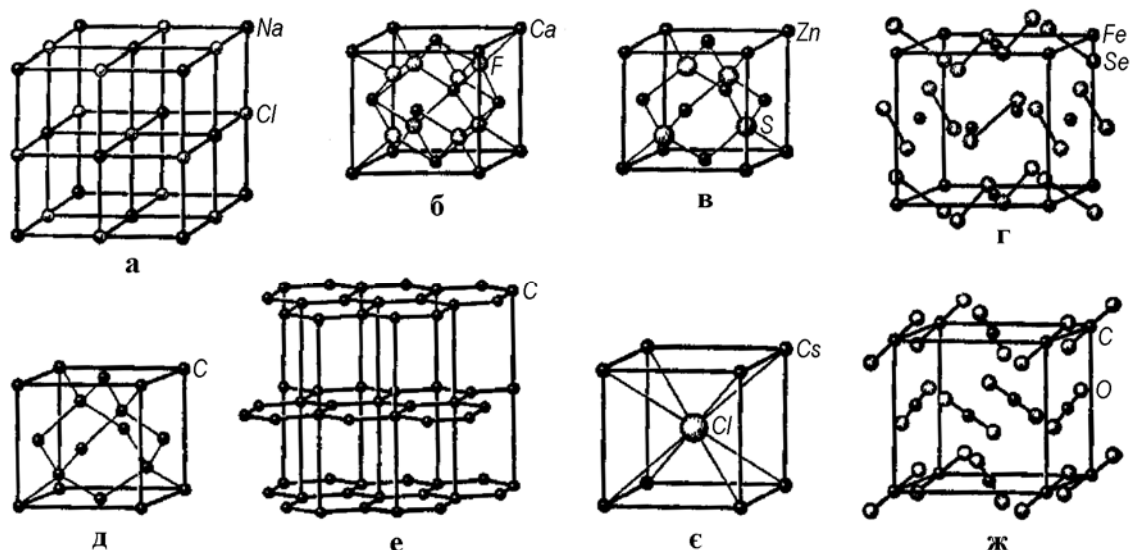
За величиною магнітної сприйнятливості мінерали поділяються на діамагнітні, парамагнітні та феромагнітні. Діамагнітні мінерали відштовхуються магнітом. До них належать золото, срібло, вісмут, кальцит, галіт. Парамагнітні мінерали, наприклад, піротин, слабо притягуються магнітом. Феромагнітні мінерали, наприклад, магнетит, не лише добре притягуються магнітом, а й самі є магнітом (притягують залізні ошурки, цвяхи тощо).

Магнітність мінералів використовуються для пошуків корисних копалин тощо.

## 4.2. Кристали, як хімічні системи.

Кристали, як хімічні системи, визначаються просторовим розташуванням атомів у них, а також властивостями цих атомів.

У структурі кристалів більшості *неорганічних речовин*, наприклад, мінералів, немає відокремлених груп атомів, які можна було б назвати молекулами (мал. 4.5). Цей фактор є дещо несподіваним, бо ми звикли уявляти, що всяка речовина побудована з молекул.



Мал. 4.5. Хімічні моделі кристалів: а – NaCl (або KCl); б – CaF<sub>2</sub>; в – ZnS; г – FeSe; д – алмаза; е – графіту; є – CsCl; ж – CO<sub>2</sub>.

Для моделювання будови кристала найпростіших сполук вживається поняття *координаційного числа*. В структурі типу KCl чи NaCl (мал.4.5-а) кожний атом металу оточений 6-ма атомами галогену, а кожний атом галогену – 6-ма атомами металу (координаційне число 6).

В структурах ZnS і алмаза координаційне число 4, в структурі CsCl – 8. (мал. 4.5-в, д, є). Уявлення про те що фтористий кальцій CaF<sub>2</sub> складається з окремих молекул F-Ca-F, неправильне, бо насправді в кристалі кожен атом Кальцію оточений 8 атомами Фтору (координаційне число 8), а кожен атом Фтору – 4 атомами Кальцію (координаційне число 4) (мал. 4.5-б). Зв'язок між окремими атомами в кристалах неможливо зобразити валентними рисочками, бо в щойно наведеному прикладі Кальцій довелося б вважати 8-валентним, а Фтор 4-валентним, що не відповідає дійсності: насправді Кальцій двовалентний, а Фтор одновалентний.

Моделі кристалів найпростіших речовин, побудовані на принципі координаційних чисел, виявляються цілком реальними, якщо вважати складові частинки кристала не атомами, а іонами.

Кристали *органічних сполук*, як правило, мають молекулярну будову. В них центри ваги складових молекул звичайно розташовані в точках певної, специфічної для даного кристала просторової системи (лінії, площини).

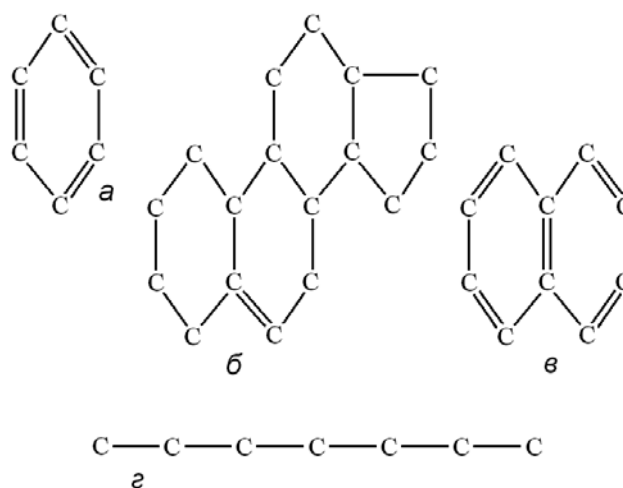
У кристалічних структурах зустрічаються всі відомі типи хімічних зв'язків (див. розділ 3.5). Тут варто лише додати, що в одному кристалі можуть мати місце одночасно декілька типів зв'язку, але один з них звичайно домінує. Наприклад, в структурі графіту, (мал. 4.6.-е) атоми Карбону зв'язані ковалентно в нескінченні шари, які, в свою чергу, зв'язані між собою в єдиний кристал за допомогою слабких залишкових сил.

### **4.3. Рідкі кристали.**

Групування усіх тіл за характером їх структури на аморфні та кристалічні не є вичерпним, бо існують тіла проміжного типу – так звані рідкі кристали, які складаються з довгих молекул. За консистенцією, тобто за рівнем густини чи ступеня м'якості, рідкі кристали можуть бути рідкими, м'якими (пластичними), а іноді й крихкими (перехолоджений протагон – речовина, що належить до жирів).

Рідкі кристали можуть переходити в стан звичайної ізотропної речовини – плавитися, а також ставати звичайними твердими кристалами (при суворо певних температурах).

Відомо понад три тисячі речовин, які можуть перебувати в рідкокристалічному стані. Молекули цих речовин видовжені, мають сигароподібну форму і є сильно поляризованими диполями (від гр. *dis* – подвійний, та *polos* – полюс).



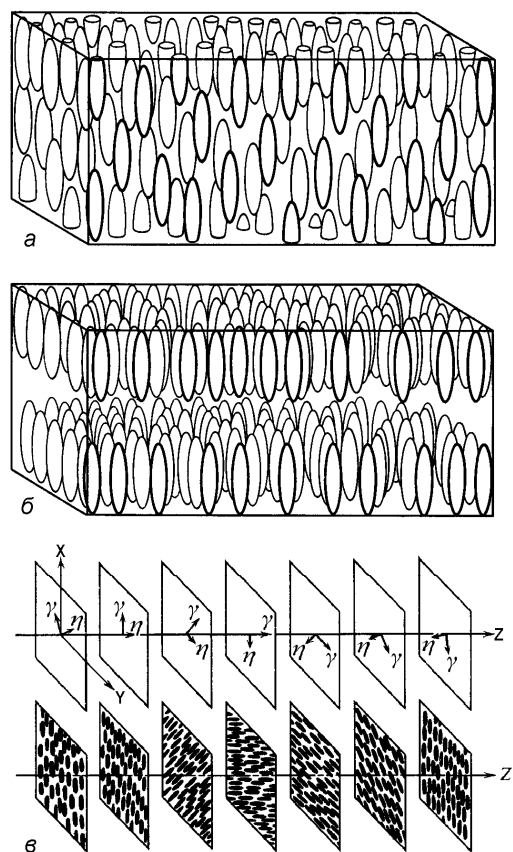
Мал.. 4.6. Структурні основи молекул рідких кристалів: а – бензольне кільце, б – холестеринний комплекс, в – нафталінове ядро, г – ланцюжок.

Найбільший клас речовин, що існують в стані рідких кристалів – це ароматичні сполуки, які містять бензольні кільця (мал. 4.6-а). Чим більше бензольних кілець у молекулі, тим більша вірогідність утворення рідкого кристала.

Ефіри холестерину теж утворюють численний клас рідких кристалів (мал. 4.6-б). Значно менше рідкокристалічних тіл серед речовин із нафталіновим скелетом (мал.4.6-в). Ще рідше зустрічаються аліфатичні, тобто ациклічні рідкі кристали. Молекули цих речовин мають форму ланцюжків з атомів Карбону (мал.4.6-г). Це – жири, вуглеводи та інші органічні речовини.

Розрізняють три типи рідких кристалів: нематичні, смектичні та холестеричні.

В *нематичних тілах* (від гр. *пѣта* – нитка) молекули орієнтовані за довжиною паралельно одна одній, а бічними своїми радикалами довільно. Центри ваги молекул у просторі розташовані хаотично. Нематичні кристали не мають шарової структури. (Мал.4.7-а). До цієї групи рідкокристалічних речовин належать більшість складних ароматичних ефірів (фенілбензоати, тіоефіри, діефіри двохосновних кислот тощо), азометинів, стильбенів тощо.



Мал. 4.7. Типи рідких кристалів: а – нематичний, б – смектичний, в – холестеричний.

У *смектичних тілах* (від гр. *smēgma* – мило) молекули розташовані шарами. У кожному шарі вони розміщені за своєю довжиною перпендикулярно площині шару, а бічними радикалами – довільно. (Мал. 4.7-б). Центри ваги молекул розподілені в площині шару. Відстань між шарами молекул однакова. Молекулярні шари в типових смектиках рухливі – легко пересуваються паралельно один одному. Добре відомим прикладом подвійного смектичного шару є плівка мильної бульбашки. Етиловий ефір *n*-азоксибензойної кислоти, діефіри гідрохінону, біфеніли, тіофени, піридини, піримідини за певних умов утворюють смектичні кристали.

Третю групу рідких кристалів складають *холестеричні тіла*. До них належать, головним чином, похідні холестерину, наприклад, холестерилціннамат. Є також ряд речовин-холестериків, які не являються похідними холестерину. Це – естри, деякі діефіри гідрохінону та фенілові ефіри бензоїло-



ксибензойних кислот. У холестеричних рідких кристалах молекули розташовані шарами, як і в смектиках, але довгі вісі молекул паралельні площині шарів, а їх розташування в межах шару нагадує немактик (мал. 4.7-в). Шари в холестеричних рідких кристалах тонкі, мономолекулярні. Напрямок орієнтації довгих осей в кожному наступному шарі відхилений приблизно на 15 кутових мінут порівняно з попереднім шаром. Ці відхилення складаються по всій товщі речовини, що веде до утворення спіральної молекулярної структури холестеричного рідкого кристала.

Деякі з розглянутих речовин можуть по черзі перебувати в двох мезоморфних (від гр. *mesos* – середній та *morphē* – форма, вигляд) фазах – холестеричній та смектичній або нематичній та смектичній. Сполук, які б утворювали нематичну та холестерину структури, не виявлено.

Рідким кристалам притаманні ті ж **основні фізичні властивості**, що й твердим, а саме, подвійне заломлення світла, обертання площини поляризації, анізотропію електричних та магнітних властивостей. Однак, деякі з цих особливостей у рідких кристалах виражені набагато сильніше. Так, холестерик виявляє майже в тисячу разів більшу здатність обертати площину поляризації світла, ніж твердий кристал цукру. В рідких кристалах сили міжмолекулярної взаємодії значно слабкіші за сили в твердих кристалах, внаслідок чого їхню молекулярну структуру легко змінити під дією електричних і магнітних полів незначної потужності. Для деформації структури рідких кристалів досить також незначних температурних відхилень або механічних впливів на них. Структурні зміни в рідких кристалах спричинюють зміни їх оптичних властивостей – пропускання та відбиття світла, обертання площини поляризації, подвійного заломлення променя світла, оптичної активності та забарвлення. Отже, цими властивостями легко керувати, особливо в холестеринах.

#### **4.4. Практичне застосування кристалів**

Надзвичайні оптичні та електричні властивості окремих кристалів застосовуються в найрізноманітніших галузях науки і техніки. Завдяки прозо-

рості деяких кристалів (кварц, силвін, флюорит тощо) для ультрафіолетових та інфрачервоних променів їх використовують для виготовлення призм спектроскопічних приладів. Лінзи із окремих кристалів застосовуються як об'єктиви для фотографування в темряві, а також як освітлювальні системи в люмінесцентному аналізі.

Подвійне променезаломлення ісландського шпату використовується для виготовлення поляризаторів, які є складовою частиною багатьох фізичних приладів, наприклад, мінералогічного мікроскопа.

Різноманітне застосування мають п'єзоелектричні кристали. Вище згадувалось, що кварцові пластинки використовуються в радіотехніці для стабілізації частот. Крім того кварц під дією змінного електричного струму генерує потужні ультразвукові хвилі, які нашли застосування у підводному зв'язку, в дефектоскопії металів, в хімії, медицині, біології тощо. У зв'язку з тим, що сила електричних зарядів, які виникають на поверхні пластинки кварцу під дією стискання чи розтягування, чітко пропорційна силі механічного впливу, кристали цього мінералу використовують у приладах для вимірювання тиску в пресах, вагах, циліндрах двигунів тощо. Пластинки із кристалів сегнетової солі, яка відзначається високим п'єзоелектричним ефектом, застосовуються як головні деталі мікрофонів, телефонів, гучномовців, профілографів, слухових апаратів і т.п.

Найвищу твердість має алмаз, внаслідок чого він вживається для розрізання скла, розпилування каменю, буріння гірських порід, шліфування твердих матеріалів тощо.

Варто також окремо зупинитися на використанні в науці та технології рідких кристалів, яке останнім часом набуло широкого розповсюдження. Це спричинене тим, що вони відзначаються трьома принциповими властивостями – орієнтувальною здатністю, електрооптичністю та термооптичністю.

Рідкі кристали орієнтують завислі в їх товщі видовжені молекули чи колоїдні частинки. Ці системи працюють як молекулярні матриці, якими легко керувати зовнішнім полем. Орієнтувальні властивості рідких кристалів

знайшли широке застосування в спектроскопії ядерного магнітного резонансу (вимірювання намагніченості речовин, зумовленої магнетизмом атомних ядер), електронного парамагнітного резонансу (поглинання енергії змінного поля речовиною), у виготовленні особливих фарбників, для орієнтації молекул у процесі структурування полімерів.

Електрооптичні властивості рідких кристалів застосовуються для виготовлення модуляторів світла (від лат. *modulus* – міра), наприклад, оптичних індикаторів та екранів, які управляються полем. Рідкокристалічні дисплеї (від англ. *display* – прояв, показ) є пасивними системами, бо не випромінюють світло, а лише здійснюють пропускання чи відбиття падаючого світла. Для використання цих систем необхідне зовнішнє джерело світла. Крім того рідкокристалічні елементи можуть управлятися електростатично через зв'язок з логічними елементами приладу. Електрооптичні властивості рідких кристалів застосовуються в годинниках, калькуляторах, рекламних пристроях, дорожніх знаках тощо.

Термооптичні властивості рідких кристалів полягають у тому, що їх забарвлення змінюється під впливом температури. Цими властивостями відрізняються холестерики. Плівки з холестеричних речовин вживаються для одержання термограм в медицині та техніці. Термооптичні властивості рідких кристалів використовуються для виявлення неоднорідності та пошкоджень в товщі матеріалів, в приладах нічного бачення, для візуалізації ультразвукових та акустичних полів (підводні дослідження, дефектоскопія), в технологіях термічного записування інформації за допомогою лазерного променя.

## **4.5. Кристали в живих системах**

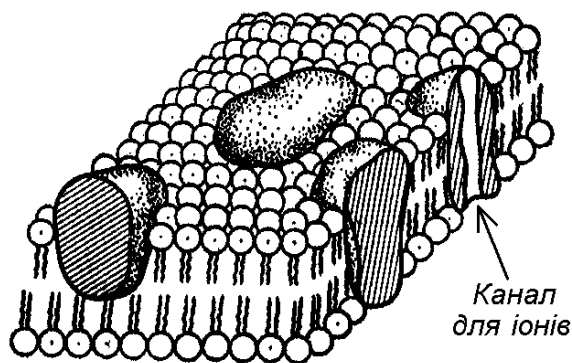
Кристали в живих системах можуть бути в двох функціональних станах – як “сторонні” тіла та як структурні елементи самої живої системи.

У першому випадку – це *кристалічні відкладення* неорганічних (гіпсу тощо) або органічних (білків, каротину, антоціану, щавлевокислого кальцію та ін.) речовин в клітинах або в порожнинах відмерлих клітин рослин. Найча-

стіше кристали щавлевокислого кальцію зустрічаються всередині клітин (у вакуолях) сполучної тканини різних органів рослин. Кристали гіпсу відкладаються в клітинах стебел та листків рослин родини тамариксових. Кристали білка зустрічаються в ядрах, пластидах, алейронових зернах, кристали каротину – в хромопластах, антоціану – в вакуолях. Наявність чи відсутність та форма кристалів у рослинних клітинах є характерною ознакою певних систематичних груп рослин. Кристалічні відкладення можуть зустрічатися і в тілі людини та тварин: жовчні камені в печінці, камені в нирках та сечовому міхурі, мікроскопічні відкладення кристаликів холестерину на внутрішніх стінках кровоносних судин та в судинній оболонці очного яблука, які спричинюють серйозні хвороби.

**Тверді кристали** можуть бути **складовою частиною** тіла деяких організмів. Наприклад, клітини діатомових водоростей вкриті панциром із дрібних кристаликів кремнезему, а черепашка молюсків складається із кристалів вапняку. Деякі тварини являють собою справжні “фабрики” кристалів. Корали, наприклад, утворюють цілі острови, складені із мікроскопічних кристалів вуглекислого вапна. Багаті поклади селітри в прибережних районах Перу, Болівії та Чілі утворились переважно завдяки діяльності бактерій. Дорогоцінні перлини складаються із дрібних кристалів, які виробляє молюск перлівниця. А поклади самородної сірки – результат життєдіяльності сіркобактерій, здатних розкладати сірководень, що утворюється внаслідок гниття решток мертвих організмів, на водень та сірку.

Але **домінуюче становище** в структурі живих систем займають **рідкі кристали**. Перш за все згадаймо, що майже всі функціональні структури живої клітини – це мембрани. Мембраною вкрита зовні як сама клітина, так і численні її органоїди – ядро, мітохондрії, пластиди. А “скелет” цитоплазми є ніщо інше як складна розгалужена система мембран. Системою розгалужених мембран є також апарат Гольджі.



Мал.. 4.8. Схематична будова біологічної мембрани.

Вивчення мембрани живої клітини проказало, що вона має шарову будову і є рідким кристалом смектичного типу. (Мал.. 4.8). Мембрани в клітинах живого організму регулюють обмін речовин. На них здійснюється синтез органічних речовин. А мембрани нервових волокон забезпечують передачу по них нервових імпульсів на будь-яку відстань без зменшення їх потенціалів. За сучасними уявленнями біологічна мембрана складається з двох фосфоліпідних шарів (від гр. *lipos* – жир), в які вмонтовані великі молекули білка. Ці молекули можуть “прошивати” мембрану наскрізь, занурюватися в неї або взагалі лежати на поверхні подвійного шару.

Рідкокристалічні структури з водою утворюють, крім ліпідів, різноманітні білки (гемоглобін, міозин, трипсин, білок вірусу тютюнової мозаїки тощо), ліпоїди (жироподібні речовини: мієлін, кефалін та інші), деякі амінокислоти, ДНК та РНК. Скоротливі білки м’язової тканини теж мають властивості рідкого кристалу.

Наукова зацікавленість біологів рідкими кристалами зростає, бо вони відзначаються особливими властивостями, які дадуть можливість зрозуміти механізми процесів, що складають функціональну основу живих систем, наприклад, синтез органічних речовин (в першу чергу білків), функціонування мембран, спіралізація біополімерів, морфогенез, модифікаційна мінливість організмів, функціонування рецепторів тощо. Ось ці особливі властивості:

1) рідкі кристали поєднують у собі упорядкованість, характерну для твердого тіла, та рухомість, що є властивістю рідини;

2) молекули рідких кристалів здатні до самоорганізації, тобто до формування упорядкованих структур;

3) висока чутливість рідких кристалів до дії зовнішніх факторів (температури, домішок, світла, електричних та магнітних полів тощо).

#### *Запитання. Завдання*

1. Що таке кристали?
2. Охарактеризуйте кристали як фізичні системи.
3. У чому проявляється анізотропність кристалів?.
4. Охарактеризуйте кристали як хімічні системи.
5. Що таке рідкі кристали?
6. Наведіть приклади практичного застосування кристалів.
7. Що Ви знаєте про кристали в живих системах?

## 5. БІОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ

### 5.1. Поняття біологічної системи

Дати визначення біологічної системи не просто. Тому є значні причини. По-перше, автономна біологічна система (організм), навіть найпримітивніша (клітина, вірусна частка), є надзвичайно складною системою, яка в своїй структурі має велику кількість різноманітних субсистем – фізичних, хімічних, біологічних. По-друге, існує величезна кількість типів біологічних систем (організмів), починаючи від тієї ж вірусної частинки і аж до людини, які значною мірою різняться між собою як за будовою (за кількістю та складністю субсистем), так і за функціями. По-третє, існує складна рівнева ієрархія біологічних систем і субсистем, а саме: молекула (ДНК, РНК тощо), мембрана, органоїд, клітина, тканина, орган, система органів, організм, популяція, екосистема, біосфера. По-четверте, наука сьогодні знає про біологічні системи дуже мало і то більше про морфологічну та анатомічну будову, а стосовно механізму перебігу біологічних процесів – тут переважають припущення та запитання.

Наприклад, анатомія людини описана дуже добре, у тому числі і анатомія головного мозку, а от функції значної частини структур цього органу зовсім невідомі, вельми приблизно визначені механізми функціонування центральної нервової системи, особливо свідомості, мислення, пам'яті, сну тощо. Цей перелік можна продовжувати, якщо перейдемо до інших систем органів людини, до інших організмів – тварин, рослин, грибів, бактерій, вірусів.

Не зважаючи на ці труднощі, *біологічну систему можна визначити як сукупність взаємопов'язаних і взаємодіючих живих елементів різноманітної складності, яка визначається такими властивостями: цілісність, відносна сталість, адаптація* (від. лат. *adaptatio* – пристосування, припасу-

вання) *до умов зовнішнього середовища, розвиток, самовідтворення та еволюція.*

*Жива система являє собою інтегровану цілісність, властивості якої не можуть бути зведені до властивостей її складових частин (субсистем).* Її істотні властивості – це властивості цілого, яких позбавлена будь-яка із субсистем. Ці властивості формуються із організуючих відносин між субсистемами, тобто із конфігурації упорядкованих взаємовідносин, характерної саме для цієї системи. Системні властивості порушуються, коли система розчленовується на ізольовані підсистеми.

Біологічну систему не можливо зрозуміти шляхом класичного аналізу. Адже властивості її субсистем – не внутрішньо притаманні їм властивості, і їх можна зрозуміти лише в контексті системи. Таким чином, системне мислення – це *контекстуальне мислення*, яке означає, що ту чи іншу субсистему потрібно описувати мовою оточуючого середовища. Іншими словами, все системне мислення – це філософія оточуючого середовища.

*Біологічна система відкрита структурно, але закрита організаційно.* Через таку систему постійно рухається потік енергії, але вона зберігає стійку форму і забезпечує це автономно через самоорганізацію. У біологічній системі здійснюється обмін енергією, речовиною та інформацією як між її субсистемами, так і з оточуючим середовищем. Біологічній системі притаманна внутрішня динамічна рівновага, яка підтримується шляхом саморегуляції за принципом зворотного зв'язку.

Біологічний обмінний процес складається з таких етапів:

- надходження речовин, енергії та інформації із зовнішнього середовища,
- засвоєння речовин та енергії біологічною системою,
- синтез та відновлення впорядкованих структурних та хімічних компонентів живої системи під контролем нуклеопротейдів та специфічного комплексу ферментів,



- накопичення метаболітів та їх вплив на реакції, що перебігають під контролем ферментів,
- видалення невикористаних речовин, побічних продуктів обміну та надлишкової енергії в оточуюче середовище,
- обмін інформацією між біологічною системою та оточуючим середовищем.

***Розвинутий регуляторний механізм*** надає біологічній системі максимальної тривкості та певної автономності, внаслідок чого вона мало реагує на випадкові відхилення звичайних факторів зовнішнього середовища.

Найбільшої складності з одночасною найбільшою цілісністю досягають тваринні організми. Так, у вищих тварин (птахів та ссавців) регулювання життєвих функцій досягає високої точності з їх постійною температурою тіла, постійним складом крові, безперервним контролем процесів окислення та відновлення, регуляцією тканинного живлення та дихання, які здійснюються за допомогою нервової та гуморальної систем.

Треба також підкреслити, що структурно-функціональною основою кожної біологічної системи є рідкокристалічна речовина. Отже, всяку біологічну систему можна розглядати як складний рідкий полікристал.

Усі складні внутрішні процеси в біологічних системах здійснюються на основі трьох елементарних функцій:

- швидкого перебігу хімічних реакцій за допомогою специфічних каталізаторів (ферментів), які синтезуються самою системою;
- перенесення енергії за допомогою коферментів (від лат. *co* – разом та *fermentum* – закваска), тобто активних радикалів молекул ферментів без білкового носія;
- збереження та передача нуклеїновими кислотами інформації, необхідної для точної репродукції (відтворення) молекул складних органічних речовин.

*Живі системи – це когнітивні (пізнавальні) системи.* Згідно теорії біологічних систем, розум – не об’єкт, а процес, сам процес життя. Іншими словами, організаційна діяльність живих систем на всіх рівнях життя – це діяльність розумова. Взаємодія живого організму – рослини, тварини чи людини – з оточуючим середовищем є взаємодією пізнавальною. Отже життя та пізнання нерозривно зв’язані. На думку деяких сучасних вчених, розум – це необхідний і неминучий наслідок цілісності певної складності, який виникає задовго до того, як в організмі формується мозок і центральна нервова система.

## **5.2. Загальний огляд світу живих організмів та основи їх класифікації**

Довершеними, цілісними і відносно автономними біологічними системами є живі організми.

На Землі існує п’ять царств живих організмів: Віруси, Дроб’янки, Гриби, Рослини та Тварини.

**Віруси – неклітинна форма** існування живої природи. Розміри їх такі малі, що вони стають видимими лише за допомогою електронного мікроскопа. Віруси нездатні жити та розмножуватись поза живою клітиною. Їх специфічною особливістю є те, що вони знаходяться немов би на межі живої та неживої природи, бо можуть перебувати у стані кристалів, витримуючи без шкоди для себе такі умови зовнішнього середовища, які для клітинних форм життя є згубними – низькі та високі температури, високі дози іонізуючого випромінювання, високий тиск чи розрідження тощо.

Тіла організмів решти чотирьох царств складаються з клітин і тому ці царства об’єднані в імперію **Клітинні організми**.

Царство **Дроб’янки** поділяється на три відділи: Бактерії, Ціанобактерії та Актиноміцети. Це переважно одноклітинні, а також колоніальні та нитчасті організми, які в клітинах не мають чітко сформованого ядра. Генетичний апарат (ДНК) або “розмитий” по всій цитоплазмі (ціанобактерії), або зосере-

джений у певній зоні цитоплазми (нуклеоїд у бактерій). ДНК в останньому випадку не відмежована від цитоплазми мембраною. Дроб'янки є єдиним царством над царства До ядерні, або Прокаріоти. Ці організми мають широке розповсюдження – вони існують у воді, у ґрунті, в мертвих і живих організмах.

*За джерелом живлення* Дроб'янки бувають паразитами (від гр. *parasitos* – нахлібник), сапротрофами (від гр. *sapros* – гнилий та *trophē* – пов'язаний із живленням) та симбіонтами (від гр. *symbiōn* – той, що існує разом з іншими). *За способом живлення* вони поділяються на автотрофів (від гр. *autos* – сам та *trophē* – пожива, їжа) та гетеротрофів (від гр. *heteros* – інший та *trophē* – пожива, їжа). Гетеротрофні дроб'янки можуть бути паразитами – збудниками хвороб (численні види бактерій та частково актиноміцети) або сапротрофами (гнильні бактерії та актиноміцети). Серед гетеротрофів цього царства зустрічаються і симбіонти. Це – окремі види актиноміцетів, які зумовлюють утворення бульбочок на коренях багатьох дводольних небобових рослин і роблять їх здатними засвоювати атмосферний азот; бульбочкові (азот фіксуючі) бактерії в асоціації з бобовими рослинами; мікоплазми в асоціаціях з бактеріями, грибами, птахами, ссавцями; численні бактерії-симбіонти в кишечнику людини та тварин тощо.

Ціанобактерії є виключно автотрофними організмами. Окремі їх види можуть бути симбіонтами гриба в тілі деяких форм лишайників.

Зустрічаються автотрофні види і серед бактерій. Це – фотосинтезуючі бактерії (пурпурні бактерії та сіркобактерії), а також хемосинтезуючі бактерії (залізобактерії, нітрофіксуєчі бактерії тощо).

Гриби, рослини і тварини складають над царство **Ядерні організми**, або Еукаріоти. Клітини тіла цих організмів мають справжнє ядро, чітко відмежоване від цитоплазми ядерною мембраною.

Царство **Гриби** об'єднує три відділи організмів: Слизовики, Гриби та Лишайники.

**Слизовики**, або міксоміцети відрізняються від решти еукаріотів тим, що їхнє вегетативне тіло являє собою голу сітчасту безформну протоплазматичну масу, яка містить багато ядер і не має оболонки. Ця слизиста маса може рухатись подібно до амеби, випускаючи псевдоподії. Слизовики – гетеротрофні організми (сапротрофи та паразити). Паразитуючі види слизовиків є збудниками численних хвороб рослин (парша картоплі, кила капусти).

**Гриби** бувають одноклітинними (незначна кількість) та багатоклітинними. Це – гетеротрофні організми, які можуть бути паразитами, сапротрофами та симбіонтами. Паразитуючі гриби є збудниками переважної більшості хвороб рослин. Гриби-сапротрофи разом з бактеріями-сапротрофами відіграють визначальну роль в кругообігу речовин в природі, бо є редуцентами (від лат. *reducere* – повертати, відновлювати), тобто організмами, які здійснюють розкладання органічних решток мертвих організмів до мінерального стану, внаслідок чого забезпечується живлення рослин та інших автотрофних організмів.

Гриби-симбіонти разом з водоростями чи ціанобактеріями є компонентами тіла (слані) **лишайників**. Вони також співіснують з вищими рослинами, утворюючи так звану мікоризу (грибокорінь).

Царство **Рослини** ділиться на два підцарства: Нижчі рослини, або Таломні, та Вищі рослини, або Листкостебельні.

**Нижчі рослини** об'єднують 12 відділів водоростей: Червоні, Зелені, Золотисті, Діатомові та інші. Вони бувають одноклітинними, колоніальними та багатоклітинними. Тіло багатоклітинної водорості не диференційоване на тканини і називається сланню, або таломом (від гр. *thallos* – зелений пагін).

**Вищі рослини** об'єднують 10 відділів: Мохоподібні, Папоротеподібні, Голонасінні, Покритонасінні тощо. Тіло цих рослин складається з тканин і чітко розчленоване на органи: корінь, стебло, листок.

Усі рослини – **автотрофні** організми, здатні до фотосинтезу, внаслідок якого із мінеральних речовин утворюються органічні речовини.

Серед вищих рослин зустрічаються сапротрофи (сапрофіти: політома, прототека та деякі інші види водоростей; сплахнум, тетрапладон із мохоподібних; австралійська папороть; численні види орхідей), паразитуючі види (пови́тиця, вовчок, омела) і навіть „хижаки”, які здатні до гетеротрофного живлення (росичка, пухирник).

Домінуючим царством на Землі за кількістю видів є царство **Тварини**. Воно ділиться на два підцарства: Одноклітинні, або Найпростіші, та Багатоклітинні. **Одноклітинні тварини** об'єднують 6 типів, у тому числі Саркомастигофори, Війконосні та інші. **Багатоклітинні тварини** налічують 30 типів, а саме: Кишковопорожнинні, Плоскі черви, Первиннопорожнинні, Кільчасті черви, Молюски, Членистоногі, Хордові тощо. Тіло цих тварин складається з тканин і диференційоване на органи та системи органів: нервову, ендокринну, опорно-рухову, травлення, дихання, кровоносну, видільну та органи чуттів.

Тварини – виключно **гетеротрофні** організми. Більшість тварин є вільно існуючими організмами, але численні види найпростіших (дизентерійна амеба, малярійний плазмодій, лямблії та ін.), а також червів (свинячий ціп'як, ехінокок, аскарида людська, гострик дитячий та ін.) є паразитами.

Зверніть увагу, що царства Дроб'янки, Гриби та Рослини діляться на відділи, а царство Тварини – на типи. У свою чергу відділи та типи діляться на класи. Наприклад, відділ Гриби об'єднує класи Зигоміцети, Аскоміцети, Базидіоміцети та ін.; відділ Покритонасінні рослини – класи Однодольні та Дводольні; тип Членистоногі – класи Вищі раки, Павукоподібні, Комахи та ін.; тип Хордові – класи Кісткові риби, Земноводні, Плазуни, Птахи, Ссавці та ін.

Класи дроб'янок, грибів та рослин діляться на порядки, а класи тварин – на ряди. Порядки та ряди об'єднують родини, родини – роди, а роди – види. Отже, елементарної одиницею класифікації живих організмів є вид.

**Вид** визначається як сукупність особин, що характеризуються спадковою подібністю морфологічних, фізіологічних та біохімічних особливостей,

вільно між собою схрещуються, даючи плодюче потомство, пристосовані до певних умов життя і займають певну територію. З усіх перелічених вище систематичних одиниць лише вид є реально існуючою категорією. В середині виду за морфологічними ознаками можна виділити дрібніші систематичні одиниці: підвид, різновидність, форму. Для культурних рослин застосовують ще поняття сорт, а для тварин – порода.

Назва виду обов'язково подвійна, у всякому разі латинською мовою.

На кількох прикладах визначимо місце окремих видів живих організмів в системі класифікації.

Вид пшениця тверда (численні різновидності, наприклад, *leucurum*, *affine*, *apulicum* тощо) належить до роду пшениця, родини Злакові, порядку Злакоцвітні, класу Однодольні, відділу Покритонасінні, царства Рослини, імперії Клітинні організми.

Вид вовк сірий належить до роду вовків, родини Собачі, ряду Хижі, класу Ссавці, підкласу Плацентарні, типу Хордові, царства Тварини, імперії Клітинні організми.

Вид людина розумна належить до роду люди, родини Гомініди, ряду Примати, класу Ссавці, типу Хордові, царства Тварини, імперії Клітинні організми.

Вище згадувалося, що найчисленнішим на Землі за кількістю видів є царство тварин – понад 1,5 млн. видів. Рослини налічують близько 400 тис. видів, гриби – понад 100 тис., дроб'янки – понад 5 тис. і віруси – близько 1 тис. Однак, треба зауважити, що результати наукових досліджень систематиків за останні 20-30 років показали, що в природі є величезна кількість видів живих організмів, про які наука нічого не знає. Особливо це торкається безхребетних тварин, у першу чергу членистоногих та червів. Дослідження в тропічному лісі Панами дають підстави вважати, що на Землі існує не менше як 4,5 млн. видів безхребетних тварин (на сьогодні описано понад 1,5 млн. видів цих тварин). Найновіші спостереження показали, що лише в тропічних лісах нашої планети може нараховуватись не менш як 30 млн. видів комах. На сьо-

годні описано до 120 тис. видів грибів, але припускається, що їх існує майже 300 тис., тобто не менше, ніж насінневих рослин. Щорічно в середньому ідентифікується понад 1 тис. нових видів грибів.

### **5.3. Неклітинні форми життя**

Звичайно живими організмами вважаються біологічні системи, які у процесі свого існування здійснюють обмін речовин, енергії та інформації з оточуючим середовищем та в межах свого тіла, а головне – здатні розмножуватись. Ці властивості притаманні одноклітинним та багатоклітинним організмам.

Однак, в природі існує ряд біологічних систем, які можна лише умовно назвати формами життя, або організмами, бо вони є виключно молекулярними інфекційними агентами. Це – віруси, віроїди, плазмиди та пріони.

Віруси складаються із невеликої молекули ДНК або РНК (геном), оточеної білковою оболонкою, і здатні розмножуватись виключно в живій клітині, викликаючи хвороби практично всіх живих організмів – від бактерій до людини включно.

Віроїди – надзвичайно дрібні інфекційні агенти у вигляді низькомолекулярної одноланцюжкової кільцевої молекули РНК, яка не кодує власний білок. На цей час виявлено віроїдні хвороби лише у рослин. Механізм реплікації віроїдів поки-що не визначено.

Плазмиди в нормі – додаткові фактори спадковості бактерій у вигляді кільцевої чи лінійної молекули ДНК, розташованої в цитоплазмі клітини. Вони здатні автономно розмножуватися шляхом реплікації, а також переміщатися в бактерії інших видів і навіть родів. Плазмиди відіграють значну роль у зміні патогенності бактерій.

Пріони є білковими інфекційними агентами, які не містять нуклеїнових кислот і викликають ряд хвороб нервової системи людини і тварин. Вони самі не розмножуються, а здатні перетворювати нормальні молекули білка в подібні собі.

Розглянемо цю групу біологічних систем на прикладі пріонів та вірусів.

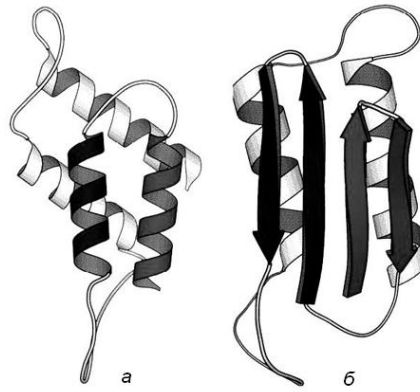
### 5.3.1. Пріони

Назва «пріон» (prion) походить від англійського визначення «proteinacious infectious particle», що означає «білковий інфекційний агент». Вона з'явилася в кінці XX століття, проте деякі пріонні хвороби, наприклад, сверблячка овець, були відомі вже в середині XVIII століття. Пріонні хвороби тварин і людини спричинюються порушеннями процесів формування просторової структури деяких, так званих пріонних білків, що призводить до змін клітинної фізіології. Найбільш відомими серед пріонних захворювань людини є куру, хвороба Крейтцфельдта-Якоба, синдром Герстманна-Штреусслера-Шейнкера і фатальна родинна інсомнія. У тварин (велика рогата худоба, олені, антилопи, тигри, кішки, собаки та ін.) виділено, крім сверблячки овець і кіз, ще принаймні 5 пріонних захворювань головного мозку (енцефалопатій). Пріони виявлені також у птахів. Усі пріонні хвороби смертельні, проте підходи до їх лікування активно розробляються.

Пріонні хвороби можуть бути спадковими (близько 15% випадків), набутими (менше 1% випадків) та спорадичними (85% випадків), але незалежно від етіології захворювання воно може бути передане інфекційним шляхом. Зараження патологічними пріонами людини і тварин звичайно відбувається при споживанні м'яса і особливо мозку хворого або через недостатньо стерилізовані нейрохірургічні інструменти.

Пріони не здатні розмножуватись. Вони розповсюджуються, перетворюючи нормальні молекули пріонних білків у подібні собі. Було виявлено, що нормальна молекула пріонного білка містить 42% спіралей, тоді як інфекційна – лише 30% (мал. 5.1). Крім того, встановлено, що організми, позбавлені нормальної форми пріонного білка, стійкі до пріонної інфекції.





Мал. 5. 1. Модель пріона нормального (а) та патогенного (б)

Пріонні білки стають інфекційними без участі яких-небудь мутацій чи зміни їх амінокислотних послідовностей. У них є тільки одна правильна конформація (просторова структура) і безліч неправильних, які ведуть до патологічних процесів. Механізм перетворення нормального пріонного білка в інфекційний поки-що залишається неясним.

Пріони характеризуються високою стійкістю до ферментів, що розщеплюють білки, до дезінфікуючих засобів, до радіації та високої температури.

Послідовність амінокислот у молекулі пріонного білка визначає набір конформацій, які вона може набути. Якщо набори допустимих конформацій молекули пріонного білка у двох різних видів організмів перетинаються, то може відбуватися подолання інфекційним пріоном міжвидового бар'єру.

Розмножуючись, пріонні білки із різними конформаціями спричинюють різницю в перебігу пріонних захворювань: можливі різні інкубаційні періоди, клінічні прояви, ушкодження різних ділянок мозку.

Виявилося, що пріони можуть бути не лише інфекційними агентами, але є загальнобіологічним явищем. У нижчих грибів присутність пріонів забезпечує епігенетичну спадковість (зміна коду гена без зміни хімічної будови його ДНК), а також регуляцію експресії генів. Наявність або відсутність пріонових білків, наприклад у дріжджів, може забезпечувати адаптивні переваги при змінах умов середовища, підвищувати стійкість до теплового шоку тощо.

Пріонний механізм має значні переваги порівняно з механізмами генетичної мінливості. Перехід білків до пріонного стану може відбуватися з більшою частотою, ніж виникнення мутацій, причому ступінь прояву пріонного фенотипу може залежати від конформації пріона. Зворотний перехід із пріонного стану в непріонний також відбувається частіше, ніж реверсії мутацій, оскільки клітини із пріонним фенотипом зберігають інформацію про початковий стан білка. Це особливо важливо для пристосувальної мінливості популяції, коли у відповідь на зміну умов навколишнього середовища, скоріше потрібна тимчасова корекція фенотипу, чим постійна його зміна.

Беручи до уваги поширеність і значущість пріонів у нижчих еукаріотів, можна припускати, що й у вищих організмів пріони можуть не лише спричинювати хвороби, але і сприяти виконанню фізіологічних функцій.

Пріони були виявлені як інфекційні агенти нового типу. Однак тепер уже немає сумнівів у тому, що вони є феноменом загальнобіологічного значення і, більше всього, є носіями біологічної інформації нового типу, інформації, що зберігається в конформації білка.

### **5.3.2. Віруси**

#### **5.3.2.1. Загальна характеристика вірусів**

Вище згадувалося, що віруси (від. лат. *virus* – отрута) – неклітинні біологічні системи. Вони характеризуються рядом особливостей, які різко відрізняють їх від інших живих організмів: 1) генетичний матеріал вірусів поводиться в клітині живителя (хазяїна) як частина генетичного матеріалу цієї клітини, 2) наявна неклітинна інфекційна форма існування вірусів у вигляді так званих віріонів, які формуються в клітині живителя під генетичним контролем вірусу, 3) відсутня власна система синтезу білка (білок для формування оболонки вірусу утворюється в клітині живителя відокремлено, неодноразово в різних місцях), 4) різноманітність організації генетичного матеріалу

(ДНК або РНК у віріоні може перебувати у формі подвійного чи одинарного ланцюга).

Розміри різних вірусів коливаються від 8 до 150 нм (нонаметр – 0, 000 001 мм), іноді – більше. До групи великих вірусів можна віднести віріони віспи, трахоми, мозаїки цукрових буряків та ін. Середні розміри мають віруси грипу, сказу, герпесу тощо. Дуже малих розмірів віріони енцефаліту, поліомієліту та численні віруси – збудники рослинних хвороб. Найбільші віруси за розмірами наближаються до малих бактерій, наприклад, мікоплазм, а найменші – до макромолекул білка.

#### 5.3.2.2. Особливості будови віріонів

За формою віруси (віріони) поділяються на такі групи.

**Паличкоподібні:** вірус тютюнової мозаїки (ВТМ), вірус штрихованої мозаїки ячменю та багато інших.

**Ниткоподібні:** віруси жовтухи цукрових буряків, мозаїки пшениці, квасолі тощо.

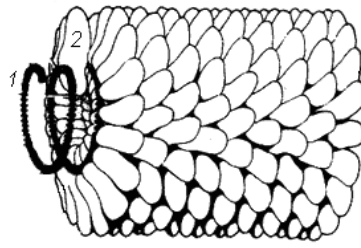
**Сферичні:** віруси грипу, кору, паротиту тощо.

**Кубоїдальні:** віруси натуральної віспи, аденовіруси, віруси папіломи людини та ін.

**Булавоподібні:** віруси бактерій (бактеріофаги).

Форми віріонів визначаються будовою білкової оболонки, яка називається капсидом (від лат. *capsula* – коробочка). Всередині капсиду міститься нуклеїнова кислота.

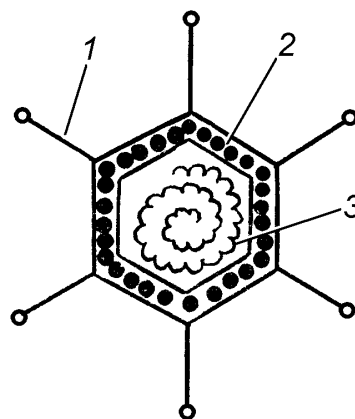
**Капсиди вірусів** утворені із білкових субодиниць, що стереотипно повторюються в структурі та хімічній будові віріону. Згідно з кристалографічними закономірностями, майже всі віруси за структурою капсиду (типом симетрії) поділяються на три великі групи: спіральні, поліедричні (правильні многогранники) та віруси з комбінованим типом симетрії.



Мал. 5.2. Модель будови вірусу тютюнової мозаїки: 1 – нуклеїнова кислота, 2 – білкові субодиниці.

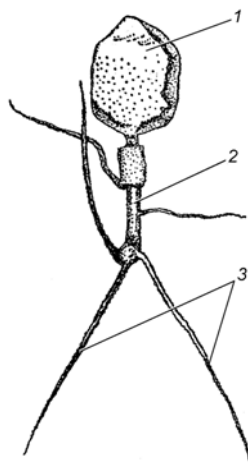
Вірус тютюнової мозаїки (ВТМ) є типовим представником вірусів зі *спіральною симетрією*. Він має форму порожнього циліндра (мал. 5.2). Віріон ВТМ містить одноланцюгову РНК, а його капсид складається з однакових, розміщених спірально білкових субодиниць. Спіральний тип симетрії характерний не тільки для фітопатогенних вірусів, а й для деяких вірусів тварин і бактерій.

Капсид віріонів у *вигляді правильного многогранника* теж складається з білкових субодиниць. Найбільш біологічно доцільною формою є ікосаедр, тобто 20-гранник, бо при цьому досягається максимальна економія білкового матеріалу та енергії для побудови капсиду. Таку форму мають аденовірус, вірус герпесу, вірус саркоми Рауса тощо (мал. 5.3).



Мал. 5.3. Схематичне зображення структури аденовірусу: 1 – тонкі вирости на вершинах двадцятигранника, 2 – білковий капсид, який складається зі структурних одиниць капсомерів, 3 – ДНК.

Віруси з *комбінованим типом симетрії* мають капсид кубічної форми, в якому нуклеопротеїд розміщений спіральсно, наприклад, вірус мозаїки люцерни, віруси лейкозів, деякі види бактеріофагів (мал. 5.4).



Мал. 5.4. Електронна фотографія фага: 1 – головка (капсид з ДНК), 2 – відросток, 3 – нитки відростка.

Вірусний білок, зокрема багатьох паличкоподібних вірусів, має здатність до самоорганізації, тобто, зруйнований до субодиниць, він за певних умов відновлюється до початкового стану. Капсид вірусів може складатися з одного або кількох видів білків. Наприклад, у найпростіших вірусів (ВТМ) він складається з ідентичних субодиниць білка, а в аденовірусів виявлено близько 10 видів структурних білків., які беруть участь у формуванні капсиду. Крім структурних білків у складі вірусних частинок виявлені також ферментні білки, що каталізують реплікацію нуклеїнової кислоти вірусу або змінюють деякі функції чи структури клітини живителя.

**Геном вірусів** може мати від декількох до декілька сот генів. Наприклад, геном фага  $\phi$ X174 має 4 гена, фага  $\lambda$  – 20 генів, а вірусу віспи – близько 30 генів.

Крім білків і нуклеїнових кислот до складу вірусних частинок можуть входити вуглеводи (віруси герпесу, віспи), ліпіди (віруси тварин), поліаміни, фосфати тощо.

### 5.3.2.3. Розмноження вірусів

**Життєвий цикл** вірусів складається з ритмічного чергування двох фаз – позаклітинної та внутрішньоклітинної. Під час позаклітинної фази вірус перебуває у вигляді інертної інфекційної частинки – віріону. Протягом внутрішньоклітинної фази проявляються властивості вірусів, закодовані в їхньому генетичному апараті, і здійснюється їх розмноження.

В залежності від властивостей вірусу і клітини живителя (хазяїна), а також умов зовнішнього середовища розрізняють такі результати взаємодії вірусу з клітиною:

- розмноження вірусу призводить до руйнування і загибелі клітини,
- клітини залишаються живими, а дозрілі віріони не утворюються,
- геном вірусу об'єднується з генетичним апаратом клітини і під час поділу клітини може тривалий час передаватись в дочірні клітини, де через деякий час за певних умов може початися розмноження вірусу, яке призводить клітину до загибелі.

При першому типі взаємодії **розмноження вірусу** відбувається шляхом послідовного проходження таких стадій: 1) поверхневий контакт і проникнення вірусу в клітину живителя та руйнування білкової оболонки, 2) синтез ферментів, необхідних для множинного копіювання вірусної нуклеїнової кислоти, 3) синтез складових частин вірусу, 4) збирання складових частин з утворенням дозрілих віріонів, 5) вихід дозрілих віріонів з клітини.

Для більшості вірусів характерне існування в клітинах певного організму (живителя, хазяїна) і навіть в клітинах певних тканин. Інші віруси пристосувалися до існування в клітинах різних організмів, наприклад, рослин і комах (деякі фітопатогенні віруси), хребетних і членистоногих (енцефаловіруси). Виявлено віруси, що можуть розмножуватись в прокаріотних і еукаріотних клітинах.

#### 5.3.2.4. Циркуляція вірусів у природі

Віруси не здатні до самостійного розповсюдження в природі. Вони поширюються за допомогою комах, червів, насіння рослин, людини тощо.

**Фітопатогенні віруси** найчастіше переносяться комахами з колючим та гризучим ротовим апаратом (попелиці, трипси, цикади та ін.). Рослинні віруси можуть поширюватися і через ґрунт за допомогою нематод, які пошкоджують корені хворих, а потім здорових рослин, а також за допомогою грибів. Наприклад, гриб ольпідій капустяний може поширювати вірус некрозу тютюну (від гр. *nekros* – мертвий) за допомогою своїх зооспор. Чимало вірусів передається не лише насінням, як згадано вище, а й бульбами, коренями, цибулинами. Виявлено також, що паразитуюча рослина повитиця може передавати до 50 видів вірусів, коли вона перекидається з хворої рослини на здорову.

Людина спричиняє поширення вірусів у процесі обрізування та щеплення дерев, пікірування розсади, пасинкування рослин тощо, коли сік з випадково пораних хворих рослин потрапляє на руки, одяг або знаряддя праці і переноситься на поранені здорові рослини. А деякі віруси, наприклад, вірус звичайної мозаїки квасолі та мозаїки в'яза, можуть поширюватись разом з пилком.

**Віруси тварин і людини** поширюються шляхом крапельної інфекції. Наприклад, вірус грипу від хворих до здорових людей найчастіше передається під час розмови, кашляння, чхання. Вірус сказу передається із слиною хворих, які кусають здорову тварину чи людину. Арбовіруси, що спричиняють жовту гарячку, і вірус кліщового енцефаліту поширюється через укуси кровососних комах (комарів, кліщів тощо).

#### 5.3.2.5. Роль вірусів у природі та їх використання людиною

**Понад 75% різних інфекційних захворювань зумовлюються вірусами,** що набагато перевищує кількість захворювань, спричинюваних бактеріями,

грибами і найпростішими. Вони уражають усі основні царства живої природи – рослини, тварини, гриби та мікроорганізми.

Найбільш поширеними вірусними хворобами рослин є тютюнова мозаїка, про яку згадувалося вище не раз, смугаста мозаїка пшениці, штрихована мозаїка ячменю, мозаїка кукурудзи, цілий ряд мозаїк картоплі, жовтяниця цукрових буряків та багато інших. Ці хвороби знижують продуктивність рослин, що призводить до значних втрат урожаю, а в окремі роки до повної загибелі посівів.

Тривалий час вважали, що віруси є високо специфічними агентами. Насправді їх специфічність досить умовна. Так ВТМ уражує не лише тютюн та деякі інші пасльонові, а й людину, а вірус гепатиту людини – лободу.

Вірусні хвороби посідають основне місце в інфекційній патології людини і тварин. Питома вага їх зростає із зниженням і ліквідацією бактеріальних, грибкових та інших захворювань.

Вірусні інфекції часто призводять до виникнення епідемій (від гр. *epi* – при та *dēmos* – люди) серед населення, а також епізоотій (від гр. *epi* – при та *zōon* – тварина) серед тварин, наприклад, епідемій, спричинених вірусом грипу А, або епізоотій ящуру парнокопитних тварин.

До найпоширеніших вірусних хвороб людини належать грип, кір, поліомієліт, віспа, герпес, енцефаліти, інфекційний гепатит та тварин – ящур, чума великої рогатої худоби, сказ, кліщовий енцефаліт, орнітоз тощо.

Окремо слід зупинитися на **бактеріальних вірусах**, або бактеріофагах. Перш за все слід підкреслити, що значна частина досягнень сучасної генетики та молекулярної біології ґрунтується на вивченні процесів спадковості та мінливості у фагів та бактерій, оскільки помірним фагам властиве явище трансдукції (перенесення генетичного фрагмента від однієї бактеріальної клітини до іншої).

Фаги найшли також широке застосування в медицині для профілактики і лікування дизентерії, черевного тифу та деяких інших хвороб людини, а та-



кож деяких хвороб тварин, для діагностики інфекційних захворювань людини, тварин і рослин.

Поряд із цим слід зазначити, що фаги нерідко можуть завдавати й великої шкоди, зокрема при виробництві антибіотиків, молочнокислих продуктів, бактеріальних добрив, пригнічуючи розвиток корисних мікроорганізмів. У ґрунті бульбочкові бактерії, азотобактер та інші вільноіснуючі азотфіксатори можуть заражатися фагами, що призводить до затримки їх розвитку, в результаті чого погіршується процес фіксації атмосферного азоту, що негативно впливає на врожай культурних рослин.

#### *Запитання. Завдання*

1. Дайте визначення поняття «біологічна система».
2. Обґрунтуйте тезу про те, що властивості біологічної системи не є сумою властивостей її складових субсистем. Наведіть приклади.
3. Що є структурно-функціональною основою біологічної системи?
4. Поясніть твердження «Живі системи – когнітивні системи».
5. Назвіть царства живих організмів, які існують на Землі..
6. У чому полягає відмінність між автотрофними та гетеротрофними організмами? Наведіть приклади таких організмів.
7. Дайте визначення виду як елементарної одиниці класифікації живих організмів.
8. Що таке пріони?
9. Чим відрізняються нормальні пріони від патогенних?
10. Поясніть механізм перетворення нормального пріона в патогенний.
11. У чому полягає небезпечність пріонних захворювань людини і тварин?
12. Обґрунтуйте відмінності вірусів від інших живих організмів.
13. Що є носієм генетичної інформації у вірусів?
14. Класифікуйте вібріони (віруси) за формою. Наведіть приклади.
15. Дайте схематичне зображення будови вірусу тютюнової мозаїки, аденовірусу та бактеріофага. В чому їх суттєві відмінності?

16. Опишіть механізм взаємодії вірусу з клітиною.
17. У чому полягають особливості розмноження вірусів?
18. Поясніть, як розповсюджуються у природі фітопатогенні віруси? Наведіть приклади вірусних захворювань рослин.
19. Яким чином поширюються віруси тварин і людини? Наведіть приклади вірусних захворювань тварин і людини.
20. Проілюструйте використання вірусів у медицині.

## 5.4. Клітини і тканини

### 5.4.1. Клітина як біологічна система

Основною структурно-функціональною одиницею живих організмів є клітина, яка складається з певної маси цитоплазми, оточеної мембраною. Клітина – це складна саморегулююча біологічна система, в якій одночасно і в певній послідовності відбуваються сотні хімічних реакцій, спрямованих на підтримання її життєдіяльності, росту і розвитку.

У одноклітинних організмів клітина є відносно автономною біологічною системою, яка виконує всі функції живого організму. У колоніальному чи багатоклітинному організмі вона є субсистемою системи вищого порядку, яка структурно і функціонально визначається як єдине ціле. У цьому випадку функціональні властивості клітини дещо обмежуються. Наприклад, вона може бути позбавлена подразливості, рухливості, здатності до цистування.

**Форма та розміри клітин** дуже різноманітні і залежать від їхніх функцій та місця розташування в організмі. У одноклітинних організмів клітини кулеподібні, овальні, веретеноподібні, паличкоподібні, спіралеподібні та інші. У багатоклітинних організмах вони багатогранні різної конфігурації (округлої, видовженої тощо), але є й веретеноподібні (непосмугована м'язова тканина), дископодібні (еритроцити), зірчасті (нейрони), кулеподібні (яйце-клітина), ниткоподібні (кореневі волоски) тощо.

Більшість клітин мають розміри від 10 до 100 мкм (мікромметр – 0,001 мм). Великі розміри мають клітини м'якоті кавуна, лимона, бульб картоплі (їх можна бачити неозброєним оком). Деякі інфузорії досягають довжини 3 мм, а форамініфери (одноклітинні, які мають черепашку) – 10 см. Довгі відростки нейронів можуть досягати 2 і більше метрів.

#### 5.4.1.1. Хімічна організація клітини

До складу клітин живих організмів входить близько 70 хімічних елементів із відомих сьогодні 110. У великій кількості тут містяться Карбон (65%), Оксиген (18%), Гідроген (10%), Нітроген (3%), Кальцій (2%), Фосфор (1%) та інші хімічні елементи. В незначній кількості в клітинах зустрічаються так звані мікроелементи – Цинк (0,003%), Купрум (0,0002%), Ферум (0,01%) та деякі інші. Ці хімічні елементи утворюють різноманітні органічні та неорганічні сполуки, характерні для живої клітини.

Найважливішими органічними сполуками клітини є білки (10%), жири та близькі до жирів речовини (5%), вуглеводи (2%), нуклеїнові кислоти (1%).

**Білки** – це складні біополімери (від гр. *polymereia* – численність), молекули яких складаються з великої кількості мономерів – амінокислот. Відомо понад 30 амінокислот. Існують сотні видів білків, які різняться між собою кількістю та розташуванням амінокислот в їх молекулах, але всі вони складаються з Карбону, Оксигену, Гідрогену, Нітрогену, Сульфуру, Фосфору та ще деяких хімічних елементів. Характерним елементом білка є Нітроген. Молекули білка мають первинну (ланцюжок), вторинну (спіраль), третинну (глобула) та четвертинну (агрегат молекул) структури.

Білки живої клітини виконують такі **функції**: 1) структурну (входять до складу всіх мембран), 2) каталітичну (ферменти), 3) регуляторну (гормони), 4) рушійну (скоротливі білки м'язів), 5) транспортну (гемоглобін крові, 6) захисну (антитіла плазми крові), 7) сигнальну (реакція на подразнення), 8) енергетичну (джерело енергії), 9) механічну (міцність різних структур).

**Вуглеводи** входять до складу клітин усіх живих організмів, але клітини рослин та грибів містять їх більше, ніж клітини тварин та дроб'янок. У грибах та рослинних організмах із вуглеводів складаються оболонки клітин (хітин, целюлоза тощо), запаси поживних речовин (крохмаль в бульбах картоплі, сахароза в коренеплодах буряку тощо).

Вуглеводи складаються з Карбону, Оксигену та Гідрогену.

Вони бувають простими та складними. До простих вуглеводів належать моносахариди (глюкоза, фруктоза, що мають загальну формулу  $C_6H_{12}O_6$ ; галактоза, рибоза, дезоксирибоза) та дисахариди (сахароза, мальтоза). Полісахариди утворюються із моносахаридів і є складними вуглеводами – крохмаль, клітковина, глікоген, хітин та інші.

У клітині вуглеводи є переважно *джерелом енергії* для біохімічних реакцій. Крім того, вони виконують структурну функцію, бо складають або входять до складу зовнішніх оболонок клітин: целюлоза (від лат. *cellula* – клітина) у рослин, хітин (від гр. *chitōn* – одяг) у грибів та членистоногих, муреїн у бактерій. Деякі вуглеводи (глікоген) накопичуються в грибах, тваринних та бактеріальних клітинах. Інші вуглеводи (рибоза та дезоксирибоза) входять до складу рибонуклеїнової кислоти (РНК) та дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК).

**Нуклеїнові кислоти** – досить складні органічні сполуки, які складаються з Карбону, Оксигену, Гідрогену, Нітрогену та Фосфору. Молекула нуклеїнової кислоти містить моносахариди (рибозу чи дезоксирибозу), азотисту основу (аденін, гуанін, тимін, цитозин, урацил) та залишок фосфорної кислоти.

**ДНК** міститься в хромосомах та інших клітинних структурах (мітохондріях, хлоропластах) і є хімічною основою спадковості (генами). Вона несе інформацію про структуру білків і здійснює синтез комплементарної ДНК та РНК.

**РНК** знаходиться в нуклеоплазмі, цитоплазмі, мітохондріях, рибосомах, хлоропластах. Інформаційна РНК (іРНК) синтезується на молекулі ДНК

і містить код спадкової інформації про первинну структуру білкової молекули. Рибосомна РНК (рРНК) входить до складу рибосом. Транспортна РНК (тРНК) переносить до рибосом амінокислоти, із яких тут за кодом на іРНК синтезується молекула білка.

**Жири**, або ліпіди є обов'язковим компонентом всякої клітини. Вони, як і вуглеводи, складаються з Карбону, Оксигену та Гідрогену. Молекула жиру містить одну молекулу гліцерину та три молекули жирних кислот (пальмітинової, стеаринової, олеїнової чи іншої). В залежності від властивостей жирних кислот жири бувають рідкі та тверді. Вони, як і вуглеводи, є *джерелом енергії*, але дають її вдвічі більше. В тваринних організмах жири беруть участь у терморегуляції та захисті внутрішніх органів і є джерелом води. В рослинних і грибних організмах вони входять до складу вітамінів та пігментів. Жири також є структурними компонентами мембран ендоплазматичної сітки та органоїдів, а також мієлінової оболонки нервових волокон. Вони можуть накопичуватись в цитоплазмі у вигляді крапель як запасні речовини (насіння та спори рослин і грибів, підшкірна клітковина тварин тощо).

Крім жирів (ліпідів) у клітинах містяться *жироподібні речовини*, або ліпоїди. На відміну від жирів, до складу ліпоїдів входять фосфорна кислота, вуглеводи та особлива речовина холін (вітамін групи В). Жироподібні речовини входять до складу проміжного шару цитоплазматичних мембран, компонентів клітин нервової тканини. Пігменти рослинних клітин каротин та ксантофіл – теж ліпоїди.

Неорганічними речовинами живої клітини є вода, мінеральні солі, кислоти та основи, а також вуглекислий газ.

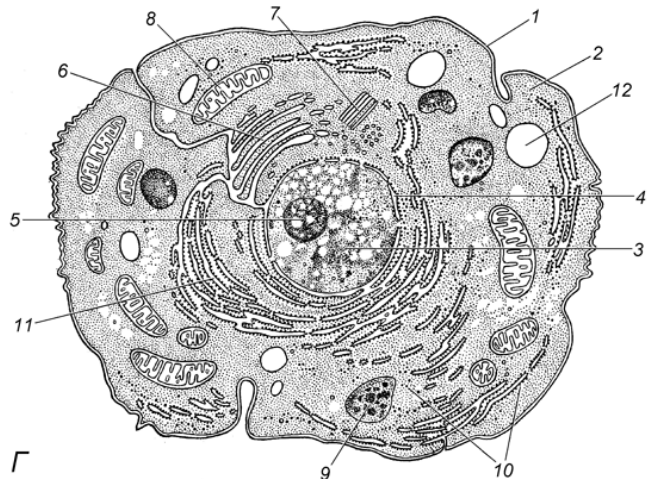
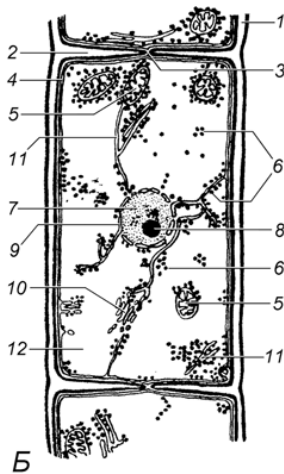
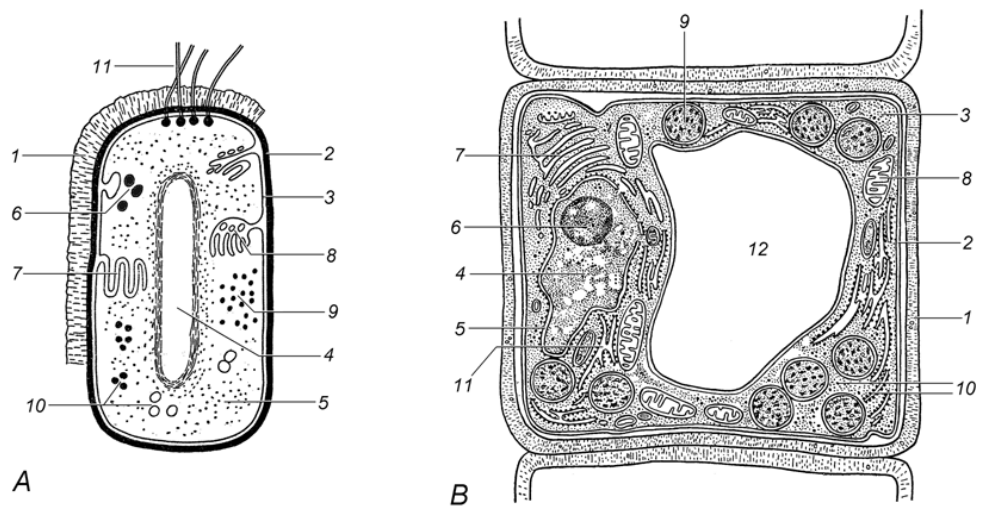
**Вода** складає більшу частину живої клітини (до 80%). Кількість її залежить від типу та функції клітини. Усі внутрішньоклітинні процеси відбуваються у водному середовищі. У воді розчиняються речовини клітини і здійснюються хімічні реакції між ними. Вода розчиняє продукти дисиміляції (розпаду) і виводить їх із клітини. Вона захищає клітину від різких перепадів температури зовнішнього середовища і є джерелом кисню.

Клітинна рідина містить різні **мінеральні солі**, які необхідні для нормального функціонування клітини. В значній кількості в клітинах містяться такі солі як хлориди натрію NaCl, калію KCl, кальцію CaCl<sub>2</sub>, магнію MgCl<sub>2</sub>. Важливу роль в клітині відіграють вуглекислі солі, а також солі азотної, сірчаної та фосфорної кислот.

Мінеральні солі підтримують осмотичну рівновагу між клітиною та оточуючим середовищем, а також регулюють усі біохімічні процеси в клітині. Наприклад, іони калію сприяють проникненню речовин через мембрани, активізують передачу збудження по нервовому волокну. Сполуки кальцію входять до складу крові та сприяють її сипанню, а також до складу кісток, черепашок та інших утворів у тварин.

#### 5.4.1.2. Структурно-функціональна організація клітини

Кожна нормальна життєздатна клітина має в своєму складі окремі диференційовані частини, або субсистеми, які виконують певні функції: функціональний центр (у еукаріотній клітині – ядро), цитоплазма, рибосоми, цитоплазматична мембрана та зовнішня клітинна оболонка (мал. 5.5).



А: 1 – слизова капсула, 2 – клітинна оболонка, 3 – клітинна мембрана, 4 – нуклеоїд, 5 – цитоплазма, 6 – хроматофори, 7 – тилакоїди, 8 – мезосоми, 9 – рибосоми, 10 – включення, 11 джгутики

Б: 1 – клітинна оболонка (зовнішня оболонка гіфи), 2 – поперечна оболонка гіфи, 3 – пора, 4 – клітинна мембрана, 5 – мітохондрія, 6 – рибосоми, 7 – ядро, 8 – ядерце, 9 – ядерна мембрана, 10 – комплекс Гольджі, 11 – ендоплазматична сітка, 12 – цитоплазма

В: 1 – клітинна оболонка, 2 – клітинна мембрана, 3 – цитоплазма, 4 – ядро, 5 – ядерна мембрана, 6 – ядерце, 7 – комплекс Гольджі, 8 – мітохондрія, 9 – хлоропласт, 10 – рибосоми, 11 – ендоплазматична сітка, 12 – вакуоля

Г: 1 – клітинна мембрана, 2 – цитоплазма, 3 – ядро, 4 – ядерна мембрана, 5 – ядерце, 6 – комплекс Гольджі, 7 – клітинний центр, 8 – мітохондрія, 9 – лізосома, 10 – рибосоми, 11 – ендоплазматична сітка, 12 – вакуоля

Мал. 5.5. Схематична будова клітини: А – бактерії, Б – гриба, В – рослини, Г – тварини.

Функціональний центр клітини містить генетичну інформацію (код структурної організації молекул ферментів, які синтезуються в клітині), здійснює контроль над синтезом білків у клітині, над пластично-енергетичним обміном у межах клітини та з оточуючим середовищем. У еукаріотних клітинах (гриби, рослини, тварини) функціональним центром є **ядро** – органела, оточена двомембранною оболонкою і заповнена нуклеоплазмою (ядерною плазмою), в якій розташовані хроматин (речовина, з якої під час поділу клітини формуються хромосоми) та одне або кілька ядерць. Клітина звичайно має одне ядро, але в грибних клітинах їх може бути декілька. Нуклеоплазма містить білки (70-90% сухої речовини), нуклеїнові кислоти, ліпоїди, ферменти, іони кальцію та магнію. Ядерна мембрана має пори, через які вміст ядра з'єднується з цитоплазмою клітини. Ядерця не мають мембрани і складаються з різноманітних білків та інших сполук. Головною функцією ядерць є синтез рРНК та субодиниць рибосом і попередників хромосом.

У прокариотній клітині (бактерії) функціональний центр не відмежований від цитоплазми і називається **нуклеоїдом**. Він розташований в цитоплазмі у вигляді переплетених ниток ДНК, яка має форму замкнутого кільця. У ціанобактерій досить часто можна виявити кілька нуклеоїдів.

Вміст клітини, оточений мембраною, називається **цитоплазмою**. За фізико-хімічною природою це – складна колоїдна система, пронизана мембранними структурами. Вона складається з води, білків, жирів, вуглеводів, мінеральних сполук та інших речовин, співвідношення яких залежить від типу, віку клітини та особливостей обміну з оточуючим середовищем.



**Рибосоми** – це субмікроскопічні кулясті тільця, які можна побачити лише за допомогою електронного мікроскопа. Вони складаються з білка (40%) та РНК (60%) і можуть або вільно “плавати” в цитоплазмі (прокаріоти), або бути прикріпленими до зовнішніх мембран ендоплазматичної сітки, мітохондрій, хлоропластів, ядра тощо (більшість рибосом еукаріотів). Функція рибосом – синтез білка, в процесі якого з ядра в інформаційній РНК (іРНК) надходить інформація про склад молекули синтезованого білка та потік амінокислот з рідкого компонента цитоплазми.

Цитоплазматичні мембранні структури у гетеротрофних прокаріотів називаються **мезосомами** (від гр. *mesos* – серединний та *sōma* – тіло). Вони бувають пластинчастими, трубчастими та пухирцеподібними. Поки-що не існує переконливих даних стосовно функцій мезосом як необхідних складових частин клітини прокаріотів.

Цитоплазматичні мембранні структури еукаріотів мають надзвичайно складну організацію і називаються **ендоплазматичною сіткою**. Це – одно-мембранна система взаємозв’язаних каналець, плоских і кулеподібних пухирців. Ендоплазматична сітка пронизує всю цитоплазму і складає єдине ціле з зовнішньою мембраною ядра та клітинною мембраною. Розрізняють гранулярну та гладеньку сітку. На зовнішньому боці мембрани гранулярної сітки розташовані рибосоми, а гладенька сітка позбавлена їх. На гранулярній ендоплазматичній сітці синтезуються білки, а на гладенькій – жири та вуглеводи. Ендоплазматична сітка забезпечує обмін речовин як всередині клітини, так і з зовнішнім середовищем. Вона розмежовує клітину на окремі секції, в яких можуть одночасно відбуватися різні фізіологічні процеси та хімічні реакції.

**Клітинна мембрана** оточує клітину зовні і за хімічним складом подібна до інших мембран клітини. Вона містить 50-75% білків, 15-45% ліпідів, невелику кількість вуглеводів, РНК тощо. Зовнішня цитоплазматична мембрана – складна високоорганізована та високо спеціалізована структура. Вона відмежовує вміст клітини від оточуючого середовища. Через неї за допомогою особливих ферментів здійснюється активний рух різних речовин.

Щойно ми розглянули ті складові частини, які притаманні клітинам як еукаріотних, так і прокаріотних організмів. Крім цих структур клітини еукаріотів містять такі органели як мітохондрії, пластиди, лізосоми, апарат Гольджі, клітинний центр.

**Мітохондрії** належать до двомембранних органел. Зовнішня мембрана гладенька, а внутрішня утворює вирости різної довжини – кристи. У плазмі мітохондрій містяться ферменти, рибосоми, ДНК, РНК. Основна функція мітохондрій полягає в тому, що в них за допомогою ферментів відбувається окислення різних органічних речовин. Вивільнена при цьому енергія йде на синтез аденозинтрифосфорної кислоти (АТФ) – специфічного акумулятора енергії. Молекули АТФ виходять за межі мітохондрій і беруть участь у всіх клітинних процесах, де необхідна енергія, яку вони вивільняють, розкладаючись.

Якщо мітохондрії містяться в усіх еукаріотних клітинах, то **пластиди** характерні лише для рослинних клітин. Вони мають дві мембрани – зовнішню та внутрішню. Розрізняють три типи пластид: хлоропласти, хромопласти та лейкопласти.

**Хлоропласти** – органели сочевицеподібної форми. Їхня зовнішня мембрана гладенька, а внутрішня утворює систему двошарових пластин – тилакоїдів. У мембранах тилакоїдів між шарами молекул білків та ліпідів розташовані молекули хлорофілу, який надає рослинам зеленого кольору, та деяких інших пігментів (каротиноїди). У плазмі хлоропластів знаходяться власні рибосоми, ДНК, РНК. За допомогою хлорофілу і особливих ферментів та наявності світла в хлоропластах здійснюється синтез глюкози з води та вуглекислого газу. Хлоропласти також здатні синтезувати власний білок. Вони утворюються із пропластид або лейкопластів, а восени перетворюються в хромопласти (в червоних та оранжевих плодах, в червоному та жовтому листі).

**Хромопласти** мають кулясту форму і містять різноманітні пігменти, що надають забарвлення пелюсткам квіток, плодам, пагонам, кореням, осіннім листкам. Вони утворюються з хлоропластів або лейкопластів.

**Лейкопласти** – безбарвні пластиди округлої форми. Вони зустрічаються в клітинах листків, бульб, кореневищ, кори молодих стебел та коренів, епідермісу листків. Ці органели утворюються із протопластів і за будовою подібні до хлоропластів, але мають слабо розвинену внутрішню мембранну систему. В лейкопластах здійснюється синтез і накопичення запасних речовин, насамперед крохмалю, інколи білків, рідше жирів.

**Лізосоми** (від гр. *lysis* – розчинення та *sōma* – тіло) являють собою одномембранні органели округлої форми. Їх кількість у клітині залежить від типу, віку та факторів оточуючого середовища клітини. У лізосомах знаходяться ферменти, що здатні розчиняти органічні речовини. Під дією цих ферментів здійснюється розщеплення поживних речовин, що надходять в тваринну клітину (фагоцитоз, піноцитоз – відповідно від гр. *phago* – пожирання та *pino* – пиття, а також *kytos* – клітина); саморозчинення клітин за умов кисневого або поживного голодування тварин; розчинення органел в рослинних клітинах під час утворення коркової тканини, судин деревини тощо.

**Апарат Гольджі** – розгалужена, мінлива, одномембранна органела, що складається з купки плескатих цистерн, від країв яких відгалужуються трубочки, а від трубочок відокремлюються дрібні пухирці. У цистернах накопичуються продукти синтезу, розпаду та речовини, що надходять в клітину або виводяться назовні. Упаковані в пухирці такі речовини рухаються за призначенням. У рослинній клітині апарат Гольджі бере участь у формуванні клітинної оболонки.

У клітинах грибів та тварин поблизу ядра присутня специфічна органела немембранної будови – так званий **клітинний центр**. Він складається з двох центріолей циліндричної форми, які розташовані перпендикулярно одна одній. Ця структура бере участь у поділі клітини. На початку поділу центріолі розходяться до протилежних полюсів клітини.. Від центріолей до хромо-

сом відходять нитки веретена поділу, які в анафазі притягують хроматиди до полюсів. Після закінчення поділу центріолі залишаються в дочірніх клітинах, подвоюються і утворюють клітинні центри.

Для еукаріотних клітин характерні **вакуолі** (від лат. *vacuus* – порожній) – одномоембранні органели, які у прокаріотних клітинах трапляються рідко. У рослинній клітині – це великі порожнини з клітинним соком – водним розчином різних речовин, що є запасними або кінцевими продуктами. Вакуолі також регулюють осмотичний тиск всередині клітини. У клітинах грибів та тварин вони звичайно дрібні. У одноклітинних тварин наявні травні та скоротливі вакуолі.

Крім розглянутих вище структур живої клітини до складу цитоплазми можуть входити різноманітні **включення** (вкраплини) – запасні поживні речовини у вигляді зерен крохмалю, агрегатів білка, крапель олії та кристалів солей (у рослинних клітинах); крапель та зерен білків, жирів, вуглеводів (глікоген) та кінцевих продуктів обміну, кристалів солей, пігментів (у клітинах тварин та грибів); зерен глікогену, крохмалю, крапель жиру, агрегатів воску, поліфосфатів (у клітинах бактерій).

Зовні клітини рослин, грибів, бактерій та найпростіших вкриті **оболонкою**, яка виконує переважно механічну та захисну функції. Оболонки рослинних клітин складаються з полісахаридів целюлози та пектину (від гр. *pēktos* – драглистий). Вони мають пори, через які здійснюється обмін речовин між клітинами.

Оболонки грибних клітин теж складаються із полісахаридів – пектину (нижчі гриби), хітину і целюлози (вищі гриби).

У бактерій клітинна оболонка порівняно тонка і еластична. Основу її складають полісахариди пектин і муреїн.

Клітина найпростіших зовні вкрита **пелікулою** (від лат. *pellicula* – шкірка) – у війчастих та джгутикових, або черепашкою – у форамініфер, деяких видів амеб тощо. Пелікула – ущільнений зовнішній шар протоплазми, який може мати різну товщину та щільність в залежності від виду найпростіших.

Черепашка складається з часточок мінерального походження ( $\text{SiO}_2$  або  $\text{CaCO}_3$ ), склеєних органічною речовиною.

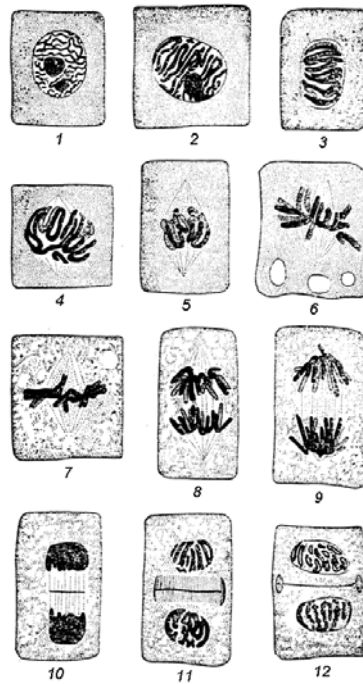
#### 5.4.1.3. Поділ клітин

Важливою властивістю клітини, як живої системи, є здатність її до самовідтворення, яке лежить в основі процесів росту, розвитку та розмноження організмів. Самовідтворення клітин здійснюється шляхом поділу. Період від закінчення одного поділу до закінчення наступного називається життєвим циклом клітини або клітинним циклом. Існує три способи поділу клітин: амітоз, мітоз (від гр. *mitos* – нитка) та мейоз (від гр. *meiōsis* – зменшення).

**Амітоз** являє собою прямий поділ ядра та цитоплазми материнської клітини без формування видимих хромосом. Він здійснюється шляхом перешнуровування ядра на дві і більше частин, які не завжди однакові. Відразу за перешнуровуванням ядра відбувається поділ цитоплазми. Під час амітозу хромосоми розподіляються між дочірніми клітинами нерівномірно, внаслідок чого ці клітини генетично нерівнозначні. Часто поділ ядер не закінчується поділом клітини, і тоді виникають клітини з великою кількістю ядер.

Амітоз має місце в процесі нестатевого розмноження бактерій, найпростіших, одноклітинних грибів та водоростей. У багатоклітинних організмах він спостерігається в різноманітних нормальних і патологічних клітинах. Найчастіше амітоз відбувається в старих або високодиференційованих клітинах бульб картоплі, ендосперма насінини деяких рослин, печінки, в м'язових волокнах, що розвиваються. Рідше він спостерігається в молодих, нормально розвинутих клітинах, наприклад, в тканинах кореня та зародкового мішка покритонасінних рослин, ембріональних оболонок тварин тощо.

Найпоширенішим способом поділу клітин є **мітоз** (мал. 5.6). Це – непрямої поділ соматичних клітин багатоклітинних організмів, за якого із однієї диплоїдної материнської клітини ( $2n$  хромосом) утворюється дві дочірні клітини з набором хромосом, ідентичним кількісно і якісно материнській клітині.



Мал.. 5.6. Мітоз: 1 – інтерфаза; 2, 3, 4, 5 – профаза; 6, 7 – метафаза; 8, 9 – анафаза; 10, 11, 12 – телофаза.

Мітотичний цикл складається з інтерфази та власне мітозу. Він триває приблизно 10-20 год. Мітоз забезпечує ріст і розвиток усіх тканин і органів багатоклітинного організму.

У мітозі розрізняють чотири фази: профазу, метафазу, анафазу та телофазу. Проміжок часу між двома послідовними поділами клітини називається *інтерфазою*. Це – найбільш тривалий період мітотичного циклу. В інтерфазі відбувається ріст клітини, відтворення цитоплазматичних структур, синтез РНК та білка, накопичення енергії, подвоєння молекул ДНК.

У *профазі* в ядрі починають виявлятися хромосоми. Кожна з них складається з двох тонких ниток – хроматид, які безладно переплетені між собою. У цей час ядерце зменшується і згодом зникає разом з ядерною мембраною. Плазма ядра змішується з цитоплазмою. У тваринній клітині, крім того, центріолі клітинного центру розходяться до протилежних полюсів і починають утворюватися нитки так званого веретена поділу.

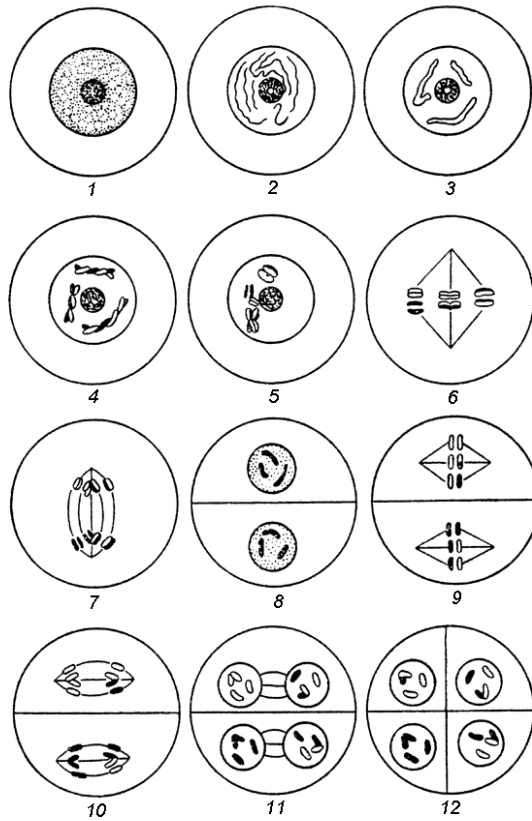
У *метафазі* двохроматидні хромосоми максимально спіралізуються, потовщуються і зосереджуються на екваторі клітини, формується веретено поділу, а його нитки приєднуються до центромер хромосом.

На стадії *анафазу* хроматини за допомогою ниток веретена поділу розходяться до протилежних полюсів клітини. В кінці анафазу кожна хроматида стає хромосоною.

У *телофазі* хромосоми деспіралізуються, веретено поділу руйнується, формується ядерце, утворюється ядерна оболонка. Закінчується телофаза утворенням на екваторі перегородки між двома дочірніми клітинами.

Таким чином, в результаті мітозу здійснюється рівномірний розподіл хромосом між ядрами двох дочірніх клітин, чим забезпечується точне передавання всієї генетичної інформації кожній з дочірніх клітин.

У процесі статевого розмноження організмів гамети утворюються шляхом **мейозу** (мал. 5.7). Під час мейозу ядро клітини ділиться за двома етапами: редукційним (від лат. *reducere* – повертати у зворотному порядку, тут – зменшувати) та мітотичним. У кожному з цих етапів виділяють чотири фази: профазу, метафазу, анафазу та телофазу. В результаті *першого етапу* із однієї материнської диплоїдної клітини ( $2n$  хромосом) утворюється дві дочірні гаплоїдні клітини ( $n$  хромосом). Протягом *другого етапу* мейозу кожна з цих гаплоїдних клітин ділиться, і утворюються чотири гаплоїдні клітини.



Мал.. 5.7. Мейоз: 1 – інтерфаза; 2, 3, 4, 5 – профаза; 6 – метафаза I; 7 – анафаза I; 8 – інтеркінез; 9 – метафаза II; 10 – анафаза II; 11 – телофаза; 12 – утворення чотирьох дочірніх клітин-гамет.

Отже, в результаті мейозу з однієї диплоїдної клітини утворюється чотири гаплоїдні. При цьому у тварин із них лише одна стає яйцеклітиною, а решта відмирають. У рослин теж із чотирьох гаплоїдних клітин (мегаспор) три відмирають, а із однієї формується восьмиядерний зародковий мішок, в якому одне із ядер перетворюється на яйцеклітину. За сперматогенезу у тварин та за мікроспорогенезу у рослин усі чотири гаплоїдні клітини беруть участь у формуванні сперматозоонів. У тварин вони стають сперматозоїдами, у рослин – мікроспорами, із яких у насінневих рослин формується пилок. В пилковій трубці під час проростання пилкового зерна утворюються спермії (сперматозоони рослин).



Гаметогенез у грибів та водоростей характеризується надзвичайною різноманітністю в залежності від рівня організації організму (див. розділи про гриби та водорості).

Біологічна суть мейозу полягає в зменшенні кількості хромосом в гаметах удвічі, що забезпечує утворення великої кількості нових комбінацій негомологічних хромосом і зростання внутрішньовидової різноманітності живих організмів.

### 5.4.2. Тканини

Тіло вищих рослин та багатоклітинних тварин диференційоване на органи, які складаються з різноманітних тканин.

Тканиною називається сукупність клітин, подібних за будовою і об'єднаних спільністю походження та функцій.

#### 5.4.2.1. Рослинні тканини

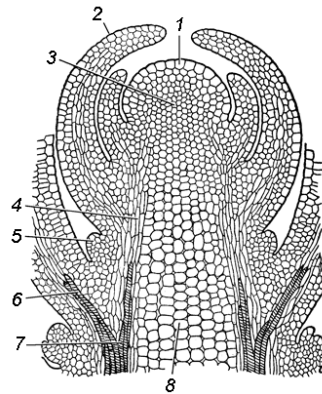
Розрізняють такі найголовніші типи тканин тіла рослини: утворювальні, покривні, основні, видільні, механічні, провідні тощо. Покривні, провідні, механічні та основні тканини називаються постійними тканинами. Вони формуються із утворювальної тканини.

Рослини, на відміну від тварин, ростуть і утворюють нові органи протягом усього життя, що зумовлено наявністю у них **утворювальних**, або **меристематичних тканин** (від гр. *meristēs* – той, що ділиться), які розташовані в певних місцях тіла рослини. Меристема складається з дрібних тонкостінних клітин з великим ядром і густою цитоплазмою без вакуолей, які щільно прилягають одна до одної та інтенсивно діляться шляхом мітозу.

Залежно від локалізації утворювальні тканини поділяються на верхівкові, бічні, вставні та раневі.

**Верхівковою** називають меристему верхівки стебла, кінчика кореня та їх відгалужень (мал. 5.8). За рахунок верхівкової меристеми здійснюється

ріст органів рослини у довжину і утворення тканин кореня, стебла, листків, квіток.



Мал.. 5.8. Верхівкова меристема пагона: 1 – конус наростання, 2 – протодерма, 3 – основна меристема, 4 – прокамбій, 5 – зачаток бруньки, 6, 7 – провідна тканина, 8 – серцевина.

**Бічна** меристема буває трьох видів: камбій, фелоген та перицикл. Камбій (від лат. *cambium* – заміна) закладається всередині стебла та кореня між лубом та деревиною і зумовлює їх ріст у товщину. Всередину він утворює клітини деревини, а зовні – клітини лубу. Фелоген (від гр. *fellos* – корок та *gennō* – породжую) входить до складу покривної тканини (перидерми) і формує її складові елементи. Перицикл (від гр. *perikiklō* – оточую) оточує центральний циліндр кореня та стебла і дає початок бічним кореням і додатковим брунькам. Він ділиться періодично.

**Вставна** утворювальна тканина міститься в певних ділянках стебла і листка (наприклад, при основі міжвузля, стебла злакових рослин) і забезпечує ріст листків та формування пазушних бруньок.

**Ранева** меристема утворюється у будь-якому місці тіла рослини, де трапилося поранення, і здійснює регенерацію (відновлення) зруйнованих тканин.

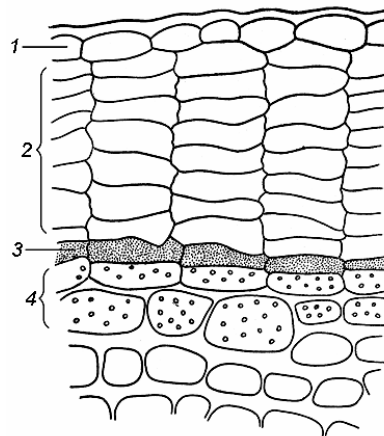
За походженням утворювальні тканини бувають первинними та вторинними. **Первинна** меристема зумовлює розвиток проростка і початковий ріст органів. До неї належить конус наростання пагона і кореня, вставна ме-

ристема, перицикл. **Вторинна** утворювальна тканина виникає із первинної. До неї належить камбій, фелоген та ранева меристема.

**Покривні тканини** захищають тіло рослини від несприятливих зовнішніх факторів: механічних, хімічних, температурних, світлових тощо. За походженням розрізняють три типи покривних тканин: епідерму (шкірку), корок та кірку. Молоді органи рослини завжди покриті епідермою. Наприкінці першого або на другий рік життя епідерму замінює корок. Стовбури старих дерев укриті кіркою.

**Епідерма** (від гр. *epi* – поверх та *derma* – шкіра) складається з одного, рідко двох і більше шарів живих клітин з потовщеною зовнішньою стінкою. Вона покриває зовні листки, молоді стебла, всі частини квітки і деякі плоди. Захисні функції епідерми посилюються зовнішнім восковим шаром, волосками, залозками тощо. В епідермі є особливі отвори для здійснення газообміну і транспірації – продихи, які можуть відкриватися та закриватися.

**Корок** – мертва багат шарова тканина, яка утворена внаслідок діяльності вторинної меристеми – фелогену. Фелоген назовні формує корок, а всередину – шар живих клітин, який називається фелодермою (від гр. *fellos* – корок та *derma* – шкіра). Комплекс корка, фелогена та фелодерми називається перидермою (від гр. *peri* – навколо та *derma* – шкіра) (мал. 5.9). Захисну функцію виконує лише корок. У епідермі є отвори – сочевички, через які відбувається газообмін і транспірація з навколишнім середовищем.



Мал.. 5.9. Перидерма: 1 – епідерма, 2 – корок, 3 – фелоген, 4 – фелодерма з хлорофіловими зернами.

**Кірка** – це комплекс прошарків корка та мертвих клітин первинної кори між ними. Кірка утворюється у дерев та кущів на зміну корку. Вона значно краще за корок захищає рослину від зайвих втрат води, перегрівання, різких знижень температури оточуючого середовища, паразитів тощо.

Тканини, які складають основну масу різних органів рослини, називаються основними. Їх називають також заповнюваними тканинами, або **основною паренхімою** (від гр. *para* – поряд та *enchyma* – наповнення). Ці тканини складаються із живих клітин з тонкими целюлозними оболонками. Довжина, ширина і висота таких клітин приблизно однакова.

Розрізняють декілька видів основної паренхіми: асиміляційна, всисна, провітрювальна та запасальна.

**Асиміляційна паренхіма** міститься в листках і корі молодих пагонів. Клітини її приблизно однорідні, тонкостінні і містять багато хлоропластів, розташованих у пристінному шарі цитоплазми. У цих клітинах здійснюється фотосинтез.

**Всисна паренхіма** знаходиться у всисній зоні кінчика кореня. Вона має кореневі волоски, через стінки яких здійснюється всмоктування поживного розчину з ґрунту.

**Провітрювальна паренхіма**, або аеренхіма здійснює газообмін, який необхідний для фотосинтезу, дихання та випаровування води. Вона має великі міжклітинники, з'єднані між собою в одну вентиляційну мережу. Провітрювання здійснюється через продихи або сочевички.

**Запасальна паренхіма** розташована переважно в корі кореня, в коренеплодах, бульбах, плодах, м'ясистих листках цибулини, серцевині стебел, ендоспермі насінини. В них відкладаються і зберігаються поживні речовини: білки, жири, вуглеводи тощо.

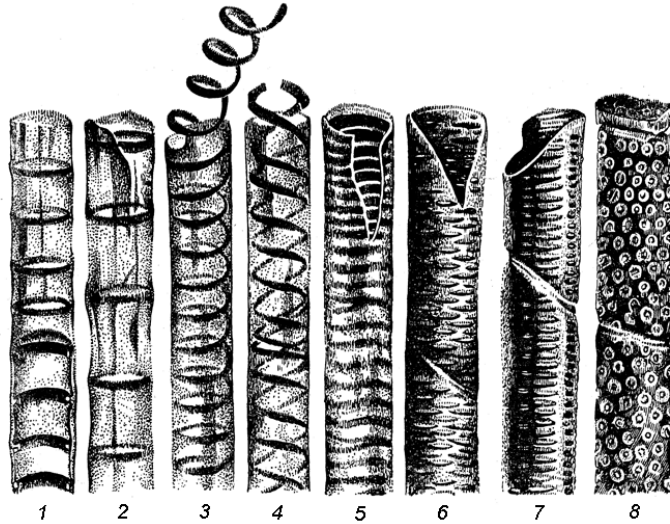
**Видільна паренхіма** буває зовнішньою та внутрішньою. Прикладом зовнішньої видільної паренхіми може бути специфічна тканина, яка прилягає до так званих водяних продихів у епідермісі листків, а також травні залози в листках комахоїдних рослин. У багатьох рослин є внутрішні видільні тканини, де в клітинах утворюються і зберігаються кінцеві продукти обміну речовин (ендосперм насінини злаків, сім'ядолі насінини бобових, бульби, корене-плоди, деревина стебел, молочники, смоляні ходи в різних частинах рослини).

**Механічні тканини** надають рослині міцності, завдяки чому вона витримує значну масу свого тіла, протистоїть вітрові, дощу, снігу. Вони складаються з товстостінних, звичайно видовжених клітин з надзвичайно міцною і пружною оболонкою. У рослині механічна тканина може бути у вигляді волокон або скам'янілих клітин. **Волокна** – це видовжені клітини з товстими здерев'янілими стінками та мертвим вмістом. Вони розташовані навколо судинно-волокнистих пучків. У плодах груші, айви біля насінних гнізд, у кісточках сливи, вишні, в шкаралупі горіха містяться мертві клітини округлої форми з рівномірно потовщеними здерев'янілими стінками, просякнутими лігніном (складний органічний полімер з властивостями ароматичних спиртів), сполуками кальцію та кремнію. Це – мертві **скам'янілі клітини**, або склереїди (від гр. *sclēros* – твердий, жорсткий, сухий та *eidos* - подібність).

**Провідні тканини** мають специфічну будову і різноманітні пристосування для руху по них води з розчиненими в ній речовинами. У вищих рослин від підземних до наземних органів рухаються поживні розчини мінеральних речовин, а від листків у напрямі кореневої системи – синтезовані органічні речовини. Висхідна течія здійснюється по судинах або трахеїдах.

**Трахеїди** (від гр. *tracheios* – горло та *eidos* - подібність) – це видовжені мертві клітини з товстими оболонками, загостреними кінцями, в стінках яких є обплямовані пори. Вони менш поширені у рослин, ніж судини, і лише у папоротеподібних і хвойних складають 95% елементів висхідних шляхів.

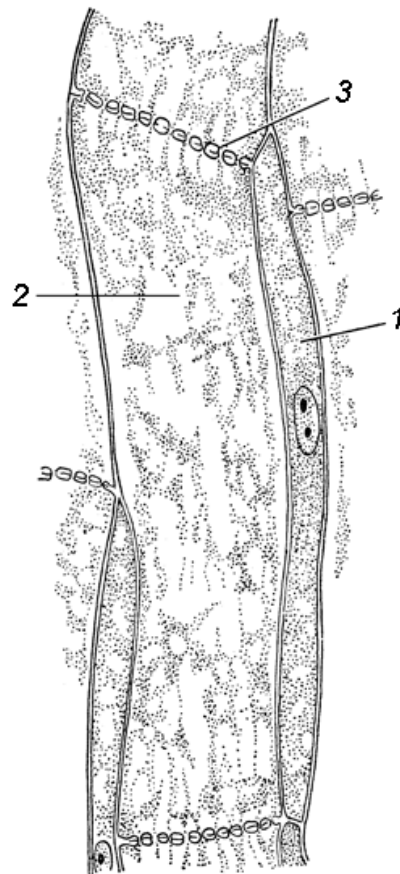
**Судини** – це більш досконалий вид провідних структур. Вони утворюються з клітин камбію, в яких потовщуються і дерев’яніють бічні стінки, відмирає вміст, а у поперечних стінках утворюється один або кілька отворів. Судини мають різноманітну будову (мал. 5.10).



Мал. 5.10. Різні типи судин: 1 – з щілиноподібними порами, 2 – кільчасті, 3, 4 – спіральні, 5 – драбинчасті, 6, 7 – сітчасті, 8 – пористі.

Судини і трахеїди разом з деревинною паренхімою та дерев’янистими волокнами утворюють **ксилему** (від гр. *xylon* – дерево), або деревину.

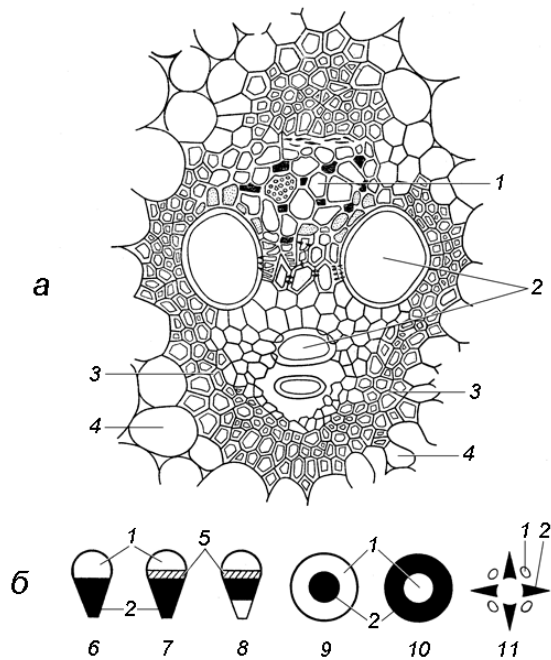
Низхідна течія у тілі рослини здійснюється по **ситоподібних трубках**, які формуються із видовжених живих клітин без ядра (мал. 5.11). Поперечні стінки цих клітин пронизані порами і нагадують сито. Їхні бічні стінки не дерев’яніють, як у судин. До ситоподібних трубок прилягають клітини-супутниці (у голонасінних рослин відсутні). Ситоподібні трубки разом з паренхімою та дерев’янистими волокнами складають **флоему** (від гр. *phloios* – кора, лико), або луб.



Мал. 5.11. Ситоподібна трубка з клітиною-супутницею:

1 – клітина-супутниця, 2 – ситоподібна трубка, 3 – ситоподібна пластинка.

Висхідні та низхідні провідні тканини у тілі рослини розташовані разом. Вони у комплексі з механічними та запасальними тканинами складають так звані *судинно-волокнисті пучки* (мал. 5.12). У дводольних рослин до складу судинно-волокнистого пучка входить камбій, і такий пучок називається відкритим. Закриті судинно-волокнисті пучки позбавлені камбію. Вони характерні для однодольних рослин. Форма пучків та взаємне розташування його елементів різноманітні (мал. 5.12-б).



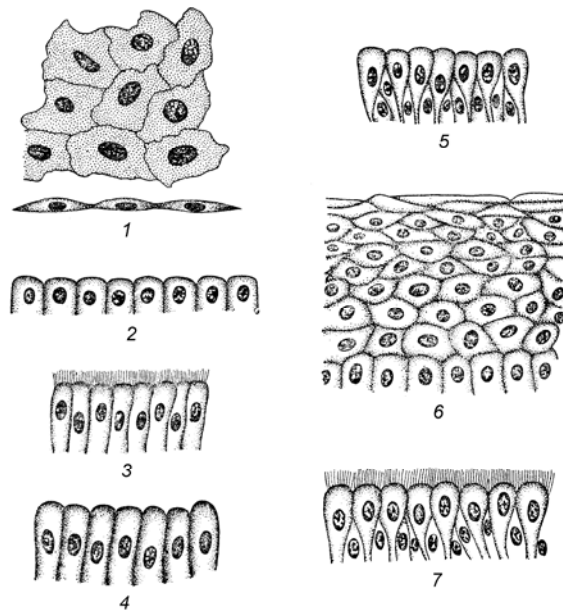
Мал. 5.12. Типи провідних пучків: а – закритий пучок стебла кукурудзи; б – схеми провідних пучків: 1 – флоема; 2 – ксилема; 3 – механічна обгортка пучка; 4 – паренхіма стебла; 5 – камбій; 6, 9-11 – закриті провідні пучки; 7, 8 – відкриті провідні пучки.

#### 5.4.2.2. Тваринні тканини

В організмі тварин і людини розрізняють такі типи тканин: епітеліальну, сполучну, м'язову та нервову. Ця класифікація не вичерпує реальної різноманітності тваринних тканин, бо існує ще тканина хорди, електричних органів деяких риб, складна тканина статевих залоз тощо, які неможливо вкласифікувати в існуючу класифікацію.

**Епітеліальні тканини** діляться на дві великі групи: покривні та залозисті епітелії (від гр. *epi* – поверх та *thēlē* – сосок) (мал. 5.13).





Мал. 5.13. Види епітелію: 1 – одношаровий плоский, 2 – одношаровий кубічний, 3 – одношаровий війчастий (миготливий), 4 – одношаровий циліндричний, 5 – багатошаровий циліндричний, 6 – багатошаровий плоский, 7 – багатошаровий війчастий.

**Покривні тканини** складаються із щільно зімкнених клітин і утворюють покривні шари на межі між організмом та зовнішнім середовищем (поверхня шкіри) або вистилають внутрішні порожнисті органи (ротова порожнина, стравохід, тонкий кишечник, альвеоли, капсули нефронів). Одні з них захищають тканини тіла, які розташовані глибше. Інші, крім цього, здатні всмоктувати поживні речовини (епітелій тонкої кишки), виділяти з внутрішнього середовища продукти розпаду (епітелій капсул нефронів нирок) або здійснювати газообмін (епітелій альвеол легенів). Епітеліальна тканина дихальних шляхів складена з клітин з численними війками. Це – війчастий епітелій, який затримує і видаляє з дихальних шляхів частинки пилу та бактерії.

**Залозисті тканини** входять до складу різноманітних залоз. Частина з цих залоз виконує видільну функцію (молочні, потові та сальні залози шкіри), інші – секреторну (травні залози: слинні, шлунка та кишечника, печінка,

підшлункова; ендокринні залози: щитоподібна, підшлункова, надниркові та інші; лінійні залози членистоногих, наприклад, комах).

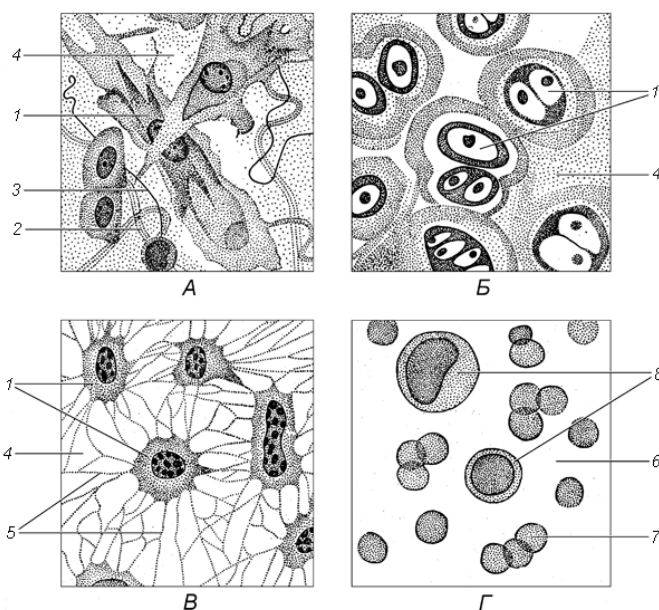
Епітеліальним клітинами притаманна *поляри́сть*. Два полюса клітини розрізняються за своїми властивостями: один із них прилягає до сполучної тканини, яка лежить глибше, а інший – орієнтований назовні.

Епітеліальні тканини розвиваються із різних зародкових листків, або шарів (зовнішнього, середнього або внутрішнього) і тому часто різко відрізняються одна від одної за своїми морфо-фізіологічними властивостями. Із зовнішнього зародкового шару (ектодерми) у хребетних тварин розвивається епітелій шкіри, переднього відділу травного каналу, дихальних шляхів, сечовивідних та сім'явивідних протоків. Із середнього шару (мезодерми) утворюється епітелій оболонки черевної порожнини, плеври, перикарда тощо, а також епітелій матки, фолікулярні клітини яєчників та ін. Із внутрішнього зародкового шару (ентодерми) формується епітелій більшої частини травного каналу і всіх травних залоз.

Епітелій може бути одно- та багат шаровий (мал. 5.13). Одношаровий епітелій вистилає внутрішню поверхню легень, судин, органів травлення. Багат шаровий епітелій утворює роговий шар шкіри. Крім того, в залежності від форми клітин розрізняють епітелій плоский, кубічний, циліндричний та ін.

Епітеліальні тканини мають дуже високу здатність до регенерації (відновлення). Наприклад, при вживанні гарячої їжі гине епітелій ротової порожнини, але вже через 10-12 год. він майже повністю відновлюється.

Ще більшою різноманітністю за походженням, структурою та функціями характеризуються **сполучні тканини**. Існує декілька їх видів: ретикулярна, щільна волокниста, пухка волокниста, жирова, хрящова, кісткова, кров та лімфа (мал. 5.14).



Мал. 5.14. Різні види сполучних тканин: А – пухка, Б – хрящова, В – кісткова, Г – кров. Склад тканин: 1 – клітини, 2 – колагенові волокна, 3 – еластичні волокна, 4 – міжклітинна речовина, 5 – канали між клітинами, 6 – плазма крові, 7 – червоні клітини крові, 8 – білі клітини крові.

**Ретикулярна тканина** (від лат. *reticulum* – сіточка) складає основу кровотворних органів (селезінки, лімфатичних вузлів, червоного кісткового мозку). Вона бере участь у формуванні антитіл крові. Із клітин ретикулярної тканини в кровотворних органах утворюються окремі види лейкоцитів (лімфоцити, моноцити). Ретикулярна тканина складається із зірчастих клітин, які з'єднуються між собою своїми відростками. Простір між клітинами цієї тканини заповнений міжклітинною желеподібною речовиною.

**Щільна волокниста сполучна тканина** містить пучки колагенових (білок колаген; від гр. *kolla* – клей та *genos* - народження) волокон та невеликої кількості клітин, які щільно прилягають одна до одної. Міжклітинної речовини немає. Із цієї тканини складається власне шкіра, сухожилля, зв'язки, оболонки кровеносних судин, рогівка ока тощо. Цей вид сполучної тканини виконує покривну, захисну та механічну функції.

У тілі людини та тварин є значна кількість **пухкої волокнистої сполучної тканини**, яка складається з клітин (зірчастої та веретеноподібної форми),

волокон та великої кількості міжклітинної речовини. Волокна цієї тканини бувають двох видів: колагенові – товсті, міцні, та еластичні (білок еластин; від гр. *elastikos* – пружний) – тонкі. Пухка волокниста тканина утворює про-шарки між внутрішніми органами, підшкірну жирову клітковину, підепітелі-альну тканину. Вона з'єднує шкіру з м'язами, підтримує органи, заповнює проміжки між ними, бере участь у терморегуляції тіла.

**Жирова тканина** складається з жирових клітин, між якими знаходиться пухка сполучна тканина. Жирові клітини мають круглясту чи багатогранну форму. В їх цитоплазмі накопичуються краплі жиру. Жирова тканина розташована між органами та під шкірою.

**Хрящова тканина** складається з круглястих чи овальних клітин, колагенових і еластичних волокон та щільної аморфної речовини (від гр. *amorphos* – без форми). Вона покриває кінці кісток скелета, входить до складу носа, вуха, губ, гортані, трахеї, бронхів, з'єднує хребці, утворює частину грудної клітки і таза у хребетних тварин. Хрящова тканина зменшує тертя між поверхнями кісток, зберігає форму деяких органів і надає їм пружності.

**Кісткова тканина** утворює кістки хребетних тварин. Клітини цієї тканини знаходяться в твердій міжклітинній речовині, яка складається з неорганічних солей (переважно кальцію) та білка осейна. Вони мають довгі відростки, за допомогою яких з'єднуються між собою. Завдяки такій будові кісткова тканина характеризується значною міцністю та твердістю. Вона здійснює опорну, рухову та захисну функції.

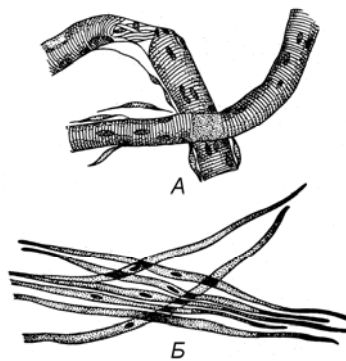
**Кров та лімфа** є своєрідними сполучними тканинами з рідкою міжклітинною речовиною – плазмою, в якій плавають клітини. У плазмі розчинені органічні та мінеральні сполуки. Клітини крові безхребетних тварин безбарвні. Кров хребетних тварин містить три типи клітин: еритроцити (червоні), лейкоцити (безбарвні) та тромбоцити (пластинки). Лімфа містить лише лейкоцити.

Кров разносить кисень (еритроцити) та поживні речовини по всьому організмові, збирає та видаляє вуглекислий газ та продукти розпаду, забезпе-

чує гуморальну регуляцію життєдіяльності організму, транспортуючи гормони, та сталість внутрішнього середовища організму, його хімічного і газового складу. Кров разом з лімфою захищає організм від патогенних мікроорганізмів та шкідливих речовин (лейкоцити). Тромбоцити беруть участь у зсіданні крові.

**М'язова тканина** має здатність скорочуватись, що забезпечує пересування тварин у просторі та рухомість частин їхнього тіла.

Розрізняють посмуговану та непосмуговану м'язові тканини (мал. 5.15).



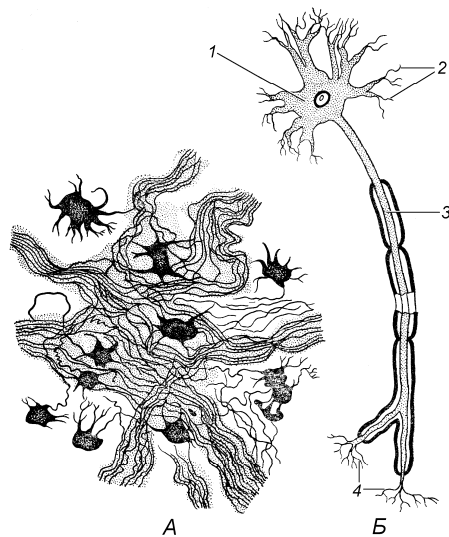
Мал. 5.15. М'язова тканина: А – посмуговані язові волокна, Б – непосмуговані м'язові волокна.

**Посмугована м'язова тканина** утворює всю скелетну мускулатуру хребетних тварин, м'язи серця, язика, глотки, а також м'язи деяких членистоногих, кільчастих червів та молюсків. Вона здатна скорочуватись значно швидше і виконувати більшу роботу, ніж непосмугована. Скорочення посмугованої м'язової тканини здійснюється довільно (свідомо) під впливом імпульсів із головного мозку. Ця тканина складається з довгих і товстих м'язових волокон. Кожне таке волокно зовні вкрите оболонкою – сарколемою (від гр. *sarkos* – м'ясо та *lemma* - шкірка), під якою міститься цитоплазма з великою кількістю ядер та скоротливих ниток – міофібрил (від гр. *mys* – м'яз та лат. *fibrilla* – волоконце). На міофібрилах чергуються світлі та темні ділянки, звідки і назва тканини.

**Непосмугована м'язова тканина** складається з окремих дрібних веретеноподібних клітин, які щільно прилягають одна до одної. В клітині є одне ядро та тонкі міофібрили, які розташовані вздовж клітини. У хребетних тварин непосмугована м'язова тканина входить до складу внутрішніх органів, крім серця (стінки травного каналу, кровоносних та лімфатичних судин) та м'язів шкіри. У нижчих багатоклітинних тварин з цієї тканини складаються усі м'язи тіла. Непосмуговані м'язи скорочуються повільно і ритмічно. Їхнє скорочення мимовільне, тобто не залежить від волі людини чи тварини.

М'язові тканини розвиваються звичайно з ектодерми та мезодерми.

Нервова система тварин і людини складається із **нервової тканини**, основними властивостями якої є збудливість та провідність. Збудливість – це здатність сприймати подразнення та реагувати на нього, а провідність – здатність передавати збудження. Нервова тканина сприймає подразнення із зовнішнього чи внутрішнього середовища, передає їх до органів тіла та від одного органа до іншого.



Мал. 5.16. Нервова тканина (А) і окрема нервова клітина (Б): 1 – тіло клітини, 2 – дендрити, 3 – аксон, покритий оболонкою, 4 – нервові закінчення.

Нервова тканина розвивається звичайно із ектодерми. Вона складається із нервових клітин (нейронів) та нейроглії (від гр. *neuron* – жила, нерв та *glia* – клей) – підтримуючої тканини (мал. 5.16).

**Нейрони** можуть мати різноманітну форму (овальну, веретеноподібну, багатокутну, зірчасту тощо), яка залежить від їх місцезнаходження, віку організму та функцій. Кожен нейрон має один довгий відросток, розгалужений на кінці, – аксон (від гр. *axon* – вісь) та різну кількість (від одного до тисячі) коротких, сильно розгалужених відростків – дендритів (від гр. *dendron* – дерево). Нейрони зв'язані між собою численними контактами за допомогою синапсів (від гр. *synapsis* – з'єднання, зв'язок). Дендрити сприймають збудження та проводять його до нейрона, а аксон передає нервовий імпульс від клітини іншим нервовим клітинам та робочим органам.

Нейрони зі своїми відростками розташовані в **нейроглії**, яка складається із клітин та опорних волокон. Нейроглія бере участь у сприйнятті подразнень і передачі нервових імпульсів, забезпечує живлення нейронів та видалення із них продуктів розпаду, є середовищем для нейронів.

Нервова тканина забезпечує зв'язок людського чи тваринного організму з навколишнім середовищем та узгоджену діяльність його систем як єдиного цілого і є матеріальною основою вищої нервової діяльності людини та тварин.

#### **Запитання. Завдання**

1. Дайте коротку характеристику найважливіших органічних сполук клітини.
2. Назвіть та схарактеризуйте неорганічні речовини живої клітини.
3. Замалюйте клітини різних царств живих організмів і визначте спільні особливості їх будови.
4. У чому полягає функція рибосом і мезосом?
5. Для яких клітин характерні пластиди? Які типи пластид ви знаєте?
6. Охарактеризуйте вакуолі, що є складовими частинами клітин рослин, грибів та тварин.

7. Які включення входять до складу цитоплазми клітини?
8. Які способи поділу клітин Ви знаєте? Визначте їх місце та результат.
9. Назвіть та охарактеризуйте фази мітозу
10. У чому полягають особливості мейозу порівняно з мітозом.
11. Дайте визначення поняття «тканина».
12. Назвіть основні типи рослинних і тваринних тканин.
13. На які види поділяються утворювальні тканини в залежності від локалізації в організмі рослини?
14. Назвіть типи рослинних покривних тканин за походженням? Охарактеризуйте їх утворення і будову.
15. Які функції виконують основні види рослинних наповнювальних тканин (асиміляційна, всисна, провітрювальна та запасальна)?
16. Опишіть будову механічної та провідної тканини рослин.
17. Охарактеризуйте походження, структуру та функції епітеліальних та сполучних тканин тваринного організму.
18. Чим відрізняється посмугована м'язова тканина від не посмугованої?
19. Дайте схематичний опис нервової тканини. У чому полягають функції нейроглії?
20. Опишіть будову нервової клітини. Чим вона відрізняється від інших клітин тваринного організму?

## 5.5. Нижчі форми клітинного життя

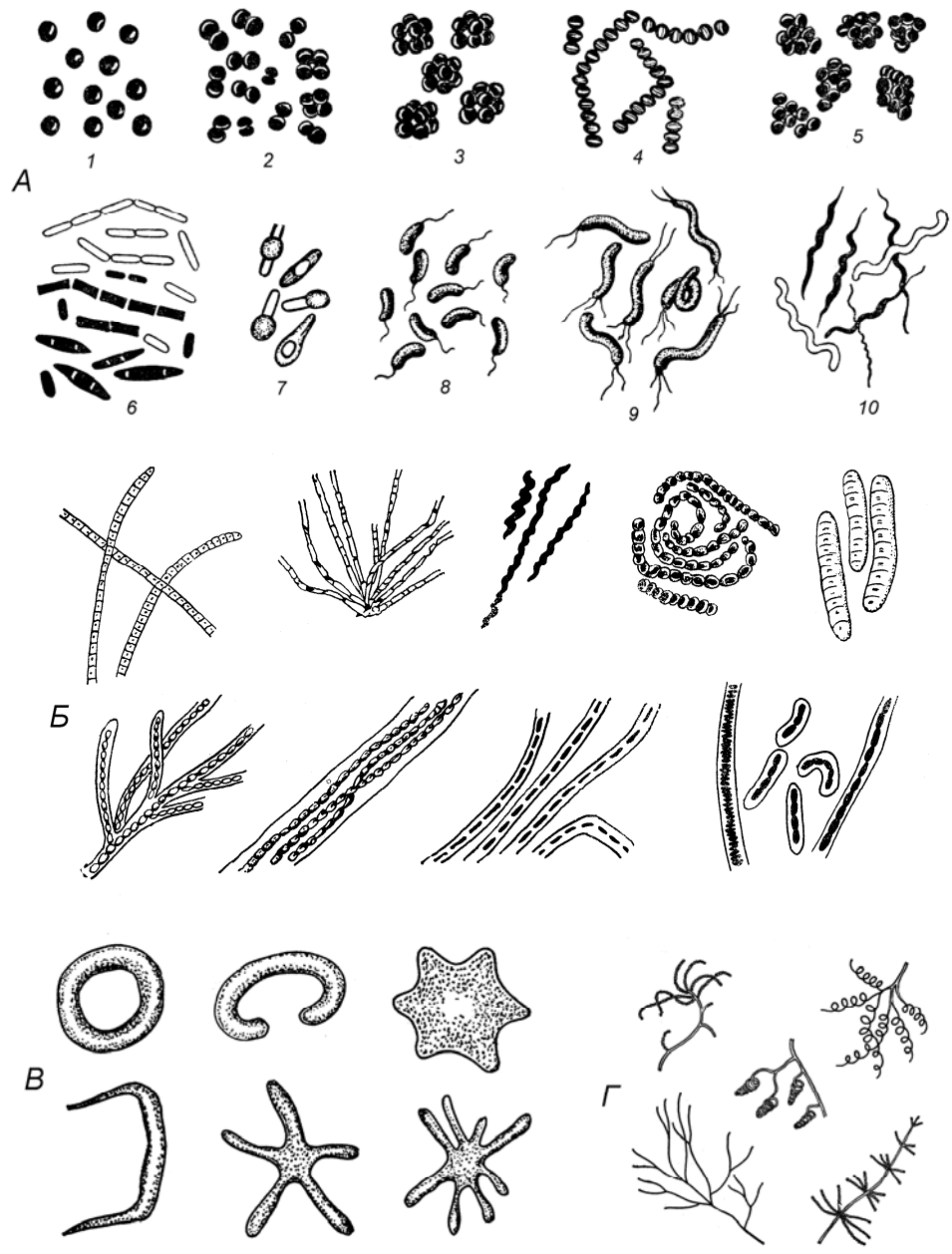
### 5.5.1. Дроб'янки

Царство Дроб'янки, як згадувалося раніше, об'єднує три відділи прокариотних організмів: Бактерії, Ціанобактерії та Актиноміцети. Найбільш численними та поширеними є **бактерії** (від гр. *bactēria* – паличка). Менш численними і розповсюдженими є **ціанобактерії** (від гр. *kyanos* – блакитний), які деякими своїми властивостями нагадують водорості, внаслідок чого раніше



вони називалися синьо-зеленими водоростями. *Актиноміцети* (від гр. *aktis* – промінь та *mykēs* – гриб) – це група мікроскопічних організмів, які поєднують у собі риси організації бактерій та нижчих грибів. Вони мають ниткоподібні клітини, а деякі види формують розвинутий повітряний або субстратний міцелій (мал. 5.17 - Г).

Дроб'янки широко розповсюджені на Землі. Вони здатні існувати в найрізноманітніших умовах середовища: в повітрі, воді, ґрунті, в глибоких товщах земної кори, в інших організмах (грибах, рослинах, тваринах). За формою дроб'янки бувають кулястими, паличкоподібними, звивистими, нитчастими, галузистими тощо (мал. 5.17 - А, Б, В).



Мал. 5.17. Бактерії та актиноміцети: А – основні форми бактерій (1 – монококи, 2 – дипло- і тетракоки, 3 – сарцини, 4 – стрептококи, 5 – стафілококи, 6, 7 – паличкоподібні бактерії, 8 – вібріони, 9 – спірили, 10 – спірохети); Б – нитчасті бактерії; В – інші форми бактерій; Г – актиноміцети.

Загальні особливості будови та функціонування прокаріотної клітини було розглянуто у розділі 5.4.1.2 (див. також рис. 5.5 - А). А зараз ми познайомимося з властивостями дроб'янок як організмів.

Звичайно дроб'янки – нерухомі організми, але численні види бактерій здатні самостійно рухатись за допомогою джгутиків або в результаті скорочення клітини. Джгутики починаються в цитоплазмі і є тонкими довгими нитками білкової природи.

**Живлення** дроб'янок здійснюється шляхом всмоктування поживних речовин всією поверхнею клітини. **Дихання** у них відбувається таким же шляхом за допомогою дихальних ферментів. За відношенням до кисню дроб'янки поділяються на аеробні (використовують вільний кисень повітря) та анаеробні (не потребують молекулярного кисню). Прикладами аеробних прокаріотів можуть бути азотобактер, міксобактерії, ціанобактерії, більшість актиноміцетів. Анаеробних дроб'янок значно менше. Це – переважно бактерії: окремі види спірохет, спороносні бактерії, рикетсії, а також деякі види актиноміцетів.

Дроб'янки звичайно **розмножуються** шляхом амітозу, але ряд видів паличкоподібних бактерій та актиноміцети утворюють спори або інші „вегетативні” клітини розмноження, наприклад, гонідії у хламідобактрій.

Крім того, деякі види актиноміцетів та бактерій здатні до кон'югації (від лат. *conjugatio* – злягання), під час якої здійснюється обмін генетичним матеріалом між двома клітинами-особинами. Таке явище нагадує спрощений статевий процес.

За несприятливих умов клітини прокаріотів покриваються товстою оболонкою, утворюючи **цисту** (від лат. *cista* – ящик), і переходять у стан

спокою. За сприятливих умов циста проростає і утворює нову бактерію. Цисти здатні формувати різні групи бактерій (азотобактер, спірохети, міксобактерії, рикетсії) та деякі нитчасті ціанобактерії.

За джерелом живлення, або за місцем існування прокаріотні організми можна розділити на сапротрофи, симбіонти та паразити.

**Сапротрофами** є значна частина бактерій (міксобактерії, псевдомонади та ін.) та більшість видів актиноміцетів. Ці організми здійснюють мінералізацію органічних речовин решток мертвих організмів, спричинюючи їх гниття. Завдяки цьому вони є важливою ланкою кругообігу речовин і енергії у природі. Сапротрофні прокаріоти досить часто завдають збитків людині, псуючи продукти харчування та різноманітні матеріали природного органічного походження (деревину та вироби з неї, шкіру тварин та вироби з неї тощо). Але значна кількість видів цієї групи організмів є добрими помічниками людини. Види бактерій, які спричинюють молочнокисле бродіння (молочний стрептокок, сирна паличка, болгарська паличка, ацидофільна паличка, деякі види лейконостока тощо) використовуються для приготування кислого молока, сметани, кефіру, сиру, для засолювання огірків, квашення капусти, силосування кормів. Збудники цього процесу дуже поширені у природі. Їх можна знайти скрізь – у повітрі й ґрунті, у молоці і на поверхні овочів та фруктів. Багато їх на поверхні тіла і в кишечнику людини і тварин.

Молочнокислі бактерії, що існують у кишечнику людини чи тварини, є **симбіонтами** (наприклад, *Clostridium perfringens*), бо вони сприяють перетравлюванню їжі, продукуючи цілий ряд ферментів. Іншою симбіотичною бактерією кишечника людини є відома *Escherichia Coli*, яка продукує необхідні для організму людини вітаміни (тіамін, рибофлавін та ін.). Ацидофільна і болгарська палички, а також деякі актиноміцети запобігають розвиткові патогенних та гнильних бактерій. Крім того, в товстій кишці людини виявлено понад 260 видів мікроорганізмів, переважно дроб'янок, частина з яких спричиняють гниття органічних решток фекальних мас або є збудниками хвороб, а роль інших не з'ясована. Не буде перебільшенням сказати, що організм лю-

дини та тварин буквально напакований бактеріями та актиноміцетами – гнильними, патогенними (від гр. *pathos* – страждання та *genos* - породження) та нейтральними. Їх багато на шкірі, в ротовій порожнині, горлі, травному каналі, дихальних шляхах, на слизових оболонках очей тощо.

Досить розповсюджене явище симбіозу актиноміцетів та бактерій з рослининими організмами. Так, бульбочкові бактерії (ризобіум) живуть у потовщеннях (бульбочках) на коренях рослин родини бобових і здатні асимілювати атмосферний молекулярний азот і синтезувати амінокислоти, які використовує рослина. Виявлено багато випадків подібного симбіозу бактерій не лише з бобовими рослинами. Наприклад, бактерії роду азоспірилум, які теж активно фіксують азот повітря, асоціюються з коренями злаків, а у кореневих бульбочках вільхи знайдено актиноміцети роду франкія.

Використовуючи подібні властивості, людина застосовує культури ряду бактерій у вигляді так званих бактеріальних добрив – нітрагін (бульбочкова бактерія), азотобактерин (вільноживуча азотфіксуюча бактерія азотобактер), фосфоробактерин (вільноживуча бактерія роду бацил, здатна розщеплювати органічні фосфоромісткі сполуки ґрунту до розчинного, доступного рослинам стану).

На поверхні рослин теж живуть різноманітні мікроорганізми, частина з яких виявляється корисними для хазяїна. Наприклад, сапротрофна мікрофлора ризосфери (від гр. *rhiza* – корінь та *sphaira* – середовище) і надземних частин рослини можуть служити бар'єром для проникнення в її тканини збудників хвороб.

Цілий ряд видів дроб'янок людина використовує для промислового одержання антибіотиків, вітамінів та інших корисних речовин. Наприклад, ряд видів бактерій псевдомонад застосовується у мікробіологічній промисловості для виробництва амінокислот, ферментів тощо. Численні види актиноміцетів роду стрептоміцетів є продуцентами цінних антибіотиків, які згубно діють на патогенні бактерії, гриби та інші мікроорганізми. З ціанобактерії

спіруліни одержують харчовий білок, який використовують як додаток до їжі.

**Паразитуючі форми** дроб'янок спричинюють велику кількість захворювань людини, тварин, рослин та грибів. Це – численні види бактерій та актиноміцетів. Вони називаються патогенами. В основі патогенності переважної більшості цих мікроорганізмів лежить їх токсикогенність, тобто здатність утворювати отруйні для зараженого організму речовини.

Найбільше паразитуючих видів серед бактерій. Ці види спричинюють такі хвороби людини як сифіліс (бліда спірохета), поворотний тиф (борелія поворотна), холера (холерний вібріон), пневмонія (диплокок легеневий), стафілококові інфекції (стафілококи золотавий, білий, жовтий та ін.). Бактеріальними хворобами тварин є сибірка, сап тощо.

У рослин паразитуючі бактерії викликають захворювання, які називаються бактеріозами. Це, наприклад, - чорна плямистість томатів (ксантомонас судинний), бактеріози яблуні, груші, сливи, квасолі, огірків, капусти, пшениці та інших культурних рослин.

Така відома хвороба людини та тварин як туберкульоз викликається актиноміцетом туберкульозною мікобактерією, а дифтерія – теж актиноміцетом дифтерійною коринебактерією. Численні ураження шкіри (дерматози) людини і тварин спричинюються актиноміцетами роду дерматофіли.

Окремо слід зупинитися на екологічному значенні ціанобактерій. Ці прокаріотні організми невибагливі до умов існування і в природі виконують роль піонерів у освоєнні безжиттєвих територій. Вони першими оселяються на згарищах, асфальті, залізобетонних спорудах, у відпрацьованих атомних реакторах тощо. Найбільш розповсюдженими в наших умовах є мікроцистіс, анабена, носток та деякі інші ціанобактерії, що живуть у прісних водоймах. Інколи вони розмножуються у величезних кількостях і спричинюють так зване цвітіння води, яке може завдавати шкоду рибному господарству.

## 5.5.2. Гриби

Царство Гриби об'єднує три відділи: Слизовики, Справжні гриби та Лишайники, серед яких найбільш чисельним є відділ справжніх грибів (близько 100 тис. видів). Лишайників описано близько 25 тис. видів, а слизовиків відомо всього 450 видів. Організми цих відділів настільки різняться між собою як за будовою, так і за способами існування, що їх необхідно розглядати нарізно.

### 5.5.2.1. Слизовики

Вегетативне тіло слизовиків, або слизистих грибів називається *плазмодієм* (від гр. *plasma* – виліплене, оформлене) і представляє собою слизоподібну масу цитоплазми з великою кількістю ядер. Постійної форми плазмодій не має, а розміри його варіюють від кількох міліметрів до 1 метра.

За *способом живлення* більшість цих організмів відносять до сапротрофів, які живляться органічними рештками рослин (опале листя, тіло трав'янистих рослин після закінчення вегетаційного періоду тощо). Серед слизовиків є справжні паразити, які викликають хвороби квіткових рослин, папоротей, водоростей та справжніх грибів. Наприклад, плазмодіофора капуста спричинює утворення на коренях капусти великих здуттів (кіла капустяна). У хворих рослин не розвиваються головки. Слизовик спонгоспора уражує бульби, столони та корені картоплі і викликає захворювання, відоме під назвою парші. Крім картоплі цей паразит уражає також помідори та інші види пасльонових.

*Життєвий цикл* слизовиків складається з окремих стадій: плазмодія, який за певних умов може переходити до стану спокою (склеротизація; від гр. *skleros* – сухий, твердий); утворення спор і плодових тіл; проростання спор; утворення “амеб” та їх агрегації в плазмодій.

*Розмноження* слизовиків досить різноманітне. У вегетативному стані більшість слизовиків, представлених амебоїдними клітинами, розмножується поділом клітин. У деяких слизовиків від плазмодію відділяються невеликі

його частинки, які далі існують у вигляді дводжгутикових зооспор. Безстатеве розмноження здійснюється за допомогою спор, які у сапротрофних та паразитуючих видів утворюються по-різному. У слизовиків-сапротрофів формуються спорангії (від гр. *spora* – насінина та *angeion* – посудина), або плодови тіла, а у паразитів – багатоядерний вміст плазмодію в клітинах хазяїна розпадається на спори.

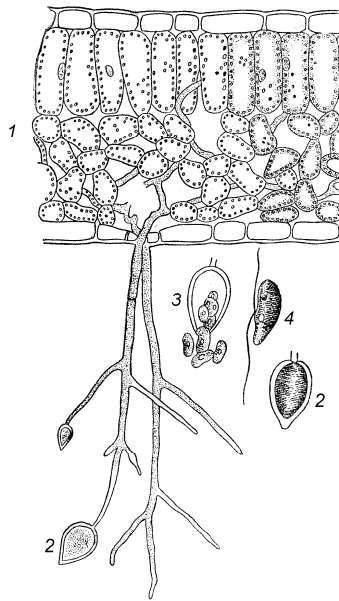
#### 5.5.2.2. Справжні гриби

Відділ Справжні гриби умовно ділиться на дві групи: нижчі гриби та вищі гриби.

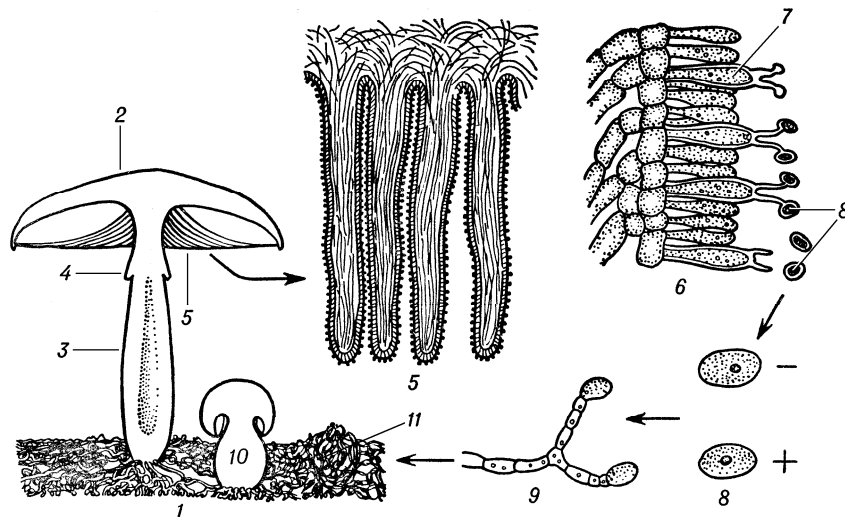
Нижчі гриби об'єднують 5 класів: Хітридіоміцети, Гіфохітридіоміцети, Ооміцети, Зигоміцети та Трихоміцети, а вищі – 3 класи: Аскоміцети, Базидіоміцети та Дейтеромицети.

Вегетативне тіло грибів буває одноклітинним (дріжджі, цвіль) та багатоклітинним (білий гриб, трутовик тощо). Тіло багатоклітинного гриба називається міцелієм (від гр. *mykēs* – гриб), або грибницею. **Міцелій** складається з гіфів (від гр. *hyphē* – тканина) – ниткоподібних багатоклітинних утворень. Справжній міцелій мають вищі гриби. У таких нижчих грибів як Ооміцети та Зигоміцети він неклітинний (одна багатоядерна клітина) чи зачатковий (невелика кількість багатоядерних клітин). Нижчі гриби решти класів взагалі позбавлені міцелію.

Міцелій буває поверхневим та внутрішнім, який розвивається всередині субстрату (від лат. *substratum* – основа, підкладка). Внутрішній міцелій більш розповсюджений. Органи спороутворення завжди розташовані на поверхні субстрату (мал. 5.18; 5.19). Живлення грибів здійснюється всією поверхнею міцелію шляхом осмосу.



Мал. 5.18. Ооміцети. Фітофтора: 1 – тканина листка, пронизана міцелієм; 2, 3 – зооспорангій із зооспорами; 4 – зооспора.



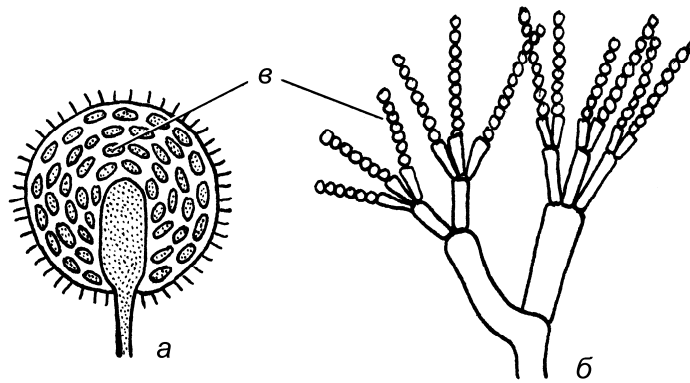
Мал. 5.19. Базидоміцети. Печериця: 1 – загальний вигляд, 2 – шапка, 3 – ніжка, 4 – покривало, 5 – гіменофор, 6 – гіменій, 7 – базидія, 8 – базидіоспори, 9 – розвиток міцелію, 10 – плодове тіло, 11 – міцелій.

Характерною особливістю грибів є велика різноманітність органів та способів розмноження, завдяки чому вони добре пристосовані до мінливих умов існування. Причому той чи інший вид грибів здатен розмножуватись декількома шляхами. Гриби можуть розмножуватись вегетативним, нестатевим та статевим способами.

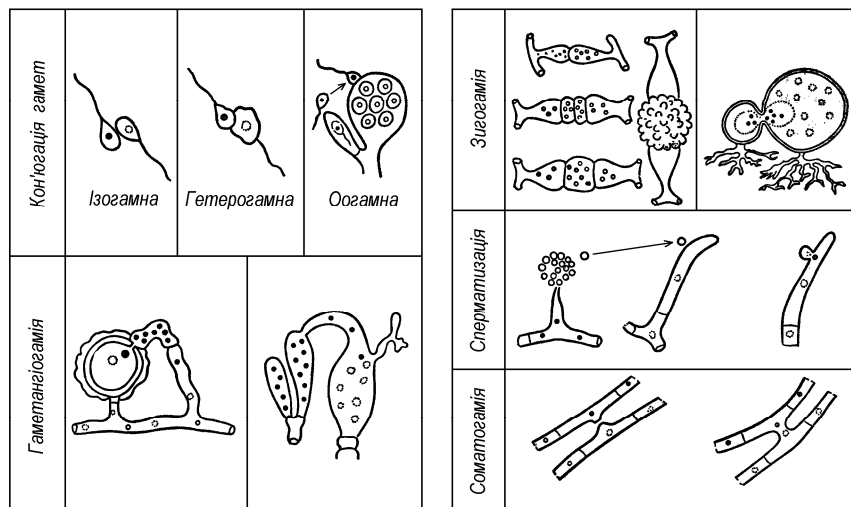


**Вегетативний спосіб** полягає у розмноженні частинами міцелію, брунькуванням, хламідоспорами чи склероціями. Хламідоспори являють собою клітини з щільною оболонкою, на які розпадаються гіфи у процесі вегетативного розмноження. Склероцій – це маса ущільнених, переплетених між собою гіфів, покрита зовні твердою темною оболонкою.

**Нестатеве розмноження** грибів здійснюється за допомогою спор. Якщо при цьому спори формуються в особливих органах нестатевого розмноження – спорангіях, то вони називаються спорангіоспорами. У деяких видів грибів спори утворюються на кінцях особливих відгалужень міцелію (мал. 5.20) і називаються конідіями (від гр. *konia* – пил та *eidōs* – подібність). Спори окремих видів грибів мають джгутики і можуть рухатись.



Мал. 5.20. Органи спороутворення у зигоміцетів і аскоміцетів: а – спорангій, б – конідієносець, в – спори.

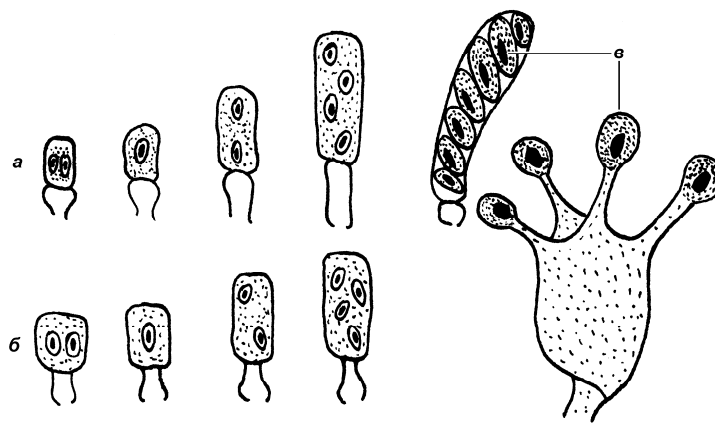


Мал. 5.21. Форми статевого розмноження у грибів.

Надзвичайною різноманітністю характеризується *статеве розмноження* грибів (мал. 5.21).

У нижчих грибів це – ізогамія (гамети, що зливаються, однакові за формою, розмірами та рухливістю), гетерогамія (гамети однакові за формою, але жіноча більша і менш рухлива за чоловічу), оогамія (жіноча гамета велика, куляста, нерухома – яйцеклітина, а чоловіча – дуже мала й рухлива – сперматозоон), зигогамія (зливаються вегетативні клітини різних особин). Зигота проростає і утворює зооспори або коротку гіфу із зооспорангієм чи спорангієм на кінці.

У вищих грибів відомі такі види статевого розмноження: гаметангіогамія (злиття двох спеціальних багатоядерних клітин різних особин), соматогамія (злиття двох вегетативних клітин двох різних особин), сперматизація (запліднення жіночого статевого органу нерухливими клітинами – спермаціями). У результаті статевого процесу у вищих грибів утворюються сумки, або аски, в яких формуються аскоспори, чи базидії (від гр. *basidion* – фундамент, основа), на яких з'являються базидіоспори (мал. 5.22).



Мал. 5.22. Схема розвитку сумки (а) та базидії (б). Спори (в).

Таким чином, у грибів спороутворення може бути нестатевим та статевим. Спора являє собою спеціальну клітину з одним або декількома ядрами, яка за сприятливих умов дає початок новому організму гриба. Спори розповсюджуються за допомогою вітру, води та тварин.

Гриби досить широко *розповсюджені* в біосфері: у воді, у ґрунті, на мертвих організмах, сировині та продуктах харчування, на живих організмах тощо.

До водяних грибів належить майже увесь клас хітридіоміцетів, окремі види ооміцетів та дейтероміцетів. Одні з них паразитують на водоростях, водяних рослинах та тваринах, інші ведуть сапротрофний спосіб життя на рештках мертвих організмів.

У ґрунті розповсюджені окремі види аскоміцетів, базидіоміцетів та дейтероміцетів, які здійснюють мінералізацію органічних решток мертвих рослин. Деякі види ґрунтових базидіоміцетів є мікоризоутворювачами. Мікоризою називається співжиття грибів з вищими рослинами у вигляді коренів рослини, обплутаних гіфами гриба.

На мертвих організмах, сировині та продуктах харчування виявлені представники майже всіх класів грибів.

Усі згадані вище гриби, окрім паразитуючих водяних, є сапротрофами. Вони відіграють у природі досить позитивну роль, бо завдяки здатності мінералізувати органічні рештки мертвих організмів беруть активну участь у ґрунтоутворювальному процесі та кругообігу речовин та енергії.

Окремі види грибів, наприклад, дріжджі (аскоміцети) *використовуються людиною* у спиртовій, виноробній та хлібопекарській промисловості. Плодові тіла деяких грибів (шампіньйони, боровик та багато інших видів базидіоміцетів, а також окремі види аскоміцетів, наприклад, сморчки, трюфеля) вживаються в їжу людиною та тваринами. За допомогою окремих видів (декілька сот) зигоміцетів, аскоміцетів та дейтероміцетів одержують цілу низку корисних речовин (антибіотики, ферменти, вітаміни, органічні кислоти). Так, наприклад, антибіотики патулін, пеніцилін, грізевульфін та інші одержують із окремих видів роду пеніциллум (дейтероміцети); ферменти амілази, які розщеплюють крохмаль, – за допомогою видів роду аспергіллус (дейтероміцети); вітамін В<sub>2</sub> (рибофлавін) виділяють із ашбії (аскоміцети); лимонну кис-

лоту – із аспергіллуса чорного або продуцентів пеніциліну (дейтеромицети) тощо.

Однак значна частина видів сапротрофних грибів має для людини негативне значення. Ці гриби псують органічну сировину, особливо деревину (домовий гриб класу Базидіоміцети), продукти харчування (біла цвіль класу Зигоміцети, чорна та зелена цвілі класу Аскоміцети, пеніцили класу Дейтеромицети), що спричиняє великі збитки у господарстві.

**Паразитуючі гриби** широко представлені в усіх класах. Це – збудники злісних хвороб рослин: фітофтороз картоплі та помідорів (фітофтора класу Ооміцети), парша яблуні та груші (вентурія класу Аскоміцети), іржа та сажка злакових (відповідно пущинія та устілаго класу Базидіоміцети), фузаріоз багатьох видів рослин, церкоспороз цукрових буряків (фузаріум та церкоспора класу Дейтеромицети) та багато інших. Треба зазначити, що серед збудників хвороб рослин абсолютно домінують гриби (понад 90% усіх захворювань). Найбільшу кількість хвороб рослин спричинюють дейтеромицети (50%), а також аскоміцети та базидіоміцети (по 20%).

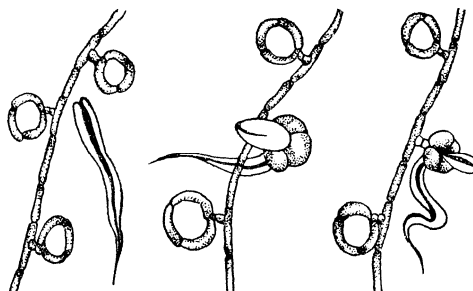
Паразитують гриби також на тваринах, комах та інших грибах. Деякі види дейтеромицетів є збудниками серйозних хвороб людини: пліснявки (оїдіум), афтозного стоматиту (молінія), дерматозів (трихофітон, епідермофітон) тощо.

Іноколи людина деяку частину паразитуючих грибів розцінює як корисну. Оскільки окремі їх види, наприклад, ентомофтора (Зигоміцети), кордицепс (Аскоміцети), септобазидіум (Базидіоміцети), аспергілус (Дейтеромицети) паразитують на комах, то цю властивість можна використати у розробці біологічного методу боротьби з шкідниками культурних рослин.

Окремі види аскоміцетів та базидіоміцетів ведуть симбіотичний спосіб життя. Вище вже згадувалося, що деякі базидіоміцети (білий гриб, боровик та інші) на коренях вищих рослин (дерев) із гіфів утворюють мікоризу. Таке співжиття значно покращує мінеральне живлення рослини, а гриб використо-

вує вуглеводи, синтезовані рослиною. Ряд видів аскоміцетів та базидіоміцетів є симбіонтами у тілі лишайників.

Зустрічаються також гриби-хижаки (артроботрис, дактиларія класу дейтероміцетів), що живляться дрібними комахами, нематодами, найпростішими (мал. 5.23).



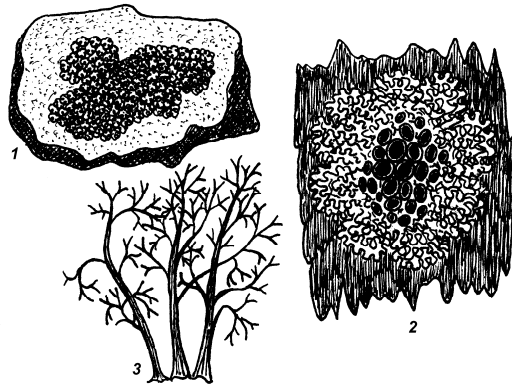
Мал. 5.23. Хижий гриб, що «ловчими кільцями» захоплює нематод.

### 5.5.2.3. Лишайники

Лишайники – це своєрідні організми, які є результатом симбіозу (співжиття) деяких видів сумчастих і базидіальних грибів та водоростей або ціанобактерій. Відомо близько 25 тис. видів лишайників. Вони поширені по всій земній кулі і живуть на ґрунті, каменях, стовбурах дерев і навіть на склі та металі.

*Слань лишайника* утворена переплетенням гіфів гриба, які на її поверхні ущільнюються, формуючи кірку. Від нижнього шару гіфів відходять ризоїди, за допомогою яких лишайники прикріплюються до субстрату. Всередині слані гіфи розташовані менш щільно, і між ними знаходяться клітини водоростей чи ціанобактерій.

За формою слані розрізняють накипні, листовидні та куцисті лишайники. Забарвлення лишайників різноманітне і зумовлюється наявністю так званих лишайникових кислот. (Мал. 5.24).



Мал. 5.24. Форми лишайників: 1 – накипна, 2 – листова, 3 – кущиста.

**Живляться** лишайники симбіотично: гіфи гриба забезпечують водорості водою та мінеральними речовинами, а водорості (або ціанобактерії) у процесі фотосинтезу утворюють органічні речовини, які частково використовуються грибами.

**Розмножуються** лишайники звичайно вегетативно: частинами слані та особливими утворами (соредіями та ізидіями), які складаються з клітин водорості, обплетених гіфами гриба.

Вони відіграють визначальну **роль у ґрунтоутворенні**, бо першими поселяються там, де не можуть жити рослини.

Лишайники дуже чутливі до забруднення атмосфери, через що їх використовують як індикатори чистоти повітря. Вони також використовуються людиною для одержання різноманітних речовин – глюкози, харчового цукру, спирту, желатини, вітамінів, антибіотиків, фарбників тощо. Вони є кормом для оленів та деяких інших свійських тварин (кладонія, цетрарія). Окремі види лишайників людина споживає у їжу, наприклад, леканору їстівну та гірофору.

#### **Запитання. Завдання**

1. Назвіть основні відділи організмів царства Дроб'янки.
2. У чому полягають особливості будови та життєдіяльності дроб'янок?

3. Обґрунтуйте поділ прокаріотних організмів на сапротрофи, симбіонти та паразити. Наведіть приклади.
4. Якими способами можуть розмножуватись дроб'янки?
5. Покажіть роль дроб'янок у природі та житті людини.
6. Охарактеризуйте паразитуючих дроб'янок як збудників хвороб інших організмів.
7. Які відділи грибів Ви знаєте?
8. Охарактеризуйте особливості будови, способу живлення та розмноження слизовиків.
9. Які класи нижчих справжніх грибів Ви знаєте?
10. Назвіть класи вищих справжніх грибів.
11. Опишіть будову тіла справжніх грибів.
12. У чому полягає вегетативне розмноження справжніх грибів?
13. Опишіть нестатеве розмноження справжніх грибів.
14. Які форми статевого розмноження справжніх грибів Ви знаєте? Дайте їх порівняльну характеристику.
15. Що таке лишайник?
16. Як лишайники класифікують за формою слані?
17. Чому лишайники розмножуються тільки вегетативним способом?
18. Поясніть роль лишайників у ґрунтоутворенні?
19. Як лишайники використовуються людиною?

## 5.6. Рослини

Вище вже йшла мова про те, що рослини є автотрофними організмами. Вони містять зелений пігмент хлорофіл, за допомогою якого здатні використовувати світлову енергію для синтезу органічних речовин із неорганічних.

На Земній кулі сьогодні визначено понад 400 тисяч видів рослин. Усі вони об'єднані у два підцарства: Нижчі рослин, або Сланеві, та Вищі рослин, або Листкостебельні.

### 5.6.1. Нижчі рослини, або водорості

Підцарство Нижчі рослини об'єднує 12 відділів водоростей: Зелені, Жовто-зелені, Золотисті, Бурі, Червоні, Діатомові та інші. Найбільш численними є зелені та діатомові водорості. Загальна кількість видів водоростей перевищує 40 тис. Розміри та форма тіла водоростей найрізноманітніші. Одні з них – одноклітинні і мають мікроскопічні розміри, інші – колоніальні або багатоклітинні, тіло яких може досягати довжини кількох метрів.

Водорості не мають корені, стебла та листків, а також провідної системи. Тіло їх складається з маси однакових клітин, які не формують тканини, і називається *сланню*, або *таломом* (від гр. *thallos* – зелена гілочка). У процесі розмноження вони не утворюють зародка.

#### 5.6.1.1. Особливості життєдіяльності водоростей

Водорості звичайно живуть у воді, але зустрічаються види, що існують на камінні, стовбурах дерев, у ґрунті і навіть на хутрі тварин.

Більшість водоростей містять хлорофіл і живляться автотрофно, проте часто їх зелене забарвлення маскується іншими пігментами. Однак численні види водоростей здатні засвоювати із оточуючого середовища і органічні речовини, внаслідок чого має місце змішане живлення різного рівня прояву. Деякі види цих водоростей за певних умов можуть повністю перейти на гетеротрофне живлення, наприклад, хлорела, хламідомонада, навікула та інші. У окремих видів водоростей ця особливість сягає так далеко, що вони повністю втрачають хлорофіл (політома, хлоротеціум тощо).

За ступенем прояву здатності до гетеротрофного живлення водорості поділяються на ряд життєвих форм, які пристосувалися до існування на інших організмах, переважно на рослинах: епіфіти, ендوفіти, паразити та симбіонти.

*Епіфіти* (від гр. *epi* – на та *phyton* – рослина) прикріплюються до поверхні іншої рослини, використовуючи її як опору. Вони живляться автотрофно за рахунок засвоєння вуглекислого газу.



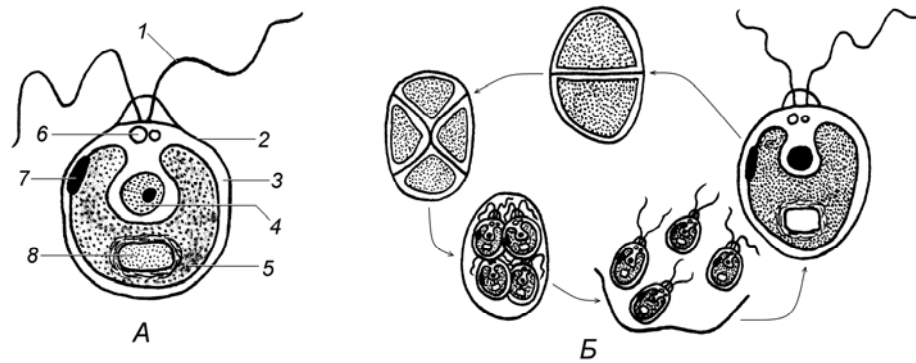
**Ендofіти** (від гр. *endon* – всередині та *phyton* – рослина) частково проникають всередину рослини між її клітинами, але не викликають помітних руйнувань тіла хазяїна.

**Паразити** не лише проникають у тіло іншої рослини, але й викликають відмирання уражених тканин, вилучаючи із них частину свого живлення. У одних паразитуючих форм водоростей наявний хлорофіл, і живлення у них змішане (зелена водорість цефалеврос). Інші – зовсім втратили хлорофіл, стали безбарвними і повністю перейшли на органічне живлення за рахунок ураженої ними рослини (червона водорість гарвеєла, зелена водорість родохітріум).

**Симбіоз** серед водоростей досить розповсюджений, класичним прикладом чого є лишайники. Зустрічається також симбіоз водоростей з інфузоріями, гідрами, червами та іншими тваринами. Це явище притаманне переважно примітивним зеленим водоростям, у першу чергу одноклітинним.

#### 5.6.1.2. Будова водоростей

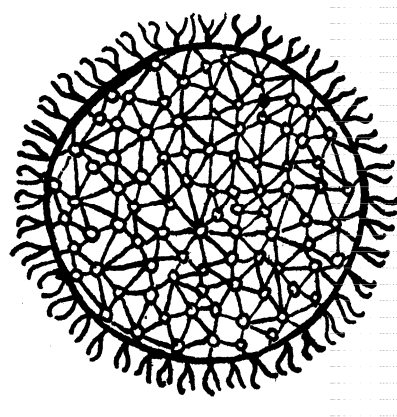
Тіло **одноклітинних водоростей** (мал. 5.25) зовні вкрито твердою целюлозною оболонкою, під якою знаходиться цитоплазма з ядром та одним або декількома пігментними органoїдами – хроматофорами (від гр. *chrōmatos* – колір та *phoros* – той, що містить). У товщі хроматофорів можна помітити особливі білкові тільця – піреноїди (від гр. *pirēn* – зернина та *eidos* – форма), навколо яких відкладаються переважно крохмаль як запасна поживна речовина. Характерними представниками одноклітинних водоростей є хламідомонада, хлорела (зелені водорості), ботрідіопсис (різноджгутикові водорості), більшість видів діатомових водоростей.



Мал. 5.25. А. Хламідомонада: 1 – джгутик, 2 – оболонка, 3 – цитоплазма, 4 – ядро, 5 – хроматофор, 6 – скоротливі вакуолі, 7 – червоне вічко, 8 – білкове тіло. Б. Безстатеве розмноження хламідомонади.

Значна частина водоростей має *багатоклітинне тіло*, внаслідок чого досягаються не лише значні його розміри, а й певна диференціація частин тіла відповідно до їх функцій.

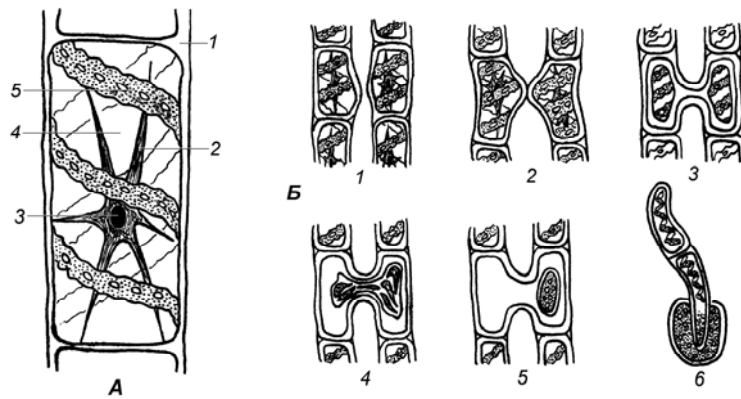
Проміжною формою між одноклітинними та багатоклітинними водоростями є колоніальні водорості (мал. 5.26). Їх тіло також складається з багатьох клітин, але всі вони абсолютно однакові та з'єднані між собою нещільно. Клітини, що формують колонію, звичайно утворюються з однієї початкової клітини, але після поділу не розходяться, як у одноклітинних форм, а залишаються разом. Представниками колоніальних водоростей є зелені водорості вольвокс та педіаструм.



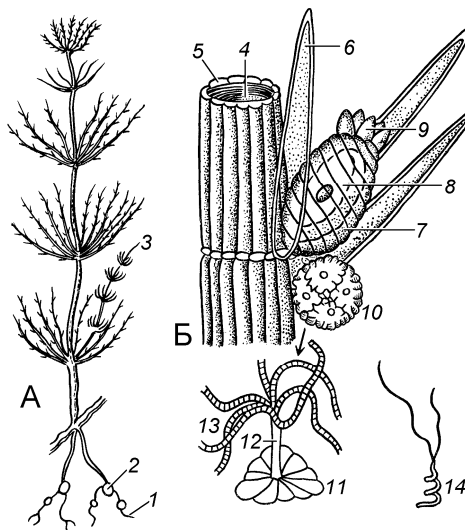
Мал. 5.26. Вольвокс.

Типові багатоклітинні водорості також формуються із однієї материнської клітини, але при цьому дочірні клітини залишаються щільно з'єднаними між собою. У подальшому дочірні клітини розмножуються поділом і деякою мірою диференціюються в залежності від місця розташування в тілі водорості.

У найпростішому випадку поділ початкової клітини здійснюється у одному напрямку, внаслідок чого формується тіло нитчастої форми, яке мають зелені прості (спірогира, улотрикс) та гілкуваті (кладофора) нитчасті водорості, що складають баговиння у прісних водоймах (мал. 5.27). Подібні форми наявні також у бурих, червоних, різноджгутикових і навіть діатомових водоростей.



Мал. 5.27. А. Клітина спірогири: 1 – оболонка, 2 – цитоплазма, 3 – ядро, 4 – вакуоля, 5 – хроматофор. Б. Статеве розмноження спірогири: 1-4 – послідовні етапи кон'югації, 5 – зигота, 6 – проростання зиготи.

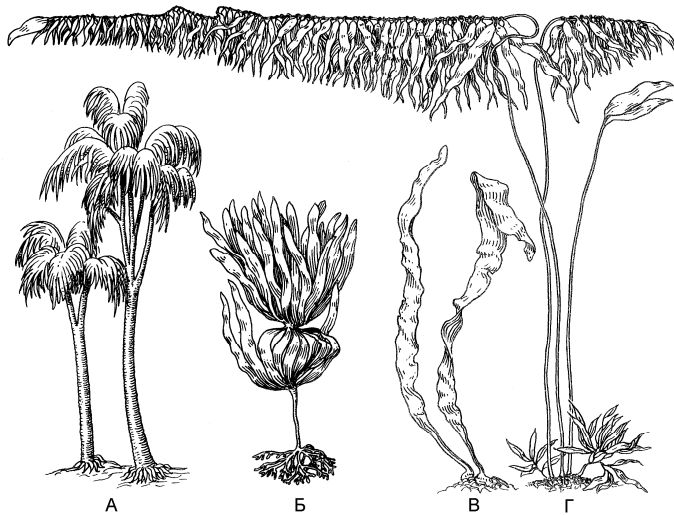


Мал. 5.28. Хара: А – загальний вигляд, Б – частина талома; 1 – ризоїди, 2 – бульбочки, 3 – бічне розгалуження, 4 – центральна клітина, 5 – зовнішні клітини, 6 – одноклітинне розгалуження, 7 – оогоній, 8 – яйцеклітина, 9 – коронка, 10 – антеридій, 11 – щит, 12 – підставка, 13 – спермагенні нитки, 14 – сперматозоїд.

Якщо початкова клітина ділиться у взаємоперпендикулярних напрямках, то утворюються пластинчасті форми (зелена водорість монострома).

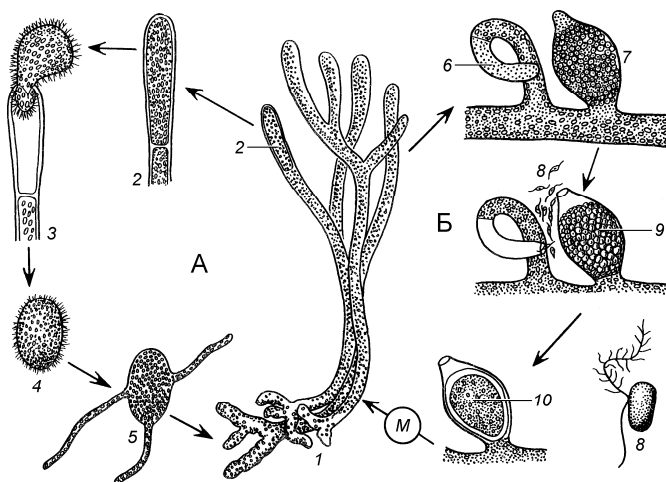
І нарешті, якщо поділ початкової клітини відбувається у трьох взаємоперпендикулярних напрямках, то формується багат шарове тіло водорості. Найвищого розвитку цей тип будови тіла досягає у зелених водоростей класу Харові, або Променясті, які відрізняються значними розмірами (довжиною до 1 м) та складною будовою (мал. 5.28). Тіло цих водоростей складається з головної вісі (“стебельця”), розташованих на ній кілець коротких ниткоподібних “листочків” та ризоїдів – тоненьких безбарвних ниточок, за допомогою яких рослина закріплюється в мулі.

Більш високим розвитком відрізняються багатоклітинні бурі водорості (мал. 5.29), які досягають десятків метрів у довжину і характеризуються досить складним зовнішнім розчленуванням тіла, яке нагадує тіло вищих рослин (саргасові водорості). Складна і їх анатомічна будова: клітини групуються у справжні, хоча й примітивні тканини – асиміляційну, провідну, механічну, запасальну тощо.



Мал. 5.29. Бурі водорості: А – лесонія, Б – ламінарія пальчаста, В – ламінарія цукрова, Г – макроцистiс.

У інших водоростей тіло може мати значні розміри та диференціювання частин за відсутності клітинної будови. Причому, ці частини нагадують листки, стебло та корені вищих рослин. У них у масі цитоплазми, оточеної загальною целюлозною оболонкою, міститься багато ядер та хроматофорів. Такі водорості називаються неклітинними (мал. 5.30). Прикладами їх можуть бути прісноводна вошерія та морська каулерпа (зелені водорості), а також ботридіум (різноджгутикові).



Мал. 5.30. Життєвий цикл вошерії: А – безстатеве розмноження; Б – статеве розмноження, М – мейоз; 1 – сифональний талом, 2 – зооспориангій, 3

– вихід зооспори, 4 – зооспора, 5 – проростання зооспори, 6 – антеридій, 7 – оогоній, 8 – сперматозоїд, 9 – яйцеклітина, 10 – зигота.

### 5.6.1.3. Розмноження водоростей

Розмноження водоростей не менш різноманітне, ніж їх будова.

**Вегетативне розмноження** водоростей відбувається поділом клітин, розпаданням ниток або колоній, частинами слані. Рідше здійснюється спеціалізоване вегетативне розмноження за допомогою бульбочок (мал. 5.28).

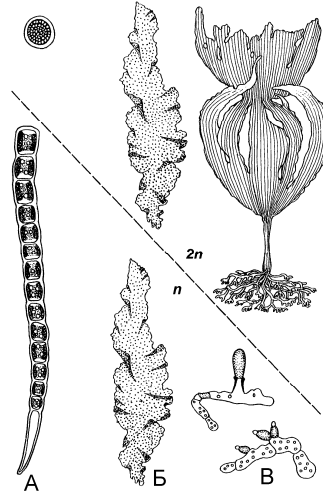
**Безстатеве розмноження** водоростей відбувається за допомогою зооспор або спор – одноклітинних утворень, що формуються всередині вегетативних клітин або в особливих органах – зооспорангіях або спорангіях шляхом поділу внутрішнього вмісту (мал. 5.25; 5.30).

**Статевий процес** у водоростей полягає у злитті двох гамет і утворенні зиготи. Зигота розвивається в нову особину. Його види досить різноманітні. Якщо зливаються дві (чоловіча та жіноча) рухомі, однакові за розмірами та формою гамет, відбувається ізогамія. Злиття двох рухомих гамет, різних за розмірами, називають гетерогамією. Оогамія – це статевий процес, коли велика нерухома жіноча гамета – яйцеклітина запліднюється маленькою чоловічою – сперматозоїдом (сперматозооном). (Мал. 5.28; 5.30). Яйцеклітини розвиваються в оогоніях, а сперматозоони – в антеридіях. Клітини, в яких формуються ізогамети та гетерогамети, називаються гаметангіями.

У одноклітинних водоростей, наприклад, у хламідомонади, під час статевого розмноження можуть зливатися (копулювати) не гамети, а дві дорослі особини. У цьому випадку із зиготи утворюється чотири дочірні водорості. Такий тип статевого процесу називають хологамією.

Деякі водорості розмножуються через кон'югацію, коли зливаються протопласти двох вегетативних клітин (спірогіра). При цьому утворюється зигота, яка дає початок новій особині. Такий вид статевого розмноження називається зигогамією.

У переважній більшості водоростей редукція числа хромосом відбувається під час проростання зиготи, і новоутворена рослина має гаплоїдний набір хромосом. Такі організми називаються гаплоїдними. У діатомових та бурих водоростей зигота проростає без редукції числа хромосом, і весь життєвий цикл їх проходить у диплоїдній фазі.



Мал. 5.31. Співвідношення диплоїдної ( $2n$ ) та гаплоїдної ( $n$ ) фаз у життєвому циклі деяких водоростей: А – улотрикс, Б – ульва, В – ламінарія.

У високоорганізованих зелених, бурих та червоних водоростей зигота без редукційного поділу проростає у диплоїдний спорофіт, на якому формуються органи нестатевого розмноження з гаплоїдними спорами або зооспорами. Спора чи зооспора проростає у гаплоїдний гаметофіт, на якому формуються статеві органи, що продукують гамети. Таким чином, у цих водоростей спостерігається **чергування фаз**, або поколінь життєвого циклу. При цьому спорофіт і гаметофіт можуть бути ізоморфними (не розрізнятися морфологічно) або ж гетероморфними (спорофіт – великий, домінуючий, а гаметофіт – редукований, дрібний). (Мал. 5.31).

#### 5.6.1.4. Розповсюдження водоростей

Як наголошувалося вище, переважна більшість водоростей живе у водному середовищі. Одні з них існують у солоній воді океанів та морів, інші – в

прісній воді річок, озер та інших водойм. Однією з основних умов життєдіяльності водоростей є наявність світла, тому в поверхневих шарах води їх завжди більше.

За місцем існування водорості поділяються на дві великі групи: ті, що живуть у водоймах, та ті, що живуть поза водоймами. У кожній з цих груп розрізняють екологічні форми існування водоростей. Водорості, що живуть у водоймах, поділяються на планктон, бентос, перифітон. **Планктон** (від гр. *plankton* – те, що блукає) складають дуже дрібні водорості, які знаходяться у товщі води в завислому стані (хламідомонада, вольвокс, пондорина, макроцистіс тощо). **Бентос** (від гр. *benthos* – глибина) – це водорості, які живуть на дні водойм (харові, багато діатомових). **Перифітон** (від гр. *peri* – біля та *phyton* – рослина) складають водорості, якими обростають підводні предмети або вищі рослини водойм (червоні та бурі водорості морів). Деякі види водоростей спроможні існувати в гарячих джерелах, а також у водоймах з підвищеною концентрацією солей.

Водорості, які живуть поза водоймами діляться на **грунтові** – живуть на ґрунті або у ґрунті (ботридій, деякі види вошерії), **наземні** – на корі дерев, на скелях (трентеполія, плеврокок та інші).

#### 5.6.1.5. Значення водоростей у природі та житті людини

Водорості відіграють велику роль у природі. Вони, як і вищі рослини на суші, є джерелом органічних речовин та кисню у водоймах. У комплексі з бактеріями та найпростішими водорості беруть участь у процесі природного очищення води.

Водорості широко використовуються людиною. З давніх часів численні їх види вживалися у їжу (ламінарія, порфіра), на корм худобі, для удобрення полів. Крім того, вони використовуються як промислова сировина для отримання численних корисних речовин: органічних кислот, етилового і метилового спиртів, ацетону, ефірів, ферментів, вітамінів, антибіотиків тощо. Із червоних водоростей (філофора, гелідіум, анфелція) отримують агар, який ви-



користовується в мікробіології та кондитерській промисловості. Окремі види водоростей мають цілющі властивості і вживаються в медицині (ламінарія). Із деяких видів зелених водоростей (кладофора, ризоклоніум) виготовляють папір.

Разом з тим водорості можуть мати і негативне значення. Так, при інтенсивному розмноженні у водоймах вони викликають так зване цвітіння води, роблячи її непридатною для використання, забруднюють насосні станції та водоводи. Деякі види водоростей покривають днища суден, буї, погіршуючи їх експлуатацію.

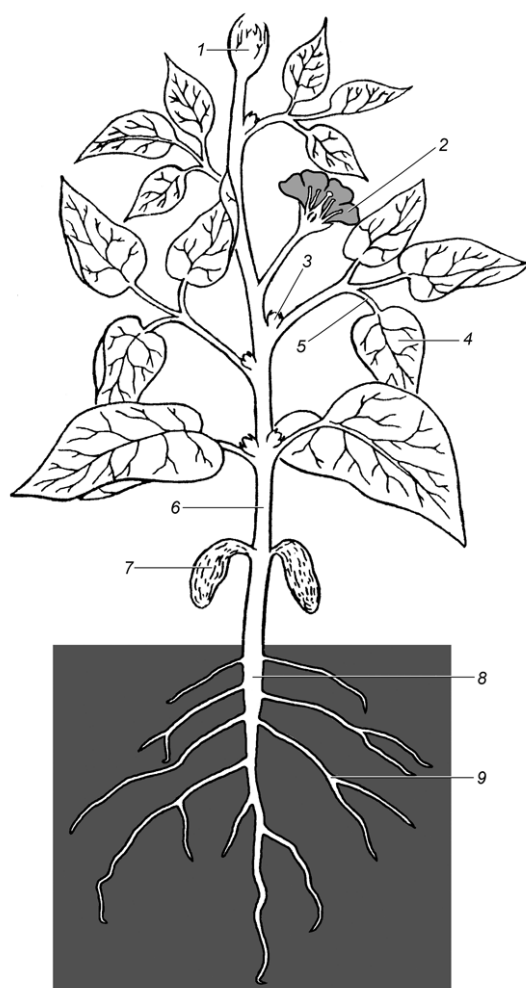
#### *Запитання. Завдання*

1. Чому рослини є автотрофними організмами?
2. Які підцарства рослин Ви знаєте?
3. Назвіть найбільш чисельні відділи водоростей, що утворюють підцарство Нижчих рослин.
4. У чому полягають особливості життєдіяльності водоростей?
5. Замалюйте будову хламідомонади як одного із типових представників одноклітинних водоростей. Позначте всі його органи.
6. У чому полягають відмінності колоніальних водоростей від одноклітинних та багатоклітинних?
7. Замалюйте статеве та безстатеве розмноження водоростей на прикладі хламідомонади та спірогири.
8. Опишіть будову багатоклітинних бурих водоростей.
9. У чому полягає вегетативне та нестатеве розмноження водоростей?
10. Опишіть особливості статевого розмноження у різних водоростей.
11. Які існують групи водоростей за місцем існування.
12. Назвіть екологічні форми існування водоростей.
13. У чому полягає позитивна роль водоростей у природі і в житті людини?
14. Чи можуть водорості відігравати негативну роль у природі та житті людини? Обґрунтуйте.

### 5.6.2. Вищі рослини

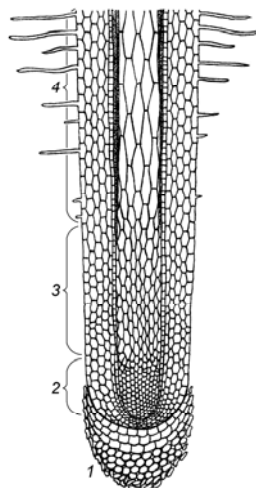
До вищих рослин відносяться багатоклітинні рослинні організми, які ведуть переважно наземний спосіб життя. Тіло цих рослин диференційоване на тканини та органи. Зовні воно вкрите покривною тканиною, що захищає його від несприятливих умов зовнішнього середовища. Вищі рослини мають провідні тканини, які забезпечують обмін речовин між підземними та наземними органами. У них добре розвинений фотосинтезуючий орган листок, а також запасальні та механічні тканини.

Кожний орган рослини виконує певну функцію. Такими органами у вищих рослин є вегетативні (корінь, стебло, листок) та репродуктивні органи (мал. 5.32).



Мал. 5.32. Схематичне зображення дводольної рослини: 1 – верхівкова брунька, 2 – квітка, 3 – пазушна брунька, 4 – листкова пластинка, 5 – черешок листка, 6 – стебло, 7 – сім'ядоля, 8 – головний корінь, 9 – боковий корінь

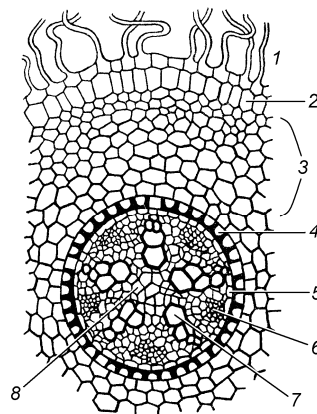
**Корінь** фіксує рослину в ґрунті та поглинає з нього воду з розчиненими в ній мінеральними солями, що є поживою для рослини. Всмоктування поживи з ґрунту здійснюється за допомогою корневих волосків, які вкривають кількामіліметрову зону кінчика кореня. Коренева система рослин може бути двох типів – стрижнева та мичкувата. *Стрижнева коренева система* складається з головного та бічних коренів різних порядків (першого, другого, третього і т.д.). Вона характерна для більшості рослин (ялина, липа, квасоля тощо). *Мичкувата коренева система* складається з маси придаткових коренів, які пучком ростуть від основи стебла (кукурудза, пшениця, цибуля). У вищих спорових рослин коренева система представлена масою придаткових коренів на кореневищі (хвощеподібні, папоротеподібні тощо).



Мал. 5.33. Зони кінчика молодого кореня: 1 – кореневий чохлак, 2 – зона поділу клітин, 3 – зона росту (розтягування клітин), 4 – всисна зона (зона корневих волосків)

На поздовжньому розрізі головні бічні та придаткові корені мають подібну анатомічну будову і в них можна розрізнити чотири зони: зону поділу

клітин, зону розтягування клітин, зони всмоктування та проведення (мал. 5.33). Зони поділу та розтягування клітин розташовані на самому кінчику кореня. **Зона поділу** на верхівці захищена **кореневим чохлаком** від ушкодження частинками ґрунту. Вона складається з первинної утворювальної тканини. Вище поділ клітин поступово припиняється, вони потовщуються та витягуються у довжину. Це – **зона розтягування**. Далі розташована **зона всмоктування**. В ній з клітин покривної тканини формуються кореневі волоски, які поглинають з ґрунту розчин мінерального живлення. Вони не довговічні, живуть 15-20 днів, а потім відмирають і злущуються. Нові волоски утворюються у процесі росту кінчика кореня у довжину. Внаслідок цього зона всмоктування пересувається весь час вниз і завжди розташована поблизу кінчика кореня. До зони всмоктування прилягає **провідна зона**, яка тягнеться аж до кореневої шийки, яка знаходиться на межі кореня та стебла, і становить більшу частину кореня. В цій зоні відбувається переміщення різних поживних речовин, а також утворення бічних коренів.



Мал. 5.34. Первинна анатомічна будова кореня: 1 – ринодерма, 2 – ексодерма, 3 – мезодерма, 4 – ендодерма, 5 – перицикл, 6 – флоема, 7 – ксилема, 8 – паренхіма.

**Анатомічна будова кореня** може бути первинною та вторинною. **Первинна** будова є початковою і однаковою для коренів більшості вищих рослин. Вона формується в зоні всмоктування. На поперечному зрізі при пер-

винній будові кореня розрізняють первинну кору та центральний циліндр (мал. 5.34). Зовнішній шар клітин з кореневими волосками називається ризодермою (від гр. *rhiza* – корінь та *derma* – шкіра). Наступний шар – екзодерма (гр. *exō* – зовні) – складається з щільно зімкнутих клітин, які згодом корковіють і виконують захисну функцію. За екзодермою розташована мезодерма (гр. *mesos* – середній), яка складає основну масу первинної кори. Це – живі клітини основної паренхіми, по яких поживний ґрунтовий розчин рухається до ендодерми. Ендодерма (гр. *endon* – всередині) являє собою один шар щільно зімкнутих клітин, які регулюють надходження поживних ґрунтових речовин в ксилему.

Центральний циліндр починається одинарним шаром живих паренхімних клітин, здатних до меристемної діяльності, і називається перициклом (від гр. *peri* – навколо та *kuklos* – круг). Перицикл утворює бічні корені та додаткові бруньки. Решта центрального циліндра зайнята радіальним провідним пучком, у якому ксилема розташована в центрі та утворює декілька гострих виступів у вигляді променів, що досягають перициклу. Між виступами ксилеми розташовані ділянки флоєми.

У одних рослин, наприклад однодольних покритонасінних, така будова кореня зберігається все життя. При цьому у ній відсутня ризодерма, а захисну функцію виконую екзодерма. У інших рослин – голонасінних та дводольних покритонасінних – корені здатні до вторинних змін внаслідок утворення вторинних утворювальних тканин – фелогену та камбію. В результаті складних перетворень формується **вторинна будова кореня**, яка складається з центрального циліндра, вкритого корком. Тканини первинної кори відмирають і злущуються.

У деяких рослин корінь здатен накопичувати запасні поживні речовини, внаслідок чого формує коренеплід (морква, редис тощо), або коренебульби (жоржина, топінамбур, хвощ польовий та інші).

**Стебло** рослини є надземним продовженням кореня. Воно несе на собі листки та репродуктивні органи. **Анатомічна будова стебла**, як і кореня,

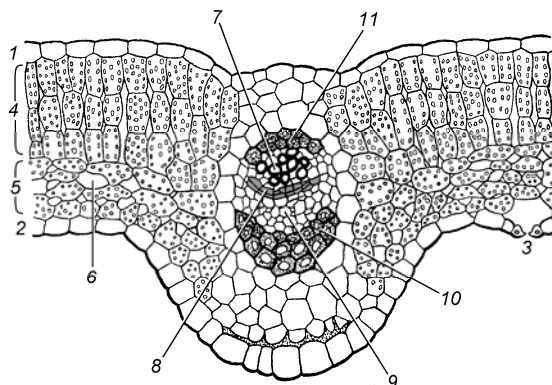
буває первинною та вторинною. На поперечному розрізі *первинного стебла* теж розрізняють первинну кору та центральний циліндр. Первинна кора стебла за будовою подібна до первинної кори кореня, але тут, звичайно ж, відсутня ризодерма, а під епідермою розташована механічна тканина. Крім того, значна частина клітин основної паренхіми містить хлоропласти. В центрі центрального циліндра є серцевина, яка складається з великих паренхімних клітин, де можуть накопичуватись запасні поживні речовини.

У голонасінних та дводольних покритонасінних рослин первинна будова наявна лише у молодих пагонів, а потім вона трансформується у вторинну подібно до кореня. *Вторинна будова стебла* може бути пучковою (горох, конюшина, кріп), перехідною (соняшник, жоржина) та непучковою (сосна, липа, яблуня, льон).

Однорічне стебло з листками та бруньками називається **пагоном**. Пагін розвивається з бруньки. У ньому під покривною тканиною розташована зелена асимілююча тканина, внаслідок чого фотосинтез здійснюється не лише в листках, а й по всій поверхні пагона. Пагін може *зазнавати видозмін* і ставати вусиком, колючкою, кореневищем, бульбою, цибулиною тощо. Вусики – це довгі тонкі пагони з редукованими листочками, за допомогою яких рослина (виноград, огірок та інші) прикріплюється до різних предметів. Колючки – вкорочені пагони без листків, що захищають рослину від поїдання тваринами (глід, дика яблуня тощо). Кореневище являє собою видозмінений підземний пагін з бруньками і лускоподібними листочками (хвощ польовий, папороть, осока, пирій, півники та інші). У ньому накопичуються запасні поживні речовини. Бульбами називають м'ясисті потовщення пагонів. Листки у бульб редуковані, а в їх пазухах містяться бруньки, які називаються вічками. Бульби бувають надземними (капуста кольрабі) та підземними (картопля). Цибулина складається з укороченого стебла (денця), на якому розташовані численні тісно зближені листки і додаткові корені. На верхівці денця знаходиться брунька. У багатьох рослин (цибуля, тюльпан) з цієї бруньки утворюється надземний пагін, а з бічних пазушних бруньок формуються нові цибулини.

Листок рослини здійснює не лише *фотосинтез*, а й *газообмін та транспірацію*. При наявності світла у клітинах асиміляційної тканини листка, яка складає його основну масу, за допомогою хлорофілу здійснюється синтез моносахариду глюкози. Для цієї реакції потрібен вуглекислий газ, який поглинається листком через продихи в його покривній тканині (епідермі) з атмосфери, та вода, яка надходить по стеблу з кореня. Через продихи відбувається також дихання (засвоєння кисню) та виділення рослиною водяної пари в атмосферу. Фотосинтез та дихання є протилежними процесами. Вдень, за умови достатнього освітлення в листках відбувається фотосинтез і незначною мірою дихання. Вночі рослина виключно дихає. За хмарної та холодної денної погоди обидва процеси в рослині відбуваються з однаковою інтенсивністю. У цьому випадку органічна речовина практично не накопичується, що знижує продуктивність рослин.

Листки рослин характеризуються надзвичайною різноманітністю за розмірами, формою, жилкуванням, ступенем розсічення листкової пластинки та характером її краю. Вони бувають простими (папороть, яблуня, морква, кукурудза) та складними (каштан, акація, конюшина).



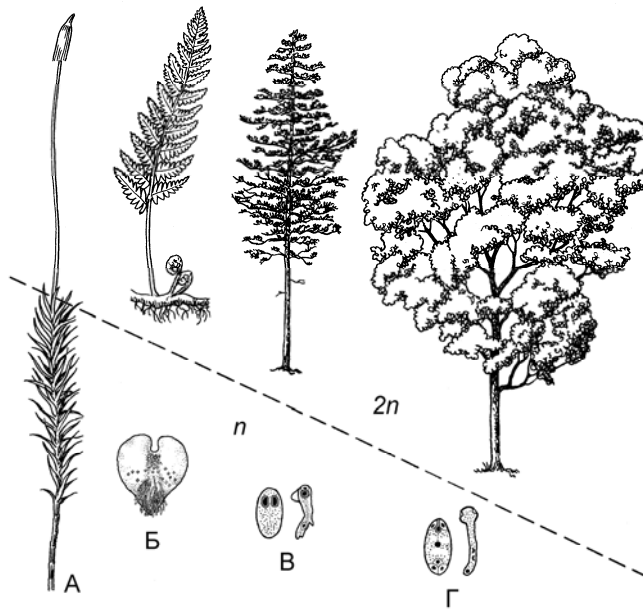
Мал. 5.35. Анатомічна будова пластинки листка: 1 – верхня епідерма, 2 – нижня епідерма, 3 – продих, 4 – стовпчаста паренхіма, 5 – губчаста паренхіма, 6 – міжклітинник, 7 – ксилема, 8 – камбій, 9 – флоема, 10 – механічна тканина, 11 – механічна тканина (волокна)

**Анатомічна будова листка** значно простіша, ніж у кореня та стебла, і визначається його основними функціями – фотосинтезом, газообміном і транспірацією (мал. 5.35). Верхня і нижня поверхні листової пластинки вкриті епідермою (від гр. *epi* – зовні та *derma* – шкіра), яка складається з одного шару живих безбарвних. У епідермі знаходяться продихи, через які здійснюється газообмін і транспірація. Основну масу листової пластинки складає асиміляційна паренхіма, клітини якої містять численні хлоропласти. Верхня частина її називається стовпчастою паренхімою, основною функцією якої є фотосинтез. Під стовпчастою знаходиться губчаста паренхіма, де відбувається газообмін і транспірація. У товщі асиміляційної паренхіми розташовані провідні пучки, які здійснюють постачання листка водою і розчиненими в ній речовинами та виведення із листка асимільованих тут речовин. Крім того пучки виконують механічну функцію.

У деяких видів рослин спостерігаються різноманітні **видозміни листків**: колючки (кактус, барбарис, троянда), вусики (горох, вика), м'ясисті лусочки (цибулина цибулі, тюльпана), дрібні сухуваті лусочки (хвощ польовий), частини квітки (покритонасінні рослини).

Характерною особливістю усіх вищих рослин є **ритмічне чергування поколінь**, або фаз розвитку – нестатевого (спорофіту) та статевого (гаметофіту). Спорофіт у клітинах містить диплоїдну кількість хромосом. На ньому розвиваються багатоклітинні спорангії з нерухомими спорами. У процесі спороутворення відбувається редукція числа хромосом і тому гаметофіти, що розвиваються зі спор, у клітинах тіла містять гаплоїдну кількість хромосом. На гаметофіті формуються багатоклітинні репродуктивні органи: антеридії – чоловічі та архегонії – жіночі. В архегоніях утворюються нерухомі яйцеклітини, а в антеридіях – сперматозоони, які у спорових рослин рухомі (сперматозоїди), а у насінневих – нерухомі (спермії). Після запліднення (злиття чоловічої та жіночої гамет) утворюється зигота, в якій відновлюється диплоїдна кількість хромосом. Із зиготи формується багатоклітинний зародок, а потім спорофіт.





Мал. 5.36. Співвідношення гаметофіта ( $n$ ) і спорофіта ( $2n$ ) у різних груп вищих рослин: А – мохоподібні, Б – папоротеподібні, В – голонасінні, Г – покритонасінні

По мірі ускладнення організації тіла вищих рослин (від мохоподібних до покритонасінних) відбувається поступове спрощення антеридіїв та архегоніїв (мал. 5.36). Уже у деяких голонасінних архегоній відсутній, а у покритонасінних від архегонію залишилася лише яйцеклітина, яка розвивається в зародковому мішку (жіночому гаметофіті). Те ж саме можна сказати і про антеридій та чоловічий гаметофіт, який у насінневих рослин представлений лише пророслою пилковою зерниною. Одночасно з цим у життєвому циклі вищих рослин спостерігається тенденція до переваги спорофіта та його удосконалення.

Налічується **понад 350 тис. видів вищих рослин**, які поширені по всій Земній кулі в різних кліматичних зонах. За сучасною класифікацією вони поділяються на 10 відділів: Риніофіти, Зостерофілофіти, Тримерофіти, Псило-тофіти, Мохоподібні, Плауноподібні, Хвощеподібні, Папоротеподібні, Голонасінні та Покритонасінні. Представники перших трьох відділів – виключно

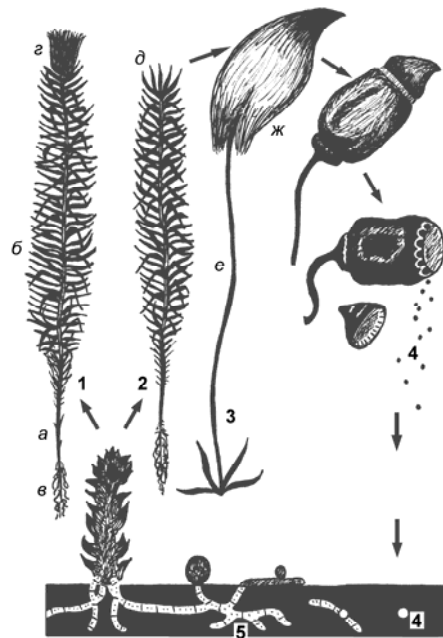
вимерлі рослини, інші відділи представлені як вимерлими, так і існуючими нині групами рослин.

Перші 8 відділів вищих рослин об'єднуються у групу вищих спорових рослин, а 2 останні – у групу насінневих рослин.

### 5.6.2.1. Вищі спорові рослини

Налічується понад 45 тис. видів вищих спорових рослин (в Україні – близько 1 тис.). Усі вони є багаторічними трав'янистими рослинами різних розмірів і розмножуються за допомогою *спор*. За сприятливих умов спора проростає і дає початок гаметофіту.

*Зпліднення* можливе лише за наявності води, за допомогою якої рухомі сперматозоони здатні досягти яйцеклітини в архегонії. Із зиготи розвивається зародок, а потім спорофіт. У життєвому циклі спорових рослин *домінують спорофіти*. Їх гаметофіт, або заросток, має незначні розміри (діаметр від 2-3 мм у плауноподібних до 1 см у папоротеподібних; мал. 5.38).



Мал. 5.37. Зелений мох зозулин льон та його розвиток: 1 – чоловічий гаметофіт, 2 – жіночий гаметофіт, 3 – спорофіт, 4 – спори, 5 – протонема; а – стебло, б – листки, в – ризоїди, г – антеридії, д – архегонії, е – ніжка, ж – коробочка.



Мал. 5.38. Чоловіча папороть та її розвиток: 1 – спорофіт, 2 – частина листка з сорусами, 3 – сорус, 4 – спорангій, 5 – проростаюча спора, 6 – заросток (гаметофіт), 7 – заросток з молодим спорофітом; а – спорангій, б – покривало, в – ризоїди, г – антеридії, д – архегонії, е – молодий спорофіт.

Виключенням є мохоподібні, де у життєвому циклі домінує гаметофіт, який у окремих видів може досягати висоти 60 см. Функції коренів у нього виконують ризоїди. Елементи провідних тканин – трахеїди та ситоподібні трубки наявні лише у вищих мохоподібних (зозулин льон, сфагнум). Спорофіт існує на жіночому гаметофіті як паразит, бо позбавлений вегетативних органів. (Мал. 5.37).

Сучасні вищі спорові рослини не відіграють значної ролі в біосфері за виключенням того, що вони є складовою частиною біогеоценозів (*bios* – життя, *gē* – земля та *koinos* – разом). Сфагнові мохи накопичують велику кількість води, чим сприяють заболоченню значних територій. Разом з тим на старих болотах вони є джерелом цінного палива – торфу. Спори плауна використовуються в медицині як дитяча присипка, в металургії для фасонного лиття та у піротехніці. У медицині вживають також хвощ польовий (сечогінний засіб), папороть чоловічу (глистогінний засіб) та інші спорові рослини. Окремі види папоротеподібних використовуються в декоративному садівни-

цтві. Деякі види спорових рослин є бур'янами на полях та пасовищах з кислими ґрунтами (хвощ польовий).

#### 5.6.2.2. Насінневі рослини

Насінневі рослини, порівняно зі споровими, мають більш високий рівень організації, оскільки розмножуються за допомогою *насіння* – якісно нового, багатоклітинного утворення. Статевий процес у них не залежить від наявності води, внаслідок чого вони за сучасних, більш посушливих кліматичних умов мають значні переваги порівняно з іншими наземними рослинами, що сприяло їх розмноженню та розповсюдженню по всій Земній кулі. Сьогодні нараховується близько 300 тис. видів насінневих рослин.

У насінневих рослин спостерігається подальше удосконалення і ще більша перевага у життєвому циклі спорофіта і редукція гаметофіту, існування якого повністю залежить від спорофіта.

Усі насінневі рослини різноспорові, тобто вони утворюють спори двох типів: мікроспори та мегаспори. Мікроспори дають початок чоловічому гаметофіту, а мегаспори – жіночому. Мікроспори розвиваються в спеціальних органах – пилкових мішках, або пиляках. Чоловічим гаметофітом у насінневих рослин є проросле пилкове зерно, що утворило пилкову трубку. Мегаспори розвиваються в особливих утвореннях – насінних зачатках. Із мегаспори формується жіночий гаметофіт, у якому і здійснюється запліднення. Останнє не потребує наявності води, бо нерухомі чоловічі гамети досягають яйцеклітини у складі цитоплазми пилкової трубки. Із зиготи розвивається зародок, а сам насінний зачаток перетворюється в насініну.

Як згадувалося вище, насінневі рослини діляться на два відділи: Голонасінні – розмножуються насінням, але не утворюють плодів, та Покритонасінні – насіння вкрите плодом.

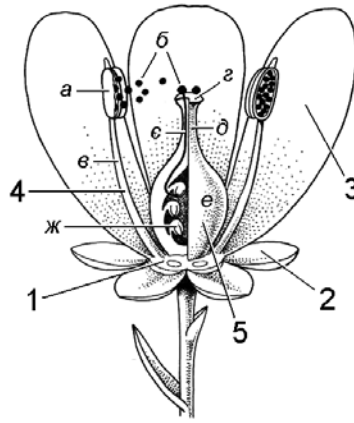
**Голонасінні рослини.** Сучасні голонасінні рослини є вимираючим відділом насінневих рослин і налічують всього близько 700 видів, у тому числі в

Україні 19. Специфічним органом розмноження цих рослин є шишка. Чоловічі шишки продукують пилок, а в жіночих шишках розвивається насіння.

Голонасінні – це *переважно дерева*, рідше чагарники або здерев'янілі ліани. Трав'янисті форми відсутні. За деякими винятками, голонасінні – вічнозелені рослини. Вони широко розповсюджені в північній півкулі. Представники цього відділу – хвойні (сосна, ялина, модрина тощо) утворюють великі лісові масиви.

Серед голонасінних рослин є багато цінних дерев, деревина яких широко використовується як будівельний матеріал та сировина для одержання паперу, спирту та інших цінних речовин. Із смоли хвойних дерев добувають скипидар, каніфоль, камфору, деревний оцет тощо. Ряд видів хвойних використовується в декоративному садівництві, а хвойні ліси є місцями відпочинку та лікування.

**Покритонасінні рослини.** Найбільш чисельним та розповсюдженим на Землі є відділ покритонасінних рослин, який нараховує до 300 тис. видів (в Україні 5 тис.) *дерева, кущі та трав'янистих форм*. Покритонасінні рослини мають добре розвинену провідну систему. Найзначнішою особливістю їх є наявність спеціального органу статевого розмноження – квітки. *Квітка* – це видозмінений, вкорочений пагін, який складається з квітконіжки, квітколожа, чашечки, віночка, тичинок та маточки (мал. 5.39). Чашечка утворена чашолистками, а віночок – пелюстками. Кожна тичинка складається з пиляка та тичинкової нитки. Нижня, розширена частина маточки називається зав'язю, середня, циліндрична – стовпчиком, а верхня, трохи розширена – приймочкою.



Мал. 5.39. Схематична будова квітки: 1 – квітколоже, 2 – чашолистик, 3 – пелюсток віночка, 4 – тичинка (а – пиляк, б – пилочок, в – тичинкова нитка), 5 – маточка (г – приймочка, д – стовпчик, е – зав’язь, е – пилкова трубка, ж – насінний зачаток).

У більшості рослин квітки зібрані у суцвіття, які бувають простими та складними. **Прості суцвіття** мають нерозгалужену вісь. До них належать китиця (конвалія, біла акація, черемшина), колос (подорожник, вербена), сережка (береза, тополя), кошик (соняшник, кульбаба, айстра), головка (конюшина, черсак), щиток (груша, таволга японська), зонтик (вишня, цибуля), початок (кукурудза, лепеха). **Складні суцвіття** характеризуються тим, що головна вісь у них галузиться. Вони бувають невизначеними: волоть (бузок, овес), складний колос (ячмінь, жито, пшениця), складний щиток (горобина, деревій), складний зонтик (морква, кріп, петрушка) та визначеними: завиток (медунка, живокіст), звивина (гладіолус, гравілат), розгілля (гвоздика, мильниця).

Квітки бувають двостатевими (наявні тичинки та маточки) та одностатевими (маточковими або тичинковими). Рослини з одностатевими квітками поділяються на дві групи: однодомні та дводомні. У однодомних рослин тичинкові і маточкові квітки розташовані на одній особині, наприклад, у горіха, огірка, гарбуза. У дводомних рослин маточкові квітки знаходяться на одній особині, а тичинкові – на іншій (коноплі, шовковиця, тополя).

Процес перенесення пилку з пиляка на приймочку маточки називається **запиленням**. Розрізняють самозапилення та перехресне запилення. Більш поширеним є перехресне запилення, яке може здійснюватись за допомогою вітру (горіх, дуб, тополя, жито, сосна), комах (яблуня, груша, слива, вишня, соняшник, гречка, люцерна, конюшина та інші – всього майже 90% усіх видів покритонасінних рослин), води (стрілолист, кушир), птахів (орхідеї за допомогою колібрі). У селекційній практиці широке застосування нашло штучне запилення, яке здійснюється за допомогою людини.

Пилок, потрапляючи на приймочку маточки, проростає, утворюючи довгу пилкову трубку. Пилкова трубка росте через тканину стовпчика у напрямку зародкового мішка, який знаходиться всередині зав'язі, в насінному зачаткові. У цей час у ній із генеративного ядра пилкового зерна утворюється два сперматозоона (спермія). Коли пилкова трубка досягає зародкового мішка, обидві чоловічі гамети проникають у нього. Одна із них зливається з яйцеклітиною, внаслідок чого утворюється зигота, із якої розвивається зародок. Інший сперматозоон зливається з центральним ядром зародкового мішка, в результаті чого формується запасальна тканина ендосперм (від гр. *endon* – всередині та *sperma* – насінина). Таке **запліднення** дістало назву **подвійного**. Воно характерне лише для покритонасінних рослин. Внаслідок подвійного запліднення утворюється насінина, яка складається з зародка, поживної тканини (ендосперма чи сім'ядоль) і оболонки. Остання формується з покривів насінного зачатка. Насіння у покритонасінних рослин звичайно вкрите оплоднем, який розвивається з стінок зав'язі.

Оплодень з насінням, що в ньому знаходиться, називається плодом. **Плоди** можуть бути сухими: біб (горох, квасоля, боби), стручок (капуста, свиріпа), коробочка (мак, тюльпан), сім'янка (соняшник, кульбаба), зернівка (пшениця, кукурудза), горіх (ліщина, липа) та соковитими: ягода (виноград, помідор), яблуко (яблуня, груша, горобина), гарбуз (кавун, гарбуз, огірок), помаранча (лимон, апельсин), кістянка (вишня, слива, абрикоса). Розрізняють

ще збірну сім'янку (полуниці, суниці) та збірну кістянку (малина, шовковиця).

**Розповсюдження плодів та насіння.** Чим на більші відстані здатне розповсюджуватись насіння рослин, тим краще забезпечується освоєння рослинами території та виживання виду. У рослин мають місце різноманітні особливості будови плодів та насіння, які сприяють цьому процесові. Факторами розповсюдження насіння та плодів є вітер, вода, тварини та людина, а також деякі особливості будови плодів, які забезпечують розкидання насіння.

Численні рослини мають різноманітні пристосування для поширення насіння *вітром*. У одних плоди і насіння дуже малі та легкі, внаслідок чого легко тримаються в повітрі та переносяться на значні відстані (орхідея, вовчок). У інших – розвиваються різні волосинки або вирости (верба, осика, кульбаба, ковила, сон-трава), а також крилатки (клен, береза, щавель, сосна, ялина).

**Водою** розповсюджуються плоди та насіння, які мають в тканинах досить повітря і захищені спеціальною водонепроникною тканиною, завдяки чому довгий час можуть перебувати на водяній поверхні (плоди кокосової пальми, насіння півників, багатьох болотяних та водяних рослин).

За допомогою *тварин та людини* розповсюджуються чіпкі або клейкі плоди та насіння (череда, лопухи, парило), а також насіння, що мають соковиті та м'ясисті оплодні, які є поживою (черешні, горобина, шовковиця, оме-ла та подібні). Мурахи разносять насіння, що має поживні придатки (фіалка, гусяча цибуля, чистотіл).

Плоди жовтої акації, гороху, фіалки, розрив-трави розкриваються з тріском і розкидають своє насіння.

**Класифікація покритонасінних рослин.** Покритонасінні рослини значною мірою розрізняються між собою будовою та особливостями життєдіяльності. Серед них зустрічаються дуже дрібні (ряска) та рослини-гіганти, що досягають висоти понад 100 метрів (евкаліпт). Відомі паразитуючі покритонасінні (повитиця, вовчок) і навіть комахоїдні (росичка, мухолівка). Рос-



лини цього відділу різняться і за тривалістю життя. Так африканський баобаб може жити до 5 тис. років, а трава туркменська гуньба здійснює повний життєвий цикл за 5-6 тижнів.

Покритонасінні рослини добре пристосовані до різноманітних умов існування і тому мають широке географічне розповсюдження: від крайньої півночі до тропіків. Деякі види живуть на горах на висоті 5 тис. метрів над рівнем моря, в пекучій пустелі, у воді боліт, озер, річок і навіть у солоній морській воді.

Відділ покритонасінних рослин поділяється на два класи: Однодольні та Дводольні.

**Однодольні рослини** нараховують біля 60 тис. видів, які групуються у 65 родин. Вони характеризуються наявністю однієї сім'ядолі в насініні, мичкуватою кореневою системою, паралельним або дуговим жилкуванням листків. Їх стебло і корінь позбавлені камбію і тому протягом життя не ростуть у товщину. Крім того, однодольні рослини мають прості листки, а кількість частин квітки у них дорівнює або кратна трьом. Найчастіше однодольні – трав'янисті рослини. До них належать такі родини: Лілійні (лілія, тюльпан, цибуля), Осокові (осока, очерет, пухівка), Злакові (кукурудза, пшениця, тимофіївка).

**Дводольні рослини** діляться на 325 родин, які об'єднують біля 180 тис. видів. Вони відрізняються двома сім'ядолями в насініні, стрижневою кореневою системою, сітчастим жилкуванням листків. Завдяки наявності камбію їх стебло та корінь ростуть протягом усього життя. Листки цих рослин можуть бути простими та складними, а кількість частин квітки – рівне або кратне п'яти (інколи чотирьом). Дводольні можуть бути деревами, кущами та трав'янистими рослинами. Нижче подаються деякі родини дводольних рослин: Трояндові (яблуня, груша, слива, вишня), Бобові (горох, соя, конюшина), Хрестоцвіті (капуста, редька, гірчиця), Гарбузові (гарбуз, огірок, кабачок), Зонтичні (морква, кріп, любисток), Айстрові (соняшник, топінамбур,

айстра, кульбаба), Пасльонові (картопля, помідор, тютюн), Губоцвіті (м'ята, лаванда, чебрець), Лободові (буряк, лобода).

**Значення рослин.** Рослини, перш за все покритонасінні, відіграють визначальну роль у природі та житті людини. Вони відновлюють вміст кисню в атмосфері, який потрібен для дихання живих організмів, виділяючи його в процесі фотосинтезу. Одночасно рослини поглинають з атмосфери вуглекислий газ, який виділяється при горінні, розкладанні органічних речовин та живими організмами у процесі дихання. Вони є єдиними на Землі продуцентами органічних речовин із мінеральних, поповнюючи їх природні втрати в результаті живлення тварин та людини, а також розкладання органічних решток мертвих організмів на мінеральні речовини. Рослини разом з бактеріями та грибами беруть головну участь у кругообігу речовин та енергії у природі. Можна з впевненістю сказати, що без рослин життя на нашій планеті було б неможливим. З іншого боку, вони здійснюють значний вплив на погоднокліматичні умови, температурний та водний режим того чи іншого регіону суходолу. Рослини також є утворювачами ґрунту – поверхневого родючого шару земної кори.

Людина з найдавніших часів широко використовує рослини. У наш час кількість корисних рослин складає 23 тис. видів, із яких 20 тис. видів – покритонасінні. Переважну більшість цих видів людина культивує в сільському господарстві. Частина тіла цих рослин (насіння, плоди, корені, стебла та листки) містять численні запасні поживні речовини (вуглеводи, білки, жири, вітаміни тощо) і є поживою для людини та тварин. Із рослин людина виготовляє будівельні матеріали, папір, волокно для тканин, каучук, смоли, дубильні речовини, ефірні масла, фарби, ліки, клей та багато інших корисних матеріалів. У багатьох регіонах земної кулі рослини є єдиним джерелом палива для приготування їжі та обігріву житла. Численні види рослин людина використовує у натуральному вигляді для лікування різноманітних хвороб. Крім того, рослини для людини мають важливе естетичне значення, свідченням чому є

озеленення населених пунктів, створення парків, культивування рослин в теплицях та помешканнях.

*Запитання. Завдання*

1. Дайте схематичний опис будови дводольної рослини.
2. Порівняйте будову стрижневої та мичкуватої кореневих систем.
3. Назвіть видозміни кореня та наведіть приклади.
4. У чому полягають відмінності первинної та вторинної анатомічної будови кореня?
5. Назвіть та охарактеризуйте типи анатомічної будови стебла.
6. Дайте визначення пагона, опишіть його будову та розвиток.
7. Назвіть видозміни пагона та наведіть приклади.
8. Замалюйте анатомічну будову пластинки листка та позначте всі його частини.
9. Які основні функції листка Ви знаєте?
10. Назвіть видозміни листка та ілюструйте прикладами.
11. У чому полягає сутність ритмічного чергування поколінь усіх вищих рослин?
12. Дайте коротку характеристику вищих спорових рослин.
13. У чому полягають особливості розмноження голонасінних рослин?
14. Замалюйте схематичну будову квітки та позначте всі її частини.
15. Розкрийте сутність самозапилення та перехресного запилення.
16. Назвіть фактори здійснення перехресного запилення.
17. Чому запліднення у насінневих рослин називається подвійним?
18. Охарактеризуйте основні чинники розповсюдження плодів і насіння.
19. Які основні родини однодольних та дводольних рослин Ви знаєте? Назвіть представників цих родин.
20. Обґрунтуйте значення рослин у природі та житті людини?

## 5.7. Тварини

Вище, у розділі 5.2, представлена коротка загальна характеристика царства Тварини, названі основні таксономічні одиниці їх класифікації. Тепер продовжимо ознайомлення з особливостями організації та функціонування тваринних живих систем. Перш за все, розглянемо основні критерії, за якими тварини групуються в типи. Такими критеріями є фундаментальні ознаки, які звичайно не специфічні для того чи іншого типу, а наявні у різних типів у певних співвідношеннях. Далі представлені деякі з головних критеріїв, за якими визначають місце тварини в системі класифікації.

1. Наявність чи відсутність клітинної диференціації. Тварини складаються або із однієї клітини (Саркомастигофори, Апікомплексні, Війконосні та інші типи підцарства Найпростіші, або Одноклітинні), або із багатьох типів клітин, спеціалізованих для виконання певних функцій в організмові. У всіх високоорганізованих тварин (підцарство Багатоклітинні) клітини диференційовані та спеціалізовані.

2. Тип симетрії : сфероїдальна (більшість видів радіолярій, які відносяться до надкласу Промененіжки типу Саркомастигофори, деякі види класу Споровики типу Апікомплексні), радіальна (Губки та Кишковопорожнинні) або двобічна (переважна більшість типів багатоклітинних тварин: Плоскі черви, Первиннопорожнинні і т.д., завершуючи Хордовими).

3. Кількість зародкових листків. Деякі типи багатоклітинних тварин (Губки та Кишковопорожнинні) мають два шари зародкових клітин (два зародкових листка): зовнішню ектодерму та внутрішню ентодерму, яка виконує травний тракт. У інших (решта типів багатоклітинних тварин) наявний також третій шар, мезодерма, що розташований між ектодермою та ентодермою і дає початок іншим тканинам тіла.

4. Характер порожнини тіла. Тіло нижчих багатоклітинних тварин (Губки, Кишковопорожнинні, Плоскі черви) має мішкоподібну форму з подвійними стінками, які оточують єдину порожнину з одним, лише ротовим, отво-

ром назовні. Вищі тварини (Кільчасті черви, Молюски, Членистоногі, Хордові) мають дві порожнини – їх тіло складається немов би з двох трубок, вставлених одна в одну. Внутрішня трубка, або травний канал, виповнена ентодермою і відкривається назовні двома отворами – ротовим та анальним. Зовнішня трубка, або стінка тіла, покрита ектодермою. Між цими двома трубками знаходиться вторинна порожнина, оточена і виповнена мезодермою.

5. Наявність або відсутність сегментації. Тварини деяких типів (Кільчасті черви, Членистоногі) характеризуються тим, що їхнє тіло складається з певної кількості сегментів (від лат. *segmentum* – відрізок), кожний із яких має подібну до інших сегментів основну будову. У деяких тварин члениста структура тіла замаскована (більшість хребетних) і проявляється лише у будові хребта.

6. Специфічні особливості. Ознак будови, притаманних якомусь одному типові тварин, зовсім небагато, але деякі тварини все ж таки мають такі ознаки. Останні допомагають класифікувати такі тварини. Наприклад, тільки кишковопорожнинні мають жалкі капсули. Нервова система характерна для численних типів тварин, але лише у хордових вона має нервову трубку (спинний мозок), розташовану на спинному боці тіла.

Середовище, в якому існують тварини, не належить до критеріїв класифікації тварин, але для деяких типів властиві певні умови існування: представники одних типів завжди живуть у водному середовищі, представники інших – звичайно є паразитами і т.д.

Для здійснення функцій життєдіяльності у тварин наявні специфічні функціональні системи: газообміну, живлення та виділення, транспортування речовин всередині тіла, сенсорні, контролю та управління, активного руху, розмноження. Згадаймо, що рослини позбавлені диференційованих систем управління та контролю, сенсорики, руху та видалення продуктів розпаду.

Живлення у рослин автотрофне, а у тварин гетеротрофне. Рослини позбавлені органів травлення, і пожива всередину тіла надходить осмотичним (від гр. *ōsmos* – тиск) способом через кореневі волоски. У тварин їжа заковту-

ється активно навіть у найпростіших. Крім того, тварини активні у пошуках їжі. Рослини здатні рости протягом усього життя за рахунок наявності утворювальної тканини, а більшість тварин росте лише у молодому віці до певних розмірів тіла.

### **5.7.1. Нижчі безхребетні тварини**

Царство Тварини інколи для зручності поділяють на дві групи: безхребетні та хребетні. Поняття “безхребетні” не являється одиницею класифікації, а термін “хребетні” вживається як друга назва третього підтипу типу Хордові (Черепні, або Хребетні). До безхребетних тварин відносять представників підцарства Найпростіші, типів Кишковопорожнинні, Плоскі черви, Коловертки, Первиннопорожнинні, Кільчасті черви, Молюски, Членистоногі тощо (всього 32 типа) та двох підтипів типу Хордові – Личинковохордові та Безчерепні. Хребетні тварини об’єднують класи безщелепних (Круглороті), риб (Хрящові риби, Кісткові риби) та четвероногих (Земноводні, Плазуни, Птахи та Ссавці, або Звірі) типу Хордові.

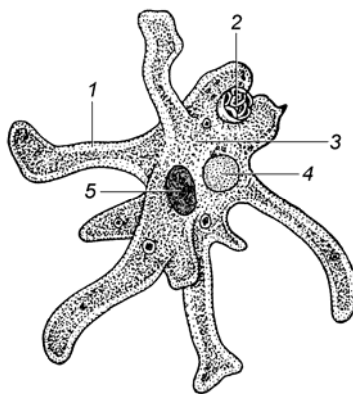
У свою чергу, група безхребетних тварин умовно розчленовують на дві сукупності: нижчі безхребетні та вищі безхребетні. До нижчих безхребетних тварин відносять найпростіших, кишковопорожнинних, плоских червів, первиннопорожнинних тощо (всього 19 типів), а до вищих – відповідно кільчастих червів, молюсків, членистоногих тощо (всього 16 типів), личинковохордових та безчерепних (2 підтипи типу Хордові)..

Нижчі безхребетні тварини, у тому числі багатоклітинні представники цієї групи (понад 60% видів), характеризуються примітивною організацією та життєдіяльністю і позбавлені певних систем органів. Навіть у плоских червів та первиннопорожнинних відсутні справжня, або вторинна порожнина тіла, дихальна та кровоносна системи, а їх нервова система відзначається примітивною будовою та функціями, особливо у паразитуючих форм.

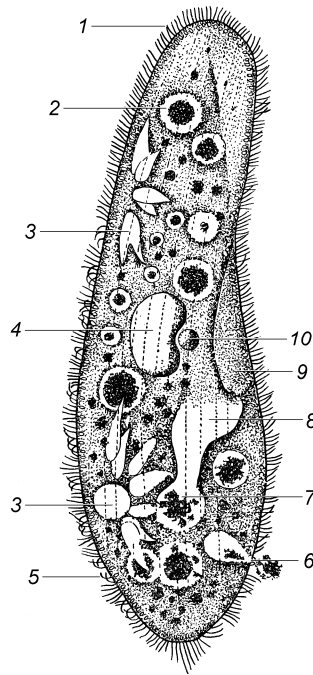
### 5.7.1.1. Найпростіші, або Одноклітинні тварини

Підцарство Найпростіші нараховує понад 30 тис. видів (в Україні близько 1500) одноклітинних тварин, які згруповані у 6 типів. Серед них, як і серед будь-яких груп живих організмів, є різноманітні форми: від примітивних (малярійний плазмодій та інші споровики, які належать до типу Апікомплексні і є виключно паразитуючими тваринами) до високоорганізованих (інфузорія-туфелька та інші види типу Війконосні).

Ознайомимося з характерними представниками найпростіших, яким в найбільшій мірі притаманний тваринний спосіб життя, – амебою звичайною (тип Саркомастигофори) та інфузорією-туфелькою (тип Війконосні), або парамецією (від гр. *parameces* – видовжений) (мал. 5.40 та 5.41). Обидві вони живуть у прісній воді. В їх цитоплазмі наявні усі основні органоїди, хоча у парамеції два ядра (велике і мале), а у амеби – одне. Амеба позбавлена клітинної оболонки, внаслідок чого не має постійної форми тіла, і рухається за допомогою виростів цитоплазми – псевдоподій (від гр. *pseudos* – несправжній та *podos* – нога).



Мал. 5.40. Амеба звичайна: 1 – ектоплазма, 2 – травна вакуоля, 3 – ендоплазма, 4 – скоротлива вакуоля, 5 – ядро.



Мал. 5.41. Парамеція (інфузорія-туфелька): 1 – війки, 2 – травна вакуоля, 3 – скоротлива вакуоля, 4 – макроядро, 5 – жалкі волосинки (у спокої), 6 – анальна пора, 7 – дно глотки, де утворюється травна вакуоля, 8 – рот, 9 – ротова заглибина, 10 – мікроядро.

Клітинна оболонка парамеції щільна, що забезпечує постійність форми тіла. Зовні вона вкрита численними війками – органоїдами руху та дотику. Крім звичайних органоїдів парамеція має дві скоротливі вакуолі. На бічній поверхні тіла розташовані рот і анальна пора.

**Процес травлення** у найпростіших відбувається в травних вакуолях, які утворюються навколо поживи при проникненні останньої в цитоплазму. У амеби пожива може проникнути всередину клітини в будь-якому місці шляхом обтікання цитоплазмою. Кінцеві продукти життєдіяльності накопичуються в скоротливій вакуолі і видаляються у будь-якому місці клітини. Парамеція поглинає поживу через рот, рештки накопичує теж в скоротливій вакуолі, а видаляє їх через анальну пору. Живляться ці тварини бактеріями, а амеба – ще й одноклітинними водоростями.

**Дихання** найпростіших здійснюється через клітинну мембрану. Дихальними та енергетичними центрами є мітохондрії.



Клітина найпростіших універсальна, бо вона виконує всі функції, властиві живому організму. Для найпростіших характерна здатність сприймати впливи навколишнього середовища і певним чином відповідати на них. Ця властивість називається *подразливістю*. Здебільшого подразнення середовища сприймаються всім організмом-клітиною. На поверхні оболонки найпростіших виявлено різноманітні макромолекули, які виконують функції хеморецепторів. Проте у деяких інфузорій цю функцію здійснюють спеціальні волоконця – нейрофібрили (від гр. neuron – нерв та лат. fibrilla – волоконце). У джгутикових на передньому кінці тіла знаходиться світлочутлива пляма. У деяких інфузорій виявлено органоїди рівноваги, які мають вигляд міхурців із кристаликами всередині.

На подразнення найпростіші реагують руховими реакціями – таксисами, які бувають позитивними (рух до подразника) та негативними (рух від подразника). Залежно від характеру подразника розрізняють реакції на хімічні подразнення – хемотаксиси, світлові – фототаксиси, температурні – термотаксиси, електричні – гальванотаксиси тощо.

Деякі види найпростіших, наприклад парамеція, навіть здатні до “навчання”. Вона швидко “навчається” тому, що пожива з’являється в одному й тому ж місці, зафарбованому, наприклад, синім кольором.

Найпростіші звичайно *розмножуються нестатевим способом* – поділом клітини надвоє шляхом амітозу.

Справжній статевий процес у найпростіших відсутній. У парамеції спостерігається так звана кон’югація (від лат. conjugatio – з’єднання), внаслідок якої через цитоплазматичний місток здійснюється обмін генетичною інформацією у вигляді ядерця, що утворилися після поділу малого ядра. Після цього обидві особини розмножуються нестатевим способом. У споровиків, деяких видів класу Тваринні джгутикові (опаліна жаб’яча) та ряду класів надкласу Корененіжки (плазмодіофора капустяна, полістомела тощо) типу Саркомастигофори має місце копуляція (від лат. copulatio – поєднання) – злиття двох клітин і утворення зиготи (від гр. *zygōtē* – з’єднана докупи), в ре-

зультаті поділу якої, в залежності від виду, утворюється різна кількість нових особин.

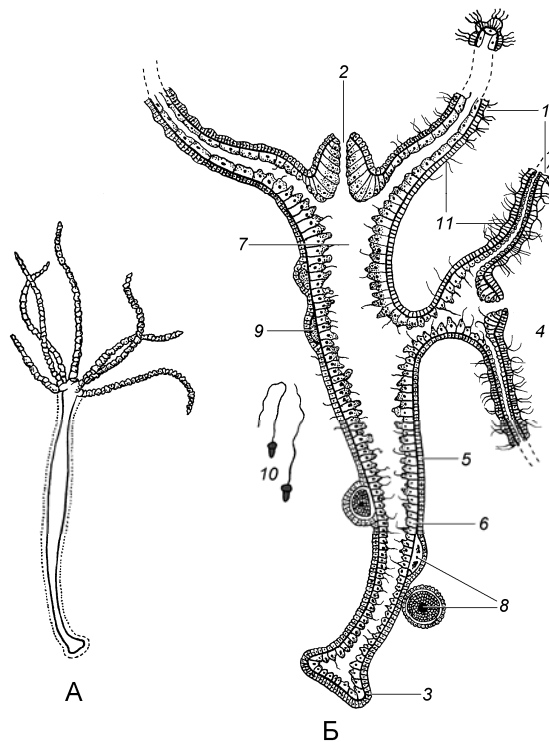
Найпростіші відіграють значну роль в природі та житті людини. Перш за все, вони є компонентами біогеоценозів як важливі ланки ланцюгів живлення. Деякі види саркомастигофор утворюють осадові породи – крейду, вапняк тощо. Значна частина видів найпростіших веде паразитний спосіб життя і викликає захворювання людини і тварин. Серед саркомастигофор це – дизентерійна амеба, яка спричиняє інфекційну амебну дизентерію. Відома паразитуюча інфузорія балантидій (тип Війконосні). Серед споровиків, які всі є виключно паразитуючими організмами, найбільше відомим є малярійний плазмодій. Він паразитує в еритроцитах крові людини, чим спричинює тяжке захворювання – малярію. Людина є проміжним хазяїном плазмодія. Основним хазяїном його є малярійний комар, який у процесі живлення кров'ю людини заражає її збудником хвороби.

#### 5.7.1.2. Тип Кишквопорожнинні

Кишквопорожнинні започатковують численну сукупність багатоклітинних тварин. Як ми вже знаємо, клітини, що складають тіло багатоклітинних тварин, різноманітні за формою, будовою, функціями і утворюють тканини. Із тканин формуються органи, які, в свою чергу, складають системи органів. Іншою характерною особливістю багатоклітинних тварин є утворення під час ембріонального розвитку зародкових листків, наявність порожнин тіла та сенсорних систем.

Тварини типу Кишквопорожнинні найнижче організовані серед справжніх багатоклітинних тварин. Їх налічується близько 9 тис. видів. Усі вони живуть у водному середовищі, переважно в морях та океанах, але є і прісноводні форми. Більшість кишквопорожнинних веде прикріплений спосіб життя, деякі види входять до складу зоопланктону (від гр. *zōon* – тварина та *plankton* – блукаючий).

У процесі ембріогенезу у кишковопорожнинних закладається два зародкових листки: ектодерма та ентодерма. Надалі з них формуються два шари клітин: зовнішній (ектодермальний) та внутрішній (ентодермальний), між якими міститься майже позбавлений клітин шар – мезоглея (від гр. *mesos* – середній та *glia* – клей). Наявна лише одна порожнина тіла – травна, або кишкова, яка закінчується сліпо і сполучається із зовнішнім середовищем через ротовий отвір. Дихання здійснюється всією поверхнею тіла. Характерною особливістю цих тварин є наявність жалких клітин, які слугують їм для ураження здобичі та захисту. Симетрія тіла радіальна.



Мал. 5.42. Прісноводна гідра – загальний вигляд (А) та внутрішня будова (Б): 1 – щупальця, 2 – ротовий отвір, 3 – підошва, 4 – молода гідра, що відбруньковується, 5 – ектодерма, 6 – ентодерма, 7 – травна порожнина, 8 – яйце на різних стадіях розвитку, 9 – сім’яник, 10 – сперматозоони, 11 – жалкі клітини

Більшості представників типу властиві дві життєві форми: поліп та медуза.

У **поліпів**, наприклад у гідри звичайної (мал. 5.42), тіло циліндричної форми, на верхньому кінці якого розташований рот, оточений 6-12 щупальцями. Живе гідра звичайно у заводях річок, озер і ставках, прикріплюючись до нижнього боку листків водяних рослин та до підводних каменів. Довжина її тіла без щупалець – до 5 см. До субстрату вона прикріплюється нижньою частиною тіла – підошвою.

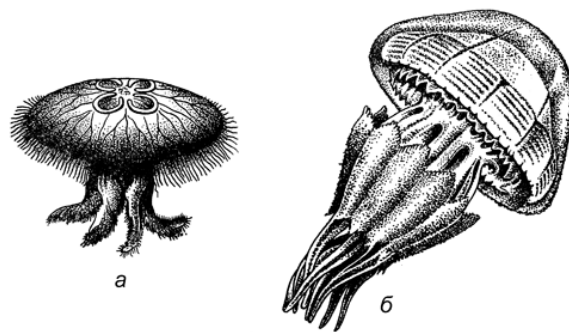
Клітини ектодерми неоднорідні. Це здебільшого епітеліально-м'язові клітини, зовнішня частина яких утворює покриви, а внутрішня витягнута у скоротливе м'язове волокно. Ці волокна забезпечують рух щупалець та скорочення тіла. Гідра здатна повільно пересуватися на підошві або “крокувати” за допомогою підошви і щупалець.

У ектодермі під епітелієм розташовані **нервові клітини** зірчастої форми, з'єднані між собою відростками. Такий тип нервової системи називається дифузним. Навколо рота і підошви є помітне скупчення нейронів, однак справжніх нервових вузлів, або гангліїв (від гр. *ganglion* – вузол), вони не утворюють. Збудження по такій нервовій системі розповсюджується в усіх напрямках, що супроводжується хвилею скорочень, яка починається у місці подразнення. Гідра має розвинуте чуття дотику та світла. У неї є специфічні хеморецептори – чутливі клітини, які реагують на поживні речовини й керують її харчовою поведінкою. Жалкі клітини у гідри розташовані на щупальцях та навколо рота між епітеліально-м'язовими клітинами.

Клітини ентодерми, що вистилають **травну порожнину**, мають джгутики, які забезпечують переміщення їжі. Вони виділяють травний сік у кишкову порожнину, де відбувається часткове травлення. Остаточне перетравлювання їжі здійснюється всередині клітин ентодерми, які здатні утворювати псевдоніжки і захоплювати ними дрібні частки поживи. Живляться гідри переважно дрібними планктонними найпростішими, рачками, коловертками. Інколи здобиччю гідр стають черви і навіть мальки риб. Продукти розпаду із клітин осмотично надходять в травну порожнину, а потім разом з неперетравленими рештками їжі через ротовий отвір видаляються назовні.

**Розмножуються** гідри як нестатевим, так і статевим способами. За сприятливих умов на тілі гідри утворюється 1-3 бруньки, які з часом відокремлюються від материнського організму і розвиваються у дорослі особини. Восени гідри розмножуються статевим способом. При цьому в ектодермі формуються статеві органи, в яких утворюються яйцеклітини та сперматозоони. Гідри – гермафродити. Після запліднення яйцеклітини гідра гине. Навесні із зиготи розвивається новий організм. Гідри здатні до регенерації (від лат. regeneratio – відродження, відновлення) – відновлення цілої тварини з окремих частин, навіть групи клітин.

Поліпи ведуть малорухомий або нерухомий спосіб життя, часто утворюючи колонії.



Мал. 5.43. Медузи: а – аврелія, б – коренерот.

**Медузи** (мал. 5.43) – поодинокі, вільно плаваючі, рухливі тварини. Їхнє тіло має форму дзвону або парасольки із щупальцями по краях. Кишкова порожнина у медуз має вигляд системи каналець і виконує функції травної та кровоносної систем. Рот розташований з нижнього боку дзвона і оточений ротовими лопатями, рясно вкритими жалкими клітинами. Живляться медузи планктоном, а також мальками риб.

**Нервова система** медуз представлена нервовим плетивом та гангліями, розташованими по краю дзвона радіально-симетрично (найчастіше 8) біля органів рівноваги та сприймання інфразвуків (тертя морських хвиль об пові-

тря). Останнім пояснюється здатність медуз завчасно відчувати настання шторму і відпливати від берега.

Завдяки м'язовим волокнам край дзвона скорочується, вода виштовхується з-під нього, і медуза рухається в протилежному напрямку (реактивний рух).

У життєвому циклі медуз наявне *чергування поколінь*. Статеве покоління – медуза, в ектодермі якої знаходяться статеві залози. Із зиготи розвивається вільноплаваюча личинка (нестатеве покоління), яка з часом прикріплюється до субстрату, перетворюючись на поліпа. Шляхом поділу поліп утворює дископодібні личинки, з яких і розвиваються нові медузи.

У ланцюгах живлення кишковопорожнинні, особливо медузи, є своєрідними “тупиками”, бо ними майже не живляться інші тварини. Отрута деяких видів медуз (коренерот, хрестовички, фізалії) небезпечні для людини, спричинюючи значні “опіки” і навіть судоми. Скелети червоних коралів використовуються для виготовлення прикрас. Вапнякові корали утворюють берегові рифи, які є перешкодами для морських суден, а також коралові острови (атоли). Внаслідок накопичення скелетів мертвих вапнякових коралів утворюються поклади вапна, яке використовується у будівництві. Кишковопорожнинні, живлячись мальками риб, завдають шкоди рибному господарству. Наприклад, одна медуза аурелія за своє життя може знищити до 500 личинок риб, а поширена в північних морях ціанея – до 15 тис. У деяких країнах (Китаї, Японії) окремі види медуз (аурелія, ропилема) вживаються у їжу.

### 5.7.1.3. Тип Плоскі черви

Цей тип об'єднує понад 12 тис. видів (в Україні близько 1500) вільноживучих (морські, прісноводні, ґрунтові, наземні) та паразитуючих тварин, яких переважна більшість. Тіло їх має двобічну симетрію, сплюснене у спинно-черевному напрямку, суцільне або розділене на ряд члеників та має вигляд листка, пластинки, стрічки тощо. Органи тіла розвиваються із трьох зародкових листків – ектодерми, мезодерми та ентодерми. Зовні тіло плоских

червів вкрите шкірно-м'язовим мішком, утвореним покривною тканиною та розташованою під нею системою м'язових волокон (кільцевих, поздовжніх і косих). Простір між стінками тіла і внутрішніми органами заповнений сполучною тканиною, внаслідок чого відсутня порожнина тіла.

**Травна система** складається із передньої та середньої кишки, що, як і у кишковопорожнинних, закінчується сліпо. Кишки часто розгалужені. Неперетравлені рештки видаляються назовні через рот. У паразитичних форм травна система часто повністю відсутня.

**Видільна система** представлена примітивними нирками – протонефридіями (від гр. *prōtos* – перший та *nephros* – нирка), які являють собою розгалужені в тілі каналці.

Кровоносної та дихальної системи немає.

**Нервова система** плоских червів диференційована на центральну та периферійну. Центральну нервову систему складають парний мозковий ганглії у передньому кінці тіла та поздовжні нервові ланцюжки, кількість яких варіює. Останні з'єднані між собою кільцевими перетинками. До периферійної нервової системи належать нервові відгалуження, які відходять від елементів центральної нервової системи і досягають всіх тканин і органів тіла.

**Органи чуттів** (світлочутливі плями, хеморецептори, органи дотику та рівноваги) наявні у вільноіснуючих видів. Паразитуючі форми мають лише рецептори дотику.

За незначним винятком плоскі черви – гермафродити.

**Розвиток** плоских червів здійснюється з метаморфозом (від гр. *metamorphōsis* – перетворення, видозмінення), за виключенням більшості видів класу Війчасті черви.

Плоскі черви поділяються на 9 класів, серед яких найбільш численними та вивченими є Війчасті черви, Трематоди та Стюжкові черви.

**Війчасті черви** – здебільшого вільноживучі тварини солоних та прісних водойм. Їх тіло, довжиною 0,02-35 см, найчастіше має листоподібну, веретеноподібну або стюжкову форму. Воно вкрите війковим епітелієм. Руха-

ються ці тварини за допомогою війок, а також внаслідок скорочення м'язів шкірно-м'язового мішка. У примітивних війчастих кишкова порожнина відсутня, а травлення відбувається в клітинах паренхіми тіла.



Мал. 5.44. Молочна планарія: 1 – фоторецептори, 2 – кишечник, 3 – глотка.

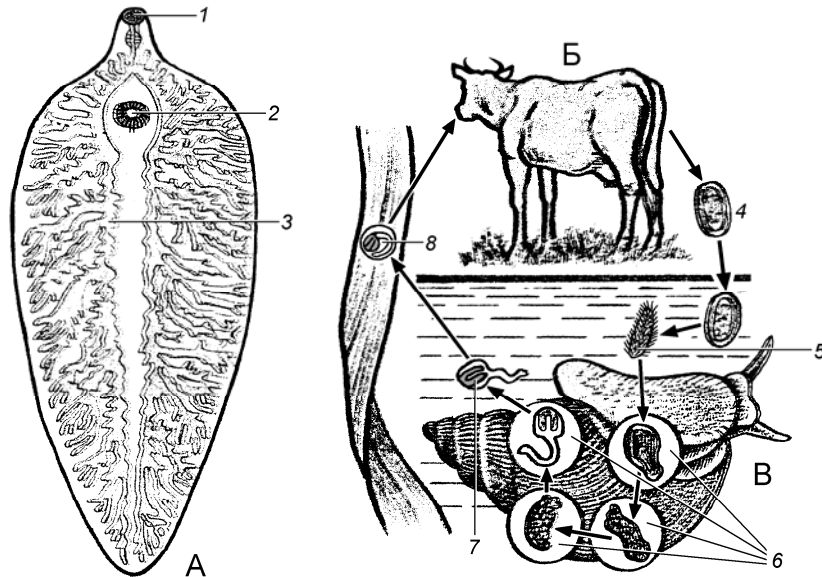
У прісних водоймах із стоячою водою на водяних рослинах та камінні часто зустрічається планарія біла, або молочна (мал. 5.44). Довжина її тіла до 3 см. Ця тварина живиться нижчими ракоподібними та личинками комах. У неї добре виражена здатність до регенерації: навіть 1/300 частинка тіла може дати початок новій особині.

У **трематод**, або дигенетичних присисних тіло, довжиною 0,03-7,6 см, листоподібне, не розділене на членики. Наявні навколоротова та черевна присоски. Травна система подібна до травної системи війчастих. Усі види цього класу – внутрішні паразити. Дорослі особини живуть переважно у різних відділах травного тракту, а також у легенях, нирках, порожнині тіла, кровоносній системі хребетних тварин. Серед трематод є багато збудників тяжких хвороб людини та сільськогосподарських тварин.



Усі трематоди мають складний життєвий цикл, який супроводжується чергуванням поколінь, паразитуючих та вільноживучих фаз розвитку та зміною хазяїв.

Найвідомішими збудниками хвороб тварин та людини є печінковий сисун, котячий сисун (котяча двоустка) та шистосома.



Мал. 5.45. Печінковий сисун та цикл його розвитку:

А – будова тіла, Б – основний живитель, В – проміжний живитель;  
 1 – ротовий присосок, 2 – черевний присосок, 3 – кишечник та його розгалуження, 4 – яйце, 5 – личинка з війками, 6 – розвиток у проміжному живителі, 7 – личинка з м'язовим хвостом, 8 – інвестована личинка

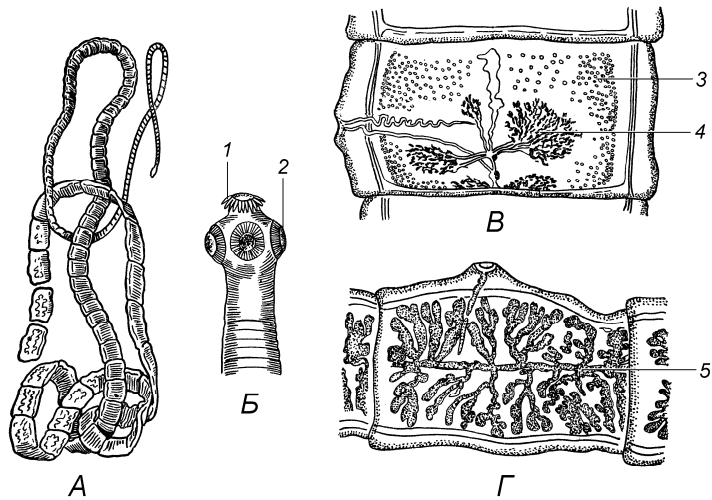
**Печінковий сисун** – досить велика тварина (до 3 см довжиною), яка живе в жовчних протоках печінки овець, великої рогатої худоби, рідше інших тварин та людини (мал. 5.45). Проміжним хазяїном його є молюск ставковик малий. Людина може заразитися, п'ючи воду із стоячих водойм, а тварини – ще й поїдаючи рослини на заболочених пасовищах або сіно. Фасциольоз (від лат. назви роду сисуна – Fasciola) – досить поширена на земній кулі хвороба, проте у людей трапляється досить рідко.

**Котячий сисун** призводить до дуже небезпечної хвороби людини та широкого кола ссавців. Він локалізується в жовчних протоках печінки, жовч-

ному міхурі, іноді в протоках підшлункової залози а має два проміжні хазяїна – молюск роду бітинія та різні види коропових риб. Зараження відбувається внаслідок поїдання риби, яка недостатньо просолена, проварена чи просмажена. Інтенсивність ураження буває надзвичайно високою. Під час розтину людини, що загинула в результаті зараження котячим сисуном, в її печінці було виявлено понад 25 тис. трематод.

У кров'яному руслі людини паразитують трематоди роду *шистосома*. Проміжним хазяїном цього паразита є прісноводні молюски. Зараження відбувається внаслідок активного проникнення личинки крізь шкіру людини під час купання, роботи на рисових плантаціях тощо. Шистосоми спричиняють досить тяжке захворювання сечостатевого органів, яке розповсюджене в тропічних країнах. В Україні воно не виявлене, проте досить часто у людей, які купаються в стоячих зарослих ставках або затоках річок, спостерігається шистосомна сверблячка. Цю хворобу викликають личинки видів шистосоми, які паразитують на водоплавних птахів. Подразнення шкіри людини пов'язане з механічною дією личинок, які заглиблюються у шкіру, та дією виділених ними речовин. У шкірі людини личинки гинуть.

**Стьожкові черви** – без винятку внутрішні паразити. У статевозрілій формі вони, за деякими винятками, паразитують у кишечнику людини і хребетних тварин. Їх тіло, довжиною від 1 мм до 30 м, видовжене, сплюснене, у більшості видів поділяється на членики, кількість яких може досягати кількох тисяч. На передньому кінці знаходиться головка з органами фіксації – присосками, гачками або щілинами. Частина тіла позаду головки називається шийкою і є зоною росту. Тут формуються членики. Задні членики в міру їх розвитку і дозрівання відриваються від тіла і виходять назовні. (Мал. 5.46).



Мал. 5.46. Ціп'як озброєний, або свинячий: А – загальний вигляд, Б – головка, В – гермафродитний членик, Г – зрілий членик; 1 – гачки, 2 – присоски, 3 – сім'яники, 4 – яєчник, 5 – матка, наповнена зрілими яйцями

Стьожкові черви – малорухливі тварини, тому мускулатура у них розвинена слабо. Органи травлення відсутні і живлення паразита відбувається всією поверхнею тіла. Інтенсивність розмноження, як і у всіх паразитуючих червів, дуже висока. Стьожкові черви – гермафродити, у яких повний набір статевих органів розвивається у кожному членику.

Найбільше практичне значення мають стьожкові черви з ряду Ціп'яки. У людини ці паразити викликають небезпечні захворювання, що можуть завершуватись смертю хворого. Спричинюють хворобу дорослі особини та личинки.

**Бичачий, або незброєний ціп'як** паразитує в тонкому кишечнику людини, а на личинковій стадії – у великої рогатої худоби. Паразит може жити в кишечнику людини до 10 років і досягає довжини 4-10 м. Органи фіксації – присоски. Дозрілі членики відриваються по одному від тіла паразита й виводяться з фекаліями назовні. До проміжних хазяїв яйця ціп'яка потрапляють разом із забрудненою травою. У тілі проміжного хазяїна личинки паразита локалізуються найчастіше в м'язах, проте їх знаходили й під шкірою, в очах, мозку та інших органах. Зараження відбувається внаслідок поїдання ялови-

чини, яка не пройшла достатньої термічної обробки. При ураженні бичачим цїп'яком розвивається загальна слабість, нервовість, виникають головні болі, болі в животі, порушується робота органів травлення. Все це виснажує людину, негативно позначається на її працездатності.

В Україні поширений *свинячий, або озброєний цїп'як* (мал. 5.46), статевозріле тіло якого досягає 2-3 м. Він теж паразитує в тонкому кишечнику людини. Органами фіксації є присоски та хоботок з гачечками. Свинячий цїп'як може жити декілька років. Цей паразит характеризується таким же циклом розвитку, як і бичачий, а спричинене ним захворювання – такими ж симптомами. Надзвичайна небезпека свинячого цїп'яка для людини полягає в тому, що вона може бути і проміжним хазяїном, коли яйця паразита потрапляють в її травну систему. У цьому випадку личинки цїп'яка можуть локалізуватись в головному та спинному мозку, спричинюючи головний біль, порушення зору, галюцинації, втрату пам'яті, хронічне погіршення здоров'я. Хвороба часто призводить до смерті людини.

Щоб уникнути захворювань, спричинених паразитуючими плоскими червами, треба дітям змалку прищеплювати необхідне на все життя навички особистої гігієни: мити руки з милом після відвідування туалету, гри із тваринами і перед вживанням їжі; не забруднювати випорожненнями ґрунт, поверхневі та ґрунтові води.

#### 5.7.1.4. Тип Первиннопорожнинні

Первиннопорожнинні – переважно вільноживучі, рідше паразитуючі організми. Перші населяють моря, прісні водойми, ґрунти, а другі – органи і тканини усіх груп рослин, тварин та людини. Описано понад 20 тис. (в Україні до 600) сучасних видів цих нижчих безхребетних тварин, але їх реальна кількість значно більша, оскільки цей тип вивчений недостатньо.

**Тіло** первиннопорожнинних видовжене, нечленисте, кругле в поперечному розрізі. Зовні у ньому наявний шкірно-м'язовий мішок, який складається із щільної кутикули та поздовжніх м'язів. Кутикула (від лат. cuticula – шкі-

рочка) виконує захисну функцію і є опорою для м'язів. У тілі цих тварин є первинна порожнина тіла, від чого і походить назва типу. Вона має вигляд щілин між внутрішніми органами, заповнених рідиною і не вистелених епітелієм. Порожнинна рідина надає тілу пружності, частково захищає внутрішні органи, а також поглинає продукти обміну речовин. (Мал. 5.47).

**Травна система** – пряма наскрізна трубка, що поділяється на три відділи: передній, середній та задній. Передній відділ складається з рота, глотки та стравоходу. Травлення відбувається в середній кишці. Задня кишка закінчується анальним отвором.

**Органів виділення** або зовсім немає, або наявні протонефридії чи видозмінені шкірні залози.

Дихальна та кровоносна системи відсутні.

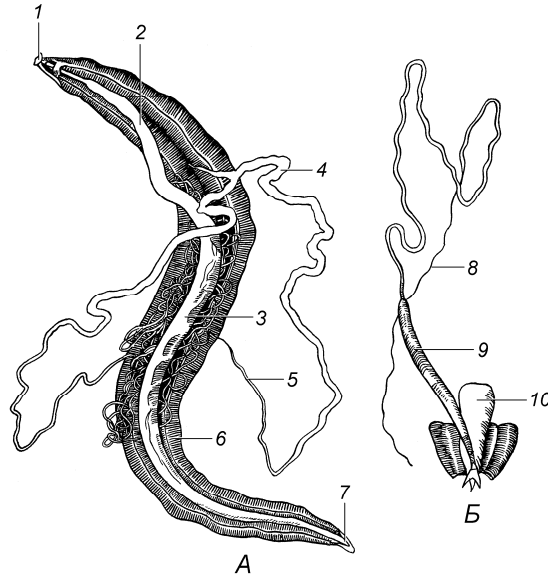
Центральна **нервова система** первиннопорожнинних більш примітивна, ніж у плоских червів, бо позбавлена гангліїв. Вона представлена навкологлотковим нервовим кільцем та поздовжніми нервовими ланцюжками (8-12), які від нього відходять. Навкологлоткове нервове кільце складається з нервових волокон – відростків скупчень нейронів, що розташовані поблизу. Крім того, нейрони наявні також у черевному нервовому стовбурі, який складається з двох злитих ланцюжків.

**Органи чуттів** краще розвинені у вільноіснуючих видів. Це – світлочутливі плями, органи рівноваги та рецептори дотику. Паразитуючі форми мають лише рецептори дотику.

**Розмножуються** первиннопорожнинні виключно статевим способом. Вони переважно різностатеві тварини. У окремих видів спостерігається статевий диморфізм (від гр. *dis* – двічі та *mōrphē* – форма, вигляд), коли самиця та самець зовні відрізняються.

**Розвиток** у вільноіснуючих видів прямий (відсутня личинкова стадія), у паразитуючих – з метаморфозом. В останньому випадку зміна хазяїв спостерігається рідко.

За сучасною класифікацією тип Первиннопорожнинні поділяють на два класи – Гастротрихи та Нематоди, або Круглі черви. Абсолютно домінуючим класом є Нематоди, яких налічується близько 20 тис. видів, в той час як гастротрихів – всього 300 видів.



Мал. 5.47. Аскарида: а – самка: 1 – губи, 2 – стравохід, 3 – кишки, 4 – статевий отвір, 5 – матка, 6 – яйцепровід, 7 – яєчник, 8 – м’язи, 9 – бічна лінія, 10 – анальний отвір; б – статева система самця: 1 – сім’япровід, 2 – сім’яник, 3 – сім’явипорскувальний канал, 4 – задня кишка.

Характерним представником паразитуючих нематод є *аскарида людська* (мал. 5.47), що спричиняє небезпечне, особливо для дітей, захворювання – аскаридоз.

Веретеноподібне тіло самиць може досягати довжини 40 см. Самці дещо менші – не більше 25 см, а їх задній кінець зігнутий у черевну сторону. Аскариди живуть у тонкому кишечнику людини. Запліднені яйця під час випорожнення виходять назовні. У вологому ґрунті в яйцях розвиваються личинки. Людина заражується аскаридами різними шляхами: через немиті овочі та фрукти, брудні руки; дозрілі яйця паразита переносять мухи і таргани; потрапляють вони на продукти харчування з пилом. Діти заражаються також граючись із піском та землею. В кишечнику людини із яєць виходять личин-

ки, які через його стінку проникають в кров'яне русло. Течією крові вони заносяться в легені, де розвиваються в альвеолах, а потім мігрують по дихальних шляхах через глотку в травну систему. У тонкому кишечнику личинки перетворюються в дорослих аскарид. Під час такої міграції в тілі людини, що триває близько 2,5 місяці, вони линяють і ростуть. Живуть аскариди біля одного року.

Аскарідоз супроводжується різноманітними хворобливими явищами: болями під грудьми, недокрів'ям, головними болями, заворотами та непрохідністю кишок, алергічними реакціями, кашлем тощо.

Джерелом поширення аскарідозу є хворі люди. Профілактичними заходами у попередженні захворювання є миття рук перед їдою, миття та термічна обробка (обливання окропом) фруктів, ягід та овочів перед вживанням, захист продуктів від мух і тарганів, подолання звички гризти нігті, знезараження людських фекалій.

На закінчення необхідно додати, що первиннопорожнинні, особливо вільноживучі види, відіграють певну роль в кругообігу речовин та енергії в природі як ланки в численних ланцюгах живлення.

#### *Запитання. Завдання*

1. Подайте класифікацію нижчих безхребетних тварин і назвіть основних представників їх класів.
2. У чому полягають особливості життєдіяльності одноклітинних тварин, або найпростіших?
3. Як розмножуються одноклітинні тварини?
4. Замалюйте схематичну будову амеби звичайної та позначте всі її органоїди.
5. Замалюйте схематичну будову парамеції та позначте всі її органоїди.
6. Яку роль відіграють найпростіші в природі та в житті людини?
7. Назвіть характерні особливості багатоклітинних тварин?
8. Опишіть схематичну будову гідри.

9. Які способи розмноження гідри Ви знаєте?
10. Назвіть характерні особливості будови тіла медузи.
11. Як пов'язані процес розмноження та чергування поколінь у медуз?
12. Назвіть основні ознаки представників типу Плоскі черви.
13. Назвіть основні класи типу Плоскі черви та їх представників.
14. Охарактеризуйте клас Трематоди на прикладі печінкового сисуна.
15. Охарактеризуйте клас Стьожкові черви на прикладі бичачого цїп'яка.
16. Назвіть характерні ознаки типу Первиннопорожнинні.
17. Опишіть аскариду людську як представника типу Первиннопорожнинні.
18. У чому полягають навички особистої гігієни з метою запобігання захворювань, спричинених паразитуючими нижчими безхребетними тваринами?

### **5.7.2. Вищі безхребетні тварини**

Для всіх вищих безхребетних тварин характерною є наявність справжньої, вторинної порожнини тіла, вистеленої власним епітелієм, відокремлених ротового та анального отворів, м'язистого травного каналу, добре розвинутих кровоносної та дихальної систем. Із 16 типів цих тварин лише один тип – Членистоногі – окупував суходіл. Правда, дощові черви – теж наземні тварини, але переважна більшість видів типу Кільчасті черви живе у морі. Існує декілька видів наземних моллюсків, але більшість їх – водяні, переважно морські організми. Із трьох підтипів членистоногих Зябродишні, або Ракоподібні – переважно морські тварини, два інших (Трахейнодишні та Хеліцерові) – наземні за незначними винятками.

Вищі безхребетні тварини, на відміну від нижчих, відзначаються значно вищим рівнем організації тіла та розвитку його функціональних систем: травної, дихальної, видільної, нервової, сенсорної та розмноження. Травний канал чітко розмежований на відділи, наявні диференційовані травні залози. За винятком кільчастих червів, які газообмін із навколишнім середовищем



здійснюють всією поверхнею тіла, вищі безхребетні тварини мають внутрішні органи дихання – зябра, трахеї, легені. У більшості з них наявна незамкнена кровоносна система з диференційованим серцем. Центральна нервова система вузлового типу. Добре розвинений надглотковий ганглії (головний мозок), який диференційований на відділи. Вздовж тіла розташований черевний нервовий стовбур, що складається з наближених або щільно зімкнених по довжині двох нервових ланцюжків. Високорозвинені сенсорні системи – очі, вусики (органи нюху, дотику, рівноваги), щупальці тощо. У процесі розмноження запліднення переважно внутрішнє. Розвиток прямий або з метаморфозом.

#### 5.7.2.1. Тип Кільчасті черви

Більшість кільчастих червів – вільноживучі тварини. Розміри їх тіла варіюють від 0,5 мм до 3 м. Вони населяють моря, прісні водойми, а також вологий ґрунт. Відомо понад 12 тис. видів кільчастих червів (в Україні близько 500 видів).

**Тіло** кільчаків складається з головної лопаті, сегментованого тулуба та анальної лопаті. Шкірно-м'язовий мішок розвинений краще, ніж у плоских червів та первиннопорожнинних. Тіло вкрите одношаровим епітелієм, що формує зовні кутикулу. Під епітелієм розташовані два шари добре розвинених кільцевих і поздовжніх м'язів. Для кільчастих червів характерна поява органів руху – рухомих бічних виростів тіла із щетинками.

**Порожнина тіла**, як і у всіх вищих безхребетних тварин, вторинна. Вона сегментована – в кожному сегменті тіла наявні правий та лівий мішки, заповнені спеціальною рідиною, що становить внутрішнє середовище організму. Порожнина тіла з рідиною виконує важливі функції: є гідростатичною опорою м'язів; забезпечує транспорт поживних речовин та продуктів розпаду; бере участь у осморегуляційних процесах.

**Травна система** у кільчастих червів чіткіше поділена на відділи, кожний із яких виконує певну функцію. Травний канал складається із ротової по-

рожнини, глотки, стравоходу, шлунка, середньої кишки, задньої кишки з анальним отвором. Наявні травні залози, протоки яких відкриваються в глотку та стравохід. Стінки середньої кишки мають клітини, що теж виробляють травні ферменти.

**Органи виділення** представлені метанефридіями (від гр. meta – після та nephros – нирка), які розташовані в кожному сегменті. Метанефридій складається з лійки в порожнині тіла та звивистого каналця, що відкривається назовні в наступному сегменті.

**Кровоносна система**, як правило, добре розвинена, замкнена. Вона складається з черевної та спинної судин, з'єднаних кільцевими судинами по-сегментно. Серед кільцевих судин вирізняються товщиною пульсуючі судини, які оточують стравохід і виконують роль серця. Кровоносна система транспортує речовини та гази по тілу і захищає організм від патогенів та сторонніх речовин.

Більшість кільчастих червів **дихає** всією поверхнею тіла, проте численні морські види мають зябра.

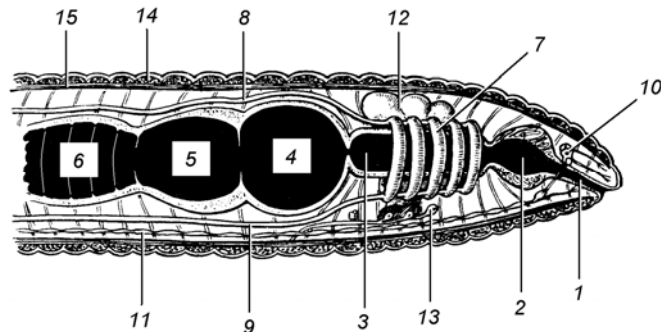
**Нервова система** складається з головного мозку (парного надглоткового ганглія), який з'єднаний з черевним нервовим стовбуром через навкологлоткове нервове кільце. Нервовий стовбур складається з двох більш-менш зближених або злитих нервових ланцюжків з гангліями у кожному сегменті.

У багатьох кільчастих червів є **органи чуття** – світлочутливі плями не лише на головному відділі тіла, а й на тулубі та хвостовому відділі. Наявні також хеморецептори, звукорецептори, рецептори дотику.

Ускладнена будова центральної нервової системи та органів чуттів забезпечує більшу активність та складність поведінки кільчастих червів порівняно з іншими типами червів.

Серед них є роздільностатеві види та гермафродити. **Запліднення** зовнішнє або внутрішнє. **Розвиток** у морських видів з метаморфозом, у прісноводних та земляних – прямий. У окремих видів зустрічається нестатеве розмноження – шляхом брунькування або поділу.

Тип Кільчасті черви загально визнано поділяють на 4 класи: Багатощетинкові, Динофіліди, Малощетинкові та П'явки. Найчисленнішими є багатощетинкові та малощетинкові черви.



Мал. 5.48. Будова передньої частини тіла дощового черв'яка: 1 – рот, 2 – глотка, 3 – стравохід, 4 – воло, 5 – шлунок, 6 – кишечник, 7 – серце, 8 – спинна кровоносна судина, 9 – черевна кровоносна судина, 10 – головний мозок, 11 – черевний нервовий ланцюжок, 12 – сім'яники, 13 – сім'яприймачі, 14 – кільцеві м'язи, 15 – поздовжні м'язи

Характерним представником кільчастих червів є дощовий черв'як, який відноситься до класу *Малощетинкові* (мал. 5.48). Він поширений по всій Європі. Довжина тіла дорослої особини 15-30 см, а на півдні України і більше. Пересуванню цієї тварини в ґрунті сприяють спрямовані назад щетинки (по 8 на кожному сегменті). Шкірні залози виділяють слиз, який зменшує тертя тіла об ґрунт, запобігає його пересиханню, має антисептичні властивості. Живиться дощовий черв'як рештками рослин (сире опале листя, напівзгнилі травинки тощо) і землею.

Сенсорні системи дощового черв'яка значно спрощені у зв'язку з життям у ґрунті. У зовнішніх покровах тіла наявні різноманітні чутливі клітини – рецептори світла, хімічних речовин, механічних подразнень. Найбільш чутливим є передній відділ тіла. Дощові черви під час повзання по землі можуть сприймати обриси та розташування оточуючих предметів. Вони здатні до

змінювання природної поведінки на основі вироблених у експерименті умовних рефлексів.

Дощові черви відіграють значну роль у процесах ґрунтоутворення. Вони складають 50-90% всієї біомаси ґрунтових безхребетних тварин. На одному гектарі землі буває 0,5-2,0 млн. особин дощового черв'яка, які переробляють і перемішують щодоби близько чверті тони ґрунту. Ці тварини спускають та перемішують ґрунт, поліпшуючи його аерацію та проникнення в глибинні шари води. Загальна довжина ходів червів на 1 кв. м землі може сягати 1-8 км. У пропущеному через кишечник ґрунті збільшується вміст мінеральних речовин, необхідних рослинам, зменшується його кислотність.

Деякі види дощових червів розводять у промислових умовах для вживання у вигляді харчових добавок для худоби і навіть для людини. В результаті селекції виведено породи звичайного у нас виду дощовика, що живе в гноївці, здатні розкладати різні види гною, покидьки. Ці черви з успіхом культивуються в промислових умовах (комерційна назва “каліфорнійський червоний”) і використовується, у тому числі і в Україні, для переробки різноманітних біологічних відходів, які стають цінним добривом. Самі тварини, перероблені на борошно, можуть вживатися як цінна кормова добавка для свійських тварин.

Трубочники та енхітреїди (клас Малощетинкові) – добрий корм для риб, тому їх добувають і розводять. Трубочники через високу стійкість до забруднення також перспективні для біологічного очищення стічних вод. Деяких велетенських малощетинкових вживають у їжу аборигени Південно-Східної Азії та Південної Америки.

**Багатощетинкові** черви відіграють досить важливу роль у житті світового океану, перш за все, як калорійна пожива для багатьох видів риб. Крім того, вони беруть участь у очищенні води від механічних та органічних часток. Деякі види багатощетинкових червів разом з іншими морськими організмами (водоростями, молюсками) поселяються на різноманітних підводних спорудах та днищах суден, чим зменшують їх швидкість руху. Окремі види

цих тварин, наприклад відомий палоло, який живе біля островів Самоа та Фіджі (Тихий океан), вживаються у їжу.

**П'явки** використовуються у медицині при гіпертонії, крововиливах у мозок, тромбофлебіті. На різні частини тіла прикладають п'явок, які висисають значну кількість крові і завдяки наявності в їх слині специфічних речовин розширюють судини, внаслідок чого знижується кров'яний тиск і полегшується кровообіг. У Франції та деяких інших країнах п'явок вигодовують на гусях, потім смажать і вживають у їжу як делікатес.

Негативна роль кільчастих червів незначна. Відомо, що більшість видів дощових червів під час розмноження (червень-липень) стає отруйною і може спричинити загибель домашніх птахів. Деякі малоцетинкові є проміжними хазяями паразитуючих червів риб, свиней, курей тощо. Риб'ячі п'явки завдають досить відчутних збитків рибному господарству, а пташині – водяному птахівництву.

#### 5.7.2.2. Тип Молюски

Тип Молюски, або М'якуни, налічує близько 130 тис. видів, у тому числі в Україні – понад 700 видів. Це – переважно водяні, рідше наземні вільноживучі тварини і лише деякі з них ведуть паразитичний спосіб життя.

В ембріональному та постембріональному розвитку молюсків є багато спільного з розвитком кільчастих червів.

**Тіло** молюсків (мал.. 5.49) несегментоване, складається, як правило, з трьох відділів – голови, тулуба та ноги, але голова може бути частково або повністю редукованою. На голові містяться рот, щупальця та очі. Нога – це мускулястий потовщений виріст черевної стінки тіла, що є органом пересування. Вона здебільшого має вигляд плоскої підошви або кіля. У деяких молюсків нога перетворилася на орган плавання, ловитва здобичі або частково чи повністю редукована. Тулуб міститься над ногою і може розростатися на спинну сторону у вигляді горба.

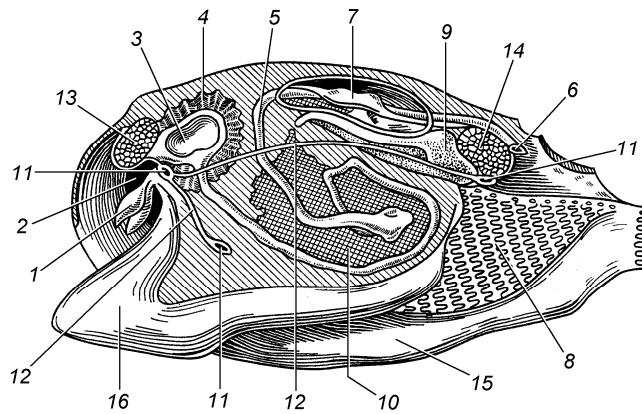
Характерною ознакою молюсків є *мінерально-органічна черепашка*, яка в типових випадках укриває все тіло і виконує захисну функцію. Вона може бути суцільною, двостулковою або складатися з кількох пластинок. У багатьох форм черепашка різною мірою редукована.

Під черепашкою розташована мантия – складка шкіри, яка вільно звисає по боках тулуба і огортає його основу. Між тулубом та мантиєю наявна мантийна порожнина, в якій містяться органи дихання (зябра або легеня), слизові залози, хеморецептори. Сюди ж відкриваються отвори задньої кишки, нирок і статевих органів. У наземних черевоногих молюсків мантия перетворилася на орган атмосферного дихання – легеню. У деяких молюсків, наприклад, у більшості головоногих, мантия зовні обгортає черепашку, яка таким чином стає внутрішньою. У головоногих мантия має добре розвинені м'язи і бере участь у реактивному русі тварин.

*Порожнина тіла* у молюсків змішаного типу – утворена залишками первинної порожнини та сильно редукованою вторинною порожниною.

*Мускулатура* цих тварин добре розвинена. У багатьох ділянках тіла, особливо в мантиї та нозі, м'язи не диференційовані і нагадують шкірно-м'язовий мішок червів. Проте в тілі наявні спеціалізовані пучки м'язової тканини – м'язи, що втягують тіло або окремі його частини в черепашку, замикають стулки черепашки у двостулкових, м'язи ротового апарату та глотки. У більшості молюсків м'язи непосмуговані, тому їх рухи повільні. Лише у головоногих, які активно та швидко рухаються, м'язи складаються з посмугованої м'язової тканини.

*Нервова система* представлена 3-5 парами добре розвинених гангліїв, розташованих у різних частинах тіла і з'єднаних між собою нервовими тяжами. Поряд із центральною нервовою системою в усіх молюсків є периферійне дифузне шкірне нервове плетиво, яке нагадує нервову систему кишковопорожнинних. Воно складається з нейронів усіх типів і здатне до самостійних рефлексів. Складне нервове плетиво є й у внутрішніх органах молюсків.



Мал.. 5.49. Будова жабурниці: 1 – ротові лопаті, 2 – рот, 3 – шлунок, 4 – печінка, 5 – кишечник, 6 – анальний отвір, 7 – серце, 8 – зябра, 9 – нирка, 10 – статеві залози, 11 – нервовий ганглії, 12 – нервовий тяж, 13 – передній затульний м’яз, 14 – задній затульний м’яз, 15 – мантия, 16 – нога

**Органи чуття** у більшості молюсків добре розвинені. Це, передусім, пара очей, складність яких варіює від простих ямок до очних пухирців з кришталиком і склоподібним тілом. Найскладнішу будову мають очі вищих головоногих, що нагадують очі ссавців. У двостулкових, які позбавлені головного відділу тіла, очей взагалі немає, а у деяких із них виникли вторинні очі, різні за будовою та розташуванням. Органами дотику є щупальця, які знаходяться на голові багатьох видів молюсків. Хеморецептори, як згадувалося вище, розташовані в мантийній порожнині біля основи зябер. Більшість молюсків має органи рівноваги.

**Органи травлення** мають деякі ознаки вищої організації, порівняно з червами. У глотку відкриваються протоки слинних залоз, виділення яких містять ряд травних ферментів. Глотка переходить у стравохід, що веде до шлунка. Наявна печінка, яка виділяє в шлунок ферменти, здатні розщеплювати органічні речовини поживи. Крім того, її клітини можуть фагоцитувати (перетравлювати) дрібні частинки їжі. У печінці відбувається всмоктування продуктів травлення та накопичення запасних поживних речовин. Після шлунка міститься тонка кишка, яка переходить в пряму. У частини молюсків рот і

анус розташовані на протилежних кінцях тіла, в інших – зближені. Молюски живляться як рослинною, так і тваринною їжею.

**Видільна система** молюсків складається з парних нирок, внутрішні кінці яких відкриваються в навколосерцеву порожнину, а зовнішні – у мантийну.

**Органи дихання** у більшості молюсків представлені зябрами, які знаходяться у мантийній порожнині. У наземних та деяких прісноводних черевонігих молюсків водне дихання змінилося на повітряне, і органом дихання є легеня – видозмінені стінки мантийної порожнини, пронизані кровоносними судинами. Дихання у молюсків може здійснюватись і просто через шкіру, особливо через поверхню мантиї.

**Кровоносна система** молюсків не замкнена, за виключенням більшості головоногих, у яких вона майже замкнена. Наявне серце, яке складається з 1-4 передсердь та 1-2 шлуночків. Від шлуночка відходить 1-2 аорти, які поділяються на артерії. Із артерій кров виливається в порожнину тіла. Повертається вона до серця (в передсердя) по виносних судинах від органів дихання та по венах з порожнини тіла. У більшості молюсків венозні судини нечисленні і лише у головоногих венозна система повністю сформована. Необхідно наголосити, що у молюсків кровоносна система побудова складніше, ніж у будь-кого з інших безхребетних.

**Розмножуються** молюски лише статевим способом. Серед них є роздільностатеві та гермафродити. Запліднення здебільшого внутрішнє, у деяких – зовнішнє. **Розвиток** прямий або з метаморфозом. Зустрічаються живонароджуючі види.

Тип Молюски поділяється на 7 класів: Двостулкові, Черевонігі, Головоногі та інші.

**Двостулкові** – виключно водяні тварини, які живуть у морях, океанах та прісних водоймах. Розміри їх тіла від кількох міліметрів до 1,5 м (тридакна велика). Вони ведуть придонний спосіб життя і трапляються на різних глибинах. Більшість із них – повільно повзаючі форми, а деякі нерухомо при-



кріплюються до субстрату. Клас Двостулкові нараховує близько 20 тис. видів, із яких в Україні відомо до 250 видів.

Молюски цього класу мають двобічну симетрію тіла. Їх черепашка складається з двох стулок, які закриваються при скороченні м'язів-замикачів. Передній край черепашки тупий, задній – загострений. Черепашки двостулкових мають різноманітну форму. У більшості видів обидві стулки однакові, проте є види, в яких вони різні. Наприклад, в устриці ліва стулка, якою вони прикріплюється до субстрату, значно більша й опукліша – у ній міститься все тіло молюска, тоді як права є лише покриттям. У деяких форм, наприклад у “корабельного черва”, черепашка редукована і прикриває лише 1/20 довжини тіла. Тіло двостулкового молюска здебільшого видовжене, більш-менш сплюснене з боків і складається з тулуба, що заповнює верхню частину черепашки, і ноги, яка міститься на черевній стороні. (Мал. 5.49).

Характерною особливістю двостулкових є редукція голови. На передньому кінці тулуба знаходиться рот, на задньому – анальний отвір. По боках ротового отвору розташовані ротові лопаті, війки яких підганяють частинки їжі до рота. Слинні залози не розвинені.

У зв'язку з малорухливим способом життя органи чуття розвинені слабо. Біля основи зябер є хеморецептори, а в нозі – органи рівноваги. У деяких видів двостулкових по краю мантиї розташовані очі.

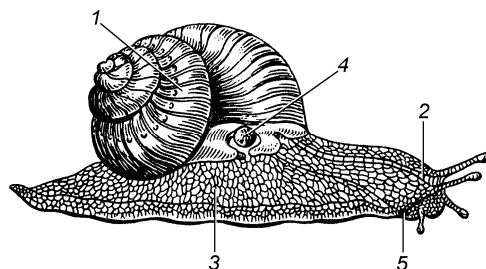
Живляться двостулкові пасивно продуктами розпаду рослинних тканин, планктонними організмами, бактеріями, які потрапляють у мантийну порожнину разом з водою.

Більшість двостулкових – різностатеві тварини. Розвиток у більшості видів із метаморфозом.

Характерними представниками класу Двостулкові, які поширені в Україні є перлівниця звичайна (піскуваті відмілини проточних водойм), жабурниця звичайна (стоячі водойми з мулистим дном), мідії (Азовське та Чорне моря), устриці, у тому числі їстівна (Чорне море).

**Червоногі** – найчисельніший клас молюсків: їх близько 90 тис. видів. В Україні відомо понад 500 видів. Вони заселяють різні зони морів та океанів, прісні водойми, а деякі види живуть на суходолі, пристосувавшись навіть до суворих умов пустелі та гірських вершин. Незначна кількість видів веде паразитичний спосіб життя.

Характерною рисою червононогих молюсків є асиметричність будови тіла з добре вираженою головою, тулубом та ногою з широкою подошвою. Розміри їх тіла варіюють від декількох міліметрів до кількох десятків сантиметрів. Черепашка спірально закручена, іноді недорозвинена або зовсім редукована. На голові розташовані рот, одна або дві пари щупалець та пара очей (мал. 5.50).



Мал. 5.50. Виноградний слимак: 1 – черепашка, 2 – голова з двома парами щупалець, 3 – нога, 4 – дихальний отвір, 5 – статевий отвір.

У глотці знаходяться рогові щелепи та терка, вкрита рядами міцних хітинових зубчиків. Ці органи служать для механічного подрібнення та згризання їжі. Розвинені слинні залози. Кишка утворює вигин, внаслідок чого анальний отвір міститься над головою або справа від неї. Більшість видів червононогих – всеїдні форми, є рослиноїдні (голі слизні, виноградний і садовий слимаки тощо), а також хижаки (рапани, мурекси, насси та інші).

Органами дихання у більшості червононогих є зябра. Наземні та прісноводні види мають легеневе дихання.

Червоногі мають різноманітні, добре розвинені сенсорні системи. Рецептори дотику зосереджені переважно на щупальцях, бічних губах, краях мантиї, меншою мірою на ділянках шкіри, які не прикриті черепашкою. Хімі-

чні рецептори розташовані в мантийній порожнині біля зябер та на губних щупальцях. Усі черевоногі мають органи рівноваги.

Морські види черевоногих здебільшого різностатеві, а прісноводні та наземні – гермафродити. У деяких видів у статевій залозі розвиваються по черзі то яйцеклітини, то сперматозоони, і тому такі слимаки певний час бувають то самицями, то самцями. Запліднення внутрішнє. Розвиток прямий або з метаморфозом. Бувають випадки піклування про нащадків: яйця виношуються на поверхні тіла або в мантийній порожнині. Трапляються і живородні форми, наприклад, прісноводний вівіпарус.

Серед морських черевоногих переважають прибережні форми, проте є й такі, що існують на значній глибині. У Чорному та інших морях поширена патела, або морське блюдце. Ці молюски живуть на берегових скелях, щільно присмоктуючись до них своєю ногою. Сьогодні по всьому Чорному морю розповсюджений хижак рапана.

У ставках, невеликих озерах, старих річищах водяться ставковик звичайний, катушки, калюжниці, бітинії. Катушки, живлячись мікроскопічними водоростями, згризаючи їх з поверхні водяних рослин та підводних предметів, є бажаними мешканцями акваріумів як біологічні санітари. Усі прісноводні молюски можуть витримувати пересихання водойм, виділяючи при цьому щільну плівку, яка закриває вхід у черепашку.

Наземні молюски (виноградний слимак, польовий та садовий слизні) витримують значні температурні коливання. У південних широтах влітку, а в північних – взимку вони впадають у стан сплячки. Винogradний слимак, поширений також в Україні, живиться листям винограду та плодівих дерев. Він активний вночі, завдяки чому зменшуються втрати води з організму. Характерною ознакою голих слизнів (польового та садового) є відсутність зовнішньої черепашки. Вона у них рудиментарна (залишкова), у вигляді невеликої вапнякової пластинки овальної форми, яка обростає мантиєю. Живляться голі слизні рослинною їжею.

**Головоногі** – виключно морські молюски, найбільше поширені в тропічних та субтропічних водах, але зустрічаються також в помірних і навіть полярних морях. Вони трапляються скрізь від поверхні до найбільших глибин. Головоногі можуть жити лише у водах із високою солоністю, тому їх немає в Чорному та Азовському морях. Усього описано близько 650 видів цих молюсків. Це – найбільш високоорганізована та високорозвинена група не лише серед молюсків, а й серед усіх безхребетних тварин.

Розміри головоногих молюсків найрізноманітніші: від 1 см до 18 м. Тіло їх має двобічну симетрію і розділене на голову та тулуб. Передня частина ноги видозмінилася в щупальця, які оточують рот. Кількість щупалець неоднакова: у восьминогів, або спрутів, їх 8, у кальмарів, каракатиць – 10, а в наутилуса – близько 40. Задня частина ноги утворює лійку, яка з'єднує порожнину мантиї з навколишнім середовищем. Рухаються головоногі молюски реактивним способом, витискуючи із мантийної порожнини через лійку сильний струмінь води.

У більшості головоногих молюсків є внутрішній хрящовий скелет, який захищає центральну нервову систему. У восьминогів є зачатки кори головного мозку. Головоногі мають добре розвинені сенсорні системи, особливо органи зору, які за будовою нагадують очі ссавців. Всі вони – хижаки. Головоногі мають здатність змінювати забарвлення свого тіла залежно від навколишнього середовища, а також при збудженні. Важливого захисного значення набуває також здатність цих тварин виробляти в спеціальній залозі речовину, що має наркотичні властивості і забарвлює воду в темні кольори.

Головоногі – різностатеві тварини. Наявне як зовнішнє, так і внутрішнє запліднення з відкладанням яєць, а також живородіння. У багатьох видів виражена турбота про потомство з боку самок.

Роль та значення молюсків досить значні. Вони відіграють помітну роль у ланцюгах живлення, живлячись продуктами розпаду тканин інших організмів та мікроорганізми (двостулкові), рослинну і тваринну їжу (черевоні та головоногі). У свою чергу, вони є кормом для ракоподібних (крабів,

омарів, раків-самітників), риб (камбали, тріски, осетрових, коропових тощо), птахів (альбатросів, поморників, пінгвінів) та звірів (китів, дельфінів, тюленів тощо).

Двостулкові молюски – природні біофільтратори. Пропускаючи через мантийну порожнину воду, вони очищають її від органічних решток та мікроорганізмів.

Молюсків, особливо двостулкових (устриця, мідія, морський гребінець) та головоногих (численні види кальмарів, каракатиць та восьминогів), вживають у їжу. У ряді європейських країн (Іспанії, Франції, Італії) вживається у їжу виноградний слимак, якого спеціально розводять.

У деяких морських молюсків, насамперед морської перлівниці, що живе в тропічних морях, утворюються перли. Перлина розвивається внаслідок подразнення мантиї стороннім тілом, наприклад, піщинкою. Із перлів виготовляють ювелірні прикраси. З черепашок прісноводних перлівниць та морських черевоногих молюсків виготовляють перламутрові вироби (гудзики, ювелірні прикраси, інкрустаційне оздоблення). Для виготовлення коричневої фарби сепії та високоякісної туші використовують секрет чорнильного мішка каракатиць та кальмарів.

Головоногих використовують також у медицині та парфумерії. Новітніми дослідженнями встановлено, що ці молюски є джерелом важливих та перспективних біологічно активних речовин (протишокових, знеболюючих, антипаразитарних, отруйних та інших).

Головоногі викликають зацікавленість у вчених як модельні об'єкти досліджень: для нейрофізіологів кальмари – один із важливих об'єктів для дослідження проведення нервових імпульсів; психологи цікавляться головоногими як безхребетними з високорозвиненою психікою.

Не всі види молюсків мають у житті людини позитивне значення. Відчутної шкоди сільському господарству завдають голі слизні, поїдаючи сходи зернових культур, а також городні та садові рослини. Шкідником виноградників і садів є виноградний слимак. Чимало прісноводних легеневих молюс-

ків (ставковики, бітінії) є проміжними хазяїнами трематод – паразитів людини та свійських тварин. Двостулковими молюсками дрейсенами обростають днища суден, внаслідок чого уповільнюється їх хід, турбінні решітки електростанцій, внутрішні поверхні водопровідних труб, перешкоджаючи токові води. Деревоточці (клас Двостулкові) пошкоджують деревину. Особливо велику небезпеку вони становлять для дерев'яних споруд причалів, а також для дерев'яних суден. Три види цих молюсків розповсюджені в Чорному морі, два із яких проникли в Азовське море.

### 5.7.2.3. Тип Членистоногі

Членистоногі – найбільш чисельний тип тваринного світу. Описано близько 1,5 млн. видів цих тварин (в Україні – близько 39 тис.), проте реальне число сучасних видів, на думку вчених, сягає 3-5 млн.

Членистоногі опанували всі середовища існування в межах біосфери і поряд з деякими хребетними (птахи, кажани тощо) набули здатності до активного польоту (більшість комах). Життєві форми, способи живлення, адаптації до навколишнього середовища у них надзвичайно різноманітні. Важко знайти такі місця, де б не було членистоногих. Вони живуть у морях та океанах, прісних водоймах, ґрунтах, на поверхні суходолу усіх кліматичних зон від тропіків до приполярних областей. Навіть у високих широтах Арктики і на побережжі Антарктиди було виявлено окремі види кліщів та ногохвісток. Трапляються членистоногі і в найсухіших пустелях. За характером живлення тварини цього типу бувають рослиноїдними, хижаками, сапрофагами (від гр. *sargos* – гнилий та *phagos* – пожирач), а також паразитами рослин, тварин та людини. Немає на Землі жодного виду природної органічної речовини, яку б не споживали членистоногі.

Членистоногі мають багато спільного з кільчастими червами, особливо з багатощетинковими, проте вони відрізняються вищим ступенем диференціації тканин та органів, перш за все нервової системи та органів чуття. Деякі групи членистоногих мають досить складну поведінку, яка проявляється у

підкуванні про потомство, здатності до складної будівельної діяльності, суспільному житті і навіть комунікації за допомогою різноманітних сигналів (звукових, хімічних, рухових тощо, наприклад, у вищих перетинчастокрилих комах). Тіло членистоногих, як і у кільчастих червів, сегментоване, але сегментація не однорідна по довжині тіла. Групи подібних сегментів утворюють відділи тіла – найчастіше голову, груди та черевце. У павукоподібних голова злита з грудьми в головогруди. У трилобітів і багатоніжок тіло поділяється всього на два відділи – голову та черевце.

Важливою особливістю членистоногих, яка відрізняє їх від кільчастих червів і обумовлює основні риси їх організації, є наявність твердої кутикули, яка складається з хітину (складний полісахарид) та білків і виконує не лише захисну функцію, а є також зовнішнім скелетом, до якого прикріплюються м'язи. Внаслідок цього ріст цих тварин супроводжується періодичними линьками, коли стара кутикула скидається і замінюється новою. У той короткий період, коли нова кутикула м'яка, збільшуються розміри тіла. Линяння здійснюється під контролем нейро-ендокринної системи. Шкірно-м'язового мішка, характерного для червів, у членистоногих немає. Мускулатура представлена окремими посмугованими м'язами, які, порівняно з непосмугованими, мають значно вищу здатність до скорочення. Порожнина тіла змішана – формується в результаті злиття вторинної порожнини з залишками первинної.

Травна система членистоногих складається із трьох відділів: передньої, середньої та задньої кишки. Кожен із цих відділів, у свою чергу, диференціюється залежно від типу живлення. Характерною рисою травного тракту членистоногих, яка відрізняє їх від інших типів тварин, є перетворення кінцівок передніх сегментів тіла на ротові органи, призначені для утримання й механічного подрібнення поживи. Часто передня кишка служить і для тимчасового зберігання їжі – воло метеликів, бджіл. У більшості наземних членистоногих в передню кишку відкриваються слинні залози. У середній кишці ракоподібних та павукоподібних наявні так звані печінкові вирости, які здійснюють роль травних залоз. Передній і задній відділи кишечника вистелені кути-

кулою, тому перетравлення та засвоєння їжі здійснюється в основному в середньому відділі.

Органи виділення у ракоподібних та інших первинноводяних форм представлені видозміненими метанефридіями (див. кільчасті черви), а у наземних членистоногих – мальпігієвими суднами (тоненькі трубочки, які поглинають продукти дисиміляції з порожнинної рідини і виводять їх у задню кишку).

Органи дихання членистоногих різноманітні. У переважної більшості водяних тварин цього типу це – зябра, у наземних та деяких водяних – трахеї або легені. Найчастіше зябра тут – видозмінені кінцівки або їхні частини. Легені членистоногих являють собою глибокі мішкоподібні вп'ячування, що відкриваються назовні вузькими щілинами. Трахеї – це тонкі, найчастіше розгалужені трубочки, що відкриваються назовні маленькими отворами, а всередині тіла обплітають усі внутрішні органи. Дуже дрібні членистоногі, які мають тонкі покриви й живуть у воді або в дуже вологих місцях, можуть дихати всією поверхнею тіла.

Кровоносна система членистоногих, на відміну від кільчастих червів, незамкнена і частково редукована, але має центральний пульсуючий орган – серце. У ній наявні лише головні судини (спинна, іноді черевна та деякі бічні) і зовсім відсутні дрібні судини і капіляри. Судини відкриваються безпосередньо в порожнину тіла. В ній і в кровоносних судинах циркулює гемолімфа від гр. *haima* – кров та лат. *lympha* – волога), яка омиває внутрішні органи. У серце із порожнини тіла вона надходить крізь отвори в його стінках. У деяких членистоногих кровоносної системи немає (веслоногі, черепашкові ракоподібні) або вона представлена лише серцем (зяброногі ракоподібні).

Нервова система членистоногих побудована так само, як і в кільчастих червів, і складається з надглоткового ганглія, або головного мозку, навкологлоткового нервового кільця і черевного нервового стовбура. Будова надглоткового ганглія дуже складна. У ньому розрізняється три відділи – передній, середній та задній мозок. Найскладнішу будову має передній мозок. У черев-



ному нервовому стовбурі часто спостерігається концентрація гангліїв і утворення більш складних гангліїв. У деяких випадках усі ганглії зливаються в єдиний син ганглій ( від гр. *syn* – разом та *ganglion* – пухлина), як у краба або кімнатної мухи. До складу гангліїв нервової системи входять нейросекреторні клітини, які разом із спеціальними залозами внутрішньої секреції беруть участь у гуморальній регуляції життєдіяльності членистоногих (линяння, розвиток статевих органів та утворення гамет, обмін речовин тощо).

Сенсорні системи у членистоногих різноманітні і досконалі. Більшість із них мають добре розвинені органи зору, дотику, нюху, смаку, рівноваги. Очі членистоногих бувають двох типів – прості, що мають одну лінзу, й складні, або фасеткові, які складаються з великої кількості, інколи кількох тисяч, вічок, що щільно прилягають одне до одного. Прості очі служать для розрізнення інтенсивності освітлення. Фасеткове око дає мозаїчне зображення. Тверда кутикула членистоногих нечутлива до подразнень, тому сприймання дотику та хеморецепція здійснюється зонами покриву тіла, де кутикула тонка або має отвори. На твердих ділянках покриву дотик сприймається за допомогою спеціальних органів – дотичних сенсил (від лат. *sensus* – відчуття). Така сенсила складається з порожнистої щетинки, основа якої зчленована з дотиковим рецептором, розташованим у товщі кутикули. Дотичні сенсили розкидані по всьому тілі членистоногого, але найбільше їх на антенах, ногах, межах сегментів тіла та члеників ніг. За таким самим принципом побудовані й сенсили, що забезпечують хімічне чуття (нюх та смак), але їх щетинка має мікроскопічні пори, через які проникають молекули речовини і по порожнині щетинки досягають хеморецептора.

Поведінка членистоногих, порівняно з кільчастими червами, значно складніша. Крім простих безумовних рефлексів типу таксисів, у членистоногих спостерігаються складні форми інстинктивної поведінки, пов'язані з добуванням поживи, розмноженням, захистом від ворогів, турботою про потомство тощо. Цим тваринам властива також здатність до утворення умовних рефлексів під впливом факторів навколишнього середовища.

Членистоногі розмножуються лише статевим шляхом. Більшість їх – роздільностатеві, хоча відомі і гермафродити. Часто спостерігається статевий диморфізм (від гр. *di* – двічі та *morphe* – вигляд, форма) – зовнішня відмінність самців та самиць. Запліднення внутрішнє або зовнішнє (за допомогою одягнених оболонкою порцій сперми, які самець вводить у статеві отвори самиці чи підвішує до них). Проте деяким видам членистоногих властивий партеногенез (від гр. *parthenos* – незайманий та *genesis* – походження), що полягає у розвитку зародка із яйцеклітини без запліднення. Розвиток прямий (без стадії личинки) або з метаморфозом (перетворенням) – первинним (яйце – передличинка – личинка – доросла особина), неповним (яйце – личинка, подібна до дорослої форми, – доросла особина) чи повним (яйце – червоподібна личинка – лялечка – доросла особина).

Тип Членистоногі поділяється на чотири підтипи: Зябродишні, або Ракоподібні, Трахейнодишні, Трилобітоподібні та Хеліцерові.

#### *5.7.2.3.1. Ракоподібні*

До підтипу ракоподібних належать членистоногі, що найбільш повно освоїли водне середовище: вони зустрічаються в пересихаючих калюжах, прісних і морських водоймах, заселяючи всю товщу води. До речі, морський планктон на 90% складається з ракоподібних. Окремі види цього підтипу пристосовані до життя на суходолі (мокриці, сухопутні тропічні краби), проте завжди населяють вологі місця. Більшість із них вільноіснуючі, рухливі тварини, але зустрічаються і сидячі види, а також паразити інших водяних тварин. Описано понад 40 тис. видів ракоподібних (в Україні – понад 400 видів), які згруповані в 6 класів: Зяброногі ракоподібні, Максилоподи, Вищі раки та інші.

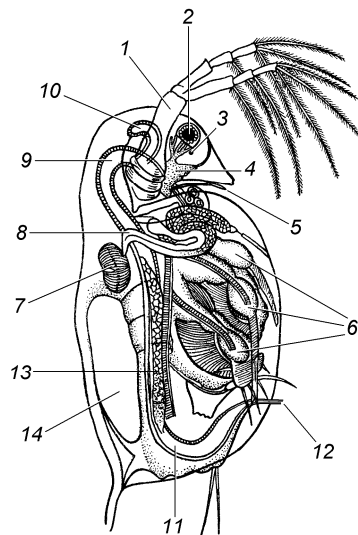
Розміри тіла ракоподібних варіює від часток міліметра до 80 см. Для них характерна велика різноманітність у зовнішній будові тіла і кінцівок, тоді як внутрішня організація досить однотипна (мал. 5.50). Тіло ракоподібних складається з двох відділів: голово-грудей (утворюються внаслідок злиття

голови та грудей) і черевця. На голові розташовані 5 пар видозмінених кінцівок: 2 пари вусиків, що є органами дотику та хімічного чуття, та 3 пари щелеп, які подрібнюють поживу, фільтрують її та подають до рота. Тут знаходиться також пара фасеткових очей, але деякі види мають лише прості очі. Грудний відділ має від 2 до 60 пар кінцівок, розміри та форма яких залежить від їх функцій.

Дихають ракоподібні за допомогою зябер або зовнішніх покривів тіла.

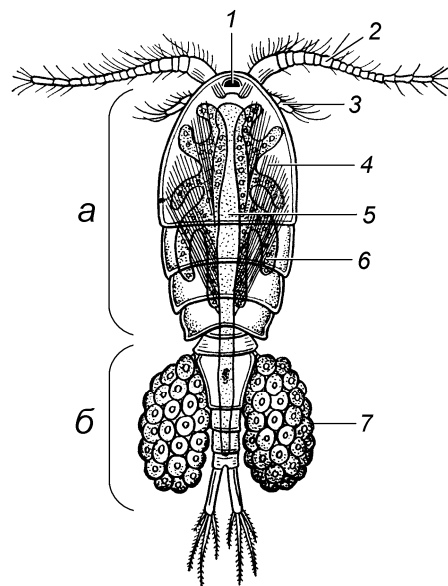
За способом живлення серед ракоподібних розрізняють “мирних” (дафнії, мокриці), які живляться мікроскопічними водоростями, бактеріями, найпростішими, рослинними рештками; хижаків (краби, циклопи), що нападають на коловерток, малощетинкових червів, молюсків, риб; всеїдних (річкові раки, раки-самітники, креветки), поживою для яких є водяні рослини, личинки комах, пуголовки, молюски, а також падаль. Серед веслоногих ракоподібних (клас Максилоподи) є чимало паразитичних видів (ергасиліус живе на зябрах прісноводних риб, пенелла – на шкірі китів тощо).

Ракоподібні – різностатеві тварини, розвиваються переважно з метаморфозом.



Мал. 5.51. Дафнія (самка): 1 – антени, 2 – складне око, 3 – просте око, 4 – мозок, 5 – антенули, 6 – грудні ніжки, 7 – серце, 8 – орган виділення, 9 – стравохід, 10 – травна залоза, 11 – кишечник, 12 – анальний отвір, 13 – яєчник, 14 – камера для зародків

Типовим представником зяброногих ракоподібних є дафнія (мал. 5.51). Друга пара вусиків у неї розгалужена і є органами руху. Все тіло, крім голови, знаходиться між двома напівпрозорими хітиновими стулками. На голові є фасеткове око, а перед ним – просте. Грудний відділ укорочений, несе 5 пар грудних ніжок з численними щетинками, що утворюють фільтрувальний апарат. Біля основи ніжок розташовані зябра. Дафнія живиться мікроорганізмами та органічними часточками, які зависають на щетинках цих ніжок у процесі фільтрування води. Серце розташоване на спинному боці тіла, але справжніх кровоносних судин немає. Живляться дафнії переважно бактеріями, одноклітинними водоростями, рослинними рештками. Літом вони розмножуються партеногенетично, репродукуючи лише самок. Восени з'являються самці, запліднюють яйця, із яких навесні розвивається нове покоління рачків.

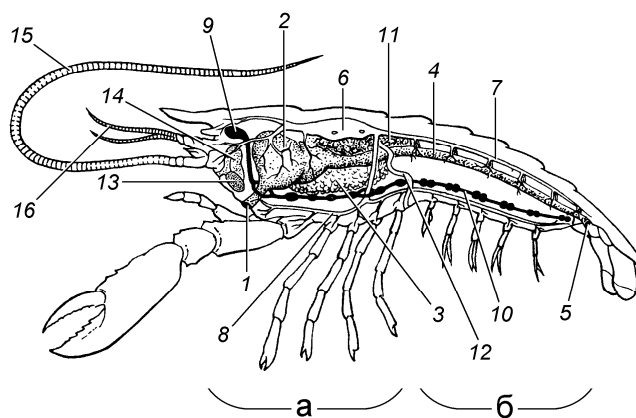


Мал. 5.52. Циклоп (самка): а – головогруді, б – черевце, 1 – просте око, 2 – антенули, 3 – антени, 4 – поздовжні м'язи, 5 – травна система, 6 – яєчник, 7 – яйцеві мішки

З ракоподібними класу Максилоподи можна познайомитися на прикладі циклопів (мал. 5.52). Ці тварини мають видовжене тіло. На голові є лише одне просте око. Перша пара антен добре розвинена і допомагає рачкам під

час плавання і ширяння у воді. Чотири пари двогіллястих плоских грудних ніжок рухаються як весла, штовхаючи тіло вперед. Газообмін здійснюється через шкіру. Кровоносної системи немає. Самки виношують яйця у яйцевих мішках. Розвиток з перетворенням. Живуть циклопи у прісних водоймах – від пересихаючих калюж до глибоких озер. У великій кількості зустрічаються у прибережній смузі серед заростей рослин. Більшість циклопів – хижаки (живляться найпростішими, дрібними малоцетинковими червами, водяними личинками комах, іншими рачками, личинками риб тощо), проте є серед них і рослиноїдні (споживають переважно одноклітинні або колоніальні зелені, діатомові водорості тощо). Зустрічаються паразитуючі види циклопів. Прісноводні циклопи дуже поширені, бо відзначаються пристосованістю до перенесення несприятливих умов. Вони здатні витримувати пересихання водойм або вмерзання у лід, не втрачаючи життєздатності.

Нижчі ракоподібні – добра пожива для риб. У рибоводстві масово розмножують дафній та інших рачків для підгодовування молоді промислових риб. Морські рачки калануси (клас Максилоподи) – основна пожива для вусятих китів. Гіллястовусі рачки (клас Зяброногі), до яких належать і дафнії, очищають воду від завислих у ній органічних часток та бактерій, здійснюючи роль природних біофільтраторів. Окремі види нижчих ракоподібних можуть завдавати і шкоди. Так, веслоногі рачки циклопи та діаптомуси бувають проміжними хазяями паразитуючих червів. Зустрічаються серед цих тварин і паразити риб, морських ссавців, як уже згадувалося вище. Морські жолуді (клас Максилоподи), що ведуть сидячо-прикріплений спосіб життя, спричиняють збитки у судноплаванні, заселяючи днища суден і цим значно уповільнюючи їх рух.



Мал. 5.53. Будова річкового рака (самець): а – головогруди, б – черевце, 1 – рот, 2 – шлунок, 3 – травна залоза, 4 – кишечник, 5 – анальний отвір, 6 – серце, 7 – спинна артерія, 8 – черевна артерія, 9 – головний мозок, 10 – черевний нервовий ланцюжок, 11 – сім'яник, 12 – сім'явивідна протока, 13 – видільний орган, 14 – сечовий міхур, 15 – антени, 16 – антенули

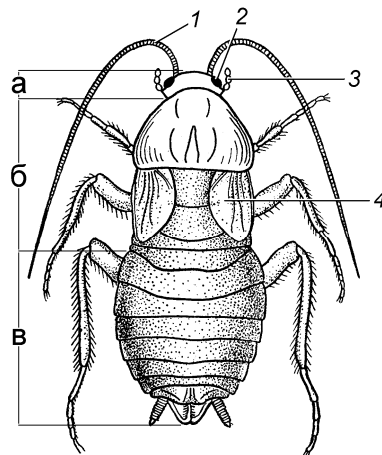
Характерним представником класу Вищі раки є річковий рак (мал. 5.53). Його головогруди укрите суцільним щитком. Грудних кінцівок – 8 пар, з яких 3 передніх – ногощелепи – беруть участь у живленні, а решта 5 пар – ходильні ноги. Передня пара ніг закінчується клешнями. Наявні 6 пар черевних ніжок. Річкові раки живуть у річках та озерах із відносно чистою водою. Вони ведуть придонний спосіб життя, вдень ховаючись у нори та різні укриття, а в сутінках та вночі ведуть активне життя. Піщаних і кам'янистих ґрунтів раки уникають; їх більше там, де дно мулисте, але не плинне. Живляться вони червами, молюсками, личинками водяних комах, пуголовками, а також рослинною їжею (охоче поїдають харові водорості). Поїдаючи падаль, виконують роль санітарів. Запліднені яйця самиця виношує на черевних ніжках протягом 5-6 місяців. Розвиток прямий. Живуть річкові раки до 20 років. Раками живляться хижі риби, водоплавні птахи, деякі звірі. До класу Вищі раки належать також краби, омари, лангусти, креветки, криль, які мають промислове значення. Численні види вищих раків – бокоплавів (гаммарус), кумових (псевдокума), еуфаузієвих (криль), десятиногих (креветки) – є кормовою базою багатьох риб та китоподібних.

### 5.7.2.3.2. Трахейнодишні.

До підтипу трахейнодишних належить значна більшість тварин. Це – наземні або вторинноводяні тварини, що дихають за допомогою трахей. До недавня до підтипу Трахейнодишні відносили два класи: Багатоніжки (тіло складається з голови та більш-менш однорідного тулуба з великою кількістю ніг) та Комахи (тіло складається з голови, грудей та черевця). За сучасними уявленнями підтип поділяється на 6 класів: Губоногі (сколопендри, скутигери), Двопарноногі (ківсяки), Комахи та інші.

Найчисленнішим класом трахейнодишних є Комахи, які нараховують близько 1,5 млн. видів. Однак, кількість видів комах, які заселяють земну кулю, точно ще не встановлено, про що згадувалося вище. В Україні описано близько 40 тис. видів комах.

Більшість видів цих тварин – мешканці суходолу. Вони заселяють усі континенти, включаючи Антарктиду, і трапляються скрізь: у безводних пустелях, високогірних зонах вічних снігів, лісах і степах. Комахи освоїли усі типи наземних біоценозів, а також ґрунти. Пристосування до польоту сприяло освоєнню комахами повітряного середовища. Чимало їх живе у прісних водоймах. Проте цілком водяними тваринами, що дихають розчиненим у воді киснем, стали тільки личинки комах, дорослі крилаті особини яких здатні залишати воду. Комахи переважно вільноіснуючі тварини, але серед них чимало і паразитів.



Мал. 5.54. Зовнішній вигляд чорного таргана (самка): а – голова, б – груди, в – черевце, 1 – антени, 2 – складні очі, 3 – щелепні щупики, 4 – зачатки крил

Розміри комах варіюють у широких межах – від 0,25 мм (їздці, яйцеїди) до 26 см (жук-геркулес, паличник тощо). Їх тіло завжди складається з трьох відділів: голови, грудей і черевця (мал. 5.54). На голові знаходиться пара вусиків (антен), ротові органи, фасеточні та прості очі. Вусики бувають різні за формою, що є важливою систематичною ознакою. Ротові органи залежно від способу живлення можуть бути різних типів. Найменш спеціалізованими є гризучі (гризучо-жувальні) ротові органи, пристосовані до живлення твердою поживою – органічними рештками, частинами живих рослин тощо. Вони властиві жукам, тарганам, прямокрилим та іншим. Комахи, що живляться як рідкою, так і твердою їжею (бджоли, джмелі) мають гризучо-лижучий ротовий апарат. У метеликів частково або зовсім редуковані всі ротові частини, крім нижніх щелеп, зовнішні лопаті яких витягнулися у довгий хоботок. Це – сисний ротовий апарат. Частина коротковусих двокрилих, наприклад, кімнатна муха, мають лижучий тип ротових органів. Він являє собою м'який хоботок, утворений нижньою губою, із специфічним фільтрувальним органом на кінці, що складається з великої кількості хітинових трубочок. Комахи, які смокчуть рідини живих організмів через покриви останніх, мають здебільшого колючо-сисний ротовий апарат, в якому видовжена нижня губа утворює хоботок для всмоктування рідини, а верхні та нижні щелепи являють собою довгі колючі стилети для проколювання покривів. Такий ротовий апарат мають комарі, клопи, попелиці, воші, блохи та інші. У гедзів щелепи й верхня губа мають вигляд ножів і розрізають шкіру тварин. Такий ротовий апарат називається ріжучо-сисним.

У личинок комах із повним перетворенням типи ротового апарата часто відмінні від таких у дорослих особин: наприклад, у гусені гризучі ротові органи, а в дорослих метеликів – сисні. Дорослі особини багатьох комах (од-



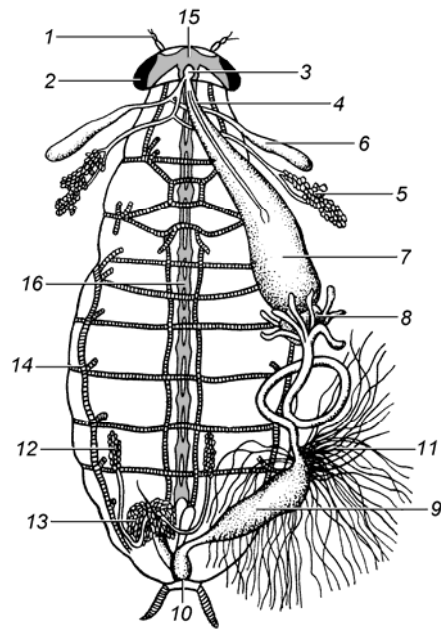
ноденки, оводи, деякі види метеликів, у тому числі шовковичний шовкопряд) не живляться, і їхні ротові органи редуковані.

Груди комахи складаються з трьох сегментів, на кожному з яких розташовано по парі ніг. У більшості видів на 2-му і 3-му сегментах грудей є по парі крил. Первиннобезкрилі комахи (лускатки, махіліди) ніколи не мали крил, а у деяких вони редуковані (воші, блохи, пухоїди тощо). Будова крил, як і вусиків, – важлива систематична ознака комах.

На черевці, яке складається із 6-12 сегментів, у дорослих комах кінцівок немає. Самки багатьох видів на кінці черевця мають яйцеклад, а окремих видів – жало, всередині якого знаходиться протока отруйної залози.

Усі м'язи комах, як скелетні, так і м'язи стінок внутрішніх органів позмуговані. Внаслідок високого рівня розвитку органів руху та первинної переробки їжі м'язова система комах значно диференційована. Кількість м'язів у окремих видів комах може досягати 1,5-2,0 тис. Скелетні м'язи утворюють головну, грудну та черевну групи. Відносна сила м'язів комах дуже велика. Так, наприклад, травневий хрущ здатен тягти вантаж у 24 рази більший за власну масу. Стрибаючі комахи (коники, блохи) за один стрибок долають відстань, що в сотні або навіть тисячі разів перевищує довжину їхнього тіла.

Проміжки між внутрішніми органами у комах виповнені так званим жировим тілом, яке є запасом поживних речовин та поглиначем продуктів обміну.



Мал. 5.55. Анатомія чорного таргана (самець): 1 – щупики, 2 – очі, 3 – глотка, 4 – стравохід, 5 – слинні залози, 6 – резервуари слинних залоз, 7 – во-ло, 8 – шлунок, 9 – кишечник, 10 – анальний отвір, 11 – мальпігієві судини, 12 – сім'яники, 13 – додаткові статеві залози, 14 – трахеї, 15 – головний мозок, 16 – черевний нервовий ланцюжок

Травна система комах, як і в решти членистоногих, складається з трьох відділів – передньої, середньої та задньої кишок (мал. 5.55). В ротову порожнину відкриваються протоки слинних залоз. Кишечник не має диференційованих травних залоз, а травні ферменти виділяються безпосередньо стінками середньої кишки. У багатьох комах наявне позакишкове травлення за допомогою слини. Так, тарган змочує свою їжу слиною, під дією якої вона розм'якшується та частково перетравлюється. Для деяких комах (жуків-плавунців, хижих турунів) характерне повне позакишкове травлення. Ці комахи не тільки виділяють слину, а й вводять у тіло здобичі травний сік середньої кишки і всмоктують уже перетравлену рідку їжу. Личинки мух, що живуть у трупах та гної, через анальний отвір виділяють травний сік із ферментами, які не тільки перетравлюють субстрат, а й убивають та лізують гнильні бактерії та гриби. З цим пов'язаний відкритий відомим російським хірургом М. Пироговим спосіб лікування гнійних ран за допомогою личинок певних

видів мух, які виїдали змертвілі тканини і знищували всі мікроорганізми, не ушкоджуючи живих тканин. У деяких комах, які живляться деревиною (терміти, деякі види тарганів, личинки пластинчастовусих жуків), травлення відбувається в задній кишці за допомогою симбіотичних мікроорганізмів (бактерій, грибів, джгутикових). Комахи живляться різноманітною поживою – рослинною, тваринною, рештками мертвих організмів, гноєм. Серед них зустрічаються хижакі, паразити, кровососи, пухоїди та всеїдні комахи.

Основними видільними органами у комах є мальпігієві судини і задня кишка, що функціонують як єдине ціле.

Дихальна система комах представлена трахеями, які пронизують усе тіло. Повітря в трахеї потрапляє крізь дихальця, розташовані по боках грудей і черевця. Надходження та видалення повітря здійснюється за допомогою м'язів. У багатьох водяних видів (личинок одноденок, бабок, жуків-вертячок) трахеї назовні не відкриваються. Вони дихають за допомогою так званих трахейних зябер – тонкостінних виростів черевця, в яких галузяться трахеї. Комахи, які є внутрішніми паразитами, дихають всією поверхнею тіла. Безпосередній транспорт газів до тканин і клітин через трахеї енергетично значно вигідніший, ніж багаторічна система дихання хребетних тварин (органи дихання – кров – міжклітинна рідина – тканини), проте він ефективний лише при малих розмірах тіла.

Кровоносна система незамкнена. Гемолімфа – безбарвна або жовтувата рідина – розносить поживні речовини, гормони, а також продукти обміну до відповідних органів, тканин і клітин, захищає організм від захворювань (завдяки наявності фагоцитів). Роль її в транспорті газів незначна. Гемолімфа багатьох комах отруйна й використовується для захисту від ворогів. У разі небезпеки вона виділяється назовні через суглоби кінцівок і вусиків (жук-сонечко, листоїди, жук шпанська муха).

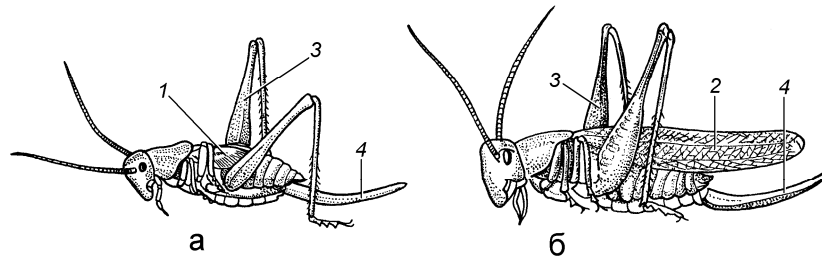
Нервова система комах порівняно з іншими членистоногими, має значно вищий рівень розвитку і спеціалізації. Комахи, що мають складну поведінку, особливо перетинчастокрилі, характеризуються більшими розмірами го-

ловного мозку, а також більш складною будовою та високим розвитком його переднього відділу. У передньому мозкові розрізняють кілька гангліозних тіл – вищого асоціативного та координуючого центру нервової системи. Від гангліїв центральної нервової системи відходять нерви до різних органів тіла.

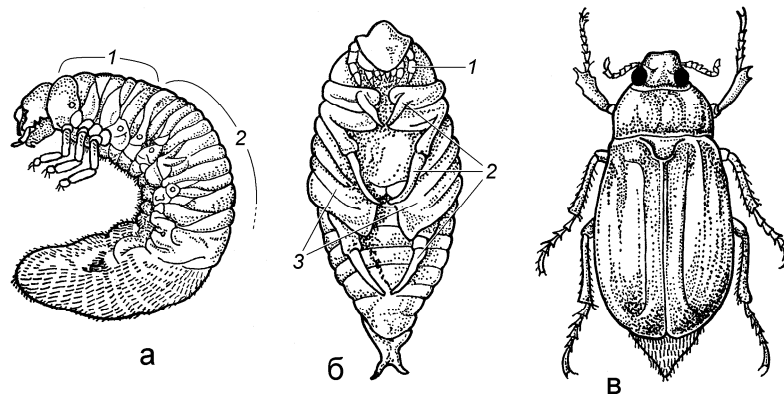
Сенсорні системи комах – найбільш різноманітні та складні серед членистоногих, що пов'язано з їх загальним високим рівнем організації та складною поведінкою, яка вимагає точної інформації про навколишнє середовище. Зір у них кольоровий. Вони відрізняють жовто-зелені, сині та ультрафіолетові промені. Комахи мають унікальну здатність до сприймання поляризації світла, внаслідок чого орієнтуються по небу навіть тоді, коли воно затягнуте хмарами. У багатьох комах розвинені органи слуху, за допомогою яких вони сприймають не лише звуки, але і будь-які коливання середовища. Ці органи розташовані на різних частинах тіла: у коників – на ногах, у саранових – на черевці, у деяких саранових – по боках грудей і т.д. Деякі комахи не лише сприймають звуки, але й здатні відтворювати їх. Звукові органи комах різноманітні. Коники, наприклад, відтворюють звуки, тручи одне крило об друге; саранові – при терті стегна задніх ніг об верхні крила тощо. Комахи мають надзвичайно розвинений нюх. Експериментами доведено, що самці деяких метеликів сприймають запах самиці на відстані до 10 км. Крім дотикових, смакових і нюхових сенсил у комах є також сенсили, які сприймають температуру, вологість, тиск (водяні комахи), магнітне поле Землі (терміти) тощо.

Комахи розмножуються лише статевим шляхом. Як правило, вони роздільностатеві й часто мають чіткий статевий диморфізм, який виявляється у розмірах тіла, забарвленні, розмірах вусиків тощо. Проте часто обидві статі майже однакові, й розрізнити їх можна лише за будовою статевих придатків. У деяких комах (наприклад, попелиці) має місце партеногенез. Запліднення внутрішнє, рідше – зовнішньо-внутрішнє. У самиць деяких видів є сім'яприймач, де сперма самця може зберігатися тривалий час (4-5 років). Форма, забарвлення, а також кількість яєць, що їх відкладають комахи, дуже

різноманітні. Сарана відкладає 500-600 яєць, бджолина матка – 1,5 млн., а цариця термітів – до кількох мільйонів на рік. Яйця вкриті шкаралупою, яка захищає їх від несприятливих впливів навколишнього середовища.



Мал. 5.56. Розвиток коника (самка) коника: а – личинка, б – доросла особина (імаго); 1 – зачатки крил, 2 – крила, 3 – стрибальні кінцівки, 4 – яйцеклад



Мал. 5.57. Розвиток травневого хруща: а – личинка: 1 – груди, 2 – черевце; б – лялечка: 1 – зачатки антен, 2 – зачатки ніг, 3 – зачатки крил; в – доросла особина.

Розвиток комах відбувається з перетворенням – первинним, неповним або повним. Первинне перетворення полягає в тому, що із яйця виходить передличинка, яка ще оточена ембріональною кутикулою, живиться ембріональним жовтком, має кілька простих вічок, недорозвинені антени, позбавлена зачатків крил і зовнішніх статевих органів. Після першого линяння передличинка перетворюється на личинку. Остання має фасеткові очі, сформовані антени, зачатки зовнішніх статевих органів та крил (у крилатих комах). Первинне перетворення відоме у первиннобезкрилих комах (лускатки). Серед

крилатих комах воно спостерігається лише у одноденок. При неповному перетворенні із яйця виходить личинка, зовні схожа на дорослу особину, але менша за розмірами, з недорозвиненими крилами і статевими органами (мал. 5.56). Вона декілька разів линяє, росте і перетворюється на дорослу комаху без стадії лялечки. Спосіб життя личинок багатьох видів з неповним перетворенням і дорослих особин однаковий. Так розвиваються прямокрилі (сарана, коники, вовчки), тарганові, клопи, бабки, рівнокрилі (попелиці) тощо. При повному перетворенні з яйця виходить червоподібна личинка, зовсім несхожа на дорослу особину (мал. 5.57). Часто ротовий апарат у неї інший, ніж у дорослої комахи (наприклад, у гусені метеликів – гризучий, а в дорослої особини – сисний). Личинки комах з повним перетворенням живуть в інших умовах, ніж дорослі, і з ними не зустрічаються. Більшість органів личинки має тимчасовий характер, наприклад черевні ноги в личинок метеликів та пильщиків, шовковидільні залози у гусені метеликів, личинок деяких ос, їдців тощо. Після кількох линьок, що супроводжуються ростом, вона перестає рухатись, живитися і перетворюється на лялечку. Часто перед залялькуванням личинка оточує себе коконом із шовку чи часточок субстрату, скріплених шовком або виділеннями мальпігієвих судин (метелики, пильщики, їдці). У фазі лялечки відбуваються складні процеси розпаду внутрішніх органів личинки під впливом діяльності особливих клітин фагоцитів (від гр. *phagos* – пожирач та *kytos* – клітина) та утворення органів, властивих дорослій особині. Доросла комаха не линяє і не росте. З повним перетворенням розвиваються жуки, лускокрилі, або метелики, перетинчастокрилі (бджоли, джмелі, мурашки, оси), двокрилі (комарі, мухи), блохи. Цикл розвитку комах, тривалість та послідовність фаз розвитку та линьок регулюються гормонами, надходження яких у кров регулюється нервовою системою.

Комахи характеризуються складними формами поведінки, основу яких складають безумовні рефлекси та інстинкти (від лат. *instinctus* – спонука). У них спостерігаються рухові рефлекси на світло, тепло, вологу, земне тяжіння та інші. Для комах характерні інстинкти, спрямовані на збереження індивіда:

оборонні або захисні (“завмирання”, виділення пахучих та отруйних речовин), харчові (здобування та запасання поживи), а також інстинкти, спрямовані на збереження виду: пошуки особин протилежної статі, турбота про потомство. У найпростіших випадках турбота про потомство виявляється у відкладанні самицями яєць біля харчового субстрату личинок або просто в нього (більшість метеликів, мухи, жуки тощо). Складнішою формою є створення запасів поживи для потомства та побудова певних укриттів, де розвивається молодь. Найбільш поширене це явище у перетинчастокрилих (їздці, яйцеїди, поодинокі оси та бджоли тощо). Найскладніша поведінка у суспільних комах, які живуть великими сім’ями. Це – мурашки, терміти, деякі види бджіл, ос, джмелів. Для цих комах характерний поліморфізм, тобто диференціювання особин сім’ї на кілька форм (каст): самців, самиць (матка, “цариця”), робітників. Часто бувають ще різні форми робітників, спеціалізовані на виконанні певних функцій, наприклад солдати, які захищають гніздо від ворогів, фуражири тощо. Робочі особини годують личинок, добувають поживу, чистять та захищають житло, а статеві призначені лише для розмноження. Поліморфізм виникає завдяки виділенню маткою особливих біологічно активних речовин, які впливають на поведінку робочих особин і гальмують розвиток у них статевих органів. Отже, робітники й солдати – це неплідні самиці й самці. Важливе значення має й спрямоване виховання личинок – посилене спеціальне годування тих, з яких вийдуть самиці, та обмежене годування майбутніх робітників.

Деякі види мурашок здатні охороняти і навіть розводити попелиць, солодкими виділеннями яких живляться. Терміти й мурашки-листогризи вирощують в своїх гніздах гриби. гіфами яких живляться.

Інстинктивна поведінка багатьох комах дуже складна і справляє враження розумної. Проте при зміні умов така спадково закріплена поведінка часто стає недоцільною і призводить комаху або її потомство до загибелі. Наприклад, у самиці білана капусти виражений інстинкт турботи про потомство: свої яйця вона відкладає на листя капусти, яким живляться личинки

цього метелика. Якщо ж соком капусти змазати листок паперу, то самиця відкладе яйця й на нього.

Велику роль у поведінці комах, особливо суспільних, відіграють також умовні рефлекси. Вирушаючи за здобиччю, ці комахи (наприклад, бджоли, мурашки, терміти) здатні запам'ятовувати місцезнаходження джерела поживи, дорогу до нього і назад, до гнізда. Медоносних бджіл можна навчити прилітати на певний кольоровий субстрат або зображену на ньому фігуру. Здатність до вироблення умовних рефлексів властива не лише суспільним комахам. Їх можна виробити, наприклад, у тарганів. Умовні рефлекси дають змогу кохам краще пристосовуватись до мінливих умов оточуючого середовища.

Велике значення для комах, особливо для суспільних, мають засоби спілкування для обміну інформацією. Вони дуже різноманітні у різних видів комах. Це звукові сигнали, біологічно активні речовини (феромони; від гр. *phero* – несу та *hormōn* – той, що збуджує), світлові сполохи, особлива форма поведінки, яку сприймають інші особини. Статеві феромони виділяються самицями (наприклад, у метеликів) для приваблення самців. Робочі мурашки і терміти виділяють слідові феромони, якими мітять шлях, що полегшує повернення у гніздо, а також показує дорогу до поживи іншим робочим особинам. У загрозовій ситуації суспільні комахи можуть виділяти феромони тривоги. Велике значення для суспільних комах мають феромони стабільності сім'ї, які виділяються маткою і свідчать робочим особинам про її наявність.

Найскладнішою формою передавання інформації у комах можна вважати високоспеціалізовані рухові реакції – “танці”. Відомо, що бджола-розвідниця зразу ж після повернення у вулик починає танцювати на стільниках, описуючи при цьому певні фігури. За допомогою танців вона передає іншим бджолам інформацію про напрямок, відстань до місцезнаходження поживи і навіть про її кількість. Бджоли, сприймаючи ці сигнали, знаходять у природі джерело поживи.

Клас комах поділяється на два підкласи: Первиннобезкрилі та Крилаті.



Первиннобезкрилі – дрібні примітивні комахи з веретеноподібним тілом, яких відомо близько 500 сучасних видів. Ні вони, ні їхні предки ніколи не мали крил. Розвиток з первинним перетворенням. Живуть у ґрунті, вологих місцях під камінням, у моху, деякі – у прісних та солоних водоймах. Характерним представником цих комах є цукрова лускатка, що живе у зволжених приміщеннях (ванні кімнати тощо). Живиться цвільовими грибами, різними органічними речовинами пилу, може виїдати крохмальний клейстер з обкладинок книг, чим інколи шкодить.

До підкласу Крилаті комахи належить більшість видів. Вони мають розвинені крила, однак у частини видів останні редукувалися внаслідок пристосування до паразитичного способу життя (воші, блохи). Крилатих комах поділяють на дві групи: комахи з неповним та комахи із повним перетворенням. Правда, ряд Одноденки цього підкласу розвивається з первинним перетворенням, яке відбувається у прісних водоймах. Доросла особина не живиться. Запліднення та відкладання яєць у більшості видів відбувається через кілька годин після її утворення. Вона після цього гине, звідки й назва ряду. У поширеній в Україні двокрилої одноденки самиця живе до 2-3 тижнів. За цей час із яєць у її тілі виходять передличинки, яких самиця народжує у воду. Личинки одноденок важливий компонент живлення багатьох видів прісноводних риб.

Група комах із неповним перетворенням об'єднує ряди тарганових, богомолів, термітів, прямокрилих, вошей, рівнокрилих, клопів, бабок.

Представниками тарганових є тарган рудий (прусак) та тарган чорний, які живуть у приміщенні людини, псують продукти харчування, переносять збудників хвороб та яйця паразитичних червів.

Богомоли – хижак, що чатують на здобич (переважно комах), сидячи непорушно на пагонах, корі тощо. Вони мають захисне забарвлення та паличко- або листоподібну форму тіла. В Україні зустрічається звичайний богомол, якого занесено до Червоної книги.

Терміти – суспільні комахи тропічної та субтропічної зони. Значна частина видів термітів живиться деревиною. В їхньому кишечнику мешкають джгутикові найпростіші, які розкладають клітковину деревини. Самі ж терміти робити цього не здатні. У степовій зоні України відомий середземноморський терміт, який може руйнувати дерев'яні споруди, знищувати книги тощо.

У природі терміти відіграють важливу роль у ґрунтоутворенні. Більшість прямокрилих рослиноїдні, серед яких багато небезпечних масових шкідників. В Україні відомо близько 200 видів цих комах. Специфічна особливість прямокрилих – здатність до утворення та сприймання звуків. До прямокрилих належать коники, цвіркуні, вовчки, сарана тощо. В Україні зустрічається хижий коник степова дибка, яка занесена до Червоної книги. Домовий цвіркун живе в будівлях. Він веде нічний спосіб життя, поїдає покидьки рослинного походження. Багато інших видів цвіркунів живуть у нірках на луках, в степах тощо. Вовчок, або капустанка населяє вологі ґрунти. Живиться як тваринною, так і рослинною їжею. Досить небезпечний шкідник городніх культур, в яких руйнує коріння та підземні пагони. Сарана розповсюджена в тропічних країнах, де в роки масового розмноження завдає значних збитків посівам культурних рослин.

До ряду вошей належить близько 200 видів безкрилих зовнішніх паразитів ссавців. Ці комахи, постійно живучи на тілі хазяїна і живлячись кров'ю, ослаблюють його. На людині паразитує воша людська, яка переносить збудників таких небезпечних хвороб, як висипний та поворотний тифи.

Описано понад 30 тис. видів рівнокрилих, із яких в Україні живе до 3 тис. видів. Вони живляться соком рослин. До цих комах належать попелиці, листоблішки, цикади, червеці, щитівки. Попелиці – дрібні комахи, часто безкрилі, живуть колоніями на різних частинах рослин, живлячись їх соком. Численні види цих комах – дуже серйозні шкідники (капустяна, чорна бурякова, зелена яблунева, коренева виноградна та інші попелиці). Багато видів попелиць здатні спричиняти патологічне розростання тканин рослин навколо тіла

комахи – гали (від лат. *galla* – чорнильний горішок), наприклад, тополева попелиця на черешку листка тополі чорної.

Ряд Клопи налічує понад 30 тис. видів, в Україні – понад 800 видів. Серед клопів є небезпечні масові шкідники культурних і лісових рослин (наприклад, черепашка шкідлива, яка живе на хлібних злаках), а також паразити теплокровних тварин та людини (постільний клоп). Хижі клопи (водомірки, водяні скорпіони, хребтоплави та інші) знищують комах-шкідників.

Нараховується близько 3 тис. сучасних видів бабок, із яких в Україні відомо близько 100 видів. Це – дуже спеціалізовані хижаки. Дорослі комахи – прекрасні літуни. Живляться комахами, насамперед кровососами, на яких полюють на льоту. Личинки розвиваються у прісних водоймах і живляться дрібними водними тваринами, у тому числі й мальками риб. В Україні живуть порівняно невеликі за розмірами бабки – лютки, стрілки, красуні, кордулії, коромисла тощо, частину видів яких занесено до Червоної книги.

Група комах із повним перетворенням об'єднує ряди жуків, сітчастокрилих, метеликів, двокрилих, бліх, перетинчастокрилих.

Ряд Жуки налічує понад 300 тис. сучасних видів. Кількість видів цих комах в Україні досі остаточно не визначено. Вважають, що їх налічується не менше 12-15 тис. видів. Серед жуків відомі різноманітні життєві форми. Багато видів живиться гнилою деревиною (личинки златок, вусачів тощо), корою живих дерев (короїди) або зеленими частинами рослин (листоїди, до яких належить колорадський жук, хлібні жуки-кузьки, довгоносики, травневий хрущ та інші), корінням (личинки коваликів і чорнотілок). Велика група жуків споживає гній (гнойовики) або трупи тварин (гробарики). Серед жуків є багато хижаків (сонечка, вертячки, більшість жужелиць, плавунців, водолюбів), що полюють на різноманітних безхребетних. Паразитичні форми цих комах трапляються досить рідко: личинки жуків-майок та шпанок паразитують у гніздах бджіл-одинаків, ґрунтових яйцевих капсулах саранових тощо. Численні види жуків живуть і розвиваються у прісних водоймах (плавунці,

вертячки, водолюби). Ряд жуків в Україні занесено до Червоної книги, зокрема, жук-олень.

Метелики – один із найбагатших видами рядів комах (понад 150 тис.). На території України виявлено до 8 тис. видів метеликів. Дорослі особини живляться переважно нектаром квітів і є гарними запилювачами, а в частини видів вони не живляться зовсім, наприклад, у шовковичного, або тутового шовкопряда. Личинки метеликів (гусінь) мають гризучі ротові органи і живляться переважно рослинами. Їх слинні залози виділяють шовк, за допомогою якого вони можуть згортати листки у трубку, будувати павутинні гнізда, спускатися з гілки на гілку тощо. З павутини гусінь частини видів утворює кокон, усередині якого заляльковується.

Серед метеликів багато видів, гусениці яких є шкідниками сільського та лісового господарства: озима совка, білан капустяний, білан жилкуватий, кільчастий шовкопряд, яблунева плодожерка та інші. Так, озима совка пошкоджує сходи і молоді посіви понад 50 видів рослин (озиму пшеницю, жито, сходи цукрового буряка, соняшника, кукурудзи тощо). Гусениці білана капустяного пошкоджують капусту, часто з'їдаючи листя цілком і залишаючи лише товсті жилки. Білан жилкуватий – шкідник саду: його гусениці живляться листям яблуні, груші, сливи, абрикоси тощо і тримаються колоніями. Восени вони обсновують листя павутиною і прикріплюють його до гілок дерева, утворюючи зимове гніздо. Такі спільні гнізда, в яких може бути 20-30 гусениць, добре помітні на деревах після опадання листя. У цей час або взимку їх збирають та знищують. Кільчастий шовкопряд пошкоджує листя плодівих (яблуні, груші, вишні) та лісових (дуб, клен, береза тощо) дерев. Назва “кільчастий” походить від того, що самиця цієї комахи відкладає яйця широким кільцем навколо тонких пагонів. Яблунева плодожерка пошкоджує яблуні, груші, сливи та інші плодіві дерева. Личинка цього метелика проникає у плід, живлячись його м'якоттю та насінням. Одна гусениця може пошкодити до трьох плодів.

Тутовий шовкопряд – одомашнена комаха, яка у дикій природі не зустрічається. Розводять його з метою одержання натурального шовку, який виробляє гусениця при заляльковуванні. Шовк використовується в текстильній промисловості, при виробництві парашутів, а також у хірургії для зашивання ран. Метелики більшості видів шкоди не завдають. Окремі їх види використовують для біологічної боротьби з деякими бур'янами (амброзією, опунцією). Численні види, що вирізняються гарним забарвленням та значними розмірами, мають естетичне та комерційне значення.

Ряд Двокрилі налічує понад 100 тис. видів. В Україні відомо понад 4 тис. видів цих комах, але вважають, що в дійсності їх у 2,5 разів більше. Дорослі особини мають добре розвинені фасеткові очі та лише одну пару перетинчастих крил (задні крила перетворилися на маленькі булавоподібні придатки, що мають значення при координації польоту). Вони споживають рідку їжу, зокрема нектар квітів, і в цьому випадку можуть бути запилювачами рослин. Дорослі особини окремих видів двокрилих (наприклад, оводів) зовсім не живляться, а живуть недовгий час за рахунок запасів жирового тіла й гинуть після яйцекладки. Личинки двокрилих безногі і мешкають у воді, ґрунті, трухлявій деревині, живих і відмерлих тканинах рослин та тварин.

Рослиноїдні личинки двокрилих ведуть переважно прихований спосіб життя в галах (комарі-галиці), як мінери (частина видів злакових мух) або всередині стебел, суцвіть чи плодів (наприклад, личинка шведської мухи пошкоджує зачатки колосків чи зернівки пшениці, жита й інших злакових). Серед мух найбільш поширеними є кімнатна, сіра, зелена та синя падальні, які освоїли маси гниючої органіки (смітники, відкриті вбиральні тощо) у місцях проживання людини. Вони, особливо кімнатна муха – переносники збудників близько 30 хвороб, зокрема таких небезпечних, як дизентерія, черевний тиф, холера.

Не менш поширене серед личинок двокрилих і хижацтво. Личинки одних видів, наприклад гедзів або ктирів, живуть у ґрунті та підстилці, де полюють на різних безхребетних; інших – у трупах, де споживають переважно

личинок комах. Личинки багатьох видів родин сріблянок та сирфід – спеціалізовані хижаки попелиць, червеців та інших дрібних рівнокрилих, застосовують при біологічному методі боротьби з цими шкідниками.

Дуже поширене серед личинок двокрилих явище паразитизму, наприклад, личинки мух-тахін – паразити інших комах, у тому числі й шкідливих. Під шкірою, у носоглотці, шлунку та кишечнику різних свійських тварин паразитують личинки оводів, завдаючи шкоди тваринництву. Личинки мухи Вольфарта на півдні України дуже шкодять вівчарству. Вони розвиваються в ранах, попрілостях тощо, роз'їдаючи м'язи до кісток. Відомі випадки ураження ними інших тварин і людини.

Серед двокрилих виділяється ціла група кровосисних комах (комарі, мошки, гедзі, муха-жигалка та інші), більшість із яких є переносниками багатьох небезпечних захворювань (наприклад, малярійний комар переносить збудника малярії). Деякі кровосисні двокрилі перейшли до зовнішнього паразитизму, втративши крила, наприклад рунець овечий.

Деяких двокрилих, наприклад велетенського ктира, що сягає довжини 5 см, занесено до Червоної книги України.

Блохи – дрібні комахи з однією парою простих очей. Задні ноги стрибальні, а тіло сплющене з боків. Нараховується понад 2000 видів бліх, із яких в Україні зустрічається близько 60. Дорослі особини живляться лише кров'ю, видоспецифічні. На людині паразитує людська блоха. Ряд видів бліх, зв'язаних з гризунами, є переносниками чуми, туляремії тощо. Личинки бліх червоподібні, живуть у щілинах підлоги, підстилки нір, гнізд тощо, живляться органічними рештками.

До ряду перетинчастокрилих належить близько 200 тис. видів комах, в Україні відомо близько 30 тис. Ці комахи мають дві пари перетинчастих прозорих крил, причому задні менші за передні. У суспільних перетинчастокрилих спостерігається поліморфізм, про що згадувалося раніше.

Серед комах цього ряду багато паразитичних форм, що розвиваються в основному за рахунок інших комах, рідше рослин. Яйцеїди відкладають свої

яйця в яйця інших комах, за рахунок яких відбувається їх живлення та розвиток. Яйцеїд трихограма паразитує на майже 150 видах комах, в основному шкідників – совках, яблуневій плодожерці, стебловому та лучному метеликах, білані капустияному та інших. Всього відомо близько 200 видів трихограм. Окремі види трихограм (звичайна, жовта, безсамцева) використовують для біологічної боротьби з лускокрилими шкідниками. Теленомуси паразитують на яйцях клопа-черепашки. Їздці відкладають яйця переважно в живі личинки метеликів, клопів, жуків. Окремі види їздців паразитують у тілі гусениць комах-шкідників: білана капустияного, білана жилкуватого, непарного шовкопряда, зернової совки тощо. Стосовно паразитизму перетинчастокрилих на рослинах цікаво відмітити, що яблукоподібні гали на листках дуба формуються внаслідок присутності личинки горіхотвірки. Деякі перетинчастокрилі є суспільними комахами: бджоли, мурашки, джмелі, оси та інші.

Значення комах. Комахи, завдяки величезній біомасі (100-300 кг на 1 га) та різноманітності харчових зв'язків, відіграють значну роль у кругообігу речовин та енергії у природі. Вони споживають різноманітні органічні речовини рослинного та тваринного походження, серед них також чимало хижаків та паразитів. У свою чергу, комахи є поживою для величезної кількості безхребетних і хребетних тварин.

Основна маса комах (близько 80%) – фітофаги, що живляться рослинами або їх рештками. До них належать прямокрилі (сарана, коники, вовчкові), рівнокрилі (попелиці, червеці, цикади), жуки, метелики, деякі перетинчастокрилі (бджоли, джмелі), терміти, багато двокрилих (численні види мух, рослиноїдні личинки). Комахи споживають усі вегетативні та генеративні органи рослин у живому, відмерлому та гниючому стані: листя, трав'янисті стебла і деревину, підземні частини, частини квіток, нектар, пилок, зав'язь, плоди та насіння.

Ряд комах та їхніх личинок живляться фекаліями, послідом і гноєм: жуки-гноювики, окремі види мух. Трупні хребетних і безхребетних тварин споживають жуки-гробарики, личинки деяких видів мух.

Комахи-споживачі гниючої органіки та ґрунтових грибів, а також ті, що будують гнізда в ґрунті (мурашки, терміти), відіграють важливу роль у процесах ґрунтоутворення – збагачують ґрунт перегноем і розпушують його.

Хижі – богомоли, прісноводні клопи, бабки, окремі види жуків (сонечка, жужелиці, плавунці), безліч перетинчастокрилих (більшість мурашок, складчастокрилі оси), двокрилі (ктирі, личинки численних видів мух), більшість сітчастокрилих (мурашині леви, золотоочки), а також паразитичні (личинки їздців, окремих видів ос, мух-тахінів тощо) комахи є природними регуляторами чисельності популяцій їхніх жертв і хазяїв. Подібну роль відіграють паразити та кровососи хребетних (воші, кровосисні клопи, блохи, гедзі, кровосисні комарі та мухи), які до того ж часто є переносниками збудників хвороб.

Серед мурашок має місце унікальне явище соціального паразитизму. На півдні України живе мурашка-амазонка. Запліднена самиця пробирається в гніздо мурашок виду фуска, вбиває їхню матку та займає її місце. Мурашки-„раби” вирощують молодь „рабовласників” та годують їх дорослих особин, які не здатні самостійно житися. Коли кількість „рабів” зменшується, амазонки колонами вирушають у грабіжницькі походи до інших гнізд „рабів”, де захоплюють лялечок і приносять до себе в гніздо. „Раби”, що вийшли з лялечок, вважають гніздо амазонок за своє й виконують усі роботи, піклуючись про молодь амазонок, побудову гнізда та здобування поживи.

Серед комах налічується величезна кількість видів, які завдають господарській діяльності людині вельми відчутні збитки. Багато видів комах-фітофагів пошкоджують культурні рослини, завдаючи великої шкоди сільському та лісному господарству, особливо рільництву. Десятки тисяч видів шкідників спустошують посіви культурних рослин, псують дерева в садах і лісах. Особливо небезпечні періодичні масові розмноження комах-шкідників, характерні для саранових, деяких видів попелиць, метеликів, жуків тощо.

Особливу групу становлять комахи – шкідники продовольчої сировини як рослинного, так і тваринного походження. Комірні довгоносики, зернівки,



чорнотілки та інші види жуків пошкоджують продукти харчування. Шкіроїди пошкоджують шкіру, хутро, кокони шовкопрядів, м'ясні продукти; шубна міль – хутра, тканини та вироби з натуральних, а іноді й синтетичних матеріалів. Терміти та жуки-шашлі руйнують дерев'яні будівлі та меблі.

Серед комах є чимало паразитів тварин та людини. Це – кровосисні комахи: блохи, воші, деякі клопи, а також різні двокрилі – комарі, мошки, москити, мокреці, гедзі. Ці комахи не тільки дошкуляють тваринам і людині своїми укусами, а й переносять збудників небезпечних хвороб (малярії, туляремії, енцефаліту, чуми, висипного тифу тощо).

Серед комах є й внутрішні паразити ссавців (у стадії личинки). Це оводи, деякі мухи (наприклад, вольфартова муха), личинки яких паразитують у тілі свійських тварин (овець, коней, великої рогатої худоби), приносячи великі збитки тваринництву.

І все ж користь від комах для людини не менша, ніж збитки.

Їх численні види є запилювачами покритонасінних, або квіткових рослин. Основні групи запилювачів становлять нектаро- та пилкоїди: бджоли й джмелі з перетинчастокрилих, більшість метеликів і двокрилих, деякі жуки та ін. Комахи запилюють багато видів культурних рослин, насамперед майже всі види фруктових дерев і ягідних кущів, а також бобові, хрестоцвіті та ін. Деякі рослини зовсім не можуть розмножуватися без комах-запилювачів. Так, високоврожайна конюшина, яку вирощували в Новій Зеландії, зовсім не давала насіння, доки туди не завезли джмелів – запилювачів цієї рослини.

З давніх часів людина розводить окремі види комах для одержання від них цінної продукції. Насамперед це медоносна бджола, яка дає людині мед, прополіс, пергу, маточкове молочко, віск. Розведення шовковичного шовкопряда заради натурального шовку – дуже важлива галузь господарства багатьох країн.

Людина використовує й деякі інші продукти життєдіяльності комах. Червоний барвник кармін, який одержують із деяких видів червеців (рівнокрилі). Шеллак – цінний технічний продукт, що виділяється лаковим чер-

вещем, використовується як дуже тонке покриття для ізоляції в електротехніці, радіотехніці, медицині.

Велике значення мають комахи в сільському та лісовому господарстві у зв'язку з розвитком біологічних заходів боротьби з комахами-шкідниками. Для цього використовують хижих та паразитичних комах-ентомофагів (тобто тих, що живляться комахами). Деякі види цих комах (їздці, ріючі оси, хижі клопи та жуки, сітчастокрилі) спеціально акліматизують або розводять у біолабораторіях і випускають у сади, городи, на поля. Так, для боротьби з коло-радським жуком застосовують хижих клопів – подизуса та перлюса. В Україні функціонують біолабораторії та біофабрики з розведення їздця трихограми, яку використовують для боротьби із шкідливими метеликами (совками, лучним метеликом, яблуневою плодожеркою, листовійками тощо).

Ефективне застосування комах у сільському господарстві для переробки відходів тваринництва. Найчастіше використовують окремі види мух-гноювиків для переробки свинячого гною та курячого посліду. Потомство однієї пари цих мух може дати щорічно до 1800 т біомаси. У результаті біологічної переробки гною можна одержати одночасно і цінний кормовий продукт, який містить білки тваринного походження, і відмінне добриво. Борошно з личинок мух успішно використовують як кормову добавку в тваринництві.

Комахи — досить зручний об'єкт для найрізноманітніших наукових досліджень з питань біології, екології, генетики, фізіології, токсикології, біохімії, біофізики. Цьому сприяє легкість їх розведення, невибагливість, короткий життєвий цикл. Плодова дрозофіла, що була з початку нашого сторіччя важливим об'єктом класичних досліджень з генетики, й тепер не втрачає свого значення для здійснення різноманітних експериментальних досліджень. А очі мух стали прототипом приладу, що вимірює миттєву швидкість літака.

Деякі види комах приносять людині велику естетичну насолоду, збагачуючи природу фарбами, рухами, звуками.

Ріст населених пунктів, розширення сільськогосподарських угідь, забруднення повітря, води та ґрунту, застосування отрутохімікатів, колекціонування – все це призводить до збідніння світу комах. Щоб запобігти повному зникненню окремих видів комах, їх необхідно охороняти. До Червоної книги України нині включено понад 20 видів комах, які потребують особливої уваги з боку людини. Серед них жужелиця кримська, вусач альпійський, бражники „мертва голова”, дубовий, джмелеподібний тощо. Необхідно також ретельно охороняти комах-запилювачів, насамперед, джмелів та бджілодиноків. Ефективний засіб їх охорони – цілковите припинення застосування отрутохімікатів у період квітання медоносних рослин.

#### *5.7.2.3.3. Хеліцерові.*

Підтип Хеліцерові – численна група переважно наземних членистоногих. Лише 5% їх видів живе в морській та прісній воді. Тіло складається з голово-грудей та черевця. Вусиків немає. На голово-грудях знаходяться 6 пар кінцівок. Перша пара кінцівок, розташована перед ротовим отвором, часто закінчується клішнею і зветься хеліцерами (від гр. *chēlē* – кіготь та *ceras* – ріг). Позаду ротового отвору є друга пара кінцівок – педипальпи (від лат. *pedis* – нога та *palpus* – щупальце), що можуть мати різну будову. Ці дві пари видозмінених кінцівок є органами захвату та подрібнення поживи. Решта чотири пари – ходильні ноги. У більшості хеліцерових на черевці кінцівок немає. У окремих видів є видозмінені черевні кінцівки, які виконують дихальну, статеву або інші функції.

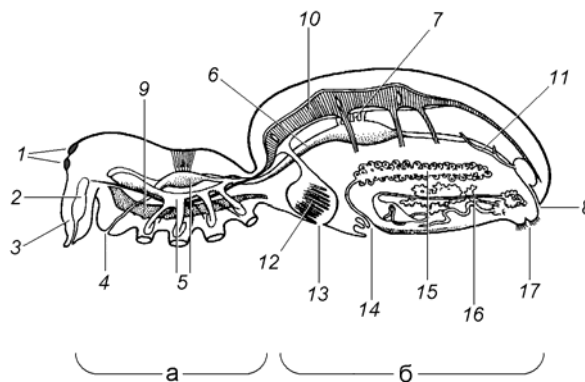
Головний мозок хеліцерових, на відміну від інших членистоногих, складається з двох відділів – переднього та заднього. Середній мозок, від якого іннервуються антени (наприклад, у комах), відсутній.

Київські зоологи розглядають у складі підтипу Хеліцерові три класи: Меростомові, Павукоподібні та Морські павуки. Меростомові – група водяних хеліцерових, що дихають зябрами. В наш час вони представлені лише декількома видами мечохвостів. До класу морських павуків належать членис-

тоногі, які, не зважаючи на зовнішню схожість з павуками, значною мірою вирізняються серед інших членистоногих. Їх нараховується декілька сот видів, із яких в Чорному морі знайдено 7.

Павукоподібні поширені по всій земній кулі. Більшість їх видів – вільноіснуючі наземні тварини, переважно хижаки, й лише серед кліщів є паразити рослин, тварин і людини. Окремі види вдруге перейшли до водного способу життя. Описано близько 60 тис. видів павукоподібних.

Тіло цих членистоногих має розміри 0,1-20 см і складається з головогрудей та черевця, крім більшості кліщів, у яких воно суцільне. Кутикула порівняно тонка. (Мал. 5.58).



Мал. 5.58. Анатомія самки павука-хрестовика: а – головогруди, б – черевце; 1 – очі, 2 – отруйна залоза, 3 – хеліцери, 4 – рот, 5 – шлунок, 6 – кишечник, 7 – протоки печінки, 8 – анальний отвір, 9 – нервова система, 10 – серце, 11 – мальпігієві судини, 12 – легеня, 13 – легеневий отвір, 14 – яйцевод, 15 – яєчник, 16 – павутинні залози, 17 – павутинні бородавки

Травна система у павукоподібних, як і в інших членистоногих, складається з трьох відділів, проте задній відділ кишечника у них набагато коротший. Вони живляться рідкою їжею (кров'ю, соками тварин або рослин), тому їх глотка та стравохід мускулісті і пристосовані для смоктання. Травні соки виділяє печінка, протоки якої відкриті в середню кишку. Для павукоподібних типовим є позакишкове травлення. Прокушуючи покриви здобичі, вони виливають у неї травний сік, до складу якого входять сильнодіючі травні фер-

менти. Внаслідок цього внутрішні тканини тіла жертви перетворюється на напіврідку масу, придатну для всмоктування.

Павукоподібні мають видільні органи двох типів: видозмінені метанефридії, що відкриваються біля основи ніг, або мальпігієві судини.

Органи дихання представлені легенями або трахеями, або тими й іншими. З навколишнім середовищем вони з'єднані дихальцями.

Кровоносна система у павукоподібних незамкнена. Серце досить велике, мускулисте, розташоване на спинній стороні. Гемолімфа має дихальний пігмент гемоціанін.

Центральна нервова система різних груп павукоподібних відрізняється ступенем концентрації і злиття нервових вузлів. Найбільше вона концентрована у кліщів.

Павукоподібні мають 1-6 пар простих очей. Відсутність вусиків і слабкий зір компенсується численними чутливими волосками (сенсилами) різного призначення, які розташовані по всьому тілу. Вони виконують роль органів дотику, нюху, смаку, сприймають незначні коливання повітря й ґрунту. У деяких видів є органи, що визначають вологість.

Запліднення у павукоподібних внутрішнє або зовнішньо-внутрішнє (самці відкладають сперму в мішечок, який самиці вміщують у свої статеві органи). Майже в усіх павукоподібних розвиток прямий, що супроводжується ростом і завершенням розвитку певних органів під час линьок.

Клас Павукоподібні поділяється на 6 рядів: Скорпіони, Павуки, Кліщі та інші. Система класу перебуває в стадії розробки.

Описано близько 700 видів скорпіонів. В Україні знайдено кілька видів цих комах (Крим, Одеська обл., Закарпаття). Скорпіонам властиві великі ногощупальці з клешнями, якими вони схоплюють жертву і, вигинаючи черевце вгору, вражають її жалом. Живляться павуками, комахами, багатоніжками; відомі випадки поїдання дрібних ящірок та мишенят. Ведуть нічний спосіб життя. Отрута скорпіонів, що зустрічаються на території нашої країни, не-

безпеки для життя людини не становить. Укус великих тропічних скорпіонів може бути смертельним для людини, особливо для дітей.

Ряд Павуки об'єднує близько 3,5 тис. видів, з яких в Україні знайдено понад 400. Це – типові наземні тварини, які зустрічаються повсюди від полярних областей і високих гір до сухих степів та розпечений пустель. Лише павук-сріблянка веде водний спосіб життя, хоча дихає повітрям, яким наповнює гніздо, збудоване під водою з павутини. Найхарактернішою ознакою павуків є наявність павутинних залоз, виділення яких застигає на повітрі, утворюючи павутинні тенета для поживи, яйцеві кокони, внутрішній покрив гнізда тощо. Усі павуки – ненажерливі хижаки, які живляться переважно комахами, яких висмоктують. Серед них найбільш розповсюдженими і відомими є хатні павуки, павуки-хрестовики, тарантули, каракурти. В степовій та лісостеповій зонах України живе тарантул великий степовий, укус якого болючий, але безпеки для життя людини не становить. У південних областях нашої країни зустрічається вид каракурта, отрута якого, якщо не буде надано медичну допомогу, смертельна для людини. Практичне значення павуків вивчено недостатньо, але очевидно, що знищуючи в значних кількостях комах – шкідників культурних рослин та лісових насаджень, вони відіграють позитивну роль.

Кліщі – одна з найпоширеніших на земній кулі груп тварин. Їх знайдено на всіх континентах, включаючи Антарктиду. Більшість із них – вільноживучі членистоногі, що населяють ґрунти, підстилку та інші рештки гниючих органічних речовин. Частина кліщів живе в прісних або солоних водоймах. Описано близько 50 тис. видів кліщів, що становить лише незначну частину існуючих у природі. В Україні цих тварин розпочали вивчати в останні десятиліття і на сьогодні їх знайдено приблизно 3 тис. видів. Кліщі – це здебільшого дрібні, іноді мікроскопічних розмірів тварини без вираженої сегментації тіла. Серед них багато паразитів рослин, тварин і людини. Найдрібніші кліщі дихають усією поверхнею тіла, більші мають трахейну систему. Серед кліщів досить поширений партеногенез. Розвиток відбувається з перетворенням.

Звичайно більшість видів кліщів є шкідниками культурних рослин (паутинні, чотириногі кліщі), запасів зерна та муки (хлібні, або комірні кліщі), збудниками та переносниками ряду небезпечних захворювань (коростяні, іксодові та інші кліщі). Окремі види кліщів, які паразитують на рослинах, здатні утворювати гали, наприклад, на листках липи. Коростяний свербун зумовлює у людини коросту. Іксодові кліщі живляться кров'ю теплокровних тварин (птахів, ссавців) і переносять тайговий енцефаліт, кліщовий тиф, туляремію та інші небезпечні захворювання людини.

Окремі види кліщів відіграють позитивну роль у природі, наприклад, ґрунтові кліщі у процесах ґрунтоутворення.

#### *Запитання. Завдання*

1. Назвіть характерні ознаки вищих безхребетних тварин порівняно з нижчими.
2. Назвіть системи органів кільчастих червів та їх основні відділи. Які з них відсутні у попередньо розглянутих типів тварин?
3. Як у дощового черв'яка здійснюється дихання?
4. Охарактеризуйте роль дощового черв'яка в ґрунтоутворенні.
5. Розкрийте роль кільчастих червів у природі та житті людини.
6. Що є характерною ознакою молюсків?
7. Назвіть системи органів молюсків та їх основні відділи.
8. Визначте характерні особливості будови тіла та життєдіяльності двостулкових, червононогих та головоногих молюсків.
9. Назвіть по кілька характерних представників кожного із класів типу Молюски.
10. У чому полягає роль представників типу Молюски у природі та житті людини?
11. Обґрунтуйте, що тип Членистоногі є найбільш чисельним на Землі.
12. Назвіть найхарактерніші особливості членистоногих порівняно з кільчастими червами.

13. Які сенсорні системи наявні у членистоногих?
14. Які класи типу Ракоподібні Ви знаєте?
15. Покажіть різноманітність підтипу Ракоподібні на прикладі дафнії, циклопа та річкового рака.
16. Яку роль відіграють ракоподібні у природі та житті людини?
17. Із яких відділів складається тіло комах? Охарактеризуйте кожен із них.
18. Назвіть системи органів комахи та їх основні відділи.
19. У чому полягають особливості розмноження та розвитку комах?
20. На чому базується складна поведінка комах?.
21. Представте класифікацію класу Комахи у вигляді схеми чи таблиці та зазначте представників.
22. У чому полягає значення комах у природі та житті людини?
23. Назвіть системи органів та їх основні відділи у павукоподібних як домінуючого класу підтипу Хеліцерові.
24. Подайте схематичну класифікацію класу Павукоподібні та вкажіть представників.
25. Розкрийте роль павукоподібних у природі та житті людини.

### **5.7.3. Хребетні тварини**

#### **5.7.3.1. Тип Хордові**

Тип хордових об'єднує дуже різноманітних за своєю будовою, розмірами та способом життя тварин, які поширені по всій земній кулі і заселяють воду, поверхню суші, товщу ґрунту, повітря. Розміри цих тварин варіюють від 1 см до 33 м, а маса – від 15 мг до 150 т. Описано близько 50 тис. видів хордових, із яких в Україні відомо 700. Незважаючи на велику різноманітність форм, тіло всіх хордових має однакову загальну будову. Воно видовжене і поділяється на голову, тулуб і хвостовий відділ. Хордові мають ряд спільних ознак з безхребетними: вторинну порожнину тіла, в якій розташовані



внутрішні органи; двобічну симетрію тіла, яка визначає поділ його на праву та ліву половини; залишкову сегментацію в розташуванні багатьох органів. Крім цього, вони характеризуються спільними ознаками, властивими лише їм:

1. Наявність хорди (від гр. *chordē* – струна) – пружного стержня із сильно вакуолізованих клітин, оточеного сполучнотканинною оболонкою, який виконує роль внутрішнього осцевого скелета. У нижчих хордових (ланцетник, деякі види риб) хорда функціонує протягом усього життя; у вищих хордових – лише під час ембріонального розвитку, а в дорослому стані витісняється хребцями.

2. Центральна нервова система представлена нервовою трубкою, яка розташована на спинному боці тіла над хордою. Передній відділ нервової трубки майже у всіх тварин цього типу потовщується, утворюючи головний мозок.

3. Передній відділ травного каналу (глотка) має зяброві щілини, які з'єднують його порожнину із зовнішнім середовищем. У водних хребетних на перегородках між зябровими щілинами розвиваються зябра. У наземних хребетних зяброві щілини наявні лише у зародків, проте швидко заростають. Специфічні органи повітряного дихання – легені розвиваються як парні випини на черевному боці глотки.

4. Кровоносна система замкнена, а її центральний орган – серце розташоване на черевному боці тіла.

Тип Хордові поділяють на три підтипи: Личинковохордові (Покривники), Безчерепні та Черепні (Хребетні).

До личинковохордових відносяться морські тварини, у яких хорда наявна лише у личинковій стадії (асцидії, сальпи, апендикулярії).

Безчерепні – морські тварини, що зберігають основні ознаки типу протягом усього життя. До цього підтипу належить лише один клас Головохордові, який об'єднує близько 30 видів ланцетників. У Чорному морі водиться лише один вид цих тварин – ланцетник звичайний, який має напівпрозоре

рибоподібне тіло. Центральна нервова система досить примітивна і являє собою трубку з розширенням у передній частині. Органи чуття теж примітивні: нюхова ямка на передньому кінці тіла, дотикові навколоротові щупальця, світлочутливі зони вздовж нервової трубки, чутливі клітини вздовж всього тіла. Живиться ланцетник пасивно завислими у воді дрібними планктонними організмами, які потрапляють до рота разом з водою завдяки постійним рухам навколоротових щупалець. Дихає за допомогою зябер. Кровоносна система позбавлена серця, функцію якого виконує черевна аорта і зяброві артерії, які пульсують. Ланцетники – різностатеві тварини. Запліднення зовнішнє. Із заплідненої яйцеклітини розвивається личинка, яка за допомогою вієчок плаває у воді.

Основну масу хордових складають черепаці, або хребетні тварини, які за зовнішнім виглядом надзвичайно різноманітні. У нижчих водних форм (круглороті, риби) тіло більш-менш видовжене і ділиться на три відділи: голову, тулуб, хвіст. На їх тілі розташовані парні та непарні плавці. У хребетних, які ведуть наземний спосіб життя, розвивається шийний відділ тіла, а хвостовий відділ зменшується, непарних плавців немає, а замість парних з'являються передні та задні кінцівки, які мають п'ятипалий тип будови. Способи розмноження – яйцекладіння, яйцеживородіння, живородіння. Із відомих понад 40 тис. видів хребетних тварин на території нашої країни поширено до 700. Для сучасних хребетних прийнята така класифікація: надклас Безщелепні (клас Круглороті), надклас Риби (класи: Хрящові та Кісткові риби), надклас Четвероногі (класи: Земноводні, Плазуни, Птахи та Ссавці, або Звірі).

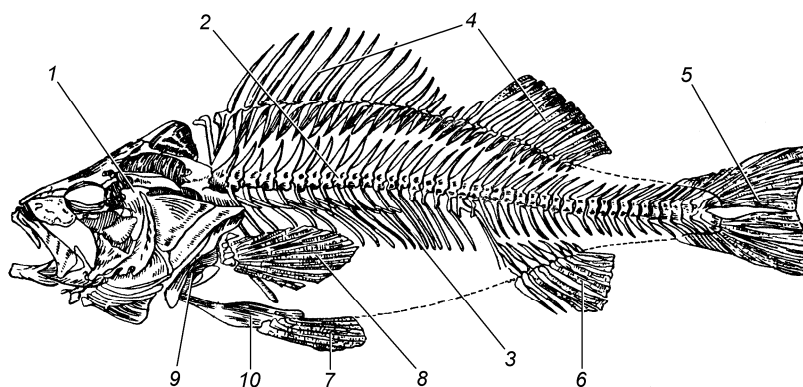
До безщелепних належить невелика група примітивних хребетних тварин, у яких ротовий апарат позбавлений рухомих щелеп. Парних кінцівок немає. Протягом усього життя зберігається хорда. Є зачатки хрящових хребців. Череп дуже примітивний. До безщелепних відноситься лише один клас Круглоротих, представниками якого є міноги та міксини. Вони мають присисну передротіву заглибину. Міноги за допомогою цього присисного органу прикріплюються до тіла риб, живлячись їх кров'ю. Міксини поїдають безхре-

бетних, нападають також на ослаблених, малорухливих риб. У природі круглороті не відіграють помітної ролі, проте вони впливають на чисельність своїх жертв, іноді приносячи відчутну шкоду запасам промислових риб. Окремі види міног мають поживне та смачне м'ясо. У водоймах України зустрічаються два види міног: мінога українська та мінога річкова.

### 5.7.3.1.1. Надклас Риби

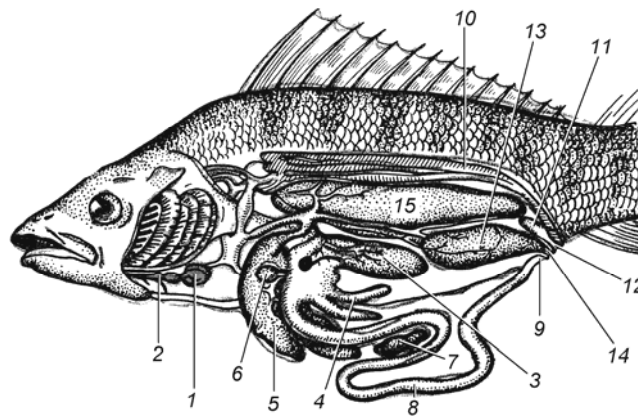
Риби складають найчисленнішу групу водяних хребетних тварин. Описано близько 21 тис. видів риб, із яких в Україні зустрічається близько 200.

Тіло риб має двобічносиметричну, обтічну форму, що пов'язано з існуванням у водному середовищі. Зовні воно вкрите лускою, яка виконує захисну функцію. В епідермісі шкіри є численні слизові залози, виділення яких зменшує тертя риби об воду і захищає її від хвороботворних мікроорганізмів. У риб є парні (грудні та черевні) і непарні (спинний, хвостовий та підхвостовий) плавці. У поступальному русі вперед головну роль відіграє мускулатура хвостового відділу разом із хвостовим плавцем. Спинний і підхвостовий плавці діють як стабілізатори, а грудні та черевні необхідні для поворотів, зупинок, сповільнення руху, збереження рівноваги.



Мал. 5.59. Скелет окуня: 1 – череп, 2 – хребет, 3 – ребра, 4 – спинні плавці, 5 – хвостовий плавець, 6 – анальний плавець, 7 – черевний плавець, 8 – грудний плавець, 9 – плечовий пояс, 10 – тазовий пояс.

Скелет у риб (мал. 5.59) буває хрящовим, кістково-хрящовим або кістковим. У окремих груп риб протягом усього життя зберігається хорда; у більшості є тільки її залишки між хребцями. Скелет складається із черепа, хребта, скелета кінцівок (плавців) та їхніх поясів. Череп має розвинені щелепи (здебільшого із зубами), що забезпечують можливість захоплення та утримання здобичі. Верхні дуги хребців хребта утворюють канал, всередині якого проходить спинний мозок. До хребців тулуба прикріплені ребра. Парні плавці опираються на пояси кінцівок. Скелет захищає внутрішні органи і є опорою для добре розвиненої мускулатури сегментної будови. Сегменти м'язів розмежовані сполучнотканинними прошарками.



Мал. 5. 60. Внутрішня будова окуня: 1 – серце, 2 – черевна аорта, 3 – шлунок, 4 – відростки шлунка, 5 – печінка, 6 – жовчний міхур, 7 – селезінка, 8 – кишка, 9 – анальний отвір, 10 – нирки, 11 – сечовий міхур, 12 – видільний отвір, 13 – статеві залози, 14 – статевий отвір, 15 – плавальний міхур

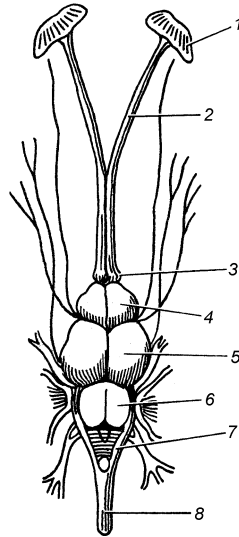
Органи травлення у риб (мал. 5.60) розпочинаються ротом, озброєним щелепами, у більшості риб із зубами. Протягом усього життя у риб іде нерегулярна зміна зубів: нові зуби виростають у проміжках між старими. Короткий стравохід веде у шлунок. На межі між шлунком і кишками у багатьох риб утворюються особливі відростки, що збільшують всмоктувальну поверхню кишків. У хижих риб кишки набагато коротші, ніж у рослиноїдних. Добре розвинені печінка із жовчним міхуром і підшлункова залоза. Разом із залоза-

ми стінок шлунка та кишок вони виробляють необхідні для перетравлення їжі ферменти. Слинних залоз немає.

Органами виділення є нирки, які розташовані в порожнині тіла вздовж хребта, щільно до нього прилягаючи. Сеча виводиться сечоводами в клоаку (від лат. cloaca – скупчення бруду), сечовий міхур або назовні.

Органи дихання риб – зябра. У кісткових риб зябра представлені зябровими дужками, на зовнішньому боці яких знаходяться зяброві пелюстки, пронизані сіткою кровоносних судин. На внутрішній поверхні зябрових дужок розташовані зяброві тичинки – своєрідний цідильний апарат, що затримує дрібні організми та різні завислі у воді часточки. При вдиху зяброві кришки піднімаються, тиск у навколозябровій порожнині зменшується, і вода крізь ротовий отвір надходить у зяброву порожнину, омиваючи пелюстки, де й здійснюється газообмін. При видиху зяброві кришки опускаються і виштовхують воду, насичену вуглекислим газом, у навколишнє середовище. Частково кисень в організм риб надходить також крізь шкіру.

Кровоносна система риб замкнена і має двокамерне серце, яке складається із пульсуючих передсердя та шлуночка. Із шлуночка серця венозна кров надходить у черевну аорту, по якій рухається до зябер, де й збагачується киснем. До різних частин тіла артеріальна кров від зябер іде по спинній аорті, а до голови – по сонних артеріях. Венозна кров від органів та тканин тіла тече до серця по передніх та задніх венах і впадає у передсердя, з якого виштовхується в шлуночок. Кровотворними органами є селезінка і частково нирки. Кров риб, як і інших хребетних, має червоний колір завдяки наявності гемоглобіну в еритроцитах.



Мал. 5.61. Головний мозок окуня: 1 – нюхові капсули, 2 – нюхові нерви, 3 – нюхові долі, 4 – півкулі переднього мозку, 5 – зорові долі (середній мозок), 6 – мозочок, 7 – довгастий мозок, 8 – спинний мозок.

Нервова система риб характеризується високою диференціацією головного мозку, який, проте, має ряд примітивних ознак: він невеликий (наприклад, у щуки становить лише 1/1300 маси тіла), а півкулі переднього мозку не розвинені (мал. 5.61). Від переднього мозку відходять нюхові долі з нюховими нервами. У проміжному мозку знаходяться залози внутрішньої секреції – епіфіз і гіпофіз. Середній мозок розвинений порівняно добре; на його поверхні виступають два зорові горби, з якими зв'язані зорові нерви. Розвиток мозочка залежить від ступеня рухливості риб. У різних відділах мозку розташовані центри: нюху – у передньому, зору – у середньому, слуху й дотику – у довгастому, координації рухів – у мозочку.

Органи чуттів у риб пристосовані до сприймання подразнень у водному середовищі. В орієнтації і спілкуванні риб важливу роль відіграє хімічне чуття (нюх, смак). Орган нюху має вигляд парних мішків, вистелених чутливим епітелієм, що закінчуються сліпо; назовні вони відкриваються ніздрями. За допомогою нюху риби розшукують їжу, розпізнають особин свого та інших видів, що, в свою чергу, дає змогу триматися зграї, знаходити особин

протилежної статі, уникати ворогів тощо. Як показали експерименти, за допомогою органів нюху риби під час нерестових міграцій знаходять шлях у ті річки, де вони самі виклюнулися із ікри. Органи смаку (смакові бруньки) розташовані у роті, а також на різних частинах тіла (на голові, вусиках, тулубі, хвості). Очі розташовані по боках голови і не мають рухомих повік. Кришталік кулястий, не змінює форми і майже торкається плоскої рогівки, тому риби короткозорі (чітко розрізняють предмети, їх колір, форму в межах 1-1,5 м). Зір переважно монокулярний, тобто предмет розглядається одним оком.

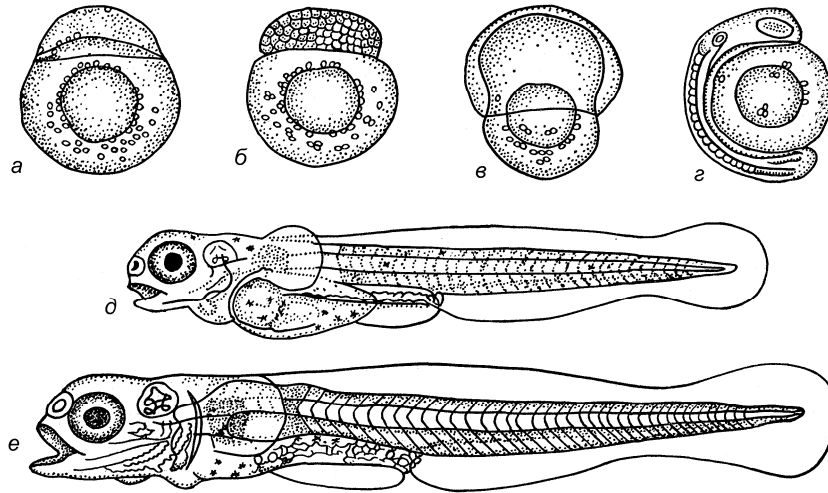
Органи дотику розкидані по всьому тілі, численні вони на губах, вусиках та променях плавців.

Орган слуху і рівноваги представлений лише внутрішнім вухом, що міститься у слуховій капсулі. Перетинчастий лабіринт внутрішнього вуха складається із верхнього овального мішечка з трьома взаємно перпендикулярними напівколовими каналами та нижнього мішечка, виповненого ендолімфою. Власне органом слуху є лише нижній мішечок. Напівколові канали виконують функцію органів рівноваги: у їхній ендолімфі містяться дрібні камінці – отоліти (від гр. *ōtos* – вухо та *lithos* – камінь), які тиснуть на чутливий епітелій при зміні положення тіла. Риби сприймають звуки від 16 до 12000 Гц. Доведено, що риби відтворюють різноманітні звуки, які нагадують удари барабана, каркання, рохкання, свист, гарчання та ін. Джерелом звуків здебільшого є плавальний міхур. Досліджено сигнальне значення цих звуків. Виявлено сигнали небезпеки, нападу, наявності поживи, пов'язані з розмноженням тощо. Записаними на магнітну стрічку звуками, які відтворюють риби під час живлення, можна приваблювати їх у місця виловлювання.

У більшості риб є так звана бічна лінія – своєрідний орган для сприймання руху і тиску води, а також інфразвукових коливань. За її допомогою риби відчують наближення або віддалення здобичі, хижака, не наштовхуються на підводні предмети тощо.

У більшості риб наявний плавальний міхур, наповнений газами (киснем, азотом, вуглекислим газом). Це – важливий гідростатичний орган. Коли

він розширюється, питома вага риби зменшується, і навпаки, що сприяє підніманню її у верхні шари водойми або зануренню. Плавального міхура немає у хрящових та багатьох придонних риб, а також у риб, що здійснюють швидкі вертикальні міграції. Останні підтримують свою плавучість за рахунок значних мускульних зусиль.



Мал. 5.62. Розвиток окуня: а, б, в – розвиток ікринки, г – ембріон, д – личинка з жовтковим мішком, е – доросліша личинка (жовткового мішка немає).

Риби здебільшого різностатеві, зрідка гермафродити (морський окунь). Запліднення як внутрішнє (у хрящових риб), так і зовнішнє (у кісткових). У самок у порожнині тіла міститься яєчник, в якому розвиваються яйцеклітини (ікра), а в самців – пара сім'яників. Розвиток у риб проходить із метаморфозом (мал. 5.62). Із заплідненої ікри розвивається личинка, яка деякий час живиться за рахунок жовтка яйцеклітини. Потім вона переходить до самостійного живлення. Через деякий час личинка стає схожою на дорослу форму і називається мальком. Риби ростуть спочатку швидко, потім ріст сповільнюється, але триває все життя. Тривалість життя риб значна: коропа – до 20 років, щуки – до 70-80, сома, лосося – до 100 років.

Не дивлячись на те, що центральна нервова система у риб розвинена найменше серед хребетних тварин, їх поведінка досить складна. Основу по-



ведінки становлять інстинкти, що забезпечують пошуки та здобування поживи, розмноження, турботу про потомство, міграції, охорону індивідуальних ділянок та зграйну організацію. У кісткових риб виробляються умовні рефлекси на колір, форму і розміри предметів, звуки та інші подразники. У поведінці риб важливе значення має сигналізація (пози, рухи, звуки, виділення хімічних речовин, генерування електричної енергії), а також індивідуальний досвід.

Відомо понад 600 видів хрящових риб, у тому числі в Україні – 4. Вони живуть у морях та океанах усіх кліматичних зон. Скелет у них хрящовий, а хорда зберігається протягом усього життя. Плавального міхура немає, тому плавці повинні постійно рухатись. Передня частина голови видовжена. Рот, у вигляді поперечної щілини, розташований на нижньому боці голови. Є 5-7 зябрових щілин, що відкриваються назовні. Верхня лопать хвоста звичайно більша за нижню. Запліднення внутрішнє. У багатьох видів (катран, манта) спостерігається живородіння. Розміри варіюють від 15 см до 20 м.

Представниками хрящових риб є акули скати та химери. Більшість видів акул – активні хижаки і є небезпечними для людини (гігантська, тигрова акули, риба-молот тощо). В Україні у прибережних водах Чорного моря зустрічається лише колюча акула, або катран (довжина тіла близько 1,5 м), яка веде зграйний спосіб життя і для людини небезпеки не становить. Вона живиться рибою, молюсками та ракоподібними. Скати звичайно мають дископодібне сплющене тіло і ведуть придонний спосіб життя. Серед них відомі індійський електричний скат, манта та риба-пилка. У фауні України трапляється два види скатів: шипуватий скат (морська лисиця) та скат-хвостокіл (морський кіт). Тіло шипуватого ската, довжиною близько 1 м, вкрите лускою у вигляді шипів. Скат-хвостокіл на хвості має зазубрену голку, завдовжки до 30 см, яка є засобом захисту від хижаків. Трапляються випадки поранення цим скатом людей. Живляться скати безхребетними тваринами та рибою.

У світовій фауні налічується близько 20 тис. видів кісткових риб, в Україні – 180. Найістотнішою їх відмінністю від хрящових риб є розвиток кісткового скелета та плавального міхура. У кісткових риб п'ять пар зябрових щілин, які прикриті зябровою кришкою. Плавальний міхур дає кістковим рибам змогу маневрувати у воді без особливих затрат енергії. Запліднення зовнішнє.

Клас Кісткові риби поділяється на ряди: Осетроподібні, Оселедцеподібні, Лососеподібні, Коропоподібні, Окунеподібні, Щукоподібні, Сомоподібні, Тріскоподібні, Камбалоподібні та інші.

Найчисленнішою групою кісткових риб є ряд Окунеподібні, який нараховує близько 6,5 тис. видів. Вони зустрічаються у всіх океанах, морях та прісних водоймах. Найбільше їх живе у тропічній зоні. Численні види цих риб мають промислове значення: тунець, ставриди, бички. У Чорному морі зустрічається скумбрія звичайна, ставрида звичайна, тунець звичайний, бички. У прісних водоймах України поширені такі промислові риби як окунь річковий та судак. Ряд видів окунеподібних потребує охорони, і до Червоної книги України занесені бичок-рижик звичайний, бичок золотистий, йорж смугастий тощо.

Друге місце за кількістю видів серед кісткових риб (близько 3 тис.) займають коропоподібні. Більшість представників цього ряду поширена у прісних водоймах, але деякі (наприклад, вобла, тарань) для нересту заходять у море. Коропоподібні мають велике промислове значення. Добре відомий свійський короп, диким предком якого є сазан, що живе у річках. В Україні поширені такі промислові коропоподібні як карась, лин, лящ, плітка, білий амур, товстолобик, синець, густера, чехонь, в'язь. Білий амур і товстолобик є акліматизованими видами, батьківщина яких – річки Далекого Сходу. У природних водоймах нашої країни ці риби розмножуватись не можуть, тому їх розводять штучно у рибних господарствах і випускають у природні водойми. Вони живляться водяними рослинами і тому запобігають заростанню водойм.

Цінними промисловими рибами є також оселедцеподібні (близько 300 видів), найвідоміші з яких – атлантичний та тихоокеанський оселедці. Атлантичний оселедець, що живе в Балтійському морі, називається салакою. У Чорному морі поширений чорноморський оселедець, який може заходити на нерест у Дунай, долаючи відстань у сотні кілометрів. Тоді він дістає назву дунайського оселедця. У Чорному морі зустрічається також чорноморська кілька, тюлька, хамса та інші оселедцеподібні.

Невеликий за кількістю видів ряд Осетроподібні (близько 25 видів) об'єднує найпримітивніших кісткових риб. Скелет у них переважно хрящовий, хорда зберігається протягом життя, а за зовнішніми ознаками вони нагадують акул. Осетроподібні поширені у морях, але на нерест заходять до річок. В Україні представлені такі види цих риб: білуга, осетер азово-чорноморський та атлантичний, стерлядь, севрюга. Осетроподібні мають велике промислове значення. Людина споживає в їжу їхнє високоякісне м'ясо, ікру (чорна ікра) і навіть хорду (візига). Значна частина видів цих риб потребує захисту, тому промисел їх обмежений. Такі види, як стерлядь, білуга чорноморська, осетер атлантичний, занесено до Червоної книги України.

Огляд кісткових риб буде неповним, якщо не згадати про підклас лопатеперих риб, переважна більшість видів яких є виворотними. Ці риби мають ряд ознак, властивих хрящовим ридам, – хорда наявна протягом життя, хрящовий скелет (з кістковими елементами у черепі) тощо. Але вони, на відміну від розглянутих вище риб, мають цікаву особливість – наявність біля основи парних плавців сильно розвинутих лопатей, які мають скелет із довгих кісток. Їм також властиве подвійне дихання – за допомогою зябер та легень. Сучасними видами лопатеперих риб є латимерія, яка віднесена до надряду Кистепері, та рогозуб, протоптерус, лусковик тощо (всього 6 видів), що об'єднані в наряд Дводишні. Треба зазначити, що хоча латимерія і має легеню, але вона заповнена жировою тканиною і не пов'язана з диханням. Парні плавці цієї риби слугують не лише для плавання, а й для пересування по крутих схилах підводних скель. Легеневе дихання допомагає дводишним ридам переносити

пересихання водойм або нестачу кисню у воді. Треба наголосити, що дводишні риби не можна розцінювати як перехідну ланку між рибами та земноводними згідно існуючих сьогодні гіпотез еволюції органічного світу. Дводишні риби – все ж таки риби, і поки-що палеонтологам не вдається виявити бодай один вид викопної чи сучасної “рибо-земноводної” тварини. Сподіватися на це не доводиться, бо на сьогодні виявлено, вивчено та ідентифіковано десятки тисяч викопних форм організмів, які свідчать, що в минулі геологічні епохи на Землі існувало в півтора рази більше видів, ніж нині, і що серед них, як і серед тепер існуючих, не виявлено перехідних еволюційних форм між типами, відділами і навіть класами тварин та рослин.

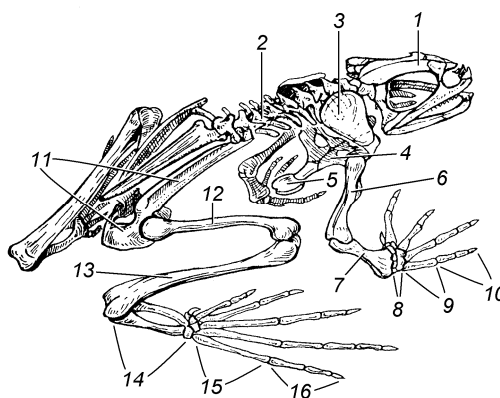
Риби входять до складу водних біоценозів, де відіграють значну роль у кругообігу речовин та енергії. Вони включають у ланцюги живлення величезну кількість планктонних (від гр. *plankton* – блукаючий) та придонних водоростей і безхребетних. Ікрою та молоддю риб живляться земноводні. Риба є переважною поживою водних плазунів – вужів, морських змій, крокодилів. За рахунок риб існують так звані пташині базари, де птахи гніздяться величезними колоніями. Пташиний послід потрапляє у воду і збагачує її азотистими речовинами, що сприяє бурхливому розвитку фіто- та зоопланктону, яким живляться риби. Багато споживачів риби і серед ссавців (дельфіни, кашалоти, моржі, тюлені, річкова видра, білий ведмідь та інші).

Риби мають велике значення у білковому харчуванні людини. Особливо за своїми смаковими якостями цінується м'ясо осетрових та лососевих риб. Від цих риб людина також одержує цінний продукт харчування – чорну та червону ікру. З печінки акул та тріски виробляють риб'ячий жир, який використовується у медицині, оскільки він багатий на вітаміни А та Д. З печінки чорноморських скатів – морського kota та морської лисиці – добувають медичний жир для лікування очей. Із відходів та малоцінної риби виробляють кормове борошно та технічний жир. З шкіри деяких риб (акули, тріски, лосося, білуги, осетра, сома) виготовляють взуття та галантерейні вироби. Із плавальних міхурів, луски, плавців риб виробляють цінний клей.

### 5.7.3.1.2. Клас Земноводні

Земноводні, або амфібії, є найбільш примітивними наземними хребетними тваринами, розмноження та розвиток яких відбувається у прісній воді. Налічують близько 4 тис. видів цих тварин, із яких в Україні зустрічається лише 17. Земноводні згруповані у три ряди: Хвостаті амфібії, Безногі амфібії та Безхвості амфібії.

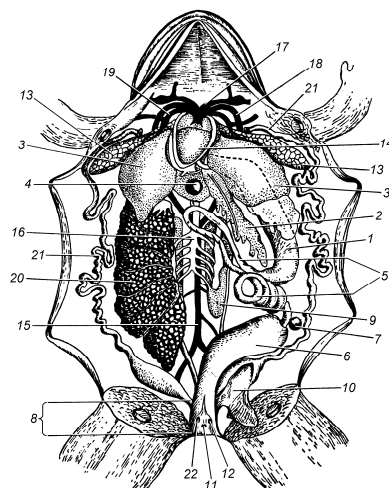
Серед земноводних переважають дрібні форми, довжиною не більше 30 см, хоча зустрічаються види до 1,6 м. Вони мають голу шкіру з численними слизовими залозами. Слиз зменшує тертя при рухах у воді, захищає шкіру від пересихання і проникнення патогенних бактерій та грибів. Шкіра земноводних бере активну участь у газообміні, завдяки чому вони можуть довго перебувати у воді, не дихаючи легенями. Крізь шкіру вода легко проникає в організм, тому амфібії її не п'ють. Вони здебільшого заселяють добре зволожені місця, бо не виносять значних витрат води організмом, до чого призводить гола шкіра. У деяких земноводних (джерелянки, ропухи, саламандри) шкірні залози виділяють отруту, яка має захисне значення. Забарвлення тіла амфібії буває маскувальним або попереджувальним (у видів, що мають отруйні залози). Окремі види здатні змінювати забарвлення залежно від кольору фону (деревні квакші).



Мал. 5.63. Скелет жаби: 1 – череп, 2 – хребет, 3 – лопатка, 4 – вороняча кістка, 5 – грудина, 6 – плече, 7 – передпліччя, 8 – зап'ясток, 9 – п'ясток, 10 – фаланги пальців передньої кінцівки, 11 – таз, 12 – стегно, 13 – гомілка, 14 – передплесно, 15 – плесно, 16 – фаланги пальців задньої кінцівки

Скелет земноводних побудований складніше, ніж у риб (мал. 5.63). Хребет складається з шийного, тулубного, крижового та хвостового відділів. Безхвості земноводні позбавлені ребер, а у хвостатих є лише зачатки їх. Череп у земноводних переважно хрящовий. Скелет кінцівок складається із скелета вільних кінцівок та скелета їхніх поясів. Він має типову для наземних хребетних тварин будову. Передню кінцівку утворює плече (плечова кістка), передпліччя (ліктьова та променева кістки), кисть (кістки зап'ястка, п'ястка та фаланг пальців). Задню кінцівку утворює стегно (стегнова кістка), гомілка (велика та мала гомілкові кістки), стопа (кістки передплесна, плесна та фаланг пальців). Пояс передніх кінцівок (плечовий пояс) складається із парних кісток: лопаток, воронячих кісток, а у безхвостих амфібії ще й з ключиць. У місці сполучення воронячих кісток приєднується грудина. Грудна клітка відсутня. Пояс задніх кінцівок утворений трьома парними кістками: сідничними, клубовими та лобковими. Він приєднується до крижового відділу хребта, який складається із одного хребця.

Мускулатура тіла земноводних досить розвинена (особливо м'язи вільних кінцівок та їх поясів) і складається з комплексів справжніх, диференційованих м'язів. Проте частина мускулатури тулуба зберігає сегментну будову, характерну для риб. Рухи у земноводних одноманітні, повільні та незграбні. Хвостаті амфібії у воді рухаються подібно до риб вигинами усього тіла. Таким же чином пересуваються і безногі земноводні. Безхвості амфібії у воді плавають за допомогою задніх кінцівок, між пальцями яких є плавальні перетинки, а на суходолі стрибають.



Мал. 5.64. Внутрішня будова жаби: 1 – шлунок, 2 – підшлункова залоза, 3 – печінка, 4 – жовчний міхур, 5 – тонка кишка, 6 – товста кишка, 7 – селезінка, 8 – клоака, 9 – нирка з сечоводом, 10 – сечовий міхур, 11 – парний отвір сечоводів, 12 – отвір сечового міхура, 13 – легені, 14 – серце, 15 – спинна аорта, 16 – задня порожниста вена, 17 – загальна сонна артерія, 18 – ліва дуга аорти, 19 – шкірно-легенева артерія, 20 – яєчник, 21 – яйцевод, 22 – отвір яйцевода

Травна система порівняно з рибами більш диференційована (мал. 5.64). Широкий рот веде до великої рото-глоткової порожнини. У багатьох земноводних на щелепах, а також на піднебінні розташовані зуби, призначені лише для утримання поживи. Язик липкий, добре розвинений і слугує для вловлювання здобичі. До рото-глоткової порожнини відкриваються протоки слинних залоз, секрет яких не містить травних ферментів і слугує лише для зволоження їжі, що полегшує її проковтування. Шлунок слабо відмежований від стравоходу. Кишечник (тонка і товста кишки) закінчується клоакою. У земноводних є травні залози – печінка з жовчним міхуром та підшлункова залоза, – спільна протока яких відкривається у початковий відділ тонкої кишки.

Органами виділення у земноводних, як і у риб, є парні стьожкоподібні нирки, протоки яких відкриваються в клоаку. Сеча накопичується в сечовому міхурові, який з'єднаний лише з клоакою (з нирками зв'язку не має). Після

наповнення міхура вона видаляється назовні через клоаку. Частково продукти обміну виділяються крізь шкіру.

У дорослому стані більшість земноводних дихає за допомогою легенів та через шкіру. Легені мають вигляд тонкостінних комірчастих мішків. На личинковій стадії розвитку органи дихання у земноводних представлені зябрами, які у процесі перетворення у дорослу особину замінюються на легені. Але у таких амфібій як протей та сирени зябра зберігаються протягом усього життя.

Кровоносна система земноводних внаслідок наявності легенів має два кола кровообігу: велике (шлуночок серця → все тіло → праве передсердя) та мале (шлуночок серця → легені → ліве передсердя). Серце, як видно з наведених схем кіл кровообігу, складається з трьох камер – двох передсердь та шлуночка. М'язові вирости стінок шлуночка перешкоджають повному змішуванню артеріальної крові, яка надходить із лівого передсердя, та венозної, яка надходить з правого передсердя. Внаслідок цього до легенів рухається переважно венозна кров, до голови – переважно артеріальна, а до решти органів та тканин тіла – змішана.

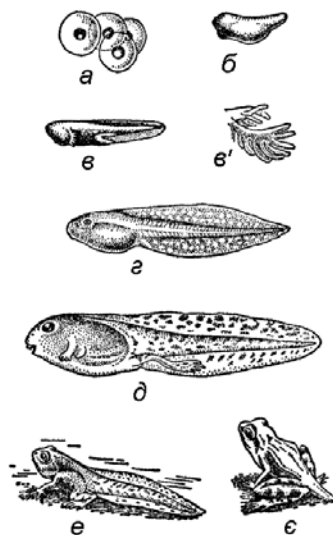
Центральна нервова система у земноводних складається з тих самих відділів, що й у риб. Відмінністю є поява півкуль головного мозку. Середній мозок менших розмірів, ніж у риб. Мозочок розвинений слабо, що пов'язано із зальною малою рухливістю і порівняно простими рухами земноводних.

Органи чуттів амфібій розвинені краще, ніж у риб. Очі відіграють дуже важливу роль в орієнтації в навколишньому середовищі та живленні. Вони сприймають лише рухливі об'єкти і здатні фокусуватися на різновіддалених предметах. Очі наземних амфібій мають повіки, які захищають їх від пересихання. Багатьом видам земноводних притаманний кольоровий зір. Орган слуху теж досконаліший, ніж у риб: крім внутрішнього розвинене середнє вухо, до складу якого входить барабанна перетинка та слухова кісточка (стремено). Орган рівноваги представлений трьома напівколовими каналами, які сполучаються з внутрішнім вухом. У земноводних наявний голосовий апарат. Зву-



ки окремих видів амфібій чути за багато кілометрів. Вони мають сигнальне значення, зокрема забезпечують зустріч особин протилежної статі. Органи нюху розвинені добре і слугують для сприйняття запаху поживи (у тому числі тієї, що знаходиться у роті), оточуючого середовища та представників свого виду. Органи смаку розвинені слабо, про що свідчить поїдання комах з їдкими або отруйними виділеннями (мурашок, клопів тощо). У всіх личинок і дорослих хвостатих земноводних є органи бічної лінії. Вони розкидані по всьому тілу (особливо густо на голові). В епідермісі шкіри наявні також температурні, дотикові та больові рецептори.

Земноводні – різностатеві тварини. У більшості з них запліднення зовнішнє. Розвиваються амфібії з перетворенням (мал. 5.65).



Мал. 5.65. Розвиток жаби: а – ікринки, б – личинка в момент виходу з ікринки, в – утворення зовнішніх зябер і плавника, в<sup>1</sup> – вигляд зябер, г – утворення зябер них кришок, д – поява кінцівок, е – початок розсмоктування хвоста, є – стадія виходу на суходіл

Поведінка земноводних нескладна, її основою є інстинкти (вибір середовища існування, добування поживи, захист, розмноження, турбота про потомство). Індивідуальний досвід у житті цих тварин відіграє неістотну роль, хоча вони і здатні до примітивної умовно-рефлекторної діяльності. Умовні рефлекси у земноводних виробляються повільно і швидко зникають.

Найбільш поширеними в Україні серед хвостатих земноводних є тритони – звичайний, гребінчастий, карпатський та альпійський. Два останні види занесено до Червоної книги України. Безногі земноводні поширені лише у тропіках і живуть у ґрунті.

Найбільш високоорганізованими земноводними є безхвості, які поширені на всіх континентах, крім Антарктиди. Вони мають коротке тіло. Задні кінцівки значно довші та сильніші за передні, часто з плавальними перетинками між пальцями. Серед безхвостих амфібій в Україні відомі жаби (озерна, гостроморда, трав'яна), ропухи (зелена, звичайна, очеретяна), квакші (деревна жаба), кумки (червоночеревна, жовточеревна). Усі безхвості земноводні, незалежно від середовища існування (прісні водойми, наземні біотопи, кущі та дерева), розмножуються у воді.

У природі земноводними живиться багато тварин (риби, птахи, хутрові звірі). Земноводні, у свою чергу, знищують численних безхребетних, серед яких значну долю займають комахи – шкідники сільськогосподарських рослин, кровососи, переносники захворювань людини і тварин. Користь від земноводних збільшується, якщо врахувати те, що вони живляться вночі, коли комахоїдні птахи неактивні. Крім того, ці тварини знищують комах із неприємним запахом і смаком, яких не їдять птахи.

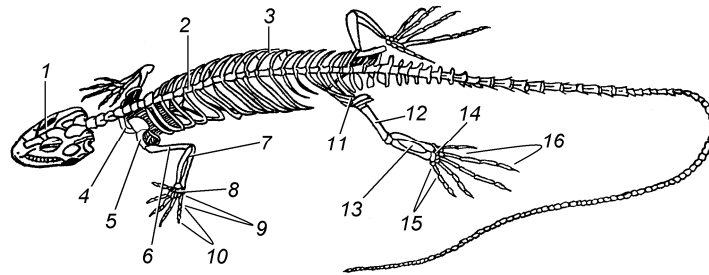
Деякі види амфібій (велетенська саламандра, тигрова жаба, жаба-голіаф, гостроморда жаба та інші) людина вживає в їжу. Земноводні використовуються також в медико-біологічних дослідженнях та для виготовлення цінних ліків.

### ***5.7.3.1.3. Клас Плазуни***

Плазуни, або рептилії, є справжніми наземними хребетними. Деякі види цих тварин існують у водоймах, наприклад, черепахи та морські змії. Відомо близько 8 тис. сучасних видів плазунів, які поширені на всіх континентах, окрім Антарктиди. В Україні зустрічається понад 20 видів цих тварин.

Рептилії характеризуються рядом ознак, спільних з амфібіями, а саме: непостійною температурою тіла, змішуванням крові у артеріях тулуба тощо. Разом з тим, як наземні тварини, вони відрізняються низкою прогресивних особливостей: 1) більш чітке розчленування тіла на відділи, 2) кращий розвиток кінцівок і наявність грудної клітки, 3) захист тіла від висихання внаслідок наявності рогової луски та щитків на шкірі, 4) кращий розвиток головного мозку, особливо переднього мозку та мозочка, тощо.

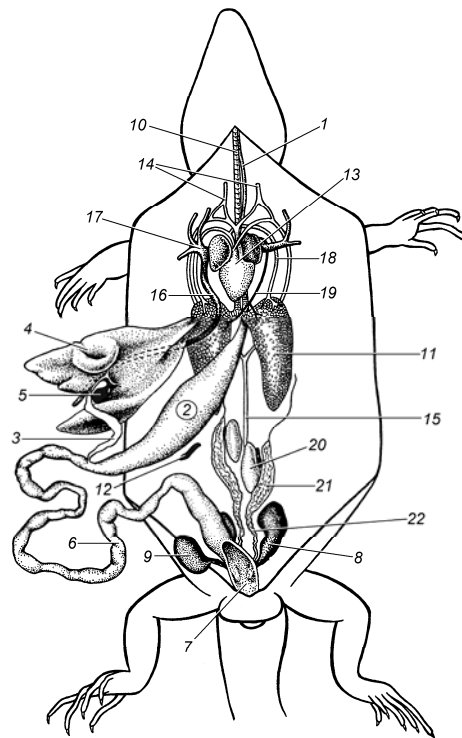
Сучасні плазуни мають порівняно невеликі розміри. Внаслідок того, що їх шкіра вкрита лусочками, щитками чи пластинками, вона втратила здатність до газообміну та виділення продуктів метаболізму. Плазуни періодично линяють.



Мал. 5.66. Скелет ящірки: 1 – череп, 2 – хребет, 3 – ребра, 4 – ключиця, 5 – лопатка, 6 – плече, 7 – передпліччя, 8 – зап'ясток, 9 – п'ясток, 10 – фаланги пальців передньої кінцівки, 11 – кістки тазу, 12 – стегно, 13 – гомілка, 14 – передплесно, 15 – плесно, 16 – фаланги пальців задньої кінцівки

У скелеті рептилій значного розвитку набуває шийний відділ (мал. 5.66), що забезпечує рухливість голови. Ця особливість має велике значення при орієнтуванні у просторі, відшукуванні поживи, живленні і т.п. Грудна клітка захищає внутрішні органи, бере активну участь у диханні, забезпечує міцний зв'язок плечового пояса з осьовим скелетом, що підсилює опорну функцію кінцівок.

Мускулатура у плазунів більш диференційована, ніж у земноводних. Добре розвинені жувальні та міжреберні м'язи, а також м'язи шиї та кінцівок.



Мал. 5.67. Внутрішня будова ящірки: 1 – стравохід, 2 – шлунок, 3 – підшлункова залоза, 4 – печінка, 5 – жовчний міхур, 6 – кишечник, 7 – клоака, 8 – ліва нирка, 9 – сечовий міхур, 10 – трахея, 11 – ліва легеня, 12 – селезінка, 13 – серце, 14 – сонні артерії, 15 – спинна аорта, 16 – нижня порожниста вена, 17 – верхня порожниста вена, 18 – легенева артерія, 19 – легенева вена, 20 – лівий сім'яник, 21 – придаток сім'яника, 22 – сім'япровід

Травна система рептилій (мал. 5.67) дещо складніша порівняно з амфібіями. У ротовій порожнині розташовані зуби, які слугують для захоплення здобичі. Вони однотипні, дрібні, не мають коренів і прирастають до кісток щелеп. Язик – рухливий, мускулистий, у ящірок та змій роздвоєний на кінці і є важливим органом дотику. Слина містить травні ферменти. Стравохід і шлунок розвинені добре. Кишечник довгий, особливо у рослиноїдних видів. На межі між тонкою та товстою кишками є зачаткова сліпа кишка. Печінка та підшлункова залоза відкриваються у початковий відділ тонкої кишки (дванадцятипалу кишку) самостійними протоками. Закінчується кишечник, як і у земноводних, клоакою, куди впадають сечоводи та статеві протоки.

Видільна система плазунів представлена тазовими бобоподібними нирками та сечоводами, які відкриваються у клоаку. Нирки у плазунів, на відміну від тулубних нирок земноводних, повністю втратили зв'язок з порожниною тіла. Продукти обміну речовин до них надходять лише з кровоносної системи.

Дихальна система плазунів представлена легенями, внутрішня поверхня яких збільшується за рахунок складної сітки перегородок. Добре розвинені дихальні шляхи – трахея та бронхи.

Кровоносна система рептилій нагадує кровоносну систему амфібій, але у шлуночку серця з'являється неповна перегородка, яка при його скорочення повністю його розділяє на праву і ліву частину. Як і у земноводних, у плазунів до органів тіла надходить змішана кров.

Нервова система плазунів характеризується збільшенням відносних розмірів головного мозку. У поверхневому шарі півкуль переднього мозку з'являється сіра речовина – кора.

З органів чуттів у більшості плазунів добре розвинені очі, органи нюху, смаку, слуху, дотику (дотикові плями та волоски на шкірі, язик).

Статева система плазунів представлена парними сім'яниками або яєчниками. Запліднення внутрішнє. Більшість плазунів відкладає яйця, але зустрічається і живородіння (гадюки, ящірка-веретільниця, живородна ящірка). Розвиток прямиий. Серед плазунів трапляються види з вираженою турботою про потомство, яка проявляється у охороні яєць від інших тварин (самки деяких видів крокодилів та ящірок, наприклад, сірого варана).

Поведінка плазунів дещо складніша, ніж земноводних. Їх основу також становлять складні інстинкти, пов'язані з живленням, розмноженням, захистом від ворогів, міграціями тощо.

Більшість земноводних в активний період веде поодинокий спосіб життя і має індивідуальні ділянки, які охороняються самцями. Ці ділянки складаються з центральної зони, що енергійно охороняється, і периферії, де можливі зустрічі з сусідами. На кожній ділянці є система стежок та схованок.

Клас Плазуни ділиться на такі яриди: Лускати, Черепахи та Крокодили.

Найчисленнішим рядом є Лускати (до 6 тис. видів), який об'єднує ящірок, змії та хамелеонів. Характерні ознаки цих тварин такі: тіло вкрите роговими лусочками або щитками, зуби прирощені до щелеп. Більшість сучасних плазунів складають ящірки, серед яких зустрічаються безногі види (веретільниця, жовтопуз). Живляться вони переважно тваринами (від безхребетних до дрібних ссавців). Морські ігуани поїдають водорості. В Україні поширені такі види ящірок, як прудка, зелена, живородна.

Змії – група безногих лускатих плазунів, які живляться різними хребетними тваринами. У них відсутня грудна клітка. Одна з легень (ліва) у більшості з цих тварин редукована. В Україні живуть два види отруйних змії – звичайна та степова гадюка. Їх укуси дуже болючі і можуть бути небезпечними для життя. Більшість змії неотруйна і вбиває здобич за допомогою зубів або обвиваючись навколо неї. В Україні зустрічається декілька видів неотруйних змії: водяний та звичайний вужі, мідянка, лісовий, чотирисмуговий, леопардовий та жовточеревний полози тощо.

Хамелеони – група лускатих плазунів, пристосованих до існування на тропічній деревній рослинності.

У світовій фауні налічується близько 250 видів черепах, більшість яких поширена у тропічній та субтропічній кліматичних зонах. Ця група тварин характеризується наявністю кісткового панцира, в якому міститься тіло тварини і куди при небезпеці можуть ховатися голова, шия, кінцівки та хвіст. У черепах відсутні зуби, функції яких виконують рогові чохли щелеп, що мають гострі краї. Переважна більшість видів черепах рослиноїдні, але є й хижаки, які живляться рибою, земноводними або безхребетними. В Україні зустрічається лише один вид черепах – болотяна.

Крокодили пристосовані до напівводного існування. Вони поширені в тропічних та субтропічних країнах. Нараховується всього 20 видів сучасних крокодилів. Живляться вони різними тваринами – крабами, рибою, земново-

дними, птахами, ссавцями, а також стервом. Деякі їх види небезпечні для людини.

Плазуни, завдяки значно ширшому географічному поширенню, різноманітнішому живленню і загальній активності порівняно з земноводними, відіграють у біоценозах помітнішу роль, особливо в пустелях, на морських островах та узбережжях. Однак, оскільки плазуни здебільшого нечисленні, їх роль у кругообігу речовин та енергії у цілому невелика. Ящірки та змії, поїдаючи шкідливих комах, слимаків, гризунів, приносять значну користь сільському та лісовому господарству. М'ясо деяких ящірок (ігуан, варанів), змії та черепах, а також яйця черепах вживаються людиною в їжу. Із отрути багатьох видів змії виготовляють препарати для лікування ряду хвороб – гемофілії, ревматизму, епілепсії тощо. Шкіра крокодилів, змії, варанів, а також роговий панцир черепах використовують для виготовлення взуття та галантерейних виробів.

Численні види плазунів потребують охорони. Так, до Червоної книги України занесено 8 видів цих тварин: кримський голопалій гекон, леопардовий, лісовий та чотирисмугий полози, мідянка, веретільниця, жовтопуз безногий, гадюка степова східна.

#### **5.7.3.1.4. Клас Птахи**

Птахи являють собою різко відокремлену, високоспеціалізовану групу вищих хребетних тварин.

За анатомічною будовою і ембріональним розвитком птахи значною мірою нагадують плазунів, але відрізняються від них низкою істотних особливостей. Вони мають диференційований покрив тіла – пір'я, передні кінцівки як органи польоту, високу інтенсивність метаболізму. Постійна температура тіла та здатність до польоту дають можливість птахам менше залежати від умов оточуючого середовища, внаслідок чого вони здатні існувати в найрізноманітніших екосистемах по всій земній кулі. Для них характерна склад-

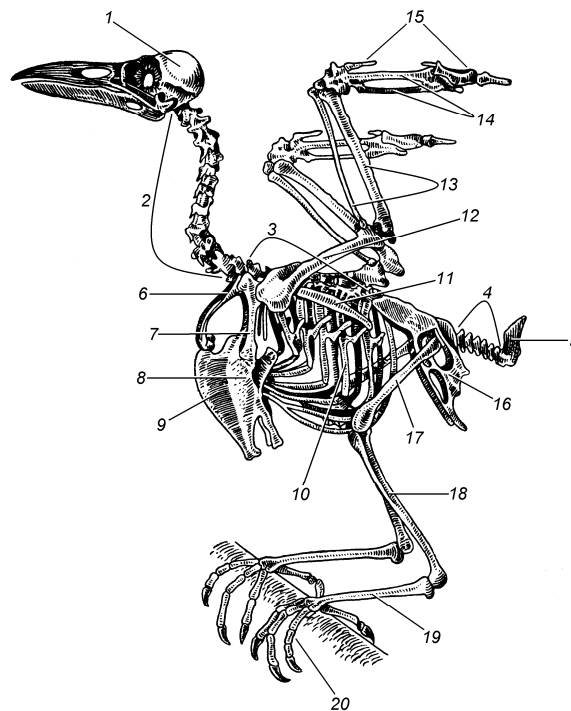
на та різноманітна поведінка – гніздування, насиджування яєць, вигодовування пташенят тощо.

У світовій фауні нараховується понад 8500 видів птахів, а в Україні – понад 350.

У зв'язку з польотом розміри птахів варіюють у невеликих межах. Маса найбільших літаючих птахів 14-16 кг (лебеді, дрохви, грифи), найменших – до 2 г (колібри). Втрата здатності до польоту часто зумовлює збільшення розмірів: маса деяких пінгвінів – до 40 кг, африканського страуса – до 100 кг.

У птахів невелика голова, довга рухлива шия, компактний тулуб і сильно редукований хвіст. Передні кінцівки є органами польоту – крильми, а задні слугують для пересування по твердому субстрату або плавання.

Шкіра у птахів тонка, позбавлена залоз і тому суха. Правда, на верхній основі хвоста розташована так звана куприкова залоза. Вона виробляє жироподібний секрет, яким птах змащує пір'я, що сприяє збереженню його еластичності та захищає від намокання. Ця залоза найкраще розвинена у водоплавних птахів, а у деяких наземних (страуси, дрохви, деякі папуги) відсутня.



Мал. 5.68. Скелет голуба: 1 – череп, 2 – шийні хребці, 3 – грудні хребці, 4 – хвостові хребці, 5 – куприкова кістка, 6 – вилочка, 7 – вороняча кістка, 8 –



грудина, 9 – киль грудини, 10 – ребра, 11 – лопатка, 12 – плече, 13 – передпліччя, 14 – п'ястно-зап'ястна кістка, 15 – фаланги пальців, 16 – таз, 17 – стегно, 18 – гомілка, 19 – цівка, 20 – фаланги пальців ніг

Скелет птахів (мал. 5.68) легкий і міцний. Його легкість зумовлена наявністю порожнин у більшості кісток, а міцність – зростанням окремих кісток між собою, їхньою структурою та вмістом значної кількості мінеральних солей.

Кістки черепа тонкі, повністю зрослися між собою. Характерний для птахів дзьоб зовні має роговий покрив.

Шийний відділ хребта складається з великої кількості хребців (11-25), що забезпечує значну рухливість шиї та голови. Це має велике значення при схоплюванні поживи, догляді за оперенням, побудові гнізда, корегування центра маси тіла під час польоту тощо.

Тулубний відділ осевого скелета нерухомий внаслідок зростання грудних хребців між собою і з крижовим відділом. На грудині більшості птахів розвинений киль, до якого прикріплюються м'язи, що приводять у рух крила. Поперекові, крижові і передні хвостові хребці теж зрослися, утворюючи складні крижі, до яких нерухомо приростають кістки тазового пояса, що забезпечує надійну опору для задніх кінцівок.

Кількість хвостових хребців невелика і останні з них зливаються у куприкову кістку, до якої прикріплюються рульові пера.

Скелет плечового поясу та крила, що складаються з типових для п'ятипалої кінцівки кісток у зв'язку з пристосованістю до польоту, зазнав значних змін. Лопатка вільно ковзає по ребрах. Кісточка зап'ястка і п'ястка злилися між собою, утворивши характерну для птахів п'ястно-зап'ястну кістку. Скелет пальців теж зазнав значних змін: частково розвинені лише 2-ий, 3-ій та 4-ий пальці, а 1-ий та 5-ий – атрофувалися.

Кістки тазового поясу зрослися в одну кістку. Скелет задніх кінцівок теж зазнав змін, бо при русі по землі на них переноситься вся маса тіла. Ниж-

ній кінець гомілки зрісся з верхнім рядом кісточок передплесна. Решта кісточок передплесна та плесна зрослися в одну видовжену кістку – цівку, до якої прикріплюються фаланги пальців. Три пальці здебільшого спрямовані вперед, один – назад.

М'язи у птахів більш диференційовані і розвинені, ніж у плазунів. Найбільшого розвитку досягають великі грудні та підключичні м'язи, що приводять у рух крила. Високий рівень диференціації мають м'язи задніх кінцівок, де їх нараховується понад 30.

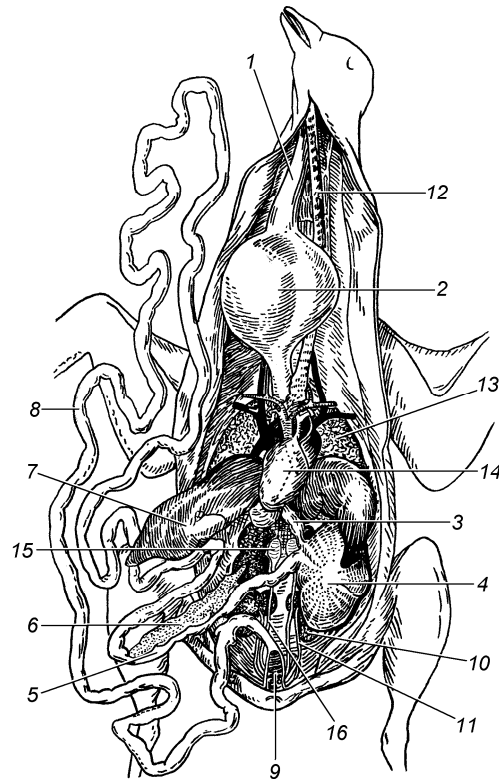
Центральна нервова система птахів досконаліша, ніж у плазунів. Зокрема, у них збільшується об'єм головного мозку, у першу чергу, півкуль переднього мозку, краще розвинені зорові горби середнього мозку та мозочок (центр координації рухів). Нюхові долі переднього мозку розвинені слабо.

Органи чуття у птахів розвинені добре, особливо органи зору, слуху та рівноваги. Нюх, за незначними виключеннями (качки, дятли, кулики), розвинений гірше.

Око птахів здатне до подвійної акомодатії (змінюється не лише форма кришталика, а й відстань між кришталиком та сітківкою). Зір птахів гострий: вони добре розрізняють дрібні предмети та їхнє забарвлення на великій відстані. Виключенням є лише деякі птахи, що ведуть нічний спосіб життя.

Птахи здатні відтворювати різноманітні звуки, що є засобами передачі інформації. У них існують десятки звукових сигналів: небезпеки, попередження, агресії, гніздові, харчові тощо. Деякі звукові сигнали мають міжвидове значення: на них реагують тварини інших видів. Так, скрекотання сороки сприймається як сигнал небезпеки не лише птахами, а й звірами (вовком, лисицею). Реакція птахів на звукові сигнали лягла в основу так званих акустичних репелентів (від лат. *repello* – той, що відганяє). Відтворення записаних сигналів тривоги та страху дає змогу відлякувати птахів з тих місць, де вони в даний момент небажані (з аеродромів, із садів, із виноградників у період дозрівання ягід тощо). Таким же чином, використовуючи записи звуків, що сигналізують про наявність корму, можна приваблювати птахів у місця

масового розмноження комах-шкідників. При цьому виявилось, що птахи того самого виду, але географічно віддаленого, майже не розуміють один одного.



Мал. 5.69. Внутрішні органи голуба: 1 – стравохід, 2 – воло, 3 – залозистий шлунок, 4 – м’язовий шлунок, 5 – 12-пала кишка, 6 – підшлункова залоза, 7 – печінка, 8 – тонка кишка, 9 – клоака, 10 – нирка, 11 – сечовід, 12 – трахея, 13 – легені, 14 – серце, 15 – сім’яник, 16 – сім’япровід

Система травлення (мал. 5.69) птахів відрізняється рядом пристосувань, що зменшують масу тіла та сприяють інтенсивному травленню. Вона починається дзьобом, яким захоплюється, утримується, а іноді і подрібнюється пожива. Довгий стравохід має розширення – воло, де їжа під дією слини набрякає та розм’якшується. Шлунок складається з двох відділів: залозистого та м’язового. У залозистому шлунку їжа зазнає дії травних ферментів, а у м’язовому – механічної переробки. У тонких кишках їжа остаточно перетравлюється та дуже швидко всмоктується. Травні ферменти продукуються стінками залозистого шлунка, печінки, підшлункової залози та стінками тон-

кої кишки. Задній відділ кишечника короткий, тому калові маси в ньому не затримуються, і птахи часто випорожняються. Травна система птахів закінчується клоакою.

Птахи потребують великої кількості енергії для забезпечення високої сталої температури тіла (до 42°C) та для польоту. Тому їжа у них перетравлюється досить швидко: сухе зерно – за 2-3 години, а соковиті ягоди проходять через травну систему птахів за півгодини. Ось чому вони їдять часто і більшу частину свого часу проводять у пошуках поживи.

Органи виділення у птахів представлені, як і в плазунів, парними нирками та сечоводами, які відкриваються в клоаку. Сеча у вигляді білої кашкоподібної маси відразу ж виділяється назовні.

Таким чином, рідкі та тверді відходи життєдіяльності організму птахів не затримуються в ньому, що призводило б до збільшення маси тіла і утруднення польоту.

У птахів добре розвинена дихальна система. На місці відгалуження бронхів від трахеї наявна властива лише птахам нижня гортань – голосовий апарат. Легені птахів мають вигляд компактних губчастих тіл, які щільно прилягають до спинної частини грудної клітки. Частина бронхів виходить за межі легенів, розширюється і утворює так звані повітряні мішки, розташовані між внутрішніми органами. Численні відростки повітряних мішків проникають між м'язи, в порожнини кісток, під шкіру. Об'єм повітряних мішків у 10 разів більший за об'єм легенів. Вони під час польоту забезпечують подвійне дихання, коли легені вентилуються повітрям як під час вдиху, так і під час видиху. Повітряні мішки також полегшують масу тіла, знижують втрати тепла, а під час тривалого польоту – від перегрівання. Інтенсивність дихання у птахів змінюється залежно від потреб у кисні. Наприклад, голуб у стані спокою здійснює 26 дихальних рухів за одну хвилину, а під час польоту – 400.

Кровоносна система птахів характеризується наявністю чотирикамерного серця, завдяки чому артеріальна кров не змішується з венозною. Серце у птахів відносно велике та здатне інтенсивно скорочуватись. Наприклад, у го-

луба за стану спокою воно скорочується 165 разів на хвилину, а під час польоту – 550 разів. Все це забезпечує птахам інтенсивний обмін речовин і досить високу сталу температуру тіла.

Порівняно із плазунами птахи мають досконалі механізми терморегуляції: у жарку погоду вони здатні збільшувати віддачу тепла до навколишнього середовища, а в прохолодну, навпаки, значно її зменшувати.

Статева система у самців представлена парними сім'яниками та сім'япроводами, які відкриваються у клоаку. Запліднення у птахів внутрішнє: чоловічі статеві клітини передаються із клоаки самця до клоаки самиці. Статева система самиці складається з непарного яєчника та одного яйцепроводу, який відкривається до клоаки. Запліднення дозрілого яйця відбувається у верхній частині яйцепроводу. Тут воно вкривається білковою та іншими оболонками, а в нижній, розширеній частині яйцепроводу – вапняковою шкаралупою. Переважна більшість птахів насиджує яйця.

Основу поведінки птахів становлять інстинкти, які лежать в основі розмноження, турботи про потомство, живлення, міграції тощо. Ключовими подразниками при цьому виступають окремі фактори середовища (тривалість світлового дня, зміна умов живлення, поведінка особин свого виду і т. і.).

Поведінка кожної особини збагачується шляхом набуття індивідуального досвіду, тобто формування умовних рефлексів. Птахи здатні до наслідування і навчання, особливо пташенята. Важливим компонентом поведінки птахів є розумова діяльність, яка особливо виражена у воронових та денних хижаків. Птахи мають добре розвинену образну пам'ять. Їм властиві деякі емоції: страх, радість, злість, спокій, що мають зовнішній прояв.

Клас птахів поділяється на три надряди: Безкілеві, Пінгвіни та Кілегруді.

До безкілевих птахів відносяться страуси та ківі. Вони втратили здатність до польоту, внаслідок чого крила у них недорозвинені (страуси) або зовсім відсутні (ківі). Ці птахи поширені в Австралії, Новій Зеландії, Африці та Південній Америці.

До надряду Пінгвіни відносяться 18 видів нелітаючих, але добре плаваючих птахів. Зустрічаються вони в Антарктиді, на островах та узбережжі Південної Америки та Австралії.

Домінуючим серед птахів за чисельністю видів є надряд Кілегруді, який поділяється на багато рядів (понад 30).

Найчисленнішим є ряд Горобцеподібні, який об'єднує 60% сучасних видів птахів (понад 5 000 видів; в Україні – близько 130). Більшість із них – малі птахи. На ногах три пальці спрямовані вперед, один – назад. Більшість видів пов'язані з деревною та кущовою рослинністю, деякі ведуть наземний спосіб життя. Живляться різноманітною їжею. Горобцеподібні – гніздові птахи, переважно мігруючі, але є серед них і кочові, і осілі. Вони поширені по всій земній кулі, крім Антарктиди. До мігруючих можна віднести шпаків, ластівок, солов'їв, вівчариків та багато інших комахоїдних птахів. Кочовими є синиці, сойки, деякі дрозди, а осілими – звичайний хатній горобець, крук, чубатий жайворонок та інші.

Горобцеподібні відіграють важливу роль у природі та житті людини. Комахоїдні види регулюють чисельність шкідників сільського господарства. Проте зерноїдні види можуть завдавати шкоди рослинництву.

Птахи ряду Дятли (понад 370 видів) живуть на деревах. На ногах вони мають по чотири пальці, два з яких спрямовані вперед, а два – назад. Це дає змогу дятлам вправно пересуватися по стовбурах та гілках дерев. У них прямий, долотоподібний дзьоб, за допомогою якого вони видовбують у стовбурах дерев дупла, де живуть, а також розкльовують у деревині ходи комах, якими живляться. Дятли – гніздові птахи і відкладають одне або декілька яєць.

В Україні живе 10 видів цих птахів, серед яких найпоширенішими є великий строкатий дятел, сивий дятел, чорний дятел (жовна) та крутиголовка. Дятли – корисні комахоїдні птахи, що відіграють значну позитивну роль у лісових екосистемах.

Ряд Сивкоподібні об'єднує близько 300 видів переважно водоплавних та навколоводних птахів. Гнізда влаштовують на землі. Пташенята виводкові. Найчисленнішими в цьому ряду є кулики та мартини.

До куликів належать птахи, що живуть на водоймах, болотах, зволожених луках. Вони мають довгі ноги та дзьоб. Найпоширенішим видом цих птахів є чайка (чібіс). На півдні України часто зустрічається ходульники та шилодзьобки. В Україні також поширений кулик-сорока. На луках Полісся подекуди трапляються кроншнепи. Майже всі кулики нашої території – мігруючі види. Більшість із них потребує охорони.

До мартинів належать як дрібні, так і великі за розмірами птахи, що мають здебільшого світле забарвлення. Ноги короткі, мають плавальну перетинку між передніми пальцями. Найбільшим за розміром мартином в Україні є сріблястий мартин. Живе він переважно на Чорному та Азовському морях і на Сиваші. Найпоширенішими у нашій країні є річковий, або звичайний, мартин, а також річковий крячок.

Представники ряду Соколоподібні добре літають, мають зігнутий короткий дзьоб і довгі загнуті кігті, що сприяють полюванню на здобич. Серед них зустрічаються як великі, так і дрібні птахи. Це – гніздові птахи, які відкладають одне або декілька яєць.

Відомо понад 270 видів соколоподібних, із яких в Україні налічується 34. Найпоширенішими тут є звичайний боривітер, великий та малий яструби, чорний шуліка, кібчик, канюк звичайний, болотяний лунь. Найбільшими серед соколоподібних в Україні є чорний гриф, що досі зберігся в горах Криму, та беркут, який ще зустрічається в Карпатах. Вони потребують охорони.

Усі хижі птахи – корисні, бо поїдають мишоподібних гризунів. Значній частині видів соколоподібних (гриф, орел степовий, орлан-білохвіст, степовий боривітер та інші) загрожує зникнення і вони занесені до Червоної книги України.

Ряд Куроподібні об'єднує понад 250 видів птахів, із яких в Україні розповсюджено 8. Це птахи середніх розмірів, мають сильні, з міцними пальця-

ми задні кінцівки, пристосовані до розгрібання ґрунту. Добре ходять, бігають, але неохоче піднімаються у повітря. Куроподібні – виводкові птахи, гніздяться на землі, відкладаючи 6-24 яєць. Вони ведуть осілий або кочовий спосіб життя, і лише перепілки – перелітні. Деякі види куроподібних приручила та розводить людина.

В Україні досить поширені перепели, сірі куріпки, тетеруки. У Карпатах та на Поліссі зустрічаються глухарі та рябчики. На півдні країни акліматизовані кеклики та фазани.

До ряду Гусеподібні належать водоплавні птахи середніх або великих розмірів із довгою шиєю та вкороченими ногами (понад 200 видів). Три пальці ніг з'єднані плавальною перетинкою. Дзьоб цих птахів широкий, плескастий, вкритий тонкою шкірою. У них добре розвинена куприкова залоза, секретом якої вони змащують оперення, що робить його водонепроникним. Гусеподібні розповсюджені по всьому світові.

В Україні відомо 33 види гусеподібних, зокрема качка-крижень, лебідь-шипун, гуска сіра, шилохвіст, гоголь, чирка та інші. Значна кількість видів є об'єктом промислу. Качка-крижень та сіра гуска були одомашнені людиною, яка за допомогою тривалої селекції вивела багато порід свійських качок та гусей. Внаслідок інтенсивного промислу деякі види цих птахів опинилися під загрозою зникнення і потребують охорони. Так, до Червоної книги України занесено такі види, як лебідь малий, огар, гага звичайна, а червонову казарку занесено до Міжнародної Червоної книги.

Нічні хижі птахи об'єднані в ряд Совоподібні. Вони мають великі очі з розширеними зіницями, що дає їм змогу бачити дрібні предмети вночі. Крім того, у них добре розвинений слух. Ці особливості дають їм змогу легко полювати на дрібних мишоподібних гризунів, пташок та рибу, а при польоті серед гілок дерев не натикатись на них. У сов, як і в інших хижаків, загнутий дзьоб та гострі кігті. Справжніх гнізд сови, за незначним винятком, не будують. Яйця (1-11) вони відкладають у дуплах, між корінням дерев, у норах або



використовують гнізда воронових птахів. Сиви поширені по всій земній кулі, крім Антарктиди.

Відомо понад 130 видів совоподібних. В Україні налічується 13 видів, найпоширенішими серед яких є сіра сова, вухата сова, болотяна сова та сич. Найбільша сова України – пугач – стала великою рідкістю, а тому її, разом з сичем, занесено до Червоної книги України.

Сови – дуже корисні птахи, бо знищують шкідливих гризунів, а також поїдають хворих і старих тварин, чим здійснюють санітарну та селекційну функції у природі.

Ряд Лелекоподібні об'єднує близько 110 видів дрібних та великих мігруючих птахів, які мають довгу шию та довгі кінцівки. Вони поширені всюди, окрім Арктики та Антарктиди, і живуть переважно у вологих місцях. Полюють на здобич (різні дрібні тварини), стоячи у воді або на гілках дерев, деякі з них бродять у пошуках їжі.

В Україні налічується 12 видів лелекоподібних. Це – різноманітні чаплі та лелеки, із яких потребують охорони і занесені до Червоної книги України чорний лелека, коровайка, косар, жовта чапля.

Ряд Журавлеподібні – великі птахи з сильними довгими ногами, довгою шиєю і дзьобом, які поширені на болотах та у степах і живляться тваринною та рослинною їжею. Вони є гніздовими, виводковими, перелітними птахами.

Відомо 17 видів журавлеподібних, із яких в Україні зустрічається 4 – степовий та сірий журавлі, дрохва і стрепет. Із них перші два види потребують охорони і занесені до Червоної книги України.

Менш чисельними є ряди Голубоподібні, Зозулеподібні, Довгокрилі (стрижі та колібрі), Ракшеподібні (сиворакші, бджолоїдки, рибалочки), Одудоподібні (одуди, птахи-носороги) та інші.

Завдяки відносно великій чисельності, значній рухливості і високому рівню метаболізму птахи відіграють помітну роль у біогеоценозах. Комахоїдні птахи концентруються у вогнищах масового розмноження комах і спри-

яють значному зниженню їх чисельності. Вони можуть знизити кількість комах-шкідників на 40—75 %, особливо у період вигодовування пташенят, які живляться переважно комахами. Так, велика синиця за день знищує 500—600 гусениць. Шпак за гніздовий період виловлює до 8 тис. травневих хрущів та їхніх личинок. Найменший представник лісових птахів – корольок – за рік знищує 8—10 млн. комах.

Птахи, живлячись комахами, займають різні екологічні ніші. У траві і на землі комах збирають одуди, шпаки, граки, дрозди, зяблики, вівсянки. У кущах за комахами полюють славки, кропивники, малинівки. У кронах дерев живляться синиці, зозулі, іволги, корольки, вівчарики. Стовбури дерев оглядають дятли, повзики, пищухи. Ластівки, стрижі, живлячись у повітрі, знищують комах-кровососів (мошок, комарів, мух, гедзів).

Споживаючи насіння і плоди, птахи сприяють їх поширенню у природі. Так, сойка закопує на запас жолуді дуба, кедрівка – горіхи кедрової сосни. Плоди, не використані взимку, навесні проростають. У птахів, що живляться ягодами (дроздів, омелюхів та ін.), насіння, яке пройшло через травну систему, не втрачає схожості. Мігруючи, ці птахи сприяють розповсюдженню ягідних дерев і кущів.

Хижі птахи завершують ланцюги живлення. Поїдаючи багатьох тварин, вони знищують насамперед хворих та ослаблених. Це сприяє оздоровленню популяцій, зменшенню кількості епідемій. Значною мірою хижаки регулюють чисельність мишоподібних гризунів. Так, одна сіра сова за рік виловлює до 1000 мишей і полівок.

Зерноїдні птахи (вівсянки, снігурі, щиглики, коноплянки, жайворонки) поїдають і насіння бур'янів.

Під час кочувань і сезонних міграцій птахи відвідують біогеоценози, віддалені на сотні і тисячі кілометрів, і цим самим беруть участь у глобальному біологічному кругообігу речовин.

Значна роль птахів у біосфері зумовлює їхнє різнобічне як позитивне, так і негативне значення для людини. Знищуючи величезну кількість комах-

шкідників, мишоподібних гризунів, птахи зберігають урожай сільськогосподарських рослин, захищають зелені насадження. Близько 180 видів птахів – об'єкти спортивного і промислового полювання. У північних районах основними промисловими птахами є біла і частково тундрова куріпки, у лісовій зоні – курині (рябчики, тетерева), качки (крижень, чирок, шилохвіст та ін.), кулики (вальдшнеп, дупель, бекас та ін.); у південній – фазан. Крім м'яса від птахів людина одержує пух і перо. Особливо ціниться пух гаги звичайної, яким цей птах вимощує власні гнізда. З одного такого гнізда одержують 20-30 г пуху. Він легкий, еластичний, з високими теплоізоляційними властивостями. З пуху виготовляють спальні мішки, ковдри, спецпалатки, утеплюють одяг полярників, людей інших професій, які довго перебувають на холоді.

У місцях пташиних базарів нагромаджується велика кількість пташиного посліду – гуано, що є цінним органічним добривом (містить до 16 % азоту).

Вчені-біоніки вивчають птахів з метою створення навігаційної апаратури, удосконалення транспортних засобів, кібернетичних пристроїв тощо.

З розвитком цивілізації та урбанізації у людини зростає потреба в спілкуванні з живою природою, невід'ємною складовою частиною якої є світ пернатих. Велику естетичну насолоду одержує людина від співу птахів (солов'їв, жайворонків, дроздів, іволги та багатьох інших), їхньої граціозності та красивого забарвлення.

Однак птахи можуть завдавати і деякої шкоди. Так, окремі види птахів (шпаки, граки, горобці) у післягніздовий період, утворюючи величезні зграї, завдають збитків на полях, у садах та городах. Втрати урожаю можна скоротити, відлякуючи птахів. У деяких випадках необхідно регулювати чисельність окремих видів, зокрема, сірої ворони, яка руйнує гнізда дрібних птахів.

Із розвитком авіації збільшилась кількість зіткнень птахів з літаками, що іноді призводить до аварій. Учені розробляють засоби запобігання таких зіткнень.

Птахи можуть бути переносниками багатьох паразитарних та інфекційних захворювань, у тому числі орнітозів, грипу, енцефаліту та ін. Здійснюючи далекі перельоти, птахи сприяють переміщенню збудників навіть між континентами.

Людина давно одомашнила окремі види птахів як джерело для одержання яєць, свіжого м'яса, пуху та пір'я. Шляхом штучного добору та гібридизації було створено велику кількість порід свійських птахів – курей, качок, гусей, індиків, цесарок, голубів тощо. Вона приручила також деяких декоративних та співочих птахів.

#### *5.7.3.1.5. Клас Ссавці*

До класу Ссавці належать найбільш високоорганізовані хребетні тварини. Сьогодні відомо близько 5 000 видів цих тварин, у тому числі майже 100 видів в Україні. Поширені по всій планеті, за винятком материкової частини Антарктиди.

Форма тіла і зовнішній вигляд ссавців різноманітні. Здебільшого тулуб видовжений; добре виражена шия, що забезпечує рухомість голови; відособлений хвіст; наявні дві пари п'ятипалих кінцівок. Від основного типу сильно відхилились летючі миші, які пристосувались до польоту, та китоподібні, що ведуть водний спосіб життя і набули рибоподібної форми. Ссавці досить різноманітні за розмірами. Найменший серед них — карликова білозубка (довжина тіла 3,8 см і маса 1,5 г), найбільший – синій кит (довжина 33 м, маса 150 т).

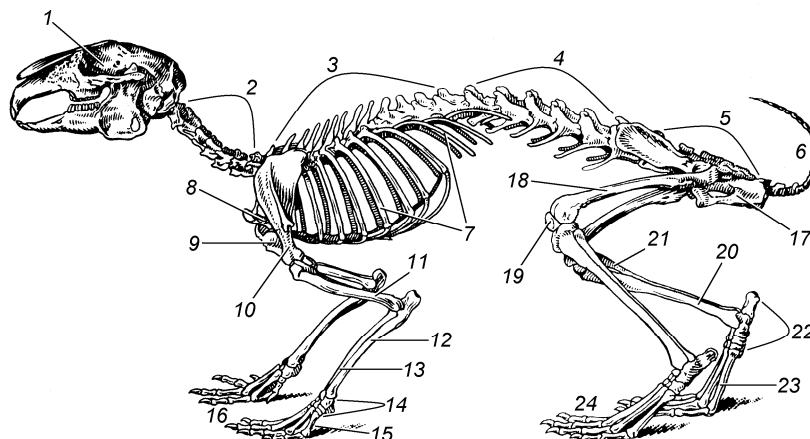
Шкіра ссавців міцна й еластична. Вона складається з двох шарів: епідермісу і власне шкіри. Епідерміс багат шаровий; його зовнішній шар роговіє й виконує захисну функцію. Він утворює численні і функціонально різноманітні похідні (волосяний покрив, кігті, нігті, копита та ін.), що складаються з рогоподібної речовини. Волосяний покрив – характерна ознака ссавців. Його відсутність у деяких видів – вторинне явище. Волосяний покрив відіграє ва-

жливу роль у терморегуляції, зменшує випаровування вологи з поверхні тіла, пом'якшує механічні впливи, зумовлює забарвлення тварин.

Шкіра має особливі залози: потові, сальні, молочні й пахучі. Потові залози, що виділяють на поверхню шкіри піт, мають певне значення у терморегуляції та обміні речовин. Сальні залози відкриваються здебільшого у волосяну сумку. Секрет цих залоз змащує волосся, завдяки чому воно стає еластичним і не намокає. Пахучі залози виділяють речовини, що служать для захисту, мічення території, сигналізації між особинами одного виду тощо. Молочні залози – видозмінені потові. У всіх ссавців, за незначним винятком, молочні залози мають соски (від 2 до 24). Їх секрет – молоко – містить білки, вуглеводи, жири, мінеральні солі і служить для вигодовування малят.

Пальці ссавців закінчуються роговими утворами – кігтями, нігтями, копитами, які захищають фаланги пальців від пошкоджень і є зброям нападу, захисту, риття та ін. У деяких звірів розвиваються роги.

Череп ссавців характеризується відносно великою мозковою коробкою, що пов'язано з великими розмірами головного мозку. У шийному відділі хребта завжди 7 хребців. Грудний відділ, в якому 12—15 хребців, разом із ребрами та грудиною утворює міцну грудну клітку. Масивні хребці поперекового відділу (від 2 до 9) з'єднані між собою рухомо, тому у цьому відділі тулуб може згинатися й розгинатися. Хребці крижового відділу (у кількості 3—4) зростаються між собою, що забезпечує міцну основу для прикріплення кісток тазу. (Мал. 5.70).



Мал. 5.70. Скелет кролика: 1 – череп, 2 – шийні хребці, 3 – грудні хребці, 4 – поперекові хребці, 5 – крижі, 6 – хвостові хребці, 7 – ребра, 8 – грудина, 9 – ключиця, 10 – лопатка, 11 – плечова кістка, 12 – ліктьова кістка, 13 – променева кістка, 14 – зап'ясток, 15 – п'ясток, 16 – фаланги пальців передньої кінцівки, 17 – тазові кістки, 18 – стегнова кістка, 19 – колінна чашечка, 20 – велика гомілкорова кістка, 21 – мала гомілкорова кістка, 22 – передплесно, 23 – плесно, 24 – фаланги пальців задньої кінцівки

Плечовий пояс складається здебільшого з двох пар кісток – лопаток і ключиць, тазовий – із трьох: сідничних, лобкових і клубових. Скелет кінцівок має типову для наземних тварин будову, але кількість пальців варіює від п'яти до одного. Скорочені кількості пальців спостерігається у ссавців, що швидко бігають, наприклад, у копитних.

М'язова система ссавців досягає значної складності. Скелетні м'язи утворені посмугованою м'язовою тканиною, а до складу внутрішніх органів входять непосмуговані м'язи. Є властива лише ссавцям м'язова перегородка – діафрагма, що відділяє грудну порожнину від черевної. Добре розвинена підшкірна мускулатура.

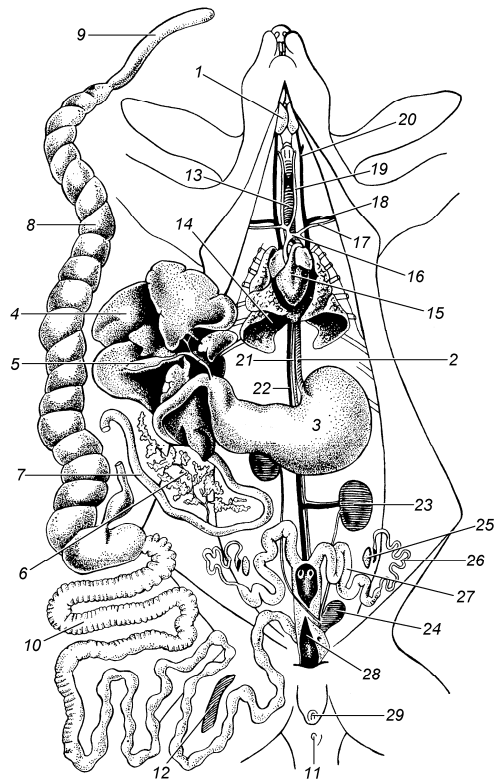
Нервова система ссавців за своєю будовою подібна до нервової системи плазунів та птахів. Але їхній головний мозок значно більший за об'ємом і по масі у 3-15 раз перевищує спинний (у плазунів їх маса приблизно однакова). Добре розвинена кора півкуль, у якій розташовані центри вищої нервової діяльності. Поверхня півкуль переднього мозку у деяких звірів гладенька, проте у більшості вона вкрита борознами. Мозочок добре розвинений і також має звивини, що пов'язано з координацією складних рухів ссавців.

З органів чуття у ссавців добре розвинені нюховий, слуховий, зоровий та смаковий аналізатори. За допомогою нюху звірі орієнтуються у просторі, відшуковують їжу, впізнають особин протилежної статі тощо. Орган слуху ссавців складається із трьох відділів: внутрішнього, середнього й зовнішнього вуха. Зовнішнє вухо утворене зовнішнім слуховим проходом та вушною ра-

ковиною, яка вловлює, відбирає і підсилює біологічно важливі для виду звуки, ослабляючи сторонні шуми. У середньому вусі є 3 слухові кісточки: молоточок, коваделко і стремено, які передають звукові коливання від барабанної перетинки до внутрішнього вуха. У внутрішньому вусі добре розвинена завитка, всередині якої розташовано кілька тисяч волокон, що резонують в унісон зі звуками різної частоти. Деяким звірам (комахоїдним, рукокрилим, китоподібним, деяким гризунам) властива ультра- та інфразвукова ехолокація – здатність відтворювати і сприймати звуки як високої (понад 20 КГц), так і низької (до 12 Гц) частоти.

Гострота зору у ссавців тісно пов'язана зі способом життя. У звірів, що населяють відкриті біотопи і ведуть денний спосіб життя, більша частина інформації сприймається за допомогою зорового аналізатора. Очі у них розташовані по боках голови, що забезпечує широке поле монокулярного зору. У мавп і частини хижаків очі розташовані фронтально. Це збільшує поле біокулярного зору, а, отже, і його гостроту, хоч загальний огляд при цьому скорочується. Більшість ссавців бачать навколишнє середовище у чорно-білому зображенні. Лише у вищих приматів добре виражений кольоровий зір.

Органами дотику у ссавців є чутливі волоски – вібриси, що розкидані по всьому тілу, але особливо розвинені вони на морді.



Мал. 5.71. Внутрішня будова кролиці: 1 – права підщелепна слинна залоза, 2 – стравохід, 3 – шлунок, 4 – печінка, 5 – жовчний міхур, 6 – підшлункова залоза, 7 – тонка кишка, 8 – сліпа кишка, 9 – червоподібний відросток, 10 – товста кишка, 11 – анальний отвір, 12 – селезінка, 13 – трахея, 14 – права легеня, 15 – серце, 16 – дуга аорти, 17 – ліва підключична артерія, 18 – ліва підключична вена, 19 – ліва сонна артерія, 20 – ліва яремна вена, 21 – аорта, 22 – задня порожниста вена, 23 – ліва нирка, 24 – сечовий міхур, 25 – лівий яєчник, 26 – лівий яйцевод, 27 – ліва матка, 28 – піхва, 29 – сечостатевий отвір

Травна система ссавців (мал. 5.71) розпочинаються ротовим отвором, оточеним губами (характерні лише для ссавців), що служать для захоплення їжі. У ротовій порожнині розташовані язик, на поверхні якого знаходяться смакові сосочки, і зуби. Зуби сидять в альвеолах; вони диференційовані на різці, ікла, малі та великі кутні зуби. Різці служать для відкушування чи обгризання їжі, кутні – для її розжовування. Іклами звірі умертвляють здобич, розривають її. Зубна система ссавців залежить від способу їх живлення У мо-



лодому віці у них функціонують молочні зуби; пізніше вони замінюються постійними. У ротову порожнину відкриваються протоки слинних залоз, секрет яких змочує їжу і, завдяки наявності ферменту птіаліну, розщеплює крохмаль їжі на цукор. По стравоходу їжа надходить у шлунок, що здебільшого має два відділи – розширений та звужений. Стінки шлунка виділяють шлунковий сік, який містить соляну кислоту, пепсин (розкладають білки), ліпазу (розкладає жири). У жуйних копитних шлунок складається із чотирьох відділів: рубця, сітки, книжки і сичуга. Перші три відділи позбавлені травних залоз; їх населяють бактерії-симбіонти, під дією яких відбувається процес бродіння рослинної їжі. Лише в сичугу їжа перетравлюється.

Кишечник ссавців складається з трьох відділів: тонкого, товстого та прямої кишки. На межі між тонким і товстим відділами відходить сліпа кишка, яка особливо добре розвинена у рослиноїдних ссавців. Залози стінок тонкої кишки виділяють травні ферменти, а у її передній відділ (дванадцятипалу кишку) відкриваються протоки печінки і підшлункової залози. Завдяки цьому саме у тонких кишках відбувається основне перетравлення і всмоктування їжі. У товстій і особливо сліпій кишках за участю симбіонтів (бактерій, грибів і найпростіших) груба їжа зброджується і розкладається, насамперед рослинна клітковина. У прямій кишці всмоктується вода і формуються калові маси.

Органами виділення ссавців, як і плазунів, є тазові нирки. Проте будова їх відрізняється рядом прогресивних ознак: збільшеною кількістю кровоносних клубочків у нирках, подовженими нирковими каналцями та наявністю сечового міхура. Це забезпечує краще видалення з організму продуктів дисиміляції.

Дихальна система у ссавців також значно ускладнилася. У трахею повітря потрапляє крізь гортань, утворену хрящами, між якими розташовані голосові зв'язки, що приводяться у рух особливими м'язами. При вібрації цих зв'язок утворюються звуки, які служать для передачі інформації. Трахея переходить у бронхи, що в легенях галузяться на велику кількість бронхіол.

Останні закінчуються численними дрібними міхурцями – альвеолами, обплетеними густою сіткою капілярів. Така велика дихальна поверхня сприяє значній інтенсифікації газообміну, що підвищує загальну життєдіяльність. Вдих і видих здійснюється внаслідок зміни об'єму грудної клітки, що досягається зміною положення ребер, а також рухом діафрагми.

Кровоносна система ссавців нагадує кровоносну систему птахів. У них є чотирикамерне серце, від якого беруть початок мале та велике кола кровообігу. Артеріальна та венозна кров не змішуються. Інтенсивний обмін речовин і система терморегуляції забезпечують порівняно високу (до 39 °С) і стабільну температуру тіла ссавців. У терморегуляції важливу роль відіграють волосяний покрив та потові залози (при випаровуванні поту з поверхні тіла організм охолоджується).

Статева система ссавців представлена парними залозами: сім'яниками – у самців та яєчниками – у самиць. Запліднення внутрішнє. Для більшості ссавців властиве живородіння. Після народження малята вигодовуються молоком матері, що продукується молочними залозами. Розвиток малят в утробі матері та їх вигодовування молоком після народження забезпечують краще, порівняно з іншими тваринами, виживання звірят. Внаслідок цього кількість малят у приплоді невелика.

В основі поведінки звірів лежать механізми, властиві усім тваринам: прості безумовні рефлекси, складні інстинкти та умовні рефлекси, набуті в результаті індивідуального досвіду. Однак завдяки прогресивному розвитку головного мозку, внаслідок чого значно збільшилась кількість нервових клітин (у вищих приматів буває від 5 до 10 млрд. нейронів), поведінка звірів значно ускладнилась. Їм притаманна „оперативна пам'ять”, на основі якої оцінюється ситуація і вибирається оптимальний варіант діяльності. Деякі ссавці (примати) можуть використовувати різні предмети як найпростіші знаряддя. У них мають місце прояви усвідомленої поведінки. Важливе значення для ссавців має навчання у процесі спілкування, засноване на здатності до наслідування. Молодь навчається прийомам захисту та нападу в іграх, які

властиві тільки ссавцям. Особливо складна поведінка ссавців з гуртовою структурою популяцій (стадо, зграя та ін.). Між окремими особинами групи встановлюється система ієрархічних відносин, де домінуюче становище займає вождь; виділяються “субдомінанти” та “підлеглі”. Домінант втрачає ранг внаслідок хвороби, помилки чи появи сильнішого претендента. У кожного виду ссавців є певні засоби спілкування, сигналізації – звуки, візуальні сигнали, запахи та ін. Так, дельфіни відтворюють понад 100 звукових (у тому числі й ультразвукових) сигналів, які широко використовуються ними у спілкуванні. У звірів важливе значення мають візуальні сигнали – жести, пози, міміка, за допомогою яких вони передають стан тривоги, страху, погрози, покори та ін.

Клас Ссавці поділяється на три підкласи: Яйцекладні, Сумчасті та Плацентарні.

Яйцекладні, або Першозвірі, – це невелика група (5 видів) найпримітивніших ссавців, які поширені в Австралії, Тасманії, Новій Гвінеї та Новій Зеландії. Вони розмножуються відкладанням яєць, які насиджують (качкодзьоб), або виношують у шкірній сумці на череві (єхидна). Сосків немає і молочні залози відкриваються численними отворами на так званих залозистих полях, з яких малята злизують молоко. М'ясистих губ немає, а щелепи вкриті роговим дзьобом. Живляться безхребетними тваринами. Кора півкуль недорозвинена. Терморегуляція недосконала, тому температура тіла коливається від 25<sup>0</sup>С до 36<sup>0</sup>С. Наявна клоака.

До сумчастих належить 250 видів давніх тварин, поширених в Австралії та Південній Америці. В Північній Америці зустрічається лише один вид цих тварин – опосум. Сумчасті народжують недорозвинених малят, яких доношують у сумці, куди відкриваються протоки молочних залоз. Серед них є наземні види (кенгуру, сумчастий вовк, сумчастий тушканчик), деревні (сумчастий ведмідь, або коала, сумчаста білка, сумчасті кішки), підземні (сумчастий кріт), а існування деяких пов'язане з водоймами (водяний опосум). Живляться сумчасті різноманітною їжею. У зв'язку з діяльністю людини, зокрема

внаслідок акліматизації нею в Австралії плацентарних ссавців, деякі види сумчастих зникли (наприклад, сумчастий вовк), а численні види потребують охорони, з яких 21 занесено до Міжнародної Червоної книги.

Домінуючим підкласом ссавців є плацентарні, які об'єднують понад 4 500 видів, із яких в Україні розповсюджено 108. Для цих тварин характерна плацента – орган зв'язку зародка із материнським організмом під час внутрішньоутробного розвитку. У плацентарних народжуються добре розвинені малята: вони можуть самотійно смоктати молоко матері, а інколи і самотійно пересуватись, хоча і потребують турботи батьків. Зуби диференційовані. Виражена молочна та постійна генерація зубів. Добре розвинені великі півкулі головного мозку. Підклас Плацентарні поділяється на 17 рядів.

Ряд Комахоїдні об'єднує близько 900 видів дрібних звірів із відносно примітивними ознаками: слабо диференційованими зубами та невеликими півкулями переднього мозку без звивин. Вони освоїли різні середовища існування: наземне, ґрунт, водне. До цієї групи належать їжаки, землерийки, кроти, хохулі. В Україні відомо 2 види їжаків (звичайний та вухастий), 8 видів землерийок, кріт звичайний та звичайна хохуля. Значна частина видів цих тварин потребує охорони і занесена до Червоної книги України (звичайний та вухастий їжаки, водяні землерийки, звичайна хохуля). Звичайна хохуля – дуже рідкісний звір, якого занесено також до Міжнародної Червоної книги.

Ряд Рукокрилі – єдина серед ссавців група, пристосована до справжнього польоту. Функцію крил виконує тонка еластична шкірна перетинка, натягнута між другим пальцем передніх кінцівок та тулубом. Перший палець передніх кінцівок і кисть задніх залишаються вільними і служать для лазіння і підвішування. Грудна кістка має кіль, до якого прикріплюються м'язи, що приводять у рух крила. Рукокрилі живляться переважно комахами, хоч є серед них кровососи (вампіри), плодоїдні (крилани) та інші. Ведуть присмерковий та нічний спосіб життя. Орієнтуватися у темряві допомагає звукова локація. Тварини у польоті відтворюють ультразвуки і вловлюють їх за допомогою слухового аналізатора після відбиття від навколишніх предметів. Руко-

крилі об'єднують близько 1 000 видів і поширені по всій земній кулі, крім Арктики та Антарктиди. Переважна кількість видів цих тварин належить до кажанів. В Україні їх налічується 22 види, найпоширенішими із яких є вечірниця, підковоноси, нічниця, кажани, нетопирі, довгокрил звичайний, які потребують охорони і занесені до Червоної книги України.

Майже третину усіх звірів, що населяють земну кулю, складає ряд Гризуни – близько 2 000 видів, із яких в Україні розповсюджені 40 видів. Це дрібні та середні за розмірами тварини. Вони живляться переважно рослинною їжею, у зв'язку з чим мають своєрідну будову зубної системи. У них у кожній щелепі є по парі великих долотоподібних різців. Між різцями і кутніми зубами є беззубий проміжок. Найпоширенішими гризунами є білка звичайна, ховрахи, пацюки, миші, полівки, хом'яки, сліпаки, нутрія, ондатра, бобер річковий тощо.

Ряд Зайцеподібні нараховує всього 65 видів, в Україні – 2 види. Зубна система цих тварин подібна до такої у гризунів, але у верхній щелепі позаду добре розвинених різців міститься ще одна пара значно менших. До зайцеподібних належать зайці, кролі та пищухи. Добре відомі білий та сірий зайці, а також дикий кріль. Два останні види розповсюджені в Україні.

Ряд Хижі об'єднує ссавців, що живляться переважно або виключно тваринною їжею. У них добре виражена диференціація зубів на різці, ікла та кутні. Наявні так звані хижі зуби – дві пари великих кутніх зубів з ріжучими краями, які служать для розгризання кісток та перегризання сухожилів. Півкулі головного мозку мають значні розміри та вкриті борознами. Хижі відрізняються складною нервовою діяльністю та розвиненими органами чуттів (слуху, нюху, зору). Ряд нараховує 240 видів і об'єднує 7 родин, 4 із яких представлені в Україні (17 видів) – вовчі, котячі, кунічі та ведмежі.

Родина Вовчі об'єднує звірів з добре розвиненими довгими кінцівками, пристосованими до швидкого бігу. Здобич переслідують. Представниками родини є вовк сірий, шакал, собака єнотоподібний, лисиця звичайна, песець. В Україні поширені вовк сірий та лисиця звичайна.

Родина Котячі – це група найбільш спеціалізованих хижаків з добре розвиненими хижими зубами, довгими кінцівками з втяжними кігтями. На відміну від вовчих, вони звичайно підстерігають здобич, а не переслідують її. До цієї родини належать тигр, леопард, барс, гепард, рись, кіт лісовий та інші. Більшість видів котячих розповсюджена в тропіках та субтропіках. На території України із родини котячих трапляється лише кіт лісовий (Карпати, зрідка Полісся).

Родина Куничі об'єднує види хижаків з вкороченими кінцівками, але добре розвиненими хижими зубами – куниця, тхорів, борсуків, видр, норок, ласку, соболя, горноста. В чистих водоймах України живе річкова видра, яка є рідкісним звіром і охороняється законом.

Звірі родини Ведмежі – великі хижі тварини з дуже коротким хвостом, невтяжними кігтями на кінцівках, слабо розвиненими хижими зубами та добре розвиненими іклами. Відомі бурій, білий та чорний (гімалайський) ведмеді. В західних областях України зустрічається ведмідь бурій.

Ряд Ластоногі (31 вид) об'єднує тварин, які більшу частину життя проводять у воді і лише для відпочинку або розмноження виходять на суходіл або крижину. Тіло видовжене, обтічне. Кінцівки видозмінені в ласти. Зуби переважно конічні. Живляться рибою, молюсками, ракоподібними. До ластоногих належать моржі, тюлені, морські котики. Біля чорноморського узбережжя України трапляється тюлень-монах.

До ряду Китоподібні (90 видів) належать ссавці, які ведуть виключно водний спосіб життя. Вони мають торпедоподібне тіло з невираженою шиєю. Передні кінцівки видозмінені на ласти, а задні атрофувалися. Основним органом руху тварин є рибоподібний, але розташований горизонтально хвіст. Шкіра гола, лише на голові є рідке волосся. Легені характеризуються великою ємністю, тому китоподібні можуть залишатися під водою до 1 години. Дихальні шляхи повністю відокремлені від травної системи, що забезпечує можливість живлення під водою. Живляться різноманітними морськими тваринами. Здатні до ехолокації, за допомогою якої можуть оцінити розміри,

форму, характер поверхні предметів, відстань до них тощо. В Україні (в Чорному морі) зустрічаються такі види китоподібних як дельфін-білобочка, морська свиня та чорноморська афаліна. Крім дельфінів, до цього ряду ссавців відносяться також кашалоти, касатки, кити.

Ссавці ряду Парнокопитні здатні до швидкого бігу. Кінцівки чотирипалі: перший палець редукований; другий і п'ятий недорозвинені, а третій і четвертий видовжені і служать опорою при русі. Кінцеві фаланги пальців мають рогові копита. Півкулі головного мозку розвинені добре, вкриті борознами. Відомо понад 150 видів парнокопитних, які, залежно від особливостей будови травної системи, поділяють на два підряди: Нежуйні та Жуйні.

Підряд Нежуйні включає нечисленну групу тварин з масивним тулубом і короткими ногами. У них добре розвинені другий і п'ятий пальці, наявні ікла, шлунок простий, однокамерний. До нежуйних відносяться свині, пекарі, бегемоти. У фауні України наявний лише один вид цих тварин – свиня дика, або кабан.

Підряд Жуйні характеризується стрункими кінцівками та складним шлунком, пристосованим до бродіння нежованої їжі за допомогою симбіотичних бактерій та найпростіших і до відригування її в ротову порожнину для пережовування. Ікла не розвинені, а кутні зуби з широкою поверхнею здатні добре перетирати грубу, багату на клітковину поживу. Більшість жуйних має роги. До жуйних парнокопитних належать олені (північний, благородний, плямистий, лань, марал), козулі, лосі, сайгаки, дикі козли та барани, жирафи. В Україні зустрічаються олень благородний, олень плямистий, козуля, лось, зубр, які охороняються законом.

Ряд Непарнокопитні нараховує всього 16 видів. Це – великі тварини з непарним числом пальців (один або три) на кінцівках, які мають рогові копита. Найкраще розвинений третій палець. Більшість із них здатні до швидкого бігу. Шлунок простий. До непарнокопитних належать коні, віслюки, кулани, зебри, носороги і тапіри. В дикому стані ні одного виду цих тварин в Україні не виявлено.

Тварини ряду Хоботні відрізняються довгим рухомих хоботом, утвореним видовженим носом і верхньою губою. Різці великі, виступають із рота у вигляді бивнів; іклів немає. Кінці п'ятипалі з копитцем на кожному пальці. Шкіра майже гола. Відомо лише два види існуючих нині хоботних: індійський і африканський слони.

Ряд Примати – група ссавців (близько 200 видів), до якої належить і людина. Це – здебільшого тропічні та субтропічні тварини, які ведуть деревний і наземний спосіб життя. Спільними ознаками приматів є дуже рухливі п'ятипалі кінцівки хапального типу. Великий палець протистоїть іншим. У більшості видів цих тварин на пальцях не кігті, а нігті. Під час пересування примати спираються на всю стопу. Їхнє тіло вкрите волосяним покривом. Добре розвинений головний мозок, великі півкулі якого у більшості видів мають борозни та звивини. Мозковий відділ черепа збільшений, щелепи вкорочені. Наявні зуби всіх типів. Шлунок простий. Живлення змішане, але переважають рослиноїдні види. Серед аналізаторів краще розвинені органи зору та слуху. Очі спрямовані вперед. Тварини цього ряду характеризуються складною поведінкою. Ряд поділяється на два підряди: Напівмаври (лемури, довгоп'яти, тупайї) та Маври (мартишки, макаки, павіани, шимпанзе, горила, орангутанг, гібон).

Заселивши практично всю Землю, ссавці відіграють велику роль у біоценозах суші й морів. Рослиноїдні ссавці регулюють чисельність та щільність рослин, сприяють розповсюдженню їхніх плодів та насіння. Однак при значній чисельності цих тварин спостерігається їх негативний вплив на рослинний світ: витоптуються пасовиська, сповільнюються відновлення лісів та ін.

Рукокрилі ссавці, представники ряду Комахоїдні та деякі інші тією або іншою мірою регулюють чисельність комах. Помічено, що одна колонія кажанів чисельністю до 40 тис. щоночі знищує близько 1,5 мільйона комах, серед яких переважають шкідники сільського і лісового господарства та кровососи.



Мишоподібні гризуни та кроти, прокладаючи ходи у ґрунті, сприяють проникненню у нього повітря і води, збагачують ґрунт органічними речовинами.

Хижі звірі підтримують рівновагу у природі, регулюючи чисельність своїх жертв. Хижакам притаманна вибірковість вилучення тварин: їх жертвами стають неповноцінні особини і насамперед хворі та ослаблені. Регуляторами чисельності мишоподібних гризунів є тхорі, ласка, горностай, лисиця; диких копитних – вовк, тигр. Так, степовий тхір знищує за рік у середньому до 120 ховрахів і 2000 мишей; у харчовому раціоні лисиці мишоподібні гризуни становлять 75—85 %.

Значення ссавців у житті людини різнобічне. Серед одомашнених тварин більшість – звірі. До 40% видів ссавців є об'єктами промислу. Від них одержують хутро, шкіру, м'ясо, жир, ліки та інші цінні речовини.

Проте деякі ссавці завдають людині шкоди. Так, більшість мишоподібних гризунів (миші, полівки, ховрахи, хом'яки) є шкідниками сільського і лісового господарства. При спалаху чисельності вони знищують значну частину врожаю. Пацюки, миші поселяються також у житлах людини, тваринницьких спорудах, зерносховищах, пошкоджують продовольчі і фуражні запаси, псують будівлі, меблі, текстиль, хутро, книги. Зайці інколи обгризають кору молодих плодових та лісових дерев, шкодять у лісорозсадниках. Вовки нападають на домашніх тварин, знищують диких копитних, зайців. Найчисленніший вовк у Поліссі і Карпатах.

Багато ссавців має епідеміологічне значення як носії збудників небезпечних хвороб людини і тварин (туляремії, чуми, лейшманіозу, кліщового зворотного тифу, енцефаліту тощо). Це насамперед мишоподібні гризуни та дикі копитні. Хижі звірі (вовк, лисиця, єнотоподібний собака) беруть участь у циркуляції в природі вірусу сказу.

Приручення та одомашнення ссавців розпочалося на зорі розвитку людства, продовжується воно й тепер. Приручення – це призвичаювання диких тварин до тимчасового або постійного утримання в умовах господарства

людини. Тварини, які привчені до людини і призвичаєні до певних потреб лише в межах одного покоління, називаються прирученими. На стадії приручення перебувають деякі олені (марал, плямистий олень, лось), антилопа канна, слони, а також хутрові звірі (песець, норка, соболь, нутрія та ін.). Одомашнення тварин – такий ступінь приручення, при якому їх можна розводити з господарською метою у певних штучно створених умовах. Під контролем людини домашні тварини розмножуються у неволі. Відомо близько 60 видів одомашнених (свійських) тварин, серед яких більшість – ссавці: велика рогата худоба, кози, вівці, коні, свині, верблюди, північні олені та ін. Під впливом штучного добору і раціонального утримання значно змінилася внутрішня й зовнішня організація одомашнених тварин та підвищилась їхня продуктивність порівняно з дикими предками.

## **5.8. Функціональна ретроспектива біологічних систем**

У розділі 5.1 подано визначення біологічної системи як відкритої системи, умовами існування якої є обмін енергією, речовинами та інформацією як між субсистемами в її межах, так і з оточуючим середовищем. Окремі етапи цього обмінного процесу відбуваються в субсистемах біологічної системи, або, іншими словами, в системах органів живого організму, які здійснюють живлення, дихання, виділення, розмноження та реагування організму на фактори зовнішнього середовища.

Треба зазначити, що вказані функції притаманні лише клітинним організмам. У вірусів вони відсутні, бо ці неклітинні організми здатні існувати та розмножуватись лише в живій клітині і лише за рахунок цієї клітини.

У більшості одноклітинних організмів (дріб'янок, одноклітинних водоростей та грибів, найпростіших), а також у окремих форм багатоклітинних (наприклад, водоростей та грибів або плоских паразитуючих червів) живлення, газообмін, виділення здійснюється всією поверхнею тіла. Правда, у найпростіших наявний процес травлення, який здійснюється в травних та скоротливих вакуолях. Крім того, у деяких видів цих тварин (парамеція) поглинан-

ня поживи та видалення неперетравлених решток відбувається через спеціальні отвори в оболонці (рот, анальна пара).

У решти багатоклітинних організмів наявні спеціальні системи життєздійснення.

Рослини живляться за допомогою коренів (всмоктування води та розчинених у ній мінеральних солей) і продихів листків (поглинання вуглекислого газу). Тварини мають специфічну травну систему, яка досить різноманітна за складністю будови та функцій: травна порожнина з одним отвором – ротовим (кишквопорожнинні, вільноіснуючі плоскі черви), примітивна трубкоподібна травна система з ротовим та анальним отворами (первиннопорожнинні), складна травна система, яка має різноманітні травні залози та травний канал, диференційований на ротовий отвір, глотку, стравохід, шлунок, кишечник, анальний отвір (кільчасті черви, молюски, членистоногі, хребетні).

Дихання у рослин здійснюється через продихи листків, а у тварин – всією поверхнею тіла (кишквопорожнинні, первиннопорожнинні, плоскі та кільчасті черви) або за допомогою спеціальних органів – зябер (двостулкові молюски, ракоподібні, риби), трахей (комахи, павукоподібні), чи легенів (черевоногі молюски, павукоподібні, земноводні, плазуни, птахи та ссавці).

Процеси виділення різноманітних речовин спостерігаються не лише у тварин, а й у рослин, у яких наявні тканини, що виділяють нектар і ароматичні речовини різноманітного призначення. Крім того, у рослин виявлено виділення певних кінцевих речовин метаболізму кореневою системою. У тварин наявна спеціальна система, яка видаляє з організму кінцеві продукти життєдіяльності: видільні трубочки (плоскі черви, первиннопорожнинні, кільчасті черви, павукоподібні, комахи) або нирки (молюски, хордові). Крім того, у більшості ссавців є потові залози, через які виділяється частина кінцевих продуктів.

Обмін речовин всередині біологічної системи здійснюється на рівні клітини за допомогою внутрішньоклітинних структур (ядра, апарата Гольджі,

ендоплазматичної сітки та інших органоїдів, а також рідкої складової цитоплазми), а на рівні організму – за допомогою спеціальних систем: провідної – у рослин, тканинної (міжклітинної) рідини, лімфатичної та кровоносної систем – у тварин. Рух обмінних речовин у одноклітинних організмах, у багатоклітинних організмах в межах окремих клітин, а також в грибах та рослинах здійснюється шляхом осмосу та самоорганізації. Але найбільш ефективною транспортною системою метаболізму є серцево-судинна система тварин.

Найхарактернішою особливістю біологічних систем, яка відрізняє їх від інших типів систем, є здатність до розмноження. Живі організми розмножуються двома шляхами: статевим та нестатевим. При статевому розмноженні організми продукують чоловічі та жіночі гамети (статеві клітини). Після їх злиття (запліднення) утворюється клітина-зигота, із якої поступово розвивається зародок, а потім дорослий організм. Статеве розмноження характерне для всіх багатоклітинних організмів. Особливим видом статевого розмноження є партеногенез, коли жіноча гамета без запліднення перетворюється в зиготу (кульбаба, попільниця, тутовий шовкопряд та інші). Іноді статевим процесом умовно називають тимчасове з'єднання одноклітинних організмів та здійснення ними обміну генетичним матеріалом.

Нестатеве розмноження досить різноманітне і може здійснюватися такими способами: прямим поділом одноклітинного організму (бактерії, найпростіші), частинами тіла (гриби, лишайники, рослини), брунькуванням (деякі одноклітинні гриби, наприклад, дріжджі та деякі кишковопорожнинні, наприклад, гідра), за допомогою спор (гриби, водорості, спорові рослини, деякі найпростіші, наприклад, споровики).

Звичайно, всі живі організми тією чи іншою мірою реагують на фактори навколишнього середовища. Правда, у рослин не виявлено спеціальної системи, якій притаманна чутливість та подразливість, але окремі види їх здатні чітко реагувати на специфічні зовнішні подразники, наприклад, рослини-хижаки (росичка, альдрованда, мухоловка та інші). Так, у росички, при попаданні на її ловчий листочок комара, волоски листка досить швидко згорта-

ються над поживою і виділяють травні ферменти. Виявлено також, що рослини здатні на відстані реагувати (шкірно-гальванічна реакція) на емоційний стан людини. У тварин звичайно наявна не лише виразна чутливість та подразливість, а й субсистема, яка здійснює ці процеси: у найпростіших – сукупність міонейрофібрил всередині клітини та молекул-рецепторів на поверхні її оболонки, у багатоклітинних тварин – нервова система різноманітної складності (нервове плетиво – у кишковопорожнинних; нервова система вузлового типу з поздовжніми нервовими ланцюжками або черевним нервовим стовбуром – у безхребетних; трубкоподібна нервова система з головним мозком на передньому кінці – у хребетних тварин). Нервова система багатоклітинних тварин забезпечує також контроль та регуляцію усіх внутрішніх процесів організму.

#### *Запитання. Завдання*

1. Визначте характерні особливості типу Хордові.
2. Які класи об'єднує підтип Черепні (Хребетні).
3. Назвіть системи органів у риб та їх основні відділи?
4. У чому полягають особливості розмноження риб?
5. Подайте схематичну класифікацію класу Кісткові риби та вкажіть представників.
6. Яку роль відіграють риби у природі та житті людини?
7. Назвіть системи органів земноводних і вкажіть їх основні відділи.
8. У чому полягають особливості розмноження представників класу Земноводних?
9. Обґрунтуйте роль земноводних у природі та житті людини.
10. Назвіть системи органів плазунів і вкажіть їх основні відділи.
11. У чому полягають особливості розмноження плазунів?
12. Подайте схематичну класифікацію плазунів та вкажіть представників.
13. Яке значення плазунів у природі та житті людини?
14. Виділіть найістотніші ознаки класу Птахи?

15. Які системи органів наявні у птахів? Вкажіть основні відділи цих систем.
16. Розкрийте особливості розмноження птахів.
17. Подайте схематичну класифікацію птахів та вкажіть представників.
18. Яке значення птахів у природі та житті людини?
19. Назвіть характерні особливості будови тіла та життєдіяльності ссавців.
20. Які системи органів наявні у ссавців? Вкажіть основні відділи цих систем.
21. Подайте схематичну класифікацію ссавців та вкажіть представників.
22. Яке значення мають ссавці у природі та житті людини?
23. Порівняйте, за Вашим вибором, одну із систем життєдіяльності (живлення, дихання, виділення, розмноження, сприйняття факторів зовнішнього середовища) у різних форм біологічних систем, починаючи з одноклітинних.

## **6. БІОСФЕРА ЯК ЕКОСИСТЕМА**

Під середовищем людини слід розуміти сукупність природних умов та суспільних утворень, в яких людина живе як природна та суспільна істота.

Хоча середовище людини є нероздільною, єдиною цілісністю, але з метою вивчення його розділяють на два компонента – природний та суспільний.

У свою чергу, кожний із цих компонентів складається із елементів.

### **6.1. Елементи біосфери**

Елементами природного середовища людини є атмосфера, гідросфера, літосфера та світ живих організмів.

Перші три елементи розглядаються у розділах 7.3, 7.4 та 7.5.

Особливим комплексним елементом природного середовища людини є природні ресурси: продукти харчування, органічна та мінеральна сировина, енергоносії, вода, ґрунт, простір для життя, повітряний простір та естетичні об'єкти природи. Досить довгий час людина користувалася ними легковажно та марнотратно. Вона не усвідомлювала, що невичерпних ресурсів у природі немає. На сьогодні на планеті умовно невичерпними можна вважати лише запаси води в Світовому океані та кисню в атмосфері. Але що стосується прісної води, то вже нині, внаслідок нерівномірного розподілу, в окремих регіонах Землі відчувається її гостра нестача. Усі мінеральні ресурси належать до невідновних, і найголовніші з них уже майже вичерпані або близькі до цього. Це – вугілля, залізо, марганець, нафта, поліметали.

Поверхневий шар земної кори, який утворився внаслідок фізичного, хімічного та, найголовніше, органічного вивітрювання, називається ґрунтом. Ґрунту притаманна родючість. Його компонентами є частки твердої речовини, ґрунтова вода, ґрунтове повітря та живі організми.

Тверді частинки ґрунту складаються із мінеральних та органічних речовин, причому мінеральних речовин більше. Органічні речовини утворюються переважно із залишків мертвих рослин внаслідок життєдіяльності

грунтових мікроорганізмів. Вони складають так званий гумус (від лат. humus – земля, ґрунт). Чим більше в ґрунті гумусу, тим він темніший, тим родючіший.

Крім бактерій в ґрунті живе велика кількість безхребетних тварин (черви, личинки комах, мурахи тощо), які приймають участь у підтриманні рівня родючості ґрунту.

Величезну роль у ґрунті відіграє вода, яка є розчинником та носієм поживних речовин.

Світ живих організмів Землі об'єднує рослини, тварини, гриби та мікроорганізми.

Рослини відіграють унікальну роль на нашій планеті, бо здатні до фотосинтезу, внаслідок чого утворюють органічні речовини із неорганічних, чим поповнюють неминучі втрати їх, спричинені гетеротрофними організмами та виробничою діяльністю людини. Вони акумулюють сонячну енергію у синтезованих органічних речовинах, яка потім через живлення розподіляється в біосфері та забезпечує її існування.

Крім цього, рослини регулюють вміст кисню та вуглекислого газу в атмосфері, істотно впливають на погодно-кліматичні умови, запобігають руйнуванню верхнього шару ґрунту.

Людина отримує від рослин найважливіший для свого існування фактор – їжу. Крім того, вона використовує рослини як ліки, будівельний матеріал, паливо, сировину для промисловості тощо.

Тварини теж відіграють велику роль у природі та житті людини. Вони беруть участь у біологічному кругообігу речовин та енергії у природі, а також підтримують динамічну рівновагу в біосфері. Життя тварин тісно пов'язане з життям рослин. Перш за все, рослини є продуктом живлення численних видів тварин. Зі свого боку, тварини сприяють розповсюдженню насіння рослин (птахи, гризуни, тварини з густим волоссяним покривом), а численні види комах є запилювачами квіткових рослин. Людина використовує тварин як джерело продуктів харчування та технічної сировини.



Головною функцією грибів та мікроорганізмів у природі є мінералізація органічних речовин мертвих організмів, яка є важливим етапом кругообігу речовин та енергії. Ця властивість притаманна сапрофітним організмам цієї групи, бо паразитуючі гриби та мікроорганізми живуть у живих організмах, руйнують органічні речовини останніх, чим спричиняють їх хвороби.

Деякі види грибів та бактерій людина використовує в харчовій промисловості (випікання хліба, виготовлення молочних продуктів тощо) та медицині (виготовлення ліків, вакцин тощо).

## **6.2. Поняття екосистеми**

Для визначення відносин між живою та неживою природою і складного сплетіння взаємозв'язків між живими організмами на певній території вживається спеціальне поняття „екосистема” (екологічна система), яке є одним із основних понять екології. Екосистема – це цілість, в якій усі внутрішні відносини, усі явища фізичного, хімічного та біологічного характеру об'єднані в єдиному процесі. Функціонування її полягає у рухові енергії та речовин через серію використань та перетворень. Головним функціональним елементом екосистеми є населення, тобто сукупність живих організмів одного або кількох видів. Навколишнє середовище і кількість енергії в екосистемі обмежені. Коли населення досягає межі, визначеної екосистемою, його чисельність має стабілізуватись. Якщо ні, то чисельність населення буде зменшуватись через хвороби, голод, зіткнення, низьке відтворення тощо.

Екосистемі притаманні циклічні процеси обміну речовин та енергії, в яких приймають участь живі організми та середовище. В результаті цих процесів екосистема виникає, існує та еволюціонує.

Сукупність усіх живих організмів екосистеми називається біоценозом (від гр. *bios* – життя та *koinos* – спільний). Біоценоз являє собою взаємодіючу єдність популяцій різних видів рослин, тварин, грибів та мікроорганізмів, що живуть на певній території. В залежності від місцевості, відношення до людської діяльності, міри насиченості, повноцінності, повночленності, природ-

ності розрізняють біоценози суші та води, природні, напівштучні та антропогенні, насичені та ненасичені, повночленні та неповночленні.

Мінеральні та органічні речовини, кліматичні фактори, механічні та фізико-хімічні властивості субстрату складають біотоп (від гр. *bios* – життя та *topos* – місцевість) екосистеми. В результаті його руйнування екосистема перестає існувати.

Внаслідок поділу на біоценоз та біотоп екосистема перше називалася біогеоценозом.

Взаємодія організмів та біоценозів з біотопами в екосистемі відбувається через речовинно-енергетичний обмін. Для кожної екосистеми характерний свій біологічний кругообіг речовин, який здійснюється внаслідок існування ланцюгів живлення. Наприклад, у водоймах фітопланктон поїдається зоопланктоном, останній – дрібною рибою, що є здобиччю великих риб-хижаків, які в свою чергу споживаються людиною.

Ланцюг живлення можна уявити у вигляді піраміди чисел, фундамент якої становлять численні види рослин, наступні рівні утворюють рослиноїдні та м'ясоїдні тварини, чисельність яких швидко зменшується в напрямку до вершини, яку посідають нечисленні великі хижаки. Ланцюги живлення і зв'язки змінюються з віком угруповання, порою року і обмеженими в часі можливостями.

### **6.3. Поняття біосфери**

У структурному відношенні біосфера є своєрідною мозаїкою біогеоценозів – взаємопов'язаних екосистем, в яких відбуваються підпорядковані життєдіяльності організмів речовинно-енергетичні кругообіги, котрі й визначають характеристики біосфери. Серед них вирізняються екосистеми річкових басейнів, які є специфічними саморегулюючими системами. Саме в річкових басейнах зосереджена переважна частина планетарної біомаси, населення Землі та світового господарства.

Область існування живих організмів на Землі називають біосферою (сферою життя). Вперше цей термін вжив австрійський геолог Е. Зюсс у 1875 р., але поширився він після видання в 1926 р. праці видатного вченого В.І. Вернадського “Біосфера”. Нині біосфера розглядається як глобальна саморегулююча відкрита система, яка охоплює і активно перетворює речовинні й енергетичні характеристики літосфери, гідросфери та атмосфери завдяки неперервній діяльності живих організмів упродовж усієї геологічної історії Землі. Живі істоти (рослини, тварини, гриби, мікроорганізми) існують на поверхні Землі, в її атмосфері, гідросфері та верхній частині літосфери, в цілому складаючи плівку життя (сферу) на нашій планеті.

Біосфера сучасного етапу розвитку досить різноманітна за своєю структурою і складом, що безпосередньо співвідноситься з характером кліматичних і ландшафтних зон поверхні Землі. Жива речовина поширена на планеті нерівномірно. Великі океанські простори відносно бідні на живу речовину, вона сконцентрована переважно на мілководді (до глибини 200 м) й прирічкових ділянках. Водночас майже 99% біомаси планети зосереджено на материках. Саме тут знаходяться найскладніші біологічні угруповання, зокрема тропічні ліси, де налічується понад 1 млн. різних видів живих організмів.

На суші найбільш насичений життям саме ґрунт, який, по суті, у далекому минулому створено організмами та який є унікальним резервуаром накопичення і збереження вологи і біогенних елементів. Концентрація життя у ґрунтовій плівці дуже висока: в 1 см<sup>3</sup> лісового ґрунту налічується в середньому 10 млн. бактерій, 200 тис. мікроскопічних водоростей тощо, а сумарна довжина гіфів грибів досягає 2 км.

Виразне згущення життя на суші властиве береговій зоні на межі з морським середовищем, у заплавах річок, у вологих тропічних лісах й часті у лісах субтропіків та у стоячих водоймах. Маса рослинної речовини у вологих тропіках складає 65 кг на кожний м<sup>2</sup>, а у тайзі – лише 20-25 кг. Сумарна маса рослинної речовини вологих тропічних лісів становить близько 60% усієї живої речовини нашої планети, де 10% її зосереджено у заплавах і де-

льтах великих річок, що займають тільки 1% суші. До речі, якщо усю масу живої речовини Землі рівномірно розподілити на її поверхні, то утвориться шар завтовшки лише 2 см.

У загальній біомасі Землі домінують мікроорганізми (бактерії, одноклітинні гриби, одноклітинні водорості, найпростіші), що переважно здійснюють головні біогеохімічні та енергетичні перетворення в біосфері. Підраховано, що оновлення всієї живої речовини нашої планети відбувається за 8-10 років, причому фітомаса суші оновлюється приблизно за 15 років, фітомаса океану – за один день, а вся океанічна біомаса – за 33 дні.

Верхня межа біосфери сягає 85 км над поверхнею Землі, де виявлено спори мікроорганізмів, щоправда, в латентному (сплячому) стані через надто несприятливі умови існування. Нижня межа біосфери сягає глибин літосфери 2-8 км, де виявлено живі бактерії, хоча температура становить 100 °С. Активне й досить різноманітне життя вирує в тріщинах антарктичних льодовиків і на найбільших глибинах Світового океану, навіть в океанічних водах, уражених сірководнем, теж існують специфічні сіркобактерії.

В.І. Вернадський довів, що живі організми відіграють дуже важливу роль у геологічних процесах, які формують обличчя Землі. Хімічний склад сучасних атмосфери та гідросфери зумовлений життєдіяльністю організмів. Велике значення мають організми також для формування літосфери – більшість порід, і не лише осадових, а й таких, як граніти, так чи інакше пов'язані своїм походженням з біосферою. Мінеральна інертна речовина переробляється ними, набуває нової якості. Живі організми не лише пристосовуються до умов зовнішнього середовища, а й активно їх змінюють. Таким чином, жива та нежива речовини на Землі становлять гармонійне ціле, що, власне, й називається біосферою. Одним з проявів біологічної активності організмів є досить висока швидкість їх розмноження. Так, наприклад, одноклітинна водорість діатомея теоретично здатна за вісім днів утворити масу живої речовини, що дорівнює земній, а протягом наступного дня подвоїти її.

Слід врахувати, що життєдіяльність тварин, рослин, грибів та мікроорганізмів супроводжується безперервним обміном речовин між організмами та середовищем, внаслідок чого всі хімічні елементи земної кори, атмосфери й гідросфери багаторазово входять до складу тих чи інших організмів. Підраховано, що вся вода планети проходить цикл розщеплення в рослинних клітинах і відновлення в рослинних і тваринних організмах, тобто оновлюється біосферою приблизно за 2 млн. років. Образно кажучи, ми дихаємо повітрям, яким дихали динозаври, й п'ємо воду, що входила до складу тканин юрських папоротей і кембрійських трилобітів.

Живі організми відіграють величезну роль в акумуляції сонячної енергії. Наприклад, поклади кам'яного вугілля – це ніщо інше, як сонячна енергія, накопичена рослинами минулих геологічних епох. Так само можна визначити й природу багатьох мінералів, зокрема вуглекислого кальцію, який утворює величезні маси вапняків і майже на 100 % має біогенне походження. Важливу роль живі організми відіграють у накопиченні багатьох металів, таких, як залізо, мідь, марганець.

Велике значення для біосфери й господарської діяльності людини має кругообіг азоту, сірки, фосфору та інших елементів. Встановлено, що будь-який розчинний, але нелеткий елемент може здійснювати кругообіг лише через біосферу. Живі організми накопичують деякі елементи в своїх тканинах, а водні мешканці, крім того, збільшують їх вміст і в своєму середовищі життя, тобто у воді (наприклад, такі елементи, як молібден, кобальт, нікель містяться у водному середовищі в значно більшій кількості, ніж на суходолі).

Таким чином, можна з впевненістю сказати, що за мільярди років геологічної історії життя невідомо змінило зовнішні оболонки нашої планети.

## **6.4. Функціональні рівні біосфери**

Живий світ Землі складається з організмів трьох таких основних типів: продуценти, консументи і редуценти.

Продуценти – це організми, що створюють органічну речовину за рахунок використання сонячної енергії, води, вуглекислого газу та мінеральних солей. До цього типу належать рослини, яких на Землі є близько 350 000 видів, а також невелика кількість автотрофних бактерій.

Консументи являють собою організми, що одержують енергію за рахунок харчування продуцентами чи іншими консументами. До них належать рослиноїдні тварини, хижаки й паразити, а також хижі рослини та гриби. Кількість видів цієї групи найбільша – понад 1,5 млн.

До редуцентів належать гриби та мікроорганізми, що розкладають органічну речовину продуцентів і консументів до простих сполук – води, вуглекислого газу й мінеральних солей. Їх налічується 75 тис. видів.

Вся ця величезна кількість живих істот знаходиться в надзвичайно складних взаємовідносинах між собою й з неживою речовиною. Якщо, наприклад, якась екосистема містить 1 тис. видів, то число зв'язків і взаємозалежностей між ними становитиме близько 500 тис. Серед цих численних зв'язків є надзвичайно важливі, незамінні. Втручання людини в процесі діяльності в біосферні взаємозв'язки, про значення яких вона здебільшого не має правильного уявлення, часто призводить до небажаних наслідків. Наприклад, у 30-і роки в Норвегії було вирішено винищити хижих птахів (полярних сов і яструбів), які зменшували чисельність цінного промислового птаха – полярної куріпки. Оголошені пільги та премії спричинили повсюдний відстріл мисливцями хижих птахів. Одразу ж після цієї акції серед куріпок спалахнула епідемія, що майже повністю знищила їх популяцію. Виявилося, що сови та яструби виконували роль санітарів, які поїдали в першу чергу хворих, ослаблених куріпок і таким чином запобігали поширенню епідемії.

У природі немає зайвого, непотрібного – в ній все взаємопов'язане та доцільне. Система біосферних зв'язків складалася протягом тривалого часу. Вона надзвичайно складна й поки що розшифрована лише в загальних рисах. Основою функціонування цієї системи є енергія – переважно енергія Сонця, а

також енергія внутрішнього тепла Землі та радіоактивного розпаду елементів.

Неживою частиною біосфери, її неживою речовиною керують продуценти, ними — консументи, діяльність яких визначають зворотні зв'язки, що йдуть від продуцентів. У результаті здійснюється біотичний кругообіг речовин у біосфері приблизно за такою схемою.

1. Продуценти-рослини (фототрофи) за допомогою механізму фотосинтезу виробляють органічну речовину, споживаючи сонячну енергію, воду, вуглекислий газ і мінеральні солі. Продуценти-бактерії (хемотрофи) для синтезу органічних речовин використовують енергію хімічних реакцій, наприклад, окислення сполук заліза чи сірки.

2. Консументи першого порядку (травоїдні тварини) живляться органічною масою рослин. Консументи другого та третього порядків (хижаки, паразити, хижі рослини й гриби) споживають інших консументів.

3. Редуценти споживають поживні речовини мертвих тіл рослин і тварин, розкладаючи їх до простих хімічних сполук (води, вуглекислого газу та мінеральних солей) і таким чином замикаючи кругообіг речовин у біосфері.

У цілому біосфера дуже схожа на єдиний гігантський суперорганізм, у якому автоматично підтримується гомеостаз – динамічна сталість фізико-хімічних і біологічних властивостей внутрішнього середовища та незмінність основних функцій. З точки зору кібернетики (теорії керування), в кожному біоценозі, тобто сукупності організмів, що населяють певну ділянку суші або водойми, є керуюча й керована підсистеми. Роль керуючої підсистеми виконують консументи. Рослиноїдні консументи запобігають надмірному розростанню рослин. Надмірне розмноження рослиноїдних тварин і знищення рослинного покриву стримують хижаки. Керуючою підсистемою для цих хижаків є хижаки другого рівня та паразити, яких контролюють надпаразити, і т.д. Внаслідок цього на Землі існує надзвичайне розмаїття живих організмів. Серед них немає „зайвих” чи „шкідливих”, як думає пересічна людина. Особливістю біосферних зв'язків є й те, що керуюча й керована підсистеми в ній час-

то-густо міняються місцями. Так, зменшення кількості рослинної поживи спричинює зниження чисельності хижаків і паразитів через механізм зворотного зв'язку.

Крім енергетичних, харчових і хімічних зв'язків, величезну роль у біосфері відіграють інформаційні. Живі істоти Землі освоїли всі види інформації – зорову, звукову, хімічну, електромагнітну, а можливо й ще якусь, невідомої поки що природи. Інформативні сигнали самі по собі не здатні викликати зворотної реакції через енергетичну слабкість, але містять важливі відомості в закодованій формі. Вони розшифровуються (здебільшого автоматично) та враховуються живими організмами. Живі системи можуть також обробляти, накопичувати й використовувати інформацію окремо від енергії. Здатність сприймати, зберігати та передавати інформацію є і в неживих об'єктів. Ці процеси в них здійснюються шляхом загального енерго-інформаційного обміну.

Прикладом інформаційних зв'язків у біосфері може бути явище зниження інтенсивності розмноження тварин у разі надмірної щільності популяції. Не завжди це зумовлено нестачею корму чи забрудненням середовища шкідливими відходами життєдіяльності. Результати дослідів свідчать, що зменшення потомства в ссавців чи зниження яйценосності в птахів відбувається внаслідок „вмикання” якихось популяційних інформаційних механізмів.

Ефективність інформаційних зв'язків у біосфері вражає. Наприклад, самець колорадського жука відчуває присутність самки на відстані близько 10 км. Розрахунки свідчать, що такий феномен не може базуватися на хімічних сигналах, скажімо, на дії якихось пахучих речовин, що їх виділяє самка. Очевидно, тут має місце передача сигналів поки-що невідомої науці природи.

Узагальнюючи результати досліджень у галузі геології, палеонтології, біології та інших природничих наук, В.І. Вернадський дійшов висновку, що біосфера – це “стійка динамічна система, рівновага, що встановилася в основних своїх рисах... з археозою й незмінно діє протягом 1,5–2 мільярдів років”.



Він довів, що стійкість біосфери за цей час виявляється в сталості її загальної маси, маси живої речовини, енергії, зв'язаної з живою речовиною, і середнього хімічного складу всього живого. Стійкість біосфери учений пов'язував з тією обставиною, що “функції життя в біосфері – біогеохімічні функції – незмінні протягом геологічного часу, й жодна з них не з'явилася заново з перебігом геологічного часу”. Всі функції живих організмів у біосфері (утворення газів, окисні й відновні процеси, концентрація хімічних елементів тощо) не можуть виконуватися організмами якогось одного виду, а лише їх комплексом. Звідси випливає надзвичайно важливе положення, розроблене В.І. Вернадським: біосфера Землі сформувалася з самого початку як складна система, з великою кількістю видів організмів, кожен з яких виконував свою роль у загальній системі. Без цього біосфера взагалі не могла б існувати, тобто стійкість її існування була відразу започаткована її складністю.

В.І. Вернадському належить відкриття такого основного закону біосфери: “Кількість живої речовини є планетною константою з часів архейської ери, тобто за весь геологічний час”. Протягом цього періоду живий світ морфологічно змінився невпізнанно, але такі зміни помітно не вплинули ні на кількість живої речовини, ні на її середній валовий склад. Справа тут у тому, як вважає учений, що «в складній організованості біосфери відбувались в межах живої речовини лише перегруповування хімічних елементів, а не докорінні зміни їх складу й кількості».

## **6.5. Еволюція біосфери**

Усі еволюційні гіпотези, починаючи з тієї, яка була започаткована Ч. Дарвіном, базуються на уявленні про розвиток органічного світу від простого до складного, тобто, складні багатоклітинні організми еволюціонували із більш простих, а ці останні – із одноклітинних організмів. Якщо так, то в процесі такої еволюції разом з ускладненням будови та функцій організмів повинен збільшуватись і об'єм генетичної інформації, тобто кількість генів. Дослідження показали, що більшість видів земноводних має генів у 10-15 ра-

зів більше, ніж ссавці. Є види членистоногих, у яких цей показник у 5 разів переважає тих же ссавців. Майже половина видів молюсків має однакову кількість генів з ссавцями. І нарешті, численні види найпростіших, тобто одноклітинних тварин, нараховують стільки ж генів, як і ссавці. Вважається, що птахи є похідними від плазунів, майже всі види яких насправді містять значно більше генів (у 1,5–2 рази), ніж птахи.

Таких протиріч накопичується дедалі більше. Не виявлено перехідні форми, ні сучасні, ні викопні, між формами організмів, що особливо яскраво видно при порівнянні класів хребетних тварин – риб, земноводних, плазунів, птахів та ссавців.

А тим часом спроби кібернетиків створити автомати, здатні самовідтворювати себе (тобто „розмножуватися”), наштовхнулися на непереборну перешкоду: у процесі самовідтворення механічних систем неминуче спостерігається зменшення їх складності („виродження”). Причину такої невідповідності живих і механічних систем вчені вбачають у тому, що живі організми також не є самовідтворюваними самі по собі і здатні відтворювати себе лише в умовах надзвичайно складного оточуючого середовища, з яким вони тісно і нерозривно пов’язані. Останнім часом дедалі переконливішими здаються висновки В.І.Вернадського про те, що біосфера в своєму розвитку керується спрямовуючою, формуючою інформацією, що надходить з Космосу. Він стверджував, що “космічні випромінювання, які йдуть від усіх небесних тіл, охоплюють біосферу, пронизують усю її й усе в ній... Біосферу не можна зрозуміти в явищах, що в ній відбуваються, якщо буде упущено цей її різко виступаючий зв’язок з будовою всього космічного механізму”.

Найтісніший зв’язок процесів у біосфері з космічними, сонячними процесами відкрив видатний російський вчений О.Л.Чижевський. Він довів, що біосфера знаходиться під впливом багатьох електромагнітних і інших випромінювань, що надходять від Сонця та найвіддаленіших галактик. Урожайність сільськогосподарських рослин, періоди масового розмноження багатьох тварин, таких, як сарана, лемінги тощо, епідемії, піки серцево-судинних за-

хворювань людей і багато інших процесів у біосфері найтіснішим чином пов'язані з процесами на Сонці (сонячними спалахами, плямами тощо).

З часів появи праць Ч. Дарвіна традиційно вважається, що генетичну інформацію контролює навколишнє середовище шляхом природного добору найбільш пристосованих індивідів. При цьому зовсім не враховується, що найкраще пристосовані до найрізноманітніших земних умов саме найпростіші істоти прокаріоти, які у своїй клітині навіть не мають ядра, – бактерії та синьо-зелені “водорості”. Вони існують на Землі без помітних змін своєї організації протягом мільярдів років і процвітають там, де ніхто інший існувати не може – в концентрованих розсолах деяких озер, високотемпературних гідротермальних джерелах, навіть у ядерних реакторах. Ці організми справді добре пристосовані до умов середовища. Вони діють за стратегією збереження свого рівня досконалої простоти.

Іншим прикладом еволюційного тупика є історія мурах і термітів. Колонії цих комах ідеально пристосувалися до умов життя, створивши свої підземні сховища й штучно підтримуючи в них клімат тієї далекої епохи, коли вони вперше з'явилися на Землі.

Поява еукаріотів (організмів, у клітинах яких є ядро), спочатку одноклітинних, а згодом і багатоклітинних, започаткувала нову стадію еволюційного розвитку – прояв кооперації. Об'єднання організмів (симбіоз, кооперація) забезпечувало інтенсивніше засвоєння енергії з навколишнього середовища. Значення кооперативних зв'язків протягом усієї історії еволюції біосфери безперервно зростало й стало вирішальним з появою на Землі Розуму. Організми, які здатні легко змінюватись, сприймаючи нову інформацію від інших організмів і з довкілля, зокрема з Космосу, звичайно мають ширші можливості для свого еволюційного розвитку. Таких організмів сьогодні на Землі переважна більшість.

Таким чином, кожна жива істота народжується, розвивається, виконує свою програму життя як складова частина велетенського надорганізму – біосфери. Та, в свою чергу, є породженням надорганізму ще вищого порядку –

Космосу. К.Е. Ціолковський так підсумував свої роздуми про нас і наше місце в Космосі: “Все народжено Всесвітом, Він – початок усіх речей, від нього все залежить. Людина... та її воля є лише проявом волі Всесвіту... Ми кажемо: від нас усе залежить... Якщо нам і вдасться виконати свою волю, то лише тому, що нам це дозволив Всесвіт...”.

Біосфера нашої планети формувалася в результаті незворотних процесів протягом близько 4 млрд. років. Її становленню і розвитку передували тривалі космічні етапи формування Сонячної системи, виникнення складного абіотичного кругообігу речовини та енергії, своєрідних хімічних та фотохімічних реакцій, що лежать в основі кругообігу сполук вуглецю – основного будівельного матеріалу всього живого на нашій планеті.

Людина в біосфері Землі нині є новою силою, новим фактором. “Суспільство,— писав В. Вернадський,— стає в біосфері єдиним у своєму роді агентом, могутність якого з часом збільшується із наростаючою швидкістю. Воно одне змінює по-новому й з великою швидкістю структуру самих основ біосфери. Воно стає все більш незалежним від інших форм життя й еволюціонує до нового життєвого прояву... Людина вперше реально зрозуміла, що вона – житель планети й може, повинна мислити й діяти в новому аспекті, не лише в аспекті окремої особи, сім'ї або роду, держав або їх союзів, але й в планетному аспекті”.

Нині склалися зовсім нові взаємовідносини в системі людина-біосфера. Земля, що завжди здавалася людині великою, неосяжною, безкрайньою, невичерпною, сили якої викликали в неї благоговійний трепет і нагадували про її слабкість, сьогодні так не сприймається.

Хоча природні сили й нині не стали слабкішими й час від часу нагадують про себе руйнівними землетрусами або іншими стихійними лихами, але могутність людини здається просто безмежною. Діяльність людини нині зрівнялася з деякими геологічними силами. Наприклад, за рахунок роботи тисяч радіостанцій, телепередавачів, релейних ліній тощо Земля випромінює енергії в радіодіапазоні (на метрових хвилях) більше, ніж Сонце. Щорічно людст-

во лише в сільському господарстві переміщує, перевертає, перелопачує своїми плугами, тракторами, лушительниками масу ґрунту, в 200 разів більшу, ніж увесь пісок, намул, глина, які виносяться в океан всіма ріками Землі. Ми стали провокувати справжні землетруси – й не лише за рахунок підземних ядерних вибухів, а й завдяки спорудженню в сейсмічних районах великих водосховищ. І це лише деякі з великої кількості фактів.

Людина колосально прискорює переміщення хімічних елементів у біосфері, порушує природні біогеохімічні цикли, що склалися протягом мільйонів років, внаслідок того, що усе добуте з надр Землі розсіює на величезних просторах. Численні корисні копалини та інші природні ресурси, які накопичувались протягом цілих геологічних періодів, людина розтратила за лічені десятиліття. Натомість вона вносить у природу нові, синтетичні сполуки, які ніколи не існували в біосфері і здебільшого шкідливі для неї. Сьогодні таких речовин нараховується вже близько 50 тис. різновидів.

Люди ще не усвідомили як слід очевидного факту: Земля, на якій вони розвинулися до сучасного рівня, – це маленька планета з обмеженими ресурсами, з дуже вразливим режимом. Вона вимагає до себе тим дбайливішого ставлення, чим ширшими стають можливості людини порушити цей режим.

Така безтурботність людства базується на екологічній неосвіченості й невігластві. Суспільство продовжує застосовувати такі методи одержання потрібного продукту (металу, хліба тощо), які забезпечують вихід у кращому разі 1–2% сировини, а решта в зміненому, екологічно спотвореному стані повертається в біосферу у вигляді відходів. Кількість відходів катастрофічно зростає, й для них на планеті вже немає місця. Знівечено й спотворено всю природу. А тим часом людина не може жити в інших умовах, ніж ті, в яких вона сформувалася. Людина повинна дихати, й притому чистим повітрям, а нині на планеті чистого повітря практично немає ніде. Нам потрібно пити чисту воду, а сьогодні на планеті немає абсолютно чистої води, а в численних озерах і річках небезпечно купатися через забрудненість води шкідливими та отруйними речовинами. Нам треба їсти, а врожайність ґрунтів знижується

через постійне забруднення їх промисловими викидами, нерозумну меліорацію тощо.

Оволодівши атомною енергією, людина набула абсурдної руйнівної могутності: вона здатна за допомогою ядерної зброї багаторазово знищити все людство, а можливо й біосферу.

Сьогодні небезпека ядерної війни зменшилася і головною проблемою постала екологічна ситуація на Землі, загроза руйнування та загибелі біосфери, а отже й самого людства, спричинена його власними діями.

Таким чином, концепція ноосфери (з грец. – сфера розуму), яку розвивав у свій час В.І. Вернадський і за якою розум людини в далекому майбутньому має стати основною керівною силою подальшої еволюції біосфери, виявилася утопічною. Адже сьогодні темпи розвитку техносфери, яка фактично є синонімом ноосфери, загрожує загибеллю людської цивілізації і повним руйнуванням біосфери.

Ще одна особливість штучно створеного людиною середовища (ноосфери чи техносфери) тривожить вчених – штучне середовище починає саморозвиватися. Ноосфера набуває рис, що ніяк не впливають із попередніх уявлень людини. Виявляється, що для такої складної системи, як біосфера, характерні нерівноважні процеси, основною особливістю яких є те, що їх не можливо точно передбачити. Отже, будь-яке, навіть незначне втручання людини в біосферні процеси передбачити ніякими розрахунками неможливо. Крім того, життя показує, що поки-що всяка виробнича діяльність людини здатна тільки руйнувати біосферу, зокрема її основні, життєво важливі для існування людства ланок.

Чи є вихід з цієї кризи, яку переживає людство? Чи має воно шанси на виживання? Одним із варіантів виживання є виконання принаймні двох головних завдань.

1. Перехід до енергоспоживання винятково за рахунок відновних ресурсів і використання найбільш екологічно чистих технологій. Якщо внаслідок цього антропогенне навантаження на біосферу впаде нижче порогового

рівня, вона повернеться до природного стану, відновивши здатність компенсувати вплив людства.

Оскільки сучасне енергоспоживання на 90% базується на невідновних ресурсах, то відмова від них і перехід на відновні спричинить скорочення енергоспоживання приблизно в десять разів. Щоб це не призвело до катастрофи, слід виконати друге основне завдання.

2. Скорочення чисельності населення Землі в десять разів порівняно з нинішнім рівнем. Скорочення має бути пропорційним кількості населення кожної країни при без умовному збереженні малих народів і відбуватися шляхом впровадження програм регулювання сім'ї тощо. Цю програму слід поєднати з програмою обмеження енерго- та ресурсоспоживання.

На жаль, ці завдання нині не виконуються. Так, технології, засновані на використанні відновних ресурсів, майже не розвиваються, бо вони за сучасних умов є неконкурентноспроможними щодо технологій, пов'язаних з експлуатацією невідновних ресурсів. Програма зниження кількості населення шляхом стримування темпів народжуваності наштовхується на опір релігійних кіл (мусульманських і католицьких).

Ми повинні ясно розуміти, що людство й надалі буде перетворювати біосферу, але це перетворення має узгоджуватися з потребами зростаючого людства й з розвитком суспільства. Деякі дії людей повинні бути заборонені. До них належать, перш за все, продовження гонки озброєнь, накопичення смертоносної ядерної, хімічної та бактеріологічної зброї, непродумані грандіозні плани „перетворення природи”, нерозумне втручання в рівновагу природних процесів. Людство неминуче має обмежити свої потреби. Вузький міщанський світогляд, гонитва за модою, за задоволенням своїх примх призводять до божевільного розтрачання цінних природних ресурсів, до зростаючого забруднення біосфери. Натомість необхідно звернутися до якнайширшого задоволення духовних потреб, до пізнання самої людини, її безмежного внутрішнього світу.

## 6.6. Кругообіг речовин та енергії в біосфері

Синтез живої речовини та її розпад – це дві сторони єдиного процесу, який називається біологічним кругообігом хімічних елементів. У процесі створення органічна речовина накопичує енергію, а в процесі розпаду повертає її в навколишнє середовище. За рахунок біологічної енергії відбуваються різні хімічні й біогеохімічні реакції. Кругообіг речовини характерний для екосистем будь-якого рівня організації – від окремого комплексу живих організмів і середовища – біогеоценозу – до біосфери в цілому.

Масштаби синтезу живої речовини на Землі величезні. Жива речовина значно прискорила й змінила кругообіги різних речовин – води, кисню, азоту, вуглекислого газу тощо.

Внаслідок кругообігу речовин у природі відбувається так звана міграція хімічних елементів на Землі, переважна частина якої здійснюється саме завдяки життю.

Розрізняють великий (біосферний) кругообіг і малі кругообіги різних рівнів (наприклад, кругообіг океану, озера чи певної ділянки степу). Термін “кругообіг” у даному випадку неточний, бо у цьому випадку має місце не рух речовин і енергії по замкненому колу, а швидше розвиток по спіралі, поступальний рух, коли в кожному циклі біосфера не повертається до того стану, який був раніше. Рушійною і організуючою силою цього грандіозного процесу в біосфері є життя.

Живий організм є відкритою системою, його не можна відокремити від навколишнього середовища. Щоб зберегти себе й розвиватися, організм повинен мати вищий рівень організації, ніж нежива матерія..

Біогенний кругообіг атомів у природі є розімкнутим: деяка їх кількість вилучається з обігу та накопичується в осадових породах у вигляді вапняків, торфу, нафти й інших порід і мінералів. Цим забезпечується поступальний розвиток земної кори і біосфери.



У науці нині набула поширення концепція великого кругообігу речовин та енергії в біосфері. Згідно цієї концепції вивержені глибинні породи мантійного походження, такі як базальти тощо, тектонічними процесами виводяться з надр Землі в біосферу. Під впливом сонячної енергії й живої речовини вони вивітрюються, переносяться, відкладаються, перетворюючись на різноманітні осадові породи, в яких запасається сонячна енергія.

Далі за рахунок тектонічних рухів осадові породи можуть потрапити у зони високих тисків і температур Землі, де з них вивільняється сонячна енергія, відбуваються процеси перетворення та переплавлення, що призводить до утворення гранітних порід. Деяку роль в цьому процесі відіграють також внутрішні енергетичні джерела Землі, такі як енергія радіоактивного розпаду, гравітаційної диференціації тощо. Кристалізовані вивержені породи знову за рахунок висхідних тектонічних рухів потрапляють у біосферу. Таким чином цикл завершується, але вже на новому рівні, бо з вихідних базальтів утворилися вивержені породи гранітного складу.

З розвитком земної кори відбувалося нарощування гранітного шару Землі: на початку архейської ери його не було зовсім, нині він є на всіх материках. Великий кругообіг речовин в біосфері можна також визначити як еволюцію земної кори від океанічного типу (базальтової) до материкового (гранітної).

Для біосфери в цілому, як і для земної кори, характерна ритмічність і циклічність розвитку. Вона виявляється в усьому: в магматичних процесах, утворенні осадових порід, змінах клімату (чергуванні теплих і холодних періодів), горотворенні й багатьох інших геологічних явищах. Найбільш ритмічний, поступальний розвиток властивий живим організмам. Встановлені ритми й цикли різної тривалості: від 11-річного, зумовленого сонячною активністю, і до мегациклу в 180—240 млн. років, що збігається з Галактичним роком, тобто часом обертання Землі разом з Сонячною системою навколо центра Галактики. При цьому має місце не повторення попередніх процесів, а

їх поступальний розвиток, тобто цикли “розкручуються” за спіраллю або циклоїдою.

Згідно з геологічними уявленнями, людина існує надзвичайно короткий час (усього 0,0001% від тривалості існування біосфери). Проте за цей короткий проміжок часу кругообіг речовин у біосфері змінився радикально. На сьогодні, як уже зазначалося, людина є найважливішим геологічним фактором. В. Вернадський підрахував, що в античні часи люди використовували лише 18 хімічних елементів, у XVIII ст. – 29, у XIX – 62. Нині використовуються всі 89 елементів, що є в земній корі. Крім того, одержано ще й такі, яких у природі немає зовсім, наприклад, плутоній, технецій тощо.

Людина катастрофічно прискорила кругообіг деяких речовин. Родовища заліза, міді, цинку, свинцю та багатьох інших елементів, які природа накопичувала протягом мільйонів років, швидко вичерпуються. Подекуди, навпаки, відбувається концентрація елементів у таких пропорціях, яких не було в природі (наприклад, на великому заводі, де сконцентровані залізо, мідь, алюміній, органічні сполуки тощо).

Людина дуже швидкими темпами використовує сонячну енергію “минулих біосфер”, накопичену у вугіллі, нафті, природному газі, вона вивільняє енергію, що міститься в урані. Все це сприяє збільшенню незрівноваженості біосфери. Людина не лише прискорює біологічний кругообіг, а й залучає до нього ті елементи, які були з нього давно вилучені, наприклад, окиси сірки, азоту тощо.

Займаючись меліорацією, створюючи водосховища, дістаючи воду з глибинних водоносних горизонтів, людина втручається в кругообіг води в природі. В цілому в біосфері під впливом діяльності людини дедалі швидше знижується розсіювання енергії в космічний простір за рахунок вивільнення енергії земної кори (спалювання горючих та розсіювання металічних корисних копалин тощо). І це явище впливає з самої діяльності людини. Ми, звичайно, повинні якомога менше змінювати природні процеси, зокрема запроваджувати безвідхідні виробництва чи якісно нові виробничі цикли, але нам і

в ідеальному випадку не вдасться позбавитися, скажімо, відходів тепла., бо це суперечить началам термодинаміки.

Отже, природу Землі не можна повернути до того стану, в якому вона перебувала на початку розвитку людини. Дедалі більше незайманих природних ландшафтів планети замінюються штучно створеними людиною, первісна природа поступається вторинній. На сучасному етапі завдання полягає не в тому, щоб „залишити все, як воно було” – це неможливо, а в тому, щоб діяти продумано, науково обґрунтовано, з максимальною обережністю, „відрізати” після того, як „відміряно” не сім разів, а тисячу разів по сім. Нам слід чітко уявити, що ми намагаємося побудувати для себе та своїх нащадків, бо нічого з того, що робиться й буде зроблено з живою природою, виправити неможливо.

## **6.7. Екологічна криза в біосфері**

### **6.7.1. Визначення екологічної кризи**

До появи людини та розвитку її діяльних відносин з природою у живому світі панувала взаємна гармонійна залежність і поєднаність. Можна сказати, що за таких умов існувала екологічна рівновага.

З появою людини починається процес руйнування цієї рівноваги. Людина, опановуючи природу через свою трудову діяльність, нехтує закономірностями біосфери і своєю діяльністю порушує рівновагу умов та впливів у природному середовищі. Завдяки малочисельності людських популяцій у ранні історичні епохи негативне ставлення до природи ще не вело до значних порушень у природному середовищі. Люди залишали місця, де вони понівечили природу, заселяли нові, а на залишених відбувалося швидке відновлення природного середовища та екологічної рівноваги.

Однак з розвитком виробничих сил зростали можливості освоєння природи, а зі збільшенням чисельності мешканців Землі деградація природного середовища досягає все більш небезпечних рівнів. Сьогодні цілком до-

цільно говорити про екологічну кризу, яка може перерости у екологічну катастрофу.

Отже, екологічна криза полягає у порушенні рівноваги умов та впливів у екологічному середовищі людини. Для аналізу цієї вельми прикрої проблеми та для успішного її вирішення потрібно, перш за все, вирізнити причини та наслідки екологічної кризи.

Причин екологічної кризи три:

– виключно споживацьке ставлення людини до природи та нераціональне використання непоновлюваних природних ресурсів (води, корисних копалин, а особливо енергоносіїв);

– стрімкий розвиток технології, індустріалізації та надмірна концентрація виробничих об'єктів на обмежених територіях;

– демографічний вибух.

Що стосується наслідків, або ознак екологічної кризи, то їх значно більше. Ось лише найголовніші:

– зростаюче глобальне забруднення біосфери шкідливими відходами виробничої діяльності людини;

– урбанізація (від лат. *urbanus* – міський; розростання міста завдяки зосередженню в ньому промисловості);

– енергетична криза;

– проблема харчування людини;

– вичерпування джерел природних ресурсів;

– збідніння природних краєвидів і скорочення природних територій для відпочинку та лікування.

Внаслідок цього сучасна людина стоїть перед найтяжчим випробуванням за весь час своєї історії. Сучасний екологічний стан середовища людини не дає найменших підстав для заспокоєння.

Надміру забрудненні повітря, вода, ґрунти, а отже і продукти харчування, що не тільки руйнує здоров'я людей, а й загрожує самому їх існуванню на Землі. Все більше і більше з'являється гігантських міст – мегаполісів,

де людина живе виключно у штучному середовищі та стає все більше самотньою та невпевненою. Якщо видобуток і використання природних ресурсів буде зберігати нинішній темп, то розвідані запаси (крім хрому та заліза) вичерпаються приблизно через 50 років. Ми є свідками агонії бензинової ери, адже джерела нафти будуть вичерпані всього за 30 років. На світі нині біля 2 млрд. голодних. Це – більше, ніж було всього людей на Землі у кінці минулого століття. Щорічно вмирає 60 млн. чоловік, із яких 20 млн. від голоду.

Швидкий економічний розвиток базується на розвиткові виробничих сил. Він забезпечує подальший розвиток цих виробничих сил, поліпшення умов праці та побуту, зменшення злиднів та збільшення суспільних матеріальних та духовних багатств, підвищення середньої тривалості життя людини. Але, в той же час наслідком прискореного економічного розвитку є деградація природи, руйнування екологічної рівноваги та загроза самому існуванню людини.

Для розв'язання сучасних екологічних проблем необхідно кардинально змінити індустріальну цивілізацію і виховати нове суспільство, визначальним мотивом у свідомості якого має бути задоволення лише істотних потреб людського життя через раціональне використання природного середовища. Технологія повинна розглядатися як частина культури суспільства у широкому розумінні цього слова, мета якої – створення умов для реалізації людини як вищої цінності. Така технологія має забезпечити раціональне використання сировини та енергії, та виключення можливості забруднення навколишнього середовища.

### **6.7.2. Основні забруднювачі біосфери**

Основними джерелами антропогенного забруднення навколишнього середовища є виробники енергії (ТЕС, АЕС, ДРЕС, сотні тисяч котелень), усі промислові об'єкти (металургійні, нафтопереробні, цементні та інші), екстенсивне перехімізоване сільське господарство, військова промисловість та армія, автотранспорт та інші види транспорту (морський, річковий, залізнич-

ний, повітряний), гірниче виробництво. Вони забруднюють довкілля сотнями токсичних речовин, шкідливими фізичними полями, шумами, вібраціями тощо.

За ступенем забруднення середовища людини нині перше місце посідають металургійна промисловість та автотранспорт. Вони спричиняють понад 80% усього обсягу забруднень.

Все більше загострюється проблема різноманітних відходів, як промислових так і побутових. Збитки від відходів – це не лише величезні площі землі, зайняті звалищами, відвалами “пустої” породи біля кар’єрів (наприклад, на площі, яку займають звалища навколо Києва, можна було б побудувати місто з населенням 300 тис. чоловік), а й смертельні дози різних отруйних речовин, що роками розносяться дощовими водами, та дими й пилюка від них. Виявлено, що понад 80-85% забруднювачів повітря зосереджено в атмосфері над розвиненими промисловими районами, 10-15% – над містами, 1-2% – над сільською місцевістю, 0,1% – над центральними районами Світового океану.

### **6.7.3. Класифікація забруднень біосфери**

Забруднення середовища людини можна класифікувати за такими групами: механічні, хімічні, фізичні та біологічні.

Механічні забруднення – це різні тверді частки та предмети (викинуті, як непридатні, спрацьовані, вилучені з вжитку) на поверхні землі, в ґрунті, воді, повітрі, Космосі – від диму та пилу до уламків машин у кар’єрах і частин космічних апаратів і супутників у верхніх шарах атмосфери.

Хімічні забруднення являють собою тверді, газоподібні та рідкі речовини, хімічні елементи й сполуки штучного походження, що надходячи у біосферу, порушують природні процеси кругообігу речовин та енергії.

Ось деякі з найбільш злісних хімічних забруднювачів середовища людини.

Окис вуглецю (CO) – чадний газ – не має кольору та запаху і є одним з найпоширеніших забруднювачів повітря. Утворюються внаслідок неповного згорання вугілля, газу, деревини та бензину. Надзвичайно токсичний для людини: при концентрації в повітрі понад 4% спричиняє смерть. Головне джерело забруднення – автомобілі.

Ще більш токсичними для людини є окиси азоту (NO<sub>x</sub>), які накопичуються в повітрі в районах металургійних, хімічних заводів та ТЕС, а також поблизу великих автомагістралей. Треба сказати, що концентрація NO<sub>2</sub> у повітрі найбільших автомагістралей Києва у десятки разів перевищує гранично допустимі концентрації.

Однією з причин утворення смогів у містах-гігантах є дуже шкідливі ненасичені вуглеводні (етилен та інші), які утворюються внаслідок неповного згорання палива в двигунах автомобілів. Виявлено, що у вихлопних автомобільних газах міститься близько 200 різноманітних шкідливих для людини, тварин та рослин хімічних речовин. Смог серйозно шкодить здоров'ю сотень тисяч жителів таких міст, як Лос-Анджелес, Нью-Йорк, Чикаго, Бостон, Детройт, Токіо, Лондон тощо. У грудні 1952 року від смогу у Лондоні загинуло біля 4 тис. чоловік, десятки тисяч потрапили до лікарень, захворіли на легеневі хвороби. Це явище може виникнути в найбільших наших індустріальних містах і містах, перевантажених автотранспортом (Київ, Одеса, Харків, Ялта, Сімферополь та інші). Сприятливими умовами для появи смогу є сонячні літні безвітряні дні.

Сірчаний ангідрид (SO<sub>3</sub>) міститься у повітрі районів хімічної, нафтохімічної та металургійної промисловості, ТЕС, коксохімічних і цементних заводів. З'єднується з дощовою водою, утворюючи сірчану кислоту, яка підкислює ґрунт, посилює корозію металів, руйнування гуми, мармуру, вапняків. Цей забруднювач повітря загострює захворювання дихальної системи людини і тварин. Він також шкідливий для рослин.

Серед інших отруйних забруднювачів природи слід назвати сірчаний газ ( $\text{SO}_2$ ), сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ), сполуки хлору, фтору, хімічні елементи свинець, кадмій, ртуть та багато інших.

Особливо слід зауважити про небезпечність різноманітних синтетичних речовин. Це – численні пластмаси, клеї, пральні засоби та інші штучно створені хімічні сполуки. Справа в тому, що навколишній світ еволюційно зовсім не пристосований до нових речовин, які йому чужі за своєю фізико-хімічною структурою. Він нездатен їх переробляти, розкласти, окислювати. Дія цих синтетичних речовин на живі об'єкти непередбачувана. Вони спричиняють виникнення невідомих раніше генетичних, алергічних, ендокринних та інших захворювань.

Фізичні забруднення полягають у зміні теплових, електричних, радіаційних та світових полів у навколишньому середовищі. До фізичних забруднень належать також різноманітні шуми та вібрації, спричинені людиною.

Забруднення середовища людини електромагнітними випромінюваннями (полями) спричиняється інтенсивним розвитком електроніки та радіотехніки. Головними їх джерелами є радіо, телевізійні та радіолокаційні станції, високовольтні електромережі, електротранспорт. Рівень електромагнітних випромінювань цих об'єктів значно (у 5-20 разів) перевищує допустимі санітарні норми, що дуже шкодить здоров'ю людей, які мешкають поруч.

Електромагнітні поля, перш за все, завдають шкоди нервовій системі. Так напруженість поля 1000 В/м спричинює головний біль і сильну втому, а більші значення зумовлюють розвиток неврозів, безсоння, імпотенцію та інші тяжкі психо-невротичні розлади.

Надзвичайно небезпечним забруднювачем середовища людини є штучна радіація. Після 2-ої світової війни причиною значного збільшення радіоактивного випромінювання було випробовування ядерної зброї. Сьогодні сюди добавились аварії на АЕС, постійний викид радіоактивних часток з димами ТЕС, які працюють на вугіллі, добування радіоактивних руд, їх обробка, транспортування, а також зберігання радіоактивного бруду та відходів, робо-



та науково-дослідних закладів атомно-енергетичного профілю. Більш детально особливості радіоактивного забруднення навколишнього середовища буде розглянуто у розділі про екологічний вплив АЕС.

Під шумом розуміють усі неприємні та небажані звуки, які заважають нормально працювати та відпочивати. Шуми шкідливо впливають на здоров'я людей, знижують їх працездатність, викликають захворювання органів слуху (глухоту), нервової, ендокринної, серцево-судинної систем (гіпертонія).

Для визначення інтенсивності звукового тиску шумів користується системою одиниць децибелів (дБ), яка показує, на скільки звук вищий за поріг слухового сприйняття людини. Допустимими нормами є такі рівні шуму, які, діючи протягом тривалого часу, не викликають зниження гостроти сприймання звуку й забезпечують задовільну розбірливість мови на відстані 1.5 м від того, хто говорить. У разі постійного шумового фону 70 дБ виникає розлад ендокринної та нервової систем, 90 дБ – порушується слух, 120 дБ – з'являється фізичний біль, який стає нестерпним.

Нижче подаються рекомендовані діапазони шумів всередині приміщень різного призначення:

- для сну, відпочинку – 30-40 дБ;
- для розумової праці – 45-55 дБ;
- для лабораторних досліджень, роботи з ЕОМ тощо – 50-65 дБ;
- для виробничих цехів, гаражів, магазинів – 56-70 дБ.

Джерелами шумів є усі види транспорту, промислові об'єкти, гучномовні пристрої, ліфти, телевізори, радіоприймачі, музичні інструменти.

Вібрації – це тремтіння або струси всього тіла чи окремих його частин під час різних робіт (бетоноукладання, подрібнення твердих порід, використання пневматичного молотка, розпилювання матеріалу тощо). Тривалі вібрації завдають шкоди здоров'ю – від сильної втоми і незначних змін багатьох функцій організму до струсу мозку, розриву тканин, порушення діяльності

нервової та кровоносної систем, деформації м'язів і кісток, порушення чутливості шкіри тощо.

Біологічними забрудненнями є різноманітні організми, які з'явилися в результаті діяльності людини – бактеріологічна зброя, нові віруси (збудники СНІДу, інших захворювань та епідемій), а також катастрофічне розмноження рослин, чи тварин, переселених з одного середовища в інше навмисне чи випадково.

#### **6.7.4. Збереження біосфери**

##### **6.7.4.1. Стан атмосфери та раціональне використання повітря**

Внаслідок надмірного забруднення атмосфери людиною нині виникла можливість розвитку в біосфері явищ, які відзначаються загрозою реальної небезпеки навіть для самого існування життя на Землі. Ці явища розглядаються нижче.

Парниковий ефект. Останнім часом в результаті збільшення в атмосфері концентрації вуглекислого газу, закису азоту, метану, фреонів та водяної пари розвивається так званий парниковий ефект. Він полягає в поступовому розігріванні поверхні нашої планети. Справа в тому, що повітря, до складу якого входять перелічені гази, набуває властивостей парникового скла: сонячне світло пропускає, але затримує тепло розігрітої Сонцем поверхні Землі.

Небезпечність цього явища полягає, перш за все, у тому, що воно збільшить посушливість клімату в середніх широтах, які є основними зерновими регіонами планети (Україна, чорноземна зона Росії, Кубань, “зернові штати” США). Крім того, парниковий ефект спричинить танення льодовиків Гренландії, Антарктиди, Арктики й гір, внаслідок чого рівень Світового океану підвищиться на 6–10 метрів, а під водою зникнуть значні прибережні території суходолу (близько 20%) і навіть деякі країни, наприклад, Бангладеш.

Глобальне підвищення температури на поверхні Землі спричинюється не лише парниковим ефектом, а й безпосереднім підігріванням атмосфери

внаслідок спалювання людиною величезної кількості палива в котельнях, на теплових електростанціях, а також в результаті експлуатації атомних електростанцій.

Деяке уявлення про парниковий ефект в масштабах планети може дати клімат на Венері. Її щільна атмосфера, що на 98% складається з вуглекислого газу, розжарена до 5000С, коли залізо стає червоним.

Озонові дірки. Останнім часом вчені дуже занепокоєні поступовим але неухильним збільшенням двох зон в атмосфері (над Антарктидою та островом Шпіцберген), щільність озонового шару (міститься на висоті 20–50 км) яких неухильно зменшується. Цей шар захищає все живе на Земній поверхні від надзвичайно шкідливого ультрафіолетового випромінювання. Точні причини утворення цих “озонових дірок” поки що не встановлені, але відомо, що деякі хімічні речовини (окиси азоту, фреони тощо) сприяють цьому небажаному явищу. Джерелом окислів азоту у верхніх шарах атмосфери є вихлопні гази літаків та ракет. Фреони – холодоагенти, що застосовуються в холодильних агрегатах.

Що може статися на Землі в результаті руйнування озонового шару, показав науковий експеримент, здійснений американськими вченими ще в 60-тих роках ХХ століття. Над одним із тихоокеанських атолів під дією спеціальної речовини, яка була розсіяна в атмосфері за допомогою ракети, на декілька годин було зруйновано озоновий шар. В результаті цього від потужної ультрафіолетової радіації на атолі загинули всі живі організми: рослини, тварини і навіть бактерії.

Зниження вмісту озону в атмосфері загрожує зменшенням врожаїв сільськогосподарських рослин, захворюваннями тварин і людей, збільшенням шкідливих мутацій тощо. Такі тенденції вже сьогодні спостерігаються в країнах Південної півкулі, ближче до Антарктиди, перш за все в Новій Зеландії.

Ядерна ніч та зима. Останнім часом ми майже зовсім не говоримо про загрозу ядерної війни. Але вона не зникла, бо ряд країн (Франція, Китай та

інші) не підписали міжнародну угоду про заборону випробувань ядерних бойових пристроїв. Вони продовжують розробляти нові види цієї зброї масового знищення та випробувати їх. Ряд тоталітарних арабських країн (Ірак, Іран, Лівія) намагаються придбати таку зброю.

Моделювання на ЕОМ, проведене американськими та незалежно від них російськими вченими, свідчать, що навіть локальний ядерний конфлікт здатен спричинити глобальну екологічну катастрофу, яка матиме такі наслідки:

- теплове нагрівання атмосфери на 10С, що спричинює ураганні вітри;
- забруднення атмосфери радіоактивними речовинами, які за короткий час поширяться по всій земній кулі;
- виділення горючих газів внаслідок пожеж і руйнування промислових нафтових і газових свердловин та проводів, що викличе підвищення глобальної температури атмосфери Землі на 4–50С у перші ж дні після катастрофи;
- утворення підчас ядерних вибухів великої кількості окисів азоту; їх надходження в стратосферу зумовить руйнування від 40 до 60% озонового шару, що викличе різке збільшення ультрафіолетового випромінювання поверхні Землі;
- забруднення атмосфери величезною кількістю пилу, сажі й попелу внаслідок ядерних вибухів та пожеж.

Найстрашнішим наслідком конфлікту буде саме останній. Пил, попіл і сажа за один–два тижні затягнуть небо над всією Землею. В результаті цього прозорість атмосфери зменшиться у 200 разів. У цей же час температура приземного шару повітря знизиться на 15–300С, а в окремих регіонах – на 40–500С. Настане “ядерна ніч та зима”, які триватимуть декілька місяців. Таке явище спричинить загибель більшості рослин, а потім тварин і людини. Ймовірно, що біосфера взагалі припинить своє існування.

Поступово пил та сажа осядуть. Охолодження зміниться нагріванням атмосфери на 20–300С вище норми, що спричинить повені і грязеві потоки, перш за все в гірських місцевостях. Неоднорідні температурні зміни над су-

шею та океаном викличуть ураганні вітри й снігопади в прибережних районах материків.

Кислотні опади. Окиси сірки і азоту, які потрапляють в атмосферу внаслідок роботи теплоелектростанцій і автотранспорту, сполучаються з атмосферною вологою, утворюючи сірчану та азотну кислоти. Ці кислоти у складі атмосферних опадів попадають на поверхню Землі.

Такі опади, особливо дощі, вкрай шкідливо діють на довкілля:

- знижується врожайність більшості сільськогосподарських культур внаслідок ушкодження листя кислотами;

- вимиваються з ґрунту кальцій, калій і магній, що викликає деградацію флори та фауни;

- гинуть ліси (у першу чергу чутливі до кислотних дощів кедр, бук і тис);

- отруюється вода озер і ставків, де гине риба, зникають комахи;

- щезають водоплавні птахи й тварини, що живляться комахами;

- гинуть ліси у гірських районах (наприклад, у Карпатах), що викликає гірські зсуви й грязеві потоки;

- прискорюється руйнування пам'ятників архітектури й житлових будинків, особливо тих, що оздоблені мармуром і вапняком;

- збільшується кількість захворювання людей та тварин (подразнення очей, хвороби дихальних шляхів тощо).

Тут варто зупинитися також на шкідливості для людини тютюнового диму, який містить близько 200 особливо отруйних речовин (чадний газ, бензпірен, нікотин тощо). Наукові дослідження показали, що вдихати цей дим у 4 рази шкідливіше, ніж вихлопні гази автомобіля безпосередньо з вихлопної труби. Визначено, що щорічно на Землі від хвороб, спричинених курінням тютюну, вмирає близько 1,5 млн. людей. Не менш небезпечне так зване "пасивне куріння", коли тютюновий дим вдихає людина, яка сама не курить, але знаходиться поблизу курія.

Особливої шкоди завдає куріння жіночому організму. Як показали дослідження американських медиків, 80% обстежених ними жінок, що протягом 20 років випалювали понад 25 сигарет щодня, померли від хвороб серця. Навіть 1–4 сигарети в день збільшують ризик захворювань серця жінок у 12 разів. Абсолютно неприпустиме паління для вагітних жінок – це в 100% випадків приводить до ненормального розвитку дитини, народження мертвих дітей або дітей з розумовими й іншими відхиленнями тощо.

Сьогодні викликає тривогу значне поширення куріння в нашій країні серед молоді, особливо дівчат, і навіть дітей, чому сприяє барвиста реклама та доступність сигарет. А між тим на Заході курити стало не модно і на куріїв дивляться, як на тупих невігласів.

Забруднення атмосфери та погода. Рівень забруднення повітря залежить не тільки від обсягу викидів промислових підприємств і автотранспорту, а й від метеорологічних умов. Жаркі безвітряні літні дні, або безвітряна погода восени та взимку, коли майже немає циркуляції повітря, сприяють виникненню застійних явищ біля земної поверхні та різкому зростанню тут концентрації шкідливих та отруйних домішок. У районах великих міст з інтенсивним рухом автотранспорту за таких умов утворюється смог, про що йшла мова у розділі “Хімічні забруднення”.

Про раціональне використання повітряного середовища ми поки-що можемо говорити лише як про його захист від забруднення шкідливими та отруйними речовинами. Найбільш дієвими важелями такого захисту є економічні, хоча існують також організаційні, технологічні та деякі інші заходи. Прикладами технологічних заходів можуть бути заміна теплоелектростанцій екологічно “чистішими” джерелами електроенергії, очищення вугілля від піриту (сірчаного колчедану), заміна вугілля та мазуту на газ, удосконалення автотранспорту і т. і.

#### 6.7.4.2. Раціональне використання води

Використання прісної води. Основним джерелом водопостачання для людства є річковий стік.

Галузі виробничого господарства за відношенням до водних ресурсів поділяються на споживачів та користувачів.

Споживачі забирають воду з джерела, використовують її для виготовлення промислової та сільськогосподарської продукції, а потім повертають, але вже в іншому місці, в меншій кількості, забруднену шкідливими або отруйними речовинами.

Користувачі воду з джерела не забирають, а використовують її як середовище. Користувачами води є водний транспорт, рибальство, гідроелектростанції тощо. Деякі користувачі можуть забруднювати водне середовище, наприклад, сучасний водний транспорт.

Різні споживачі води мають різну водоємкість. Водоємкість – це кількість води, необхідної для виробництва одиниці продукції. Наприклад, для збагачення 1 т залізної руди потрібно 2-4 т прісної води, для одержання 1 т чавуну – уже 40-50 т, целюлози – 400-500, штучного волокна – 2000-5000.

Найбільшим споживачем води в промисловості є атомна енергетика. Але основним споживачем прісної води є сільське господарство (70% усієї використаної прісної води). Це, у першу чергу, – зрошуване землеробство.

Важливою ланкою водоспоживання є також комунально-побутові потреби населення, розмір яких залежить від рівня благоустрою поселення. Так, у великих містах земної кулі добові витрати води на одного мешканця у літрах становлять у Нью-Йорку – 600, у Москві – 400, у Києві – 300, у Лондоні – 250.

Забруднення водного середовища. У результаті інтенсивного використання людиною водних ресурсів відбуваються значні кількісні та якісні зміни в гідросфері. Якісні зміни полягають у забрудненні, яке буває хімічним, фізичним (прозорість, радіоактивні домішки тощо), біологічне і теплове. Осно-

вним джерелом забруднення водного середовища є стічна вода. Хоча природні водойми мають здатність самоочищатися, але цей процес не спроможний змагатися з інтенсивністю антропогенного забруднення. Отже, якщо людство хоче мати майбутнє, воно вимушене вдаватися до дорогих способів очищення стічних вод. У сільському господарстві слід застосувати найновіші технології зрошення та вирощування рослин (наприклад, крапельне зрошення), які у 5-7 разів зменшують витрати води і мінеральних добрив, а також отрутохімікатів. Такі технології забезпечать різке зменшення забруднення біосфери шкідливими та отруйними речовинами.

Підземні води. Підземні води мають не менше значення для забезпечення населення водою, ніж води поверхневого (річкового) стоку. Досить сказати, що, наприклад, в Україні понад 70% міського населення і майже все сільське населення задовольняє свої потреби за рахунок ґрунтових вод (колодязі) чи глибинних водоносних горизонтів (свердловини).

За якістю підземні води значно кращі, ніж поверхневі, але вони теж можуть забруднюватися з вини людини. Крім того, підземні води вичерпуються. Не зважаючи на це майже у 30 містах України використання їх нерациональне (у випадку, коли підземна вода використовується для технічних потреб).

#### 6.7.4.3. Раціональне використання суходолу

Поверхню суходолу Землі можна класифікувати таким чином:

- сільськогосподарські угіддя (33%),
- ліси (30%),
- інші землі (37%).

Під впливом діяльності людини структура земної поверхні постійно змінюється: скорочуються площі сільськогосподарських угідь та лісів і зростають площі інших земель.



Інші землі об'єднують територію під населеними пунктами, промисловими об'єктами, транспортними магістралями, а також пустелі, болота, тундру, гори.

Сільськогосподарські угіддя є найціннішою частиною суходолу, бо вони забезпечують людство продуктами харчування та сировиною для переробної промисловості. Більша частина сільськогосподарських земель відводиться під рілля, решта – багаторічні насадження (сади, виноградники, ягідники, лісосмуги), луки та пасовища. Сільськогосподарські землі виконують свою основну функцію завдяки тому, що вони є ґрунтами. Ґрунти – це природне утворення, яке характеризується родючістю, тобто здатністю забезпечувати рослини поживними речовинами.

У наш час помітна значна тенденція до зменшення площ сільськогосподарських угідь, зниження родючості ґрунтів і навіть їх загибелі. Причиною цього явища є хижацьке землекористування, недалекоглядна аграрна політика, розбазарювання родючих ґрунтів під різні види будівництва, кар'єри, полігони тощо. Внаслідок цього охорона та раціональне землекористування є сьогодні однією з найбільш актуальних екологічних проблем.

Головними причинами руйнування ґрунтів є:

- ерозія під дією води та вітру,
- засолення в результаті надмірного зрошення,
- науково необґрунтована надмірна хімізація сільського господарства (отрутохімікати, мінеральні добрива).

Ліси. Важливою складовою частиною біосфери є ліси. Образно кажучи, ліси – це легені нашої планети. Крім того вони постачають людству цінні матеріали (деревину, сировину для хімічної промисловості, продукти харчування тощо), мають велике значення для відпочинку та лікування людини.

Рекультивация порушених земель. Виробнича діяльність людини досить часто призводить до руйнування земель. Зруйновані землі дістають назву порушених земель, тобто земель, що втратили свою господарську цінність або стали джерелом негативного впливу на середовище людини.

Найбільше порушених земель виникає в результаті відкритого добування корисних копалин. Наприклад, в Криворізькому залізорудному районі є великі ділянки так званого “місячного ландшафту”, де не може рости жодна рослина, жити жодна тварина.

Під час проведення підземних гірничодобувних робіт теж має місце порушення місцевості – обвали і деформація поверхні внаслідок просідання ґрунту над відпрацьованими ділянками родовищ.

Землі порушуються також за рахунок відвалів, териконів, звалищ.

Усі порушені землі підлягають рекультивації, тобто відновленню їх цінних властивостей. Цю роботу повинні здійснювати ті підприємства, які ці землі порушили. Перш за все, виконується технічна рекультивація, яка може бути таких видів:

- сільськогосподарська (підготовка земель до використання як сільськогосподарських угідь),
- лісогосподарська (підготовка земель під лісонасадження),
- будівельна (підготовка земель для здійснення промислового чи цивільного будівництва),
- водогосподарська (підготовка земель для створення водойм, зокрема для розведення риби),
- рекреаційна (під об’єкти відпочинку),
- санітарно-гігієнічна (консервація порушених земель у випадку, коли рекультивація недоцільна).

Після технічної рекультивації проводиться біологічна рекультивація.

Корисні копалини. Надра Землі використовуються в кількох напрямках:

- добування корисних копалин,
- зберігання рідких та газоподібних корисних копалин у природних та штучних сховищах,
- будівництво різних підземних споруд і навіть заводів,
- створення транспортних комунікацій (метро, трубопроводи тощо),

– захоронення промислових токсичних та радіоактивних відходів.

Мінеральні ресурси, зосереджені в надрах, є основою функціонування головних галузей економіки. Це – національні багатства країни, а тому їх потрібно використовувати вельми раціонально за допомогою політики ресурсозбереження (запобігання втратам під час вантажних робіт та при перевезенні, повне використання комплексних корисних копалин), ретельного дотримання природоохоронних вимог у процесі добування корисних копалин, максимального використання вторинних ресурсів (металобрухту, макулатури тощо). Значний економічний ефект дає також вилучення корисних речовин (сірки, цинку, свинцю, молібдену, рідкісних металів і т.п.) із залишкових газів, промислового пилу та стічних вод.

#### 6.7.4.4. Раціональне використання живої природи.

Сукупність рослин і тварин є визначальною складовою частиною біосфери.

За багато мільйонів років між організмами біосфери сформувалися складні та різноманітні взаємозв'язки, утворилася трофічна павутина, або сітка, в якій можна розрізнити своєрідні рівні та ланцюги живлення. Крім того, все живе та неживе в біосфері характеризується взаємною збалансованістю, взаємозалежністю, взаємоприспосованістю. Ці особливості біосфери здатні до самовідновлення та самоорганізації.

З появою людини та розвитком її виробничої діяльності цей баланс і здатність до самовідновлення дедалі більше порушується.

Збереження рослинного світу. Слід зауважити, що рослинність дуже чутливо реагує на зміну екологічних факторів і є чітким показником рівня антропогенного впливу на природу. Яскравим прикладом цього може бути загибель лісів навколо великих промислових центрів.

У 1948 році при ООН була заснована спеціальна постійна Комісія з охорони зникаючих видів рослин і тварин, а згодом – Міжнародна Червона книга, куди заносяться всі рослини і тварини, яким загрожує вимирання. Нині

на Землі під загрозою зникнення знаходиться близько 25 тис. видів рослин, і багато з них росте в Україні.

У 1982 році було засновано Червону книгу України, до якої сьогодні занесено вже понад 800 видів рослин і тварин.

Збереження тваринного світу. Вирішення проблеми покращення екологічного стану біосфери вимагає нового підходу до тваринного світу.

Біомаса тварин становить всього 2% усього живого на нашій планеті, але завдяки високому рівню енергетичних процесів, величезної різноманітності та високої рухливості роль фауни в біосфері дуже велика.

Нині налічується близько 2 млн. видів тварин. Згадаймо, що рослин – у 5 разів менше. Найбільш численною групою тварин є безхребетні. Цікаво, що в ґрунті лісу середніх широт на площі 1 га живе до 2,5 млн. особин дощового черв'яка, до 6 млн. комах, 1 млн. молюсків. Загальна маса цих тварин близько 1 т. На нашій планеті на кожну людину лише одних комарів та мух припадає не менше 200 млн. Безхребетні становлять до 99% біомаси тварин на Землі. Їх значення в біосфері величезне, особливо в кругообігу та трансформації речовин та енергії в природі. Визначальною є роль тварин, як і інших живих організмів, в утворенні та існуванні ґрунтів (у першу чергу червів), а також у житті рослин.

За сучасних умов тваринний світ зазнає руйнівного впливу з боку людини не стільки через пряме знищення окремих видів тварин, як внаслідок руйнування місць їхнього існування (біотопів). Нині під загрозою зникнення знаходиться вже близько 600 видів птахів, 120 видів ссавців, численні види риб, земноводних, молюсків, комах.

Особливо небезпечним є швидке зведення тропічних лісів, що є середовищем існування численних видів тварин. Протягом нашої ери на Землі зникло понад 100 видів звірів та 140 видів птахів, на великих ділянках Світового океану через забруднення середовища й хижацький вилов риби, під загрозою вимирання перебувають кити й дельфіни.

Установлено, що швидкість вимирання тварин зростає пропорційно збільшенню кількості людей. Особливо ця тенденція помітна протягом останнього століття. Яскравою ілюстрацією такої закономірності є наша країна, де через велику щільність населення ще в XVI ст. були винищені кулани, а в XVIII – XIX ст. – сайгаки, тури, тарпани, олені, дрохви, степові орли. Дуже рідкісними стали кажани, корсаки, лебеді, соколи, деякі види риб та раків. У той же час вченим вдалося акліматизувати в Україні зубра, лань, муфлону, куріпку-кеклика, деякі види риб.

Найважливіші заходи охорони живої природи. Серед найважливіших заходів стосовно охорони живих організмів, і в першу чергу рослин і тварин, слід назвати такі:

- формування глибокої екологічної свідомості у людини з дитинства усіма можливими засобами;

- найсуворіша боротьба з браконьєрством (стосовно не лише тварин, а й рослин);

- відновлення порушеного рослинного покриву, який є середовищем існування тварин;

- застосування екологічно “чистих” технологій у промисловості та сільському господарстві;

- науково обґрунтоване раціональне використання світу живих організмів, і в першу чергу тварин та рослин;

- розвиток заповідної справи.

Заповідна справа. Сучасні наукові розрахунки та моделювання показали, що більш-менш нормальне функціонування і самовідновлення біосфери будь-якого регіону можливе лише за наявності в ньому не менше 10-15% площі, зайнятої заповідниками. До речі, мережа природоохоронних територій в Україні має загальну площу понад 1 млн. гектарів, але це – всього 2% території нашої країни, що далеко недостатньо з екологічної точки зору.

За своїм значенням заповідні території поділяються на біосферні заповідники міжнародного значення, державні та національні заповідники і парки, заказники, заповідні ландшафти, ділянки та об'єкти.

Заповідники – це ландшафти, де зберігаються, охороняються й вивчаються всі компоненти екосистеми: повітря, ґрунти, гірські породи, природні води, рослинний і тваринний світ, пам'ятки природи та культури. Територія заповідника повністю вилучена зі сфери господарської діяльності – тут забороняється жити людям, проводити будь-яку господарську діяльність, вирубувати ліс, косити сіно, добувати будь-які корисні копалини, прокладати транспортні шляхи тощо.

В Україні існує 3 міжнародних біосферних заповідника (Асканія-Нова, Карпатський та Чорноморський), а також 9 державних заповідників (Дунайські плавні, Канівський, Карадазький, Луганський, Поліський, Український степовий, Шевченківський та інші), які були створені за часів СРСР.

#### *Запитання. Завдання*

1. Які елементи природного середовища людини Ви знаєте?
2. Дайте визначення ґрунту та охарактеризуйте його компоненти.
3. Розкрийте взаємозв'язок між тваринами, рослинами, грибами та мікроорганізмами та їх роль у природі.
4. Що таке екосистема?
5. Назвіть головний функціональний елемент екосистеми.
6. У результаті яких процесів виникає, існує та еволюціонує екосистема?
7. Дайте визначення понять «біоценоз» та «біотоп».
8. Наведіть приклад біологічного кругообігу речовин для конкретної екосистеми, наприклад, озера.
9. Розкрийте поняття «біосфера».
10. За який період відбувається оновлення всієї живої речовини нашої планети?
11. Назвіть основні типи живих організмів та визначте їх роль у біосфері?

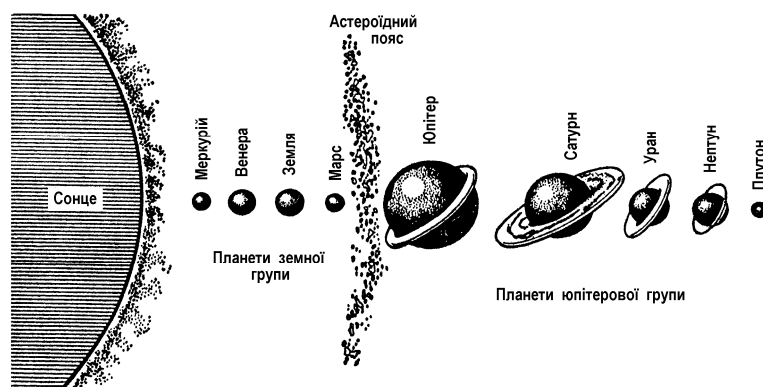
12. Кому належить відкриття основного закону біосфери?
13. Як еволюціонує біосфера?
14. У чому полягають взаємовідносини в системі людина-біосфера?
15. У чому полягає концепція ноосфери?
16. Поясніть великий та малий кругообіги речовин та енергії в біосфері.
17. Що таке сучасна екологічна криза?
18. Назвіть типи забруднень середовища людини.
19. У чому полягають першочергові заходи по збереженню та раціональному використанню повітря?
20. Обґрунтуйте заходи по раціональному використанню води.
21. У чому полягає раціональне використання суходолу?
22. Назвіть заходи по збереженню та раціональному використанню живої природи.

## 7. ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ ЯК ГЕОСИСТЕМА

### 7.1. Сонячна система та Всесвіт

#### 7.1.1. Сонячна система

Наша Земля – одна із планет сонячної системи. У центрі Сонячної системи розташоване Сонце, навколо якого обертаються всі планети з їхніми супутниками, астероїди, комети, метеорна речовина. (Мал.. 7.1).



Мал.. 7.1. Порівняльні розміри планет

Назва “планета” походить від латинського слова “planeta”, що означає „блукаючий”, бо вони, на відміну від зірок, змінюють своє місцеперебування на небі протягом ночі. Відомо 9 планет Сонячної системи: п’ять із них – Меркурій, Венера, Марс, Юпітер та Сатурн – видно неозброєним оком, а Уран, Нептун і Плутон можна побачити лише в телескоп. Назви планет походять від імен давньогрецьких богів.

Планети світяться завдяки віддзеркалюванню ними сонячного світла. Вони обертаються навколо Сонця за еліптичними орбітами приблизно в одній площині та в одному напрямку – проти годинникової стрілки.

Їх можна розділити на дві групи: планети типу Земля та планети-гіганти. Планети земної групи мають невелику масу, але велику щільність. Вони повільно обертаються навколо своєї вісі. У них мало або зовсім немає



супутників. Це – Меркурій, Венера, Земля, Марс. Планети-гіганти – Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон – мають велику масу (окрім Плутона), але малу щільність, швидко обертаються навколо своєї вісі, оточені щільною атмосферою, яка складається переважно зі сполук водню (метан, аміак тощо).

Сонце являє собою величезну розпечену кулю. Діаметр його майже 1,5 млн. км, що в сто разів більше діаметра Землі. За масою Сонце більш як в 300 тисяч разів переважає Землю та в 750 разів всі тіла Сонячної системи разом. Іншими словами, на долю Сонця припадає 99,9% загальної маси Сонячної системи, тому воно є центром тяжіння для всіх її небесних тіл. Всі вони утримуються разом завдяки силі його гравітаційного поля.

Середня відстань від Землі до Сонця майже 150 млн. км..

Температура всередині Сонця перевищує 10 млн. градусів за Цельсієм, а на поверхні – близько 6000оС. За такої температури всі речовини там перебувають у стані плазми, у складі якої виявлено близько 70 хімічних елементів. До 70% всієї маси Сонця складає водень і 29% гелій. Сонце постійно підтримує свій тепловий режим і випромінює світло завдяки внутрішнім термоядерним реакціям, внаслідок яких водень перетворюється в гелій.

Майже вся колосальна енергія, яку випромінює Сонце, розсіюється в космічному просторі. Дуже мала частка цієї енергії досягає Землі у вигляді видимого світла, теплових, ультрафіолетових та рентгенівських променів, радіохвиль. Через атмосферу вільно проникає лише теплове випромінювання та видиме світло, а для решти радіації вона майже непрозора.

Сонячне тепло і світло, що досягають земної поверхні, надають енергію різним природним процесам. Тепло впливає на клімат, приводить у дію кругообіг води, відіграє велику роль при вивітрюванні та ерозії, а також створює на Землі умови, сприятливі для життя.

Є таке поняття, як сонячна активність. Це – поява та зникнення так званих сонячних плям, факелів, протуберанців, спалахів. Сонячна активність має певну циклічність. Відомі 11-річні, 33-річні, 98-річні періоди коливання сонячної активності. На Землі сонячну активність ми відчуваємо через зміну ін-

тенсивності сонячного випромінювання (гама-променів, рентгенівського, ультрафіолетового, видимого світла, інфрачервоного, електромагнітного), що суттєво впливає на біосферні процеси.

Найближчим небесним тілом до нас є супутник Землі Місяць. Діаметр Місяця в 4 рази менший від земного, а маса – у 80 разів, завдяки чому сила тяжіння на Місяці у 6 разів менша за земну.

Відстань від Землі до Місяця становить 384000 км.. Навколо Землі Місяць здійснює свій повний оберт за 27 з лишнім діб. Сам він не світиться, а лише віддзеркалює світло Сонця. На Місяці немає атмосфери та води, внаслідок чого спостерігаються різкі коливання температури. Так, під час місячного дня, який триває майже 2 земних тижні, поверхня супутника Землі нагрівається до 130о С, а під час двотижневої ночі охолоджується до –160о С.

Як і Сонце, Місяць значно впливає на земні процеси. Він викликає добре відомі морські припливи. Більше того, так звані припливні сили Місяця та Сонця спричиняють зміну форми Землі.

Між орбітами Марса та Юпітера знаходиться так званий пояс астероїдів, або малих планет, діаметр яких варіює від 1000 км. до сотень метрів. Астероїди являють собою космічні тіла у вигляді скелястих уламків різноманітної конфігурації.

До складу Сонячної системи входять також комети (від гр.. *komētēs* – хвостата зірка). Час від часу вони з'являються на небі на декілька тижнів і навіть місяців. Комети обертаються навколо Сонця за дуже видовженими орбітами, що виходять далеко за межі Сонячної системи.

Звичайно комета має ядро, „голову” та „хвіст”. Ядро складається з твердих уламків різних розмірів та форми, зцементованих замерзлими газами. Діаметр ядра не перевищує 30 км. „Голова” та „хвіст” комети мають величезні розміри. В окремих випадках діаметр „голови” може перевищувати діаметр Сонця, а „хвіст” простягатися на сотні мільйонів кілометрів.

Сонячна система містить метеорну речовину, яка поповнюється з двох джерел – свого пояса астероїдів та метеорних потоків з далекого космосу.

Коли уламок метеорної речовини на великій швидкості (40-70 км/с) пронизує атмосферу, він розігрівається і згорає. Іноді метеорна речовина згорає не повністю і досягає поверхні землі у вигляді метеорита.

### **7.1.2. Галактика**

На нічному небі неозброєним оком ми бачимо безліч зірок (біля 3,5 тисячі). Зірки – це сонця різних розмірів та характеристик. Вони розташовані на величезних відстанях від Землі – десятки, сотні та тисячі світових років (шлях, пройдений світловим променем за один земний рік – 9460 млрд. км).

Сонячна система входить у велику систему зірок, яка названа Галактикою. На зоряному нічному небі добре видно частину нашої Галактики у поперечному розрізі – відомий Молочний або Чумацький шлях. Галактика має форму сочевичної зернини. Сонячна система розташована на її околиці.

Усього в Галактиці до 120 млрд. зірок та понад 100 млн. газових туманностей. Діаметр галактичної “сочевини” близько 100 тис. світлових років.

### **7.1.3. Гіпотези походження планет Сонячної системи.**

Існує цілий ряд гіпотез, або припущень про походження планет Сонячної системи. Загального визнання у свій час набули гіпотези, що базувалися на еволюції газово-пилової матерії. Перша наукова гіпотеза такого змісту була створена у XVIII столітті німецьким філософом Е. Кантом та французьким астрономом П. Лапласом. Вона стверджує, що планети утворилися із газово-пилової речовини, яка спочатку була розпечена і поступово охолоджувалася.

На початку XX століття англійський фізик Дж. Джінс висунув свою гіпотезу, згідно з якою планети утворилися із матерії Сонця, яка була „вирвана” з нього в результаті проходження поряд великої зірки.

Сьогодні найбільш визнаною є гіпотеза російського вченого О.Ю.Шмідта, за якою планети Сонячної системи утворилися не з розпечених космічних газових мас матерії, як стверджували Кант та Лаплас, а з космічних охолоджених твердих частин під дією сил Сонця.

Ні одна з існуючих нині гіпотез про походження планет Сонячної системи не витримує критики, бо згідно з ними усі тіла Сонячної системи мають обертатися навколо своєї вісі у одному напрямку. В дійсності ж планети Венера і Уран, а також 10 супутників планет обертаються навколо своєї вісі за годинниковою стрілкою, тобто в протилежному напрямку порівняно з рештою планет і супутників.

## **7.2. Загальна характеристика планети Земля**

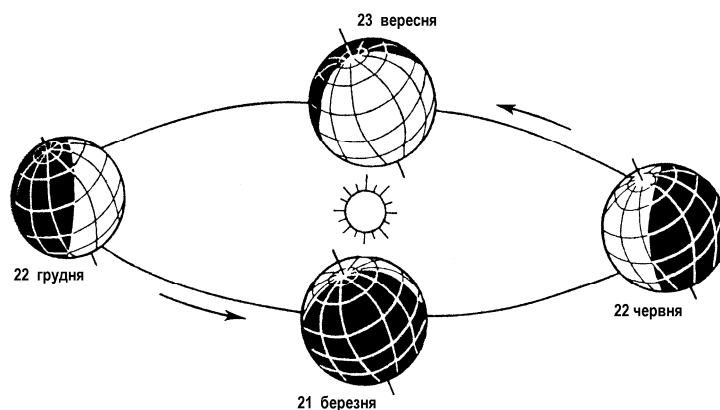
### **7.2.1. Форма та розмір Землі**

Довгий час вважали, що форма нашої Землі нагадує сфероїд, тобто тіло, утворене обертанням еліпса навколо своєї малої вісі. При цьому екваторіальний радіус більший за полярний на 21,4 км.. Однак найновіші дослідження з використанням штучних супутників Землі показали, що насправді наша планета має серцеподібну форму. Виявилося, що вона приплюснута не тільки полярно, а й екваторіально, тобто екватор являє собою не коло, а еліпс. Крім того Північний полюс вище за Південний на 30 м..

Коли говорять про розміри Землі взагалі, то вживають середній радіус, або радіус рівновеликої кулі – 6371 км.. Площа поверхні Землі складає 510 млн. кв. км, з яких майже 30% зайнято суходолом.

### **7.2.2. Рух Землі навколо Сонця і календар**

Земля навколо Сонця рухається зі швидкістю близько 30 км/с по еліпсоподібній орбіті довжиною 934 млн. км. (Мал. 7.2).



Мал.. 7.2. Річний рух Землі.

Один такий оберт здійснюється протягом року. Завдяки річному рухові Землі навколо Сонця та нахилі її вісі стосовно площини орбіти мають місце пори року. При цьому положення Сонця на небосхилі відносно земного горизонту постійно змінюється. Через це змінюється і кут нахилу сонячних променів стосовно земної поверхні, що спричиняє зміну тривалості дня, а отже і динаміку температури. Лише на екваторі день дорівнює ночі, хоча висота полудневого Сонця змінюється в значних межах.

У Південній та Північній півкулях зміна висоти полудневого Сонця має протилежне спрямування: з 22 червня по 22 грудня в Північній півкулі полуднева висота Сонця зменшується, а в Південній – збільшується.

Протягом решти часу – навпаки – в Північній півкулі збільшується, а в Південній зменшується. Внаслідок цього одночасно мають місце протилежні пори року: у нас літо – там зима, у нас осінь – там весна і навпаки.

Якби земна вісь була перпендикулярною до площини навколосонячної орбіти, то тривалість дня та ночі була б однаковою, а пір року не було б.

На поверхні земної кулі виділено 4 паралелі: два тропіка – Північний, або Рака, та Південний, або Козерога, та два полярних кола – теж Північне та Південне. Тропік являє собою конечну паралель, на яку сонячні промені один раз на рік, в день літнього сонцестояння, падають вертикально (в Північній півкулі 22 червня, а в Південній 22 грудня). А полярне коло – це паралель,

південніше якої у Північній півкулі, чи північніше у Південній півкулі цілодобових полярних днів не буває.

На Землі, внаслідок нахилу її вісі та неоднакового освітлення поверхні, розрізняють 5 світлових поясів.

Тропічний пояс розташований між Північним та Південним тропіками. Тут день дорівнює ночі завжди. Сонце щоденно піднімається високо та дуже гріє. Цей пояс займає 40% поверхні земної кулі.

Помірний пояс знаходиться на півночі та півдні від тропічного поясу, між тропіками та полярними колами. Тут Сонце ніколи не буває в зеніті. Висота його над горизонтом значно змінюється протягом року. На території помірних поясів добре виражені пори року. Обидва помірні пояси, північний та південний, займають 50% поверхні Земля.

Полярні пояси розташовані всередині полярних кіл і разом займають 10% поверхні Землі. Тут Сонце ніколи не підіймається високо над горизонтом. Його похилі промені гріють слабо. Влітку полярний день на полюсах триває півроку, а чим ближче до полярних кіл, то він зменшується до однієї доби.

Повний оберт Землі навколо Сонця здійснюється за 365 діб 5 год 48 хв 46 с. Це – тропічний рік. Звичайно таким роком для літочислення користуватися неможливо.

Зараз ми користуємося календарем, який було започатковано у XVI столітті за ініціативою римського папи Григорія XIII. Його тривалість складає 365 діб. Надлишок в 5 з лишком годин накопичується і раз на 4 роки враховується як один день, який додається до днів місяця лютого.

### **7.2.3. Рух Землі навколо своєї вісі та лік часу**

У процесі обертання Землі навколо своєї вісі кожна точка земної поверхні описує коло меншого чи більшого розміру, в залежності від місця розташування її між екватором і полюсами. Чим ближче точка до полюсу, тим менша її лінійна швидкість. Точки полюсів нерухомі, а лінійна швидкість ек-

ваторіальної точки максимальна – близько 1700 км за годину, або 464 м/с. Внаслідок обертання Землі навколо своєї вісі відбувається зміна дня та ночі. Це створює особливий ритм у перебігу всіх природних процесів на планеті.

Рух Землі навколо своєї вісі називається добовим обертанням, яке займає 23 години 56 хвилин 4 секунди. Це – зоряна доба, бо за цей час Земля завершує свій оберт по відношенню до зірок. Лічити час таким чином не зручно, бо розклад життя людини пов'язаний не з зірками, а з Сонцем. Сонячна доба дещо довша за зоряну, бо тут Земля обертається не тільки навколо своєї вісі, а і навколо Сонця. Але і нею користуватися теж незручно, бо і вона не складає цілу кількість годин. Крім того, тривалість сонячної доби змінюється протягом року. В повсякденному житті людство користується лічбою часу по так званому „середньому Сонцю”, яке „рухається” по небосхилі умовно завжди рівномірно, а доба рівна 24 годинам. Зоряним та справжнім сонячним часом користуються лише з науковою метою.

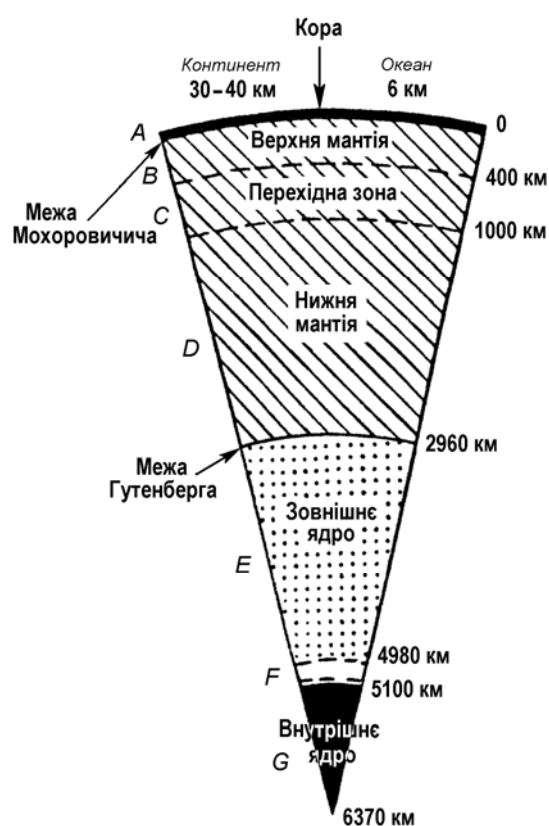
Якщо намагатися користуватися точним добовим часом, то треба враховувати місцевий час кожної конкретної точки земної поверхні. Це незручно, бо тоді навіть мешканці двох сусідніх селищ не змогли б порозумітись щодо часу.

Щоб позбавитись такої проблеми, вирішено користуватися так званим міжнародним поясним часом. З цією метою вся земна куля розмежована на 24 пояси відповідно до кількості годин у добі. Кожний пояс охоплює територію, що складає 15 градусів довготи. Згадаймо, що географічною довготою називається кут, утворений площиною меридіану даної точки на поверхні планети та площиною нульового меридіану, який проходить через Гринвіцьку обсерваторію (Англія). Нумерація поясів іде із заходу на схід, починаючи від нульового, або Гринвіцького. Поясний час співпадає з місцевим лише на середньому меридіані кожного пояса, а в інших пунктах відстає або випереджує його.

## 7.3. Будова Землі та її фізичні особливості

### 7.3.1. Внутрішня будова Землі.

У розрізі тіло планети Земля складається з трьох шарів: земної кори, або літосфери, мантії та ядра (мал.. 7.3). Треба зауважити, що значна частина вчених не ототожнює літосферу з земною корою, а вважає останню лише верхньою частиною літосфери.



Мал.. 7.3. Внутрішня будова Землі

Під земною корою мається на увазі увесь комплекс гірських порід товщиною 5-20 км на дні океанів та до 65-75 км на материках. З глибиною тиск тут зростає, а температура підвищується до 800°C. Приблизно половину товщини кори займає її верхній шар, який складається із осадових порід. Решта – кристалічні породи граніт та базальт.

Між земною корою та ядром лежить так звана мантія, яка простягається вглиб до 2900 км. Ця проміжна оболонка займає понад 80% об'єму земної



кулі. Вона складається з трьох концентричних шарів, кожен з яких більш-менш однорідний. Речовина верхньої мантії внаслідок високих температур (близько 1200°C) перебуває в рідкому стані. Вона, маючи пластичні властивості і утримуючи на собі більш тверді породи, нестійка в механічному та фізико-хімічному відношеннях і тому є джерелом зародження висхідних і низхідних рухів. Саме тут розташовані осередки землетрусів, вулканізму та горотворчих процесів.

Вважають, що мантія складається переважно з оксидів кремнію, магнію та заліза. З глибиною тиск і густина речовини тут зростає. Незважаючи на високу температуру в нижній мантії (близько 3800°C), речовина тут, в умовах дуже високого тиску, перебуває в твердому стані.

У центрі планети, на глибині понад 2900 км, знаходиться земне ядро, яке становить третину маси планети, хоча займає всього 16% її об'єму. Припускають, що зовнішня його частина, товщиною біля 2100 км, рідка, внутрішня – тверда. Речовина ядра перебуває в умовах високої температури та колосального тиску.

### **7.3.2. Фізичні особливості Землі**

Під фізичними властивостями Землі розуміються її температурні характеристики, густина речовини, тиск та магнетизм.

На поверхні планети температура постійно змінюється в залежності від надходження тепла. Добові коливання температури доходять до глибини 1,0-1,5 м, а сезонні сягають глибини 30 м. Далі знаходиться зона постійної температури, або нейтральна зона. Тут завжди +12°C.

При подальшому заглибленні у напрямку до земного ядра температура підвищується і в центрі Землі досягає 4000-5000°C.

Середня густина Землі є відношенням її маси до маси води такого ж об'єму і становить 5,5 г/см<sup>3</sup>. Але верхні шари літосфери мають цей показник значно менший, ніж середній. Наприклад, густина граніту становить всього 2,6 г/см<sup>3</sup>. У центрі ж Землі цей показник досягає 12-17 г/см<sup>3</sup>.

Гірські породи мають велику масу і тому сильно тиснуть на нижчі шари земної кори. Підраховано, що, наприклад, на глибині 600 км тиск близько 200 тис. атм, а в центрі Землі – близько 3 млн. атм.

Земна куля має магнітне поле, а отже і всі властивості магніту. Магнітні силові лінії Землі примушують магнітну стрілку компасу одним кінцем постійно спрямовуватись на північ, а іншим – на південь.

Треба сказати, що магнітні полюси нашої планети, а отже і її магнітна вісь не співпадають з географічними полюсами та віссю, бо Північний магнітний полюс знаходиться в Канадському архіпелазі (острів Принца Уельського), а Південний – в Антарктиді (Земля Вікторії). Внаслідок цього магнітна вісь відхилена від вісі обертання аж на 11,5о і не проходить через центр Землі.

Більше того, магнітні полюси мігрують. Північний полюс рухається на північ із швидкістю 20,5 м за добу, або 7,5 км за рік. Передбачається, що він у 2185 році співпаде з Північним географічним полюсом. Ще швидше мігрує Південний магнітний полюс – 30 м щодоби в напрямку Австралії.

Невідповідність магнітних та географічних полюсів ускладнює орієнтування на місцевості за компасом та картою, бо стрілка компаса показує магнітний меридіан, який не співпадає з географічним. Кут між цими меридіанами називається магнітним схиленням, яке буває східним і західним. Для зручності орієнтування на місцевості, особливо дальнім літакам та кораблям складаються спеціальні магнітні карти, які треба періодично поновлювати через міграцію магнітних полюсів.

Магнітне поле Землі зазнає періодичних і неперіодичних коливань. Найбільш сильні періодичні магнітні коливання називаються магнітними бурями. Вони зумовлені змінами електронних потоків в атмосфері під впливом Сонця.

Магнетизм має велике практичне значення. За допомогою магнітної стрілки визначають напрям сторін світу. У геології широкого застосування

набули магнітометричні методи пошуків корисних копалин. Дослідження палеомагнетизму Землі дає змогу відтворити історію розвитку земної кори.

Земля навколо себе має поле тяжіння, зумовлене її масою. Це поле називається гравітаційним. Біля поверхні планети його середнє значення становить  $9,8 \text{ м/с}^2$ . З висотою цей показник зменшується. На тіло, що перебуває на земній поверхні, діє не тільки гравітаційне поле, а й відштовхувальна сила, яка зумовлена обертанням Землі навколо своєї вісі і називається відцентровою. Рівнодіюча двох сил – гравітаційної та відцентрової – називається силою тяжіння. Визначається сила тяжіння масою тіл. Маса, власне, і є сила, з якою тіла притягаються в напрямі до центра Землі. Сила тяжіння утримує тіла і предмети на поверхні планети, а гравітаційне поле утримує на орбіті супутник Землі Місяць.

Величина сили тяжіння на поверхні Землі залежить від географічної широти. На екваторі вона найменша –  $9,78 \text{ м/с}^2$  внаслідок того, що тут найбільша відцентрова сила та відстань до центра планети. На полюсах, де відцентрова сила відсутня, а відстань до центра Землі найменша, сила тяжіння найбільша і становить  $9,83 \text{ м/с}^2$ .

Гравітаційне поле досить суттєво впливає на еволюцію планети та її географічну оболонку. Сила тяжіння визначає форму Землі, зумовлює рухи земної кори. Під її впливом відбувається переміщення пухких гірських порід на поверхні, мас води, льоду, повітря. Гравітаційне поле Землі є однією з причин кругообігу речовин та енергії в літосфері, гідросфері та атмосфері.

### **7.3.3. Рельєф та його формування**

Рельєф земної поверхні – це сукупність нерівностей, які утворюються внаслідок тривалої дії на земну поверхню внутрішніх та зовнішніх факторів.

Внутрішніми факторами, що видозмінюють поверхню Землі, є тектонічні процеси (підняття та опускання земної кори), вікові коливання (повільне опускання значних територій, внаслідок чого оголяється морське дно чи за-

топлюється суходіл), горотворні зрушення земної кори, розриви гірських порід тощо.

Горотворні зрушення та розриви земної кори пов'язані з землетрусами. Саме землетруси призводять до деформацій в земній корі, утворюють тріщини, зсуви, провали тощо. Місце зародження землетрусу називається гіпоцентром і може виникнути на різній глибині: від декількох кілометрів до межі земної кори з мантиєю. Чим глибше гіпоцентр, тим більшу територію охоплює землетрус. Проекція гіпоцентру на поверхню Землі називається епіцентром. Тут спостерігається найбільша сила землетрусу.

Протягом року на Землі спостерігається близько 10 тис. землетрусів.

Вулканічні процеси теж є рельєфоутворювальним фактором. Сьогодні на Землі діє 624 вулкани, 70 із яких підводні.

Зовнішні фактори, що видозмінюють поверхню Землі, надзвичайно різноманітні. Це – сонячне тепло, робота води, вітру, життєдіяльність живих організмів, а також складні хімічні процеси. Результатом дії цих факторів є руйнування гірських порід, або вивітрювання, яке буває фізичним, хімічним та органічним.

Фізичне вивітрювання здійснюється перш за все під дією різних змін температури та вітру.

Хімічне вивітрювання відбувається за участю води, в якій можуть бути розчинені гази, солі, кислоти.

Органічне вивітрювання спричиняється діяльністю бактерій, водоростей, грибів, лишайників та вищих рослин.

Процес вивітрювання веде до утворення осадових порід.

Основними елементами рельєфу Землі є гори та рівнини. Горою називається підвищення, що має вершину, схили, підошовну лінію та піднімається над місцевістю понад 200 м. Якщо підвищення нижче, то воно називається пагорком.

Низка гір, що тісно прилягають одна до одної, складає гірський хребет. Декілька гірських хребтів утворюють гірське пасмо.

Рівниною називається велика ділянка суходолу з гладкою або малохвилястою поверхнею.

Як ми вже знаємо, суходіл займає біля 30% поверхні Землі. Він складається із окремих материків, або континентів, та островів. Розрізняють 6 материків: Євразія, Африка, Північна Америка, Південна Америка, Антарктида, Австралія (з Океанією). Однак, ми користуємося також такими поняттями як частини світу, які на відміну від природно-геологічних понять материка, є соціально-історичними. Це – Європа, Азія, Америка, Африка, Антарктида та Австралія з Океанією.

#### **7.3.4. Хімічний склад земної кори**

До складу земної кори входять майже всі відомі хімічні елементи, але три з них – кисень, кремній та алюміній – складають майже 83% усієї її маси, із яких кисень – 49%.

У чистому вигляді хімічних елементів у земній корі зустрічається дуже мало: золото, платина, срібло, мідь, сірка, графіт, алмаз тощо. Решта елементів входять до складу різноманітних сполук – мінералів. Найчастіше вони тверді, але є рідкі (нафта, ртуть, вода) та газоподібні (природний газ, вуглекислий газ).

Мінерали надзвичайно різноманітні за будовою, фізичними та хімічними особливостями. Більшість мінералів мають кристалічну будову.

Мінерали є матеріалом, з яких складаються гірські породи. Гірські породи бувають мономінеральними (мармур, вапняк, нафта) та полімінеральними (граніт, базальт). Більшість із них – полімінеральні.

За походженням гірські породи бувають магматичні, осадкові та метаморфічні.

Магматичні породи (граніт, базальт та інші) утворюються з магми або лави (вилитої на поверхню магми). Найважливішими їх компонентами є окиси кремнію та алюмінію.

Осадові породи виникли шляхом відкладання на дні водних басейнів і земній поверхні частинок порід, зруйнованих дією вітру, води, живих організмів та інших факторів вивітрювання. Вони надзвичайно різноманітні. Це – гравій, пісок, глина, вапняки тощо.

Метаморфічні породи утворюються у процесі глибокого перетворення осадових і магматичних порід в умовах впливу величезного тиску і високої температури, а також внаслідок притоку або відтоку газів і водних розчинів. До числа найпоширеніших метаморфічних порід належать глинисті сланці, мармури, гнейси, кварцити тощо.

Основну масу земної кори становлять магматичні гірські породи (близько 95% її маси). Поверхня Землі на 75% складається з осадових порід і на 25% – із магматичних і метаморфічних.

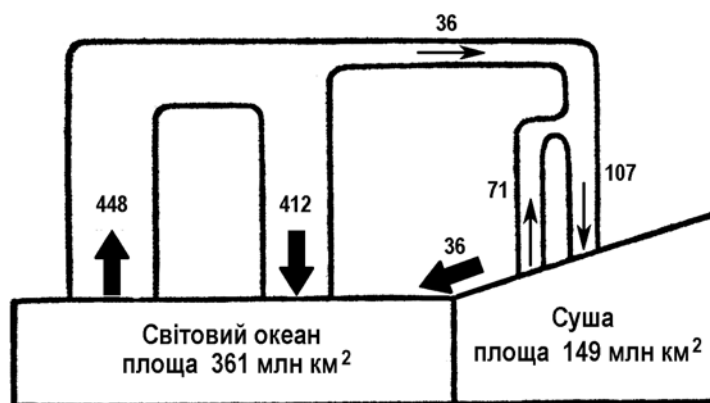
## **7.4. Водна оболонка Землі**

### **7.4.1. Вода на Землі та її властивості**

Вода є найбільш розповсюдженим мінералом на Землі і утворює одну із оболонок планети – гідросферу. Гідросфера являє собою сукупність вод світового океану, річок, озер, боліт, льодовиків та підземних вод. Майже 94% води гідросфери зосереджено в океанах. На долю прісної води на Землі припадає лише 2%.

Вода – це єдиний земний мінерал, який в природних умовах може існувати в твердому, рідкому та газоподібному стані.

Між суходолом і Світовим океаном відбувається постійний водообмін – кругообіг води. Головною ланкою в цьому є випаровування. З поверхні Світового океану щорічно випаровується шар води товщиною майже 1,5 м. Ця кількість води постійно поновлюється тут водою опадів та річок. (Мал. 7.4).



Мал.. 7.4. Малий і великий кругообіги води (числа – об’єм кругообігу води, км<sup>3</sup>).

Вода відіграє величезну роль у природі, бо є універсальним розчинником, чим забезпечує здійснення численних хімічних реакцій, обмін речовин у живому організмі та кругообіг речовин у природі. В житті людини вона теж вельми необхідна, бо використовується нею у промисловому та сільськогосподарському виробництві, для приготування їжі та інших побутових потреб.

#### 7.4.2. Океани та моря

Світовий океан поділяється на чотири океани: Тихий, або Великий, Атлантичний, Індійський та Північний Льодовитий. Відокремлені частини океану, що дещо заходять в суходіл, називаються морями. Залежно від ступеня ізольованості від океану, особливостей гідрохімічного та гідрологічного режиму розрізняють внутрішні, напівзамкнені, відкриті та міжострівні моря.

Внутрішні моря майже з усіх сторін оточені сушею і з’єднуються з океаном чи сусіднім морем однією або декількома протоками. Такими морями є, наприклад, Чорне, Азовське, Балтійське, Середземне, Червоне, Мармурове та інші.

Напівзамкнені моря лише частково обмежені материками і відокремлені від океану чи сусідніх морів півостровами або групами островів. До цієї групи належать Берингове, Північне, Японське, Жовте, Карибське та інші моря.

Відкриті моря розташовані по окраїнах материків і зберігають вільний зв'язок з океаном, тому відмінності між ними незначні. Таким є моря Баренцове, Лаптевих, Чукотське, Аравійське, Коралове тощо.

Між островні моря оточені тісним кільцем островів або островних дуг. Від океану вони відрізняються власною системою течій, специфічною температурою, особливими видами риб і водоростей. Яскравими прикладами морів такого типу є Яванське, Сулавесі, Банда, Філіппінське.

Чим більше ізольоване море від океану, тим більш індивідуальне воно за своїми географічними ознаками, різними режимами і живими організмами.

Моря можуть утворювати затоки (Ботнічна, Біскайська, Мексиканська, Каламітська та інші) та протоки (Ла-Манш, Гібралтарська, Берінгова, Керчинська та інші).

Світовому океану притаманні різноманітні морські течії, головною причиною яких є вітер, який постійно дме в одному напрямку. Вони бувають теплими (наприклад, Гольфстрім), холодними (Бенгальська, Перуанська, Каліфорнійська та інші) та нейтральними (наприклад, Південна Екваторіальна). Теплі морські течії починаються в тропіках і рухаються в помірні чи полярні широти. Холодні – навпаки. Нейтральні ж течії рухаються в межах кліматичного пояса на схід чи захід. Морські течії є важливим фактором міграції рослин і тварин. Вони також можуть суттєво впливати на клімат.

Моря багаті на живу природу, яка надзвичайно різноманітна. Тут існують як мікроскопічні рослини та тварини, так і гігантські кити довжиною до 30 м та вагою до 100 т або водорості довжиною до 200 м.

У морях та океанах живе біля 10 тис. видів рослин (на суходолі понад 400 тис.), більшість із яких – водорості, але зустрічаються також квіткові рослини (близько 30 видів). Водорості можуть жити лише при наявності світла, і вони не зустрічаються глибше 200-400 м.

На відміну від рослин, тварини заселяють усю товщу Світового океану, де їх налічується майже 150 тис. видів (на суші – близько 1500 тис.). Це – ри-



би, молюски, ракоподібні тощо. Найбільше тут молюсків – майже третина видів. На другому місці риби.

Морська вода являє собою іонний розчин солей, середня концентрація яких складає 3,5 %. У ній виявлено принаймні 67 хімічних елементів, головними з яких є хлор та натрій. У меншій кількості тут наявні іони сульфатів, магнію, кальцію, калію, карбонатів. Ці елементи надають морській воді специфічного гірко-солоного смаку. Крім солей, у морській воді завжди наявні гази. Найпоширенішими з них є азот, кисень та вуглекислий газ.

Світовий океан з його морями має велике значення для людства. Людина черпає тут продукти харчування (водорості, молюски, рибу, ракоподібні), сировину для переробної промисловості (кити, тюлені, моржі тощо). Океан також є джерелом сировини для виготовлення ліків, а також численних корисних речовини – кухонної солі, йоду, магнію, брому тощо.

Моря і океани – це також невичерпне джерело енергії у вигляді припливів та відпливів, хвиль, морських течій тощо.

### **7.4.3. Річки**

Значну частину гідросфери складають річки. Річковий стік є важливою складовою кругообігу води на Землі.

Площа, з якої ріка та її притоки одержують воду, називається водозбірним басейном. До найбільших у світі належать водозбірні басейни Амазонки (7, 18 млн. км<sup>2</sup>), Конго (3, 82 млн. км<sup>2</sup>), Міссісіпі з Міссурі (3, 27 млн. км<sup>2</sup>), Обі (2, 97 млн. км<sup>2</sup>). Площа водозбірного басейну Дніпра становить 504 тис. км<sup>2</sup>. Наповнення річок водою залежить від кількості опадів у їхньому басейні, малих річок, що впадають у них, та від потужності джерел витоків усіх цих малих річок.

Розміри річки залежать від площі материка на якому вона протікає, та від розміру її басейна. Найбільшими річками світу є Ніл з притокою Кагера (6671 км), Амазонка (6437 км) та Міссісіпі з Міссурі (5971 км). Для порівняння, річка Дніпро має довжину 2201 км, а Дністер – 1352 км.

Кожна ріка протікає в природному сформованому руслі. У неї розрізняють витік, верхню, середню, нижню течії та гирло. Витоком називають те місце, де ріка бере свій початок. Це можуть бути джерела (Волга, Дністер), болота (Амазонка, Дніпро, Прип'ять), озера (Ніл, Нева, Ангара). Верхів'ям ріки називається її верхня течія, яка досить часто утворюється внаслідок злиття декількох потоків. В середній і нижній течії долини рік найкраще виражені і складаються з русла, заплави і декількох терас. Руслом називають ту частину долини, яка постійно заповнена водою. Заплава покривається водою тільки під час повеней або паводків. Її поверхня, як правило, рівна і вкрита молодими річковими наносами. При заглибленні русел утворюються тераси – сходоподібні уступи різної ширини, що тягнуться вздовж схилів прилеглої місцевості. У поперечному плані долини рік асиметричні через дію відхиляючої сили обертання Землі. У ріках північної півкулі сильніше розмивається правий берег, а південної – лівий. Усі ріки закінчуються гирлом – місцем впадіння в море, озеро або іншу ріку.

Усі ріки виконують величезну роботу в перерозподілі речовини та енергії на поверхні Землі. Вони розмивають різноманітні породи на своєму шляху, переносять розчинені речовини та мулистий матеріал, який можуть відкладати у своєму руслі, на заплавах, у гирлі або виносити у водойми впадання.

Рослинний і тваринний світ річок значно бідніший за живий світ океану, однак і тут живуть тисячі видів тварин і рослин. Особливо багаті річки рибою. Ріки мають величезне значення для життя людей. Їхні прісні води вживаються для пиття, приготування їжі та інших побутових потреб. Вони використовуються людиною як транспортні шляхи, джерело енергії (гідроелектростанції), для рибальства, зрошення та промислового водопостачання.

#### **7.4.4. Озера та болота**

Озера – це западини на поверхні суходолу, заповнені стоячою або слабопротічною водою. Найбільшим озером на Землі є Каспійське, яке займає

площу понад 393 тис. км<sup>2</sup>. Найбільшим за запасами прісних вод є озеро Байкал – 23 тис. км<sup>3</sup>, що становить 1/5 світової кількості поверхневих прісних вод. Байкал є також найглибшим озером світу – максимальна глибина його становить 1620 м.

Озера класифікуються за походженням водної маси та западини.

За походженням води їх поділяють на материкові та залишкові. Материкові озера утворюються за рахунок атмосферних опадів. Залишкові озера формуються внаслідок відокремлення від моря чи річки заток, бухт, лиманів тощо. До них належать озера Сасик (Одеська обл.) і Саки (Кримський півострів), дюнні озера на берегах Балтійського, Північного та Середземного морів.

За походженням западин озера діляться на тектонічні, льодовикові, карстові, штучні тощо. Тектонічні озера мають лінійно витягнуту форму і значні глибини. Вони пов'язані з тектонічними розломами у земній корі і поширені в сейсмічно активних районах Землі. Таким шляхом утворилися найбільші озера світу: Байкал, Телецьке, Великі Африканські, Мертве море. Льодовикові озера сформувалися на територіях, що зазнали зледеніння. Вони, як правило, неглибокі, мають витягнуту форму й орієнтовані в напрямку руху льодовика. Такі озера поширені в Фінляндії, на Кольському півострові, в Карелії, Білорусії, в Канаді, на півострові Лабрадор тощо. Карстові озера поширені в областях, багатих на легко розчинні гірські породи – вапняки, гіпси, доломіти. Тривале розчинення цих порід водами приводить до утворення порівняно глибоких, але незначних за площею декількох котловин. До карстових озер належать Ельтон і Баскунчак, Швацькі озера на Волині та інші. Штучні озера – водосховища, ставки – створюються з метою покращення водопостачання населених пунктів і промислових об'єктів, для забезпечення водою зрошуваних земель.

Озера бувають солоні та прісні. Якщо вода озера містить понад 0,1% солей, то таке озеро солоне. Прісні озера містять вуглекислі солі. Більшість озерних котловин заповнена прісними водами. Серед солоних озер відомими

є найбільші з них – Каспійське море, Велике Солоне та Ельтон. В Україні невеликі солоні озера зустрічаються на узбережжі Азовського та Чорного морів.

Людина використовує озера для рибальства, розведення риби та водоплавної птиці, добування солей тощо.

Дрібні озера недовговічні і поступово перетворюються на болота. Крім того, болото може утворитися на місцевості з надмірним зволоженням. Болото визначається як неглибоке скупчення води, що частково чи повністю заросло вологолюбними рослинами

За ступенем забезпечення їх рослинності мінеральним живленням болота поділяють на низинні, або трав'яні, верхові, або мохові, та перехідні, або змішані. Низинні болота перетворюються у змішані, а змішані у верхові. Низинні болота утворюються внаслідок заболочення озер низин. Вони живляться ґрунтовими водами і мають високий вміст мінеральних солей. До верхових відносяться сфагнові болота, які утворюються із низинних боліт в результаті накопичення торфу. Рослинність цих боліт росте не на ґрунті, а на торфові, і тому живиться переважно атмосферними опадами. Стадія перетворення низинного болота у верхове називається перехідним болотом. В Україні болота поширені у Поліссі.

#### **7.4.5. Підземні води**

Підземними називаються води, що містяться у верхній частині земної кори і заповнюють проміжки та пори подрібнених гірських порід (піску, гальки), тріщини в скельних породах (гранітах, пісковиках), порожнини в розчинних породах (вапняках, доломітах). Підземних вод приблизно в 37 разів більше, ніж у всіх озерах, річках і болотах світу.

За походженням підземні води діляться на інфільтраційні, седиментаційні, конденсаційні та магматичні.

Інфільтраційні води утворюються при інфільтрації (від лат. *infiltratio* – просочування) в ґрунт атмосферних опадів та інших поверхневих вод. Вони

особливо поширені у верхніх горизонтах земної кори, де відбувається інтенсивний водообмін. До цього типу належать прісні підземні води, що використовуються для водопостачання.

Седиментаційні води (від лат. *sedimentum* – осад) утворюються внаслідок осідання механічних часточок на дні водойм. Цей процес дуже повільний.

Конденсаційні води утворюються при конденсації водяної пари в ґрунтах. Хоч вони мають обмежене значення, в окремих випадках, наприклад, в пустелях, конденсаційні води відіграють основну роль у поповненні підземних вод.

Магматичні води утворюються в результаті конденсації охолоджених парів магми. Однак питання про походження води у магмі залишається дискусійним.

Вода зустрічається у земній корі у твердому, рідкому та газоподібному станах. У вигляді льоду вона перебуває в поверхневих шарах тих районів планети, де середньорічні температури нижче нуля градусів. В основному вода міститься в надрах Землі в рідкому стані.

Підземні води можуть виходити на земну поверхню у вигляді джерел. Якщо така вода містить у великій кількості розчинені солі, інші мінерали та гази, вона називається мінеральною. Мінеральні води використовують з лікувальною метою. У деяких випадках підземні джерела мають високу температуру. Такі джерела знаходять все більше застосування при опаленні житлових будинків та виробництві електроенергії. Дармове тепло широко використовується в Ісландії. Не виключено, що і термальні води Закарпаття теж розширять сферу свого практичного застосування.

Підземні води відіграють велику роль у житті людини. Від цього природного ресурсу залежить значна частина населення земної кулі. Їх використовують для водопостачання населених пунктів. Вони широко використовуються в промисловості та сільському господарстві. Суттєву роль підземні во-

ди відіграють у живленні різноманітного рослинного світу. Вони є незамінним джерелом пиття для всього живого на нашій планеті.

## **7.5. Повітряна оболонка Землі**

### **7.5.1. Хімічний склад повітря**

Повітряна оболонка Землі називається атмосферою. Вона обертається з Землею як єдине ціле і захищає все живе від згубної дії космічного випромінювання та значно згладжує добові коливання температури.

Атмосфера являє собою механічну суміш газів та завислих у повітрі частинок. Хімічний склад сухого чистого повітря такий: азот (78%), кисень (21%), інертні гази (1% - гелій, аргон, криптон, ксенон), вуглекислий газ (0,03%) тощо. Ці співвідношення залишаються незмінними на десятки кілометрів у висоту.

Важливою складовою частиною атмосфери є водяна пара, хоча її загальний вміст не перевищує 3% її об'єму. Більша частина пари знаходиться в повітрі до висоти 3000 метрів. Кількість пари змінюється залежно від температури. У холодному повітрі можуть міститися долі відсотка водяної пари, а в повітрі деяких жарких тропічних областей її кількість може досягати 4%.

Завислі частинки в атмосфері – це легкі органічні речовини, промисловий дим і сажа, вихлопні гази машин, краплі води і кристали льоду, земний і космічний пил, вулканічний попел тощо. Ці частинки мають в основному мікроскопічні і ультрамікроскопічні розміри. Вони сприяють поглинанню, відбиттю та розсіюванню деякої частини сонячної радіації і, крім того, виконують функції центрів, навколо яких конденсується водяна пара.

Найпоширенішим газом в атмосфері є азот. Крім того, він обов'язково входить до складу різноманітних органічних сполук. Це також один із найважливіших елементів живлення рослин, який значною мірою визначає їх продуктивність. В кругообігу азоту в природі велику роль відіграють азотфіксуючі бактерії.

Кисень є одним з найпоширеніших і найважливіших елементів на Землі. Він необхідний для дихання усіх живих організмів, входить до складу білків, жирів та вуглеводів, бере активну участь у біологічному кругообігу речовин у природі. Кисень також входить до складу багатьох гірських порід і мінералів.

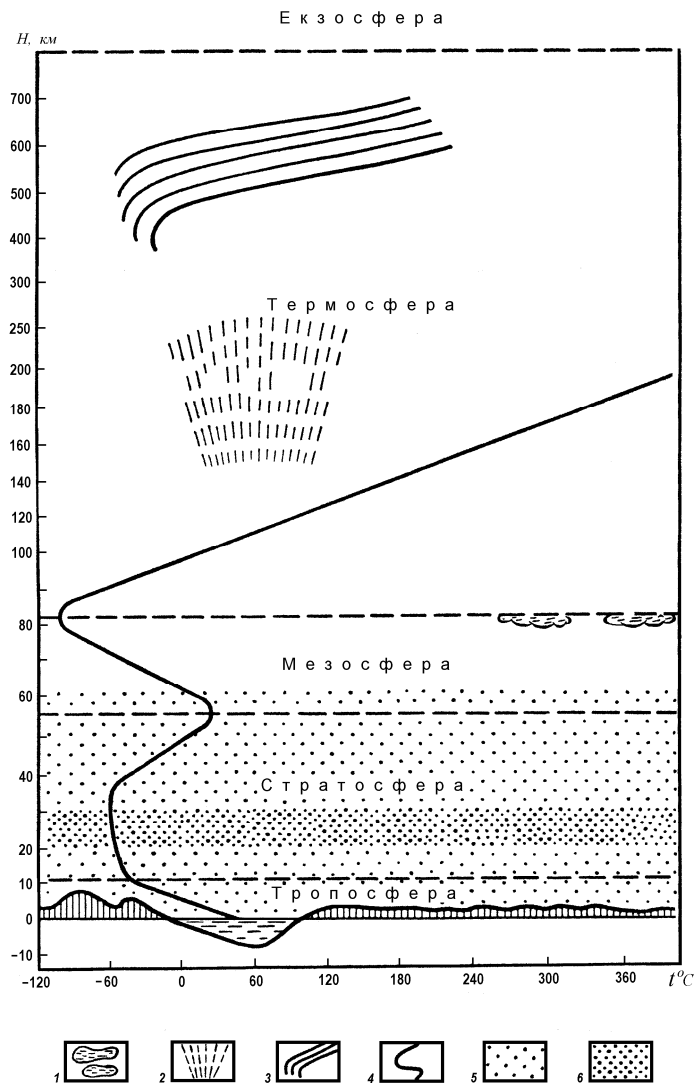
Якщо вміст азоту і кисню в повітрі практично не змінюється, то концентрація вуглекислого газу зазнає значних коливань. Наприклад, вночі його дещо більше, ніж вдень. Пояснюється це тим, що він поглинається рослинами лише в денний час. Крім того, протягом останніх десятиліть, внаслідок бурхливого розвитку промислового виробництва та зменшення площ лісових масивів, вміст вуглекислого газу в атмосфері невпинно зростає.

У атмосфері на висотах 15-50 км розташований так званий озоновий шар. Озон (O<sub>3</sub>) утворюється із атмосферного кисню (O<sub>2</sub>) під дією ультрафіолетового випромінювання Сонця. Найбільша концентрація його виявлена на висотах 23-27 км. В незначних кількостях він може також утворюватися під час гроз. Озоновий шар атмосфери поглинає більшу частину сонячного ультрафіолетового випромінювання і таким чином захищає все живе на Землі від надмірного опромінення.

Висхідними та низхідними течіями повітря постійно перемішується. Якби цього не було, то атмосфера розшарувалася б: внизу розташувалися б тільки важкі гази (азот, кисень, вуглекислий газ), а вгорі – тільки легкі (гелій та водень).

### **7.5.2. Будова атмосфери**

Атмосферу умовно поділяють на п'ять шарів у висоту: тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу та екзосферу. (Мал.. 7.5).



Мал. 7.5. Будова атмосфери: 1 – сріблясті хмари, 2 – полярні сяйва в нижньому шарі термосфери, 3 – полярні сяйва у верхньому іонізованому шарі термосфери, 4 – температурна крива, 5 – шар поширення озону, 6 – шар найбільшої концентрації озону.

Найнижчим і найщільнішим шаром атмосфери є тропосфера (від гр. tropos – поворот та sphaîra – куля). Її середня товщина 10-11 км. Тут зосереджено майже 80% усієї маси повітря та вся водяна пара. З висотою температури повітря знижується і у верхньому шарі тропосфери досягає  $-56^{\circ}\text{C}$ . У тропосфері повітря постійно перемішується, відбувається конденсація водяної пари, утворюються тумани, хмари, опади, грози та бурі.



Стратосфера (від лат. *stratum* – настил, шар) розташована безпосередньо над тропосферою і простягається від 10-11 до 50-55 км. Температура нижньої стратосфери становить  $-56^{\circ}\text{C}$  і, починаючи з висоти 25 км, швидко зростає, досягаючи на висоті 50 км значень  $1-5^{\circ}\text{C}$ . У стратосфері має місце досить інтенсивне горизонтальне перемішування повітря. Вертикальні переміщення тут розвинені слабо. Склад повітря подібний до тропосферного. В стратосфері дуже мало завислих частинок – кристаликів льоду, метеоритного та вулканічного пилу. Кристалики льоду утворюють перламутрові хмари, а пил викликає забарвлення сходу та заходу Сонця в яскраві кольори. Стратосфера на висоті 23-27 км має озоновий шар, про який мова йшла в цьому ж розділі вище.

Третім шаром атмосфери є мезосфера (від гр. *mesos* – середній, проміжний), яка простягається від 50-55 до 80-85 км висоти. Температура мезосфери від декількох градусів вище нуля в нижніх шарах знижується до  $-100^{\circ}\text{C}$  у верхніх. Внаслідок швидкого падіння температури з висотою тут спостерігається досить інтенсивне перемішування повітря. Взимку переважають західні вітри з швидкістю близько 100 м/с, а влітку – східні.

Далі, до висоти 800-1000 км простягається термосфера (іоносфера), яка складається переважно з іонів азоту та кисню, які утворюються під впливом ультрафіолетового та рентгенівського випромінювання Сонця. У термосфері на висоті 80-90 км розташований холодний ( $-107^{\circ}\text{C}$ ) шар. Далі до висоти 250 км температура поступово зростає, а ще далі залишається практично незмінною. Іонізоване повітря термосфери відіграє значну роль у природі та має велике практичне значення. Іоносфера поглинає рентгенівське проміння Сонця, що згубно впливає на все живе на Землі. Вона також відбиває радіохвилі, завдяки чому можливий навколосемний радіозв'язок. У термосфері виникають полярні сяйва і близькі до них за природою світіння нічного неба, а також різкі коливання магнітного поля – іоносферні магнітні бурі.

Зовнішнім шаром атмосфери є екзосфера (від гр. *exō* – зовні), яка сягає висоти від 800 до 1600 км і поступово переходить в міжпланетний простір.

Температура в екзосфері з висотою зростає понад 10000С. Цю оболонку ще називають шаром розсіювання газів, бо окремі легкі елементи, які його складають – водень і гелій, долаючи сили земного тяжіння і магнітного поля, відлітають у космос.

### **7.5.3. Температура повітря**

Усі ті процеси, що мають місце в атмосфері, зумовлені тепловою енергією Сонця. Звичайно, повітря саме по собі майже не нагрівається сонячними променями. Тепло воно одержує від розігрітої Сонцем поверхні Землі.

Температура повітря, суміжного з поверхнею Землі шару атмосфери, постійно змінюється. Тут мають місце добові та сезонні її коливання. Амплітуда цих коливань менша в умовах морського клімату та досить значна в континентальних умовах. У приземному шарі повітря добовий максимум встановлюється о 14-15 год., а мінімум – після сходу Сонця. Найбільша добова амплітуда в субтропічних широтах (300С), найменша – в полярних (50С). Річний хід температури залежить від широти (місця розташування між полюсом та екватором), характеру підстилаючої поверхні, висоти місця над рівнем океану, рельєфу, віддаленості від океану.

У розподілі річних температур на земній поверхні виявлені певні географічні закономірності. В обох півкулях середні температури знижуються в напрямку до полюсів. Проте термічний екватор – найтепліша паралель із середньою річною температурою 27°С – розташований у північній півкулі приблизно на 15-20° широти. Пояснюється це тим, що суша займає тут більшу площу, ніж на географічному екваторі.

Від екватора на північ і південь температури змінюються нерівномірно. Між екватором і 25-ою паралеллю зниження температури відбувається дуже повільно – менше двох градусів на кожні десять градусів широти. Між 25° і 80° широти в обох півкулях температури знижуються дуже швидко. Місцями це зниження перевищує 10°С. Далі до полюсів падіння температури знову зменшується.

Середні річні температури всіх паралелей південної півкулі менші температур відповідних паралелей північної півкулі. Середня температура повітря переважно материкової, північної півкулі становить в січні  $+8,6^{\circ}\text{C}$ , в липні  $+22,4^{\circ}\text{C}$ ; в південній, океанічній півкулі середня температура січня  $+17,5^{\circ}\text{C}$ , липня  $+11,3^{\circ}\text{C}$ . Вдвоє більша амплітуда річних коливань температури повітря в північній півкулі пояснюється особливостями розподілу суші і моря на відповідних широтах і охолоджуючим впливом грандіозного льодового купола Антарктиди на клімат південної півкулі.

Розподіл тепла на земній поверхні не відповідає географічному розмежуванню її на світлові пояси. Для визначення теплових поясів користуються так званими ізотермами (від гр. *isos* – однаковий та *thermē* – теплота), тобто лініями на карті, які з'єднують точки з однаковою температурою. Ізотерми південної півкулі протягом усіх сезонів року мають більш прямолінійний (широтний) характер розташування. Відсутність тут значних аномалій в ході ізотерм пояснюється значним переважанням водної поверхні над сушею. Крім того, розподіл температур на поверхні Землі залежить також від перерозподілу тепла океанічними і повітряними течіями.

На Земній кулі виділяють сім теплових поясів: теплий або жаркий, обмежений середньорічною ізотермою  $+20^{\circ}\text{C}$ ; два помірних, обмежених ізотермами  $+20^{\circ}\text{C}$  та  $10^{\circ}\text{C}$ ; два холодних –  $10^{\circ}\text{C}$  та  $0^{\circ}\text{C}$ ; два морозних – за межами ізотерми  $0^{\circ}\text{C}$ .

#### **7.5.4. Вода в атмосфері та опади**

Водяна пара надходить в атмосферу внаслідок випаровування з поверхні океанів, озер, річок, ґрунту та транспірації рослин.

Міра насичення повітря водяною парою визначається поняттям відносної вологості. Це – процентне відношення кількості водяної пари, що є в повітрі, до тої кількості, яку воно може містити при повному насиченні. Коли відносна вологість повітря близька до 100%, слід чекати на опади.

Цей показник залежить перш за все від температури повітря. У полярній зоні, де панують низькі температури, відносна вологість найбільша, а в жаркій – найменша.

В результаті поєднання температури та рівня насичення повітря водяною парою утворюються атмосферні опади у вигляді дощу, снігу, граду тощо. Розподіл опадів на Землі залежить від розподілу хмарності. Проте вирішальне значення має не стільки ступінь вкриття неба хмарами, скільки їхня водність. Так, у високих широтах навіть при значній хмарності випадає небагато опадів, тому що водність хмар через низькі температури низька. В більш низьких широтах водність хмар зростає.

Атмосферні опади належать до найбільш “примхливих” метеорологічних явищ. Вони теж мають зональний розподіл на поверхні земної кулі. На суходолі в середньому випадає опадів близько 750 мм на рік.

Максимум опадів припадає на екваторіальний пояс – 2000-3000 мм. В екваторіальній зоні майже щоденні дощі випадають у басейнах рік Амазонки та Конго і на деяких островах Індонезії (понад 9000 мм). Найбільш дощовим місцем на земній кулі вважається передгір'я Гімалаїв на південному сході Індії (Черрапунджа), де випадає в середньому 11000 мм опадів. Максимальна річна кількість опадів тут досягала майже 23000 мм, найменша – перевищувала 7000 мм.

У тропіках і субтропіках кількість опадів різко зменшується особливо в центральних районах материків та на їхніх західних узбережжях – близько 100 мм і навіть менше. Проте західні частини океанів і східні частини материків у цих зонах дістають значно більше опадів – до 2000 мм, а в горах навіть до 7000 мм на рік.

У помірних широтах кількість опадів зростає і становить у середньому 500-1200 мм на рік, а в горах – 2000 мм і більше. При цьому спостерігається закономірне зменшення кількості опадів на материках у напрямі із заходу на схід в міру віддалення від океану.

Далі до полюсів кількість опадів зменшується до 300 мм і менше

Таким чином, на Землі спостерігається загальнопланетарна закономірність у розподілі кількості атмосферних опадів. Сума опадів, що випадають за рік, різко зростає від полюсів до екватора. Разом з тим у розподілі атмосферних опадів на суші проявляється помітна асиметрія. Материка північної півкулі в цілому значно сухіші, ніж південні. Материка північної півкулі на аналогічних широтах одержують інколи в півтора рази менше атмосферних опадів, ніж суша південної півкулі. Це пояснюється асиметрією розподілу площ суходолу в північній та південній півкулях, внаслідок чого клімат Південної Америки, півдня Африки і Австралії порівняно з Північною Америкою і особливо з Євразією є більш морським, ніж континентальним.

Однак, загальнопланетарні закономірності розподілу атмосферних опадів на суходолі зазнають значних відхилень, які спричинюються висотою місцевості над рівнем моря, конфігурацією гірських масивів, рухом повітряних мас, циркуляцією атмосфери і морськими течіями.

Таким чином, розподіл опадів на Землі має плямистий, концентричний, інколи меридіональний напрям і лише у випадку рівнинності дуже великого континенту, якими є Євразія і Північна Америка, наближається до горизонтального типу.

#### **7.5.5. Атмосферний тиск та рух повітря**

Атмосферний тиск – одна із найважливіших характеристик нижньої атмосфери. Його регулярне вимірювання на різних метеостанціях світу дає можливість складати прогнози погоди. Він обумовлений вагою повітря, 1м<sup>3</sup> якого важить 1,3 кг. На кожний квадратний метр земної поверхні повітря тисне з силою 10333 кг в середньому. Для зручності атмосферний тиск вимірюється в міліметрах ртутного стовпа (мм рт. ст.), який урівноважує цей тиск. Інколи його вимірюють в гектопаскалях (гПа). Нормальним вважається тиск на рівні моря, що становить 760 мм рт. ст., або 1013 гПа. Внаслідок переміщення повітряних мас тиск може змінюватись в межах від 665 до 810 мм рт. ст. Він вимірюється за допомогою ртутного чи металевого барометрів.

Атмосферний тиск у значній мірі залежить від температури та вологості повітря. При підвищенні температури або вологості він падає, а при зниженні – зростає. Із збільшенням висоти над рівнем моря тиск швидко падає. Так, на висоті 5,5 км він уже в 2 рази менший, ніж на рівні моря.

Величина атмосферного тиску змінюється також в залежності від географічного положення на поверхні Землі. Розподіл атмосферного тиску біля земної поверхні відображується ізобарами (від гр. *isos* – однаковий та *baros* – тягар, вага) – лініями, що проходять через точки з однаковим атмосферним тиском. Таке зображення тиску називається баричним рельєфом. Зони низького тиску обрисовуються системою замкнених концентричних ізобар з найменшими відмітками в центрі. Вони називаються баричними мінімумами, або циклонами. Зони високого тиску називаються баричними максимумами, або антициклонами. Вони також зображуються замкненими ізобарами, але в їхньому центрі тиск завжди найбільший. Існують постійні та сезонні баричні зони. Прикладом постійної баричної зони є Ісландський баричний мінімум. На відміну від постійних у сезонних баричних центрах характер тиску діаметрально змінюється від холодної до теплої пори року. Прикладом може бути азійський материк, де влітку формується зона низького тиску над нагір'ями Передньої Азії, а взимку розвивається потужний антициклон над територіями Східного Сибіру та Монголії.

Повітря дуже рідко буває нерухомим. Звичайно, воно постійно переміщується у горизонтальному та вертикальному напрямках внаслідок різниці тиску. Рух повітря в горизонтальному напрямку спричиняє вітер, який тим сильніший, чим більша різниця атмосферного тиску між двома місцевостями. Вітер характеризується напрямком та швидкістю. Напрямок вітру визначається тією стороною світу, звідки він дме, а швидкість вимірюється в м/с або в балах (17-бальна шкала). Наприклад, 2 бали відповідають 2-3 м/с, 6 балів – 10-12 м/с тощо. Біля земної поверхні вітри найчастіше дмуть зі швидкістю 4-8 м/с. Під час ураганів швидкості нерідко перевищують 30 м/с.

Рух повітря пов'язаний не лише з наявністю різниці атмосферного тиску. На нього постійно впливає відхиляюча сила обертання Землі, під впливом якої змінюється напрям руху вітру. Цікаво, що на швидкість вітру цей фактор не впливає.

Людина давно використовує енергію вітру для своїх потреб: у вітрильному мореплаванні, у вітродвигунах тощо.

### **7.5.6. Погода та клімат**

Сукупність атмосферних явищ (температура повітря, атмосферний тиск, вітер, опади) на певній території за певний проміжок часу називається погодою. Погода постійно змінюється. Вона має велике значення в житті людини, тому варто знати її наперед, для чого існує метеорологічна служба.

Річний хід характеристик погоди на певній території земної поверхні є кліматом (від гр. klima – нахил; мається на увазі нахил земної поверхні до сонячних променів) цієї місцевості. Клімат є результатом певних фізичних (кліматотворюючих) процесів, які відбуваються в атмосфері та в підстилковому шарі. Підстилковим шаром вважається верхній шар ґрунту, рослинний покрив, верхній шар води, сніговий покрив, льодяний покрив на морі, озері тощо. До кліматотворюючих процесів відносять: 1) баланс променистої енергії на земній поверхні та в атмосфері, 2) система повітряних течій, що несуть різну кількість тепла та вологи, 3) вертикальний тепловий та водний обмін в атмосфері, підстилковому шарі та між ними. Клімат в значній мірі залежить від географічних факторів: географічної широти, висоти над рівнем моря, характеру рельєфу, а також особливостей підстилкової поверхні.

У свою чергу, клімат впливає на географічні особливості місцевості – на рослинність, ґрунт, частково рельєф, водоймища тощо.

Існують різноманітні принципи класифікації клімату. Сьогодні найчастіше на земній кулі розрізняють 7 кліматичних поясів: екваторіальний, субекваторіальний, тропічний, субтропічний, помірний, субарктичний та субантарктичний, арктичний та антарктичний.

Протягом історії Землі клімат змінювався багато разів і там, де тепер полярний клімат, багато мільйонів років тому були тропічні ліси, і навпаки.

Про це стверджують палеонтологічні знахідки. За останні 5 тис років значних змін клімату на Землі не помічено.

#### *Запитання. Завдання*

1. Що входить до складу Сонячної системи?
2. Назвіть планети, що видно неозброєним оком, і ті, що можна побачити лише в телескоп.
3. Завдяки чому світяться планети?
4. Охарактеризуйте планети типу Земля та планети-гіганти.
5. Що сучасна наука знає про процеси, які відбуваються на Сонці?
6. Охарактеризуйте супутник Землі Місяць.
7. Як Місяць і Сонце впливають на земні процеси?
8. Охарактеризуйте комети як частину Сонячної системи.
9. Що таке Галактика?
10. Яка з наукових гіпотез про походження планет Сонячної системи на даний час є найбільш визнаною?
11. Яку форму має Земля?
12. Розкрийте рух Землі навколо Сонця та навколо своєї вісі.
13. Опишіть внутрішню будову Землі.
14. Що розуміють під фізичними властивостями Землі?
15. Назвіть фактори, які впливають на рельєф земної поверхні.
16. Що входить до складу земної кори?
17. Поясніть кругообіг води в природі.
18. Обґрунтуйте значення води в природі.
19. На які види за походженням діляться підземні води?
20. Розкрийте хімічний склад повітря.
21. Охарактеризуйте п'ять шарів атмосфери.
22. Що таке погода?



23. Дайте визначення клімату.
24. Охарактеризуйте фактори, що впливають на формування клімату.

## 8. УКРАЇНА ЯК СОЦІОЕКОСИСТЕМА

Територія України розташована майже в центрі Європи між 45<sup>о</sup> і 52<sup>о</sup> північної широти та 22<sup>о</sup> і 40<sup>о</sup> східної довготи в трьох природних зонах – мішаних лісів, лісостеповій і степовій. Більша частина країни знаходиться в басейні р. Дніпра, яка поділяє її територію на дві частини – Правобережжя та Лівобережжя. Територія України витягнута із заходу на схід на 400 км більше, ніж з півночі на південь. Її центр знаходиться в точці, розташованій на 2 км на захід від м. Ватутіна Черкаської області. (Рис. 8.1).

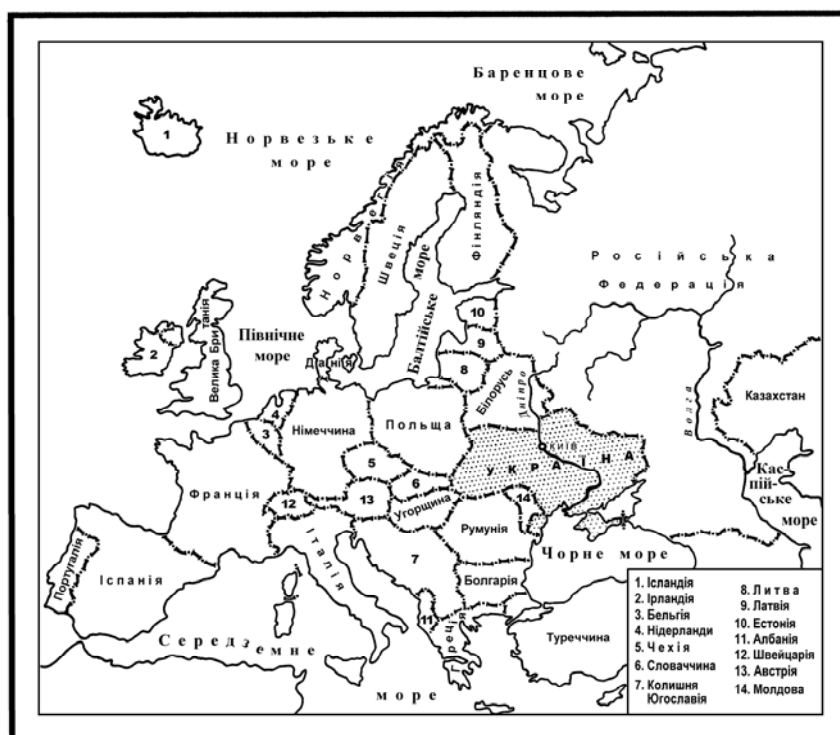


Рис. 8.1. Україна на карті Європи

Наша країна займає вигідне для життя населення та господарської діяльності фізико-географічне положення та характеризується великим і різноманітним природо-ресурсним потенціалом.

Україна межує з Росією, Білоруссю, Польщею, Словаччиною, Угорщиною, Румунією та Молдовою. Загальна протяжність державних кордонів України досягає майже 6,50 тис. км, з яких на морські кордони припадає 1,05 тис. км. Найбільший сухопутний кордон на сході і північному сході з Росією.

Назва “Україна” вперше згадується в 1187 р. в одній з найстаріших пам’яток староруської культури – “Київському літописі” і стосується території Переяславської, Київської та Чернігівської земель. Пізніше під цією назвою мається на увазі все більше і більше земель з корінним українським населенням. Назва “Україна” широко вживалася в європейських дипломатичних документах з XVI ст. Вона також часто зустрічається в народній творчості попередніх століть – піснях та думах. Після приєднання нашої батьківщини до Російської імперії назва “Україна” з політичного вжитку зникає. На початку XX ст. внаслідок розвитку революційних процесів у Європі вона знову набуває розповсюдження як визначник української держави і після 1917р. дістає офіційне визнання.

Площа України становить майже 604 тис. км<sup>2</sup>, а населення – 47,6 млн. чоловік. Столиця – Київ.

Україна є однією з найбільших держав Європи.

## **8.1. Природа України**

### **8.1.1. Рельєф та клімат**

Більша частина території України рівнинна з невеликими висотами до 170 м. На неї припадає майже 90% площі, в тому числі на низовини – 70%. Гори знаходяться лише на крайньому заході (Карпати) та на півдні (Кримські). Вони займають всього 6,8 % території країни. Карпати являють собою молоді середньовисотні гори. В Україні розміщена найнижча їхня частина – Східні Карпати. Вони простягаються з північного заходу на південний схід на 290 км. Найвища вершина – Говерла (2061 м.). Кримські гори – старі, простягаються у південній частині Кримського півострова з північного сходу на південний захід на 150 км. Найвища точка їх – вершина Ромен-Кош (1545 м.). Кримські гори здійснюють важливі кліматоформуючі функції – захищають від впливу північних холодних повітряних мас вузьку приморську смугу – Південний берег Криму – винятково важливу приморську оздоровницю



У цілому рельєф країни створює сприятливі можливості для освоєння природних ресурсів та розвитку виробничої потенціалу.

Україна розташована переважно в помірному поясі Землі. Клімат її території помірно - континентальний і тільки на Південному березі Криму – субтропічний. Континентальність клімату України зростає з заходу на схід. Цим визначається добовий і сезонний температурний режим, а також розподіл опадів по території України. На заході більше опадів (майже 700 мм. за рік) та менші амплітуди коливань температури, на сході та південному сході кількість опадів значно зменшується (до 500 мм. та 300 мм. відповідно), а температура амплітуди збільшуються.

Регулярне чергування впливу західного (атлантичного) та сухого східного повітря в умовах переважно рівнинної території України викликає часту зміну погодно-кліматичних умов. В окремі роки спостерігаються значні відхилення більшості параметрів кліматичних характеристик від середніх багаторічних.

Важливим фактором, що впливає на кліматичну ситуацію в Україні, є атмосферний тиск. Антициклони, що характеризуються підвищеним тиском, у літній час формують теплу безхмарну погоду зі значними амплітудами температури в денний та нічний час. Узимку антициклони призводять до пониження температури. Циклони характеризуються низьким тиском, який супроводжується випаданням опадів (дощу та снігу). Антициклони, вплив яких посилюється в східних та південних частинах України, надходять переважно з Центральної Азії. Циклони, дія яких більш інтенсивна в західній частині країни, зароджуються в основному над Атлантичним океаном і Середземним морем.

Улітку над Україною, особливо західною її частиною, переважає циклонічна діяльність, з чим пов'язане максимальне випадання опадів. Восени здебільшого переважає високий тиск, що призводить до появи так званого бабиного літа з ясними безхмарними днями і теплою погодою. Зате навесні,

особливо в південно-східній частині України, досить часто бувають суховії, а нерідко і «чорні бурі».

Узимку через територію країни з північного сходу на південний захід проходить зона високого тиску, яка є головною межею вітрів. На північ від неї переважають північно-західні вітри, які спричинюють відносно теплі сніжні зими, а на південь – сухі холодні північно-східні вітри.

Під впливом коливань повітряного тиску, циркуляційних процесів в атмосфері, форм рельєфу тощо формується спрямування та сила вітрів на території України. У зимовий час у східних та південних регіонах країни переважають східні вітри, а в західних – західні та південно-західні. Навесні у степовій зоні переважають вітри східного напрямку, у лісостеповій – південно-східні. У літній час на всій території переважно дмуть західні та північно-західні вітри. Середні річні швидкості вітрів найнижчі на Поліссі (у Києві – 2,7 м/с) і далі на південь їх сила зростає (в Одесі – 4,6 м/с).

Значну роль у формуванні клімату відіграє температурний режим, який характеризується суттєвими коливаннями. Температури повітря найхолоднішого місяця (січня) майже повсюдно (крім Південного берега Криму) негативні (від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $-7,5^{\circ}\text{C}$ ), а найтеплішого (липня) – становлять  $17,5-22,0^{\circ}\text{C}$ . Середня тривалість безморозного періоду коливається від 260-270 днів у південній частині Криму до 170 днів на північному сході країни. Часто спостерігаються суттєві відхилення від середньорічних температур, коли абсолютні максимуми температур сягають  $36-42^{\circ}\text{C}$  влітку та  $6-18^{\circ}\text{C}$  взимку, а абсолютні мінімуми відповідно –  $-30^{\circ}\text{C}$  на півдні та  $-40^{\circ}\text{C}$  на сході.

Кількість та розподіл опадів по території України також є кліматоформуючими факторами. Найбільше їх випадає у Карпатах (до 1600 мм на рік) та у Криму (800-1150 мм). На решті території цей показник коливається від 700-750 мм на північному заході до 300-350 мм на південному сході. Такий розподіл опадів є наслідком панування у південно-східних районах антициклонів, що приходять зі сходу, а у північно-західних – циклонів атлантичного походження. У посушливі роки кількість опадів значно знижується: у прибе-

режних районах Азовського та Чорного морів – до 100 мм, у степових – до 150-200 мм, у лісостепових – до 250-350 мм.

Опади переважають улітку. Лише у південній частині Криму основна кількість опадів припадає на зимовий період. Узимку по всій території України випадає сніг, утворюючи (крім Південного берегу Криму) постійний сніговий покрив. У літні місяці в більшості областей країни переважає посушлива погода, що характеризується високою випаровуваністю, яка значно перевищує опади. Волога в ґрунті накопичується переважно в осінній, зимовий та весняний періоди. Дефіцит вологи в ґрунті та у повітряному шарі, що до нього прилягає, негативно впливає на урожайність сільськогосподарський культур більшості регіонів України.

В Україні спостерігаються окремі несприятливі погодно-кліматичні явища. Переважно в літній період бувають грози, які часто супроводжуються сильними дощами, інколи градом. Восени та навесні трапляються заморозки. В літній, весняний та осінній періоди виникають посухи, суховії та пилові бурі. Ці явища завдають чималих збитків сільському господарству країни.

Крім того, велика територія південно-західної та південної частини України відноситься до сейсмічно небезпечної. Тут неодноразово були землетруси інтенсивністю 5-8 балів за 12-бальною шкалою. Ця обставина повинна постійно враховуватись при обґрунтуванні розміщення нового будівництва, особливо АЕС, гребель крупних водоймищ тощо.

### **8.1.2. Корисні копалини**

Корисні копалини поділяються на три групи: паливні, рудні та нерудні (рис. 8.3).

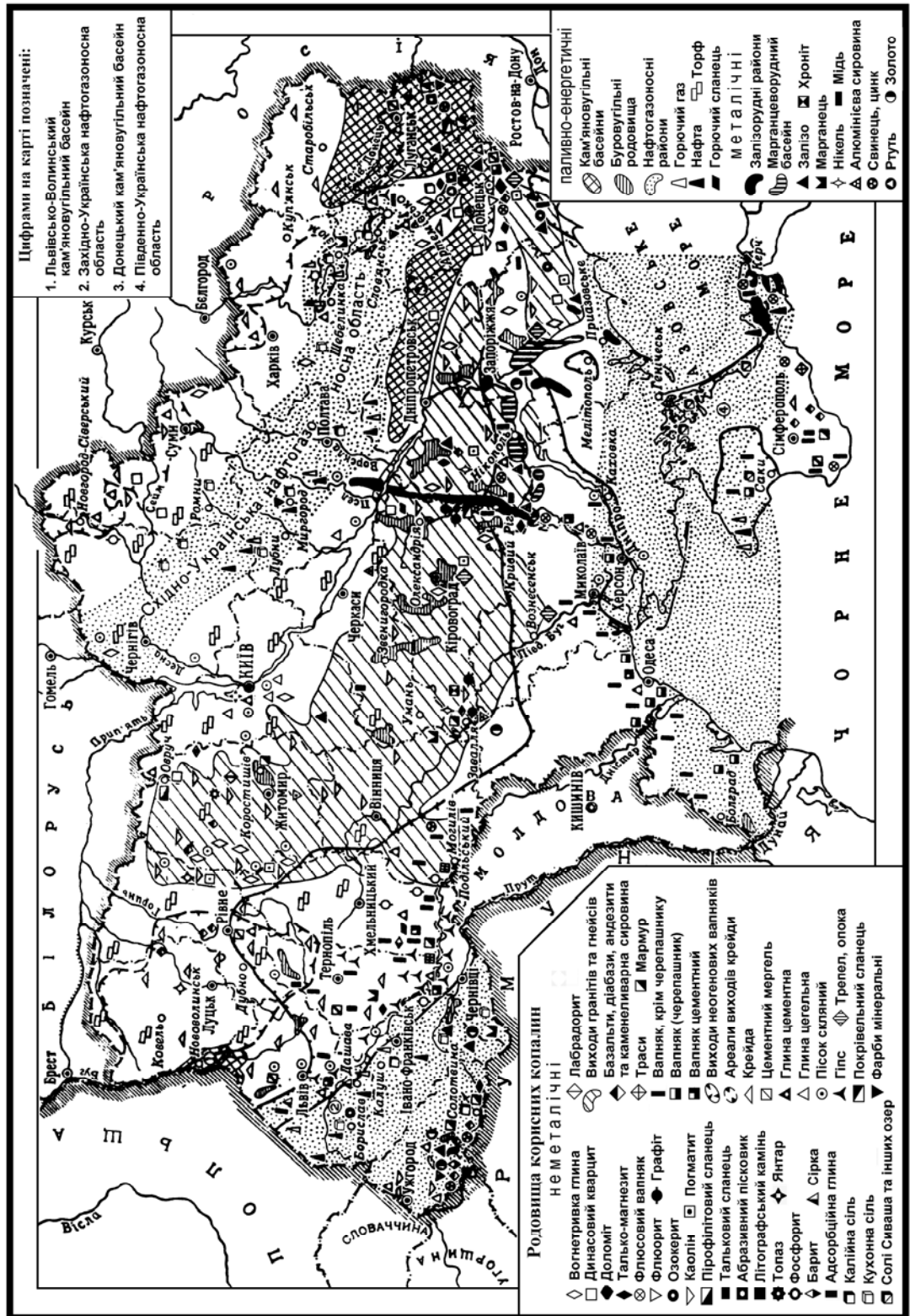


Рис. 8.3. Корисні копалини України

В Україні наявні такі паливні корисні копалини, або викопні енергоносії: кам'яне та буре вугілля, нафта, природний газ, горючі сланці, торф. Найважливіше місце у цій групі посідає кам'яне вугілля, запаси якого зосередже-



ні переважно в Донецькому басейні (98%) та в незначній кількості у Львівсько-Волинському (2%). Кам'яне вугілля Донбасу характеризується високою якістю: більш як третина його відноситься до коксівного, без якого неможливе металургійне виробництво.

Поклади нафти і газу в Україні відносно невеликі. Основні їх родовища зосереджені у Дніпровсько-Донецькому (Полтавська, Чернігівська, Сумська, Харківська обл.), Прикарпатському та Причорноморсько-Кримському регіонах.

На півночі Кіровоградської та півдні Черкаської областей виявлено значні поклади горючих сланців, які розглядаються як ймовірне джерело палива для теплових електростанцій та цінна сировина для хімічної промисловості.

У північній частині України (Волинська, Рівненська, Чернігівська, Київська та Львівська області) знаходяться родовища торфу.

Важливим джерелом теплової енергії в Україні може стати підземна гаряча вода, запаси якої виявлені в Карпатах і Криму.

Багата Україна і на рудні корисні копалини – залізні, марганцеві, нікелеві, титанові та інші руди.

Українська залізна руда відзначається високим вмістом заліза – до 60%, а в окремих родовищах до 70%. Понад 70% запасів цієї сировини зосереджено в Криворізькому басейні (захід Дніпропетровської обл.). Друге місце за запасами залізних руд в Україні посідає Кременчуцький басейн (Полтавська, Кіровоградська обл.), частина родовищ якого розробляється відкритим способом. Великі поклади сировини для чорної металургії розташовані в Білозерському залізорудному районі Запорізької обл. Промислове значення має також Керченське родовище неглибоко розташованих залізних руд.

Україна займає одне з провідних місць по запасах марганцевих руд, які широко використовуються в чорній металургії. До найбільших у світі родовищ цієї сировини належать Велико-Токмацьке (Запорізька обл.) та Ніко-

польське (Дніпропетровська обл.). Руда цих родовищ має високий вміст марганцю (28%), залягає неглибоко і добувається відкритим способом.

У Дніпропетровській обл. виявлено практично необмежені запаси титанових руд. Титан, як відомо, використовується при виробництві ракет, підводних човнів, виготовленні штучних рубінів, сапфірів, синтетичного каучуку, білил тощо.

В Україні зосереджені також достатні запаси сировини для виробництва алюмінію. Це – боксити (Дніпропетровська обл.), алуніти (Закарпаття) та нефеліни (Приазов'я).

Наша країна має невеликі запаси ртуті (Донбас, Закарпаття), яких цілком достатньо для задоволення власних потреб та для експорту.

Україна перспективна на золото. Передбачається, що його ресурси зосереджені в трьох великих геологічних структурах: Карпатах, Українському кристалічному щиті (Житомирська, Кіровоградська, Дніпропетровська, Одеська обл.) та Донецькому кряжі (Донецька та Луганська обл.). Результати геологічних пошуків свідчать, що Україна має перспективу увійти до числа найбільш золотодобувних країн світу.

Наша країна має багаті поклади нерудних корисних копалин: графіту, кам'яної солі, самородної сірки, вогнетривкої глини, вапняку, цементної сировини, скляних пісків, гранітів, мармуру, кольорового каміння та багато інших.

Україна характеризується чималим багатством і великою різноманітністю мінеральних вод, які зосереджені у всіх її областях. Ці води повсюдно використовуються як столові. Особливу цінність мають води з лікувальними властивостями. Широко відомі у світі унікальні високоефективні лікувальні мінеральні води типу “Нафтуса” (район Трускавця Львівської обл., а також Хмельницька та Тернопільська обл.). Лікувальні мінеральні води різноманітного хімічного складу є в районах Моршина, Олеська (Львівська обл.), Миргорода (Полтавська обл.), Слов'янська (Донецька обл.) тощо.

В цілому Україна добре забезпечена різноманітними мінерально-сировинними ресурсами, які широко використовуються в різних галузях господарства та йдуть на експорт. У країні склався досить високий рівень задоволення власних потреб у сировині та паливі. По залізних та титанових рудах, наприклад, у кінці ХХ ст.. він становив 140%, марганцевих рудах – 175%, ртуті – 250%, графіту – 700%, сірці – 200%, кухонній солі – 150%, цементній сировині – 100%. Таким чином, більшість видів викопних сировинних ресурсів Україна у великих кількостях може експортувати за кордон.

Однак наша країна має обмежені запаси нафти (задовольняє свої потреби лише на 8%) і природного газу (22%), руд багатьох кольорових металів. Ці ресурси для України є важливими статтями імпорту.

### **8.1.3. Водні ресурси**

Наша країна слабо забезпечена водними ресурсами. Запаси прісних вод на одного жителя становлять лише 1 тис. м<sup>3</sup>. За цим показником Україна займає одне з останніх місць серед країн на території колишнього Радянського Союзу.

Головну роль у забезпеченні потреб виробничої сфери та населення України прісною водою здійснює річковий стік. На її території нараховується близько 73 тис. річок, переважна більшість яких невеликі: лише близько 125 з них мають довжину понад 100 км. Майже всі вони входять до басейнів Чорного та Азовського морів і лише декілька західних – до Балтійського басейну. Ріки України мають рівнинний характер з покрученими річищами і повільною течією.

По території України річковий стік розподілений вкрай нерівномірно: 70% його припадає на Південно-Західний економічний регіон, який займає близько 45% території країни і де мешкає близько 40% населення. На Донецько-Придніпровський та Південний регіони, в яких живе 60% населення і де розташовані найбільш водоемні галузі промисловості, припадає тільки 30% річкового стоку.

Найбільшою водною артерією, що тече по території України протягом 981 км, (а своєю верхньою частиною – по території Росії та Білорусі), є Дніпро. За довжиною русла (2201 км) це третя річка в Європі (після Волги та Дунаю). Дніпро приймає в себе води таких великих приток, як Прип'ять, Десна, Сула, Псел, Ворскла, Самара та інші. Басейн Дніпра займає 65% площі нашої країни.

Далі за розмірами площі басейнів ідуть Дністер (близько 12% території), притока Дону Сіверський Донець (4%), Південний Буг (3%). Довжина цих річок відповідно становить 1362, 1053 та 806 км. Відносно великими річками є також Прут, Тиса, Західний Буг, Сян та інші.

Значні запаси водних ресурсів зосереджено в майже 3 тисячах озер, із яких 30 озер має площу 10 км<sup>2</sup> і більше. Майже чверть води, зосередженої в цих озерах, є прісною.

Природні озера розташовані на Поліссі (Світязь, 24,2 км<sup>2</sup>; Пулімецьке, 16,3 км<sup>2</sup>; Турське, 13,5 км<sup>2</sup>), озера й лимани – на Кримському півострові (Сасик-Сиваш, 76,3 км<sup>2</sup>; Донузлав, 48,2 км<sup>2</sup>; Айгульське, 37,5 км<sup>2</sup> та інші – всього 9), на узбережжі Азовського моря (Молочний, 170 км<sup>2</sup>). на узбережжі Чорного моря (Кундук, 210 км<sup>2</sup>; Тилігульський, близько 160 км<sup>2</sup>; Алібей, 72 км<sup>2</sup> та інші – всього 7), в басейні Дунаю (Ялпуг, 149 км<sup>2</sup>; Калуг, 90 км<sup>2</sup>; Кургурлай, 82 км<sup>2</sup> та інші – всього 5). Найбільшими на Україна є Дніпровський (860 км<sup>2</sup>) та Дністровський (360 км<sup>2</sup>) лимани. Лиман (від гр.. *límenas* – гавань, бухта) – це затока, утворена внаслідок затоплення морем гирла річки і відділена від нього вузькою смужкою наносного шару. Лиманами також називаються солоні озера поблизу моря.

В Україні створено також понад тисячу водосховищ та 27 тис. ставків. Найбільші штучні водойми створено на Дніпрі: Київське, Канівське, Кременчуцьке, Дніпродзержинське, Дніпровське та Каховське, загальною площею близько 7 тис. км<sup>2</sup>. Функціонують подібні водосховища також на інших річках. Створення штучних водойм призвело до вилучення із сільськогосподарського користування великих земельних площ. Лише у басейні Дніпра це 700

тис. га високопродуктивних земель, переважно ріллі та сінокосів, що знаходилися в густонаселених та високорозвинених регіонах країни. До того ж значні площі (понад 200 тис. га) високоякісних земельних угідь, розташованих біля штучних водойм, підтоплюються і фактично випадають з сільськогосподарського користування.

Велике значення у водопостачанні країни мають і підземні прісні води, які використовуються в сільській місцевості та невеликих населених пунктах. Глибина їх залягання збільшується з півночі (100-150 м) на південь (500-600 м). Основна частина цих водних ресурсів зосереджена в західній та північній частинах країни.

Серед підземних вод важливу роль відіграють мінеральні та термальні води, про які мова йшла у попередньому розділі.

Важливу роль в економіці України відіграють Чорне та Азовське моря, як транспортні магістралі та джерело мінеральної та органічної сировини.

Чорне море з'єднується через протоки Босфор і Дарданелли із Середземним морем. Максимальна його протяжність зі сходу на захід становить 1160 км, а з півночі на південь – понад 600 км. Максимальна глибина досягає 2211 м. Води Чорного моря насичені сірководнем, за виключенням їх верхнього шару товщиною 100-200 м. Солоність чорноморської води незначна (1,4 %) порівняно з солоністю, наприклад, води Середземного моря (3,8 %).

Найбільш мілководною та заселеною є його північна частина, яка внаслідок невеликих глибин (80-120 м) та отримання у літній період теплих прісних річкових вод краще прогрівається. Рослинний і тваринний світ Чорного моря небагатий і зосереджений в водах, позбавлених сірководню. Він налічує близько 2 тис. видів, що в 5 разів менше, ніж у Середземному морі. Тут живе 665 видів рослин, у тому числі 260 видів водоростей, 180 видів риб, значна частина яких (камса, бички, камбала, ставрида, кефаль, оселедець, скумбрія та інші) має промислове значення.

У Чорному морі є цінні корисні копалини. У його підводному продовженні материка розвідані промислові запаси природного газу та нафти. Чор-

номорська вода містить залізо, мідь, срібло та інші елементи, які у ряді випадків підвищують її лікувальні цінності.. Лікувальні цінності мають грязі чорноморських лиманів: Куяльницького, Хаджибейського та Тилигульського.

Чорне море має цілий ряд бухт – невеликих заток, які захищені від вітрового хвилювання і використовуються як зручні місця для стоянки кораблів. Найбільшими є Севастопольська, Судацька, Одеська та інші бухти.

Азовське море фактично є затокою Чорного моря, яке з'єднане з ним вузькою (4-13 км) Керченською протокою. Середня глибина моря становить 7-10 м. Найбільша його протяжність з північного сходу на південний захід досягає майже 360 км.

Азовське море має ряд заток, найбільшими з яких є Таганрозька та Термюкська. Унікальною є мілководна (глибиною близько 1 м) Сиваська затока, розташована в західній частині моря. Вона відокремлена від Азовського моря протяжною (112 км) вузькою (270 м) Арабатською Стрілкою. Середня солоність води цієї затоки майже в 10 разів вища, ніж в Азовському морі, і становить 10-12%. Сиваш багатий самоосадними кухонними та магнієвими солями, іншими мінеральними ресурсами, які використовуються як сировина для виробництва соди, титану тощо.

Азовське море багате на планктон (від гр.. plankton – те, що блукає), який забезпечує його високу рибопродуктивність. Перше місце в структурі вилову риби тут посідає тюлька, камса, судак, лящ, осетрові, оселедці, бички, тараня, камбала, кефаль. Азовське море є головним нерестилищем риб Чорного моря. В останні десятиліття у зв'язку зі зростанням негативного впливу виробничої діяльності людини, умови для життя морських тварин в Азовському морі значно погіршилися, що різко знизило його рибопродуктивність.

#### **8.1.4. Ґрунти**

Для ґрунтів України характерна широтна зональність. На півночі переважають дерново-підзолисті ґрунти з підвищеною кислотністю, надмірно зволожені, бідні на гумус і поживні речовини. У Лісостепу поширені сірі та

темно-сірі опідзолені ґрунти, які характеризуються невисоким вмістом гумусу та підвищеною кислотністю.

Найціннішим багатством України є чорноземні ґрунти, під якими зайнято близько 60 % усіх її сільськогосподарських угідь. Українські чорноземи складають майже четверту частину чорноземів світу. Вони широкою смугою простягаються в межах Лісостепу та Степу зі сходу на захід. Це найбільш родючі різновиди ґрунтів України: вони багаті гумусом (4-9 %), помірно зволожені, темно-сірого кольору, досягають товщини 1,0-1,5 м.

Для приморських південних районів і північної частини Криму характерні темно-каштанові та каштанові ґрунти. Ці ґрунти відзначаються недостатньою зволоженістю, невисоким вмістом гумусу (2,0-3,5 %) та незначною потужністю.

У горах має місце висотна поясна ґрунтова пояса – від буроземів на підшві до гірсько-лучних ґрунтів на полонинах.

### **8.1.5. Рослинний і тваринний світ**

Жива природа України відрізняється значною різноманітністю та насиченістю одиниці площі. Наприклад, із 400 тис. видів рослин Земної кулі в Україні налічується близько 12 тис., а із понад 100 тис. видів грибів – понад 16 тис.

Кількість покритонасінних рослин тут близько 5 тис. видів, із яких культивується понад 1 тис. видів. Найбагатшими за видовим складом є родини айстрових, злакових, бобових, трояндових, губоцвітих, хрестоцвітих, гвоздикових тощо. В Україні росте близько 80 видів дерев, 280 видів кущів, майже 1 тис. видів однорічних трав'янистих рослин. З вищих рослин 600 видів є ендемічними (від гр. *endēmos* – місцевий); майже стільки ж рідкісних і зникаючих рослин.

Природна чи вторинна, напівприродна рослинність збереглася лише на третині території країни, з яких ліси займають понад 14%, сіножаті – 3%, вигони – 8%, болота – майже 2%. Серед цих рослин широко представлені лікар-

ські (250 видів), вітамінні (понад 200 видів), олійні (300 видів), медоносні (понад 1000 видів), дубильні та фарбувальні (по 100 видів). Рослин-бур'янів у флорі України нараховується близько 600 видів. Природна рослинність збереглася переважно в лісах, на заповідних територіях, постійних луках і пасовищах, схилах балок і яруг.

Ліси в Україні виконують різноманітні функції: дають цінну сировину, мають велике протиерозійне, кліматичне, санітарно-оздоровче та природоохоронне значення. Розташування лісових масивів по території країни нерівномірне. Лісистість вища на заході й півночі. З просіванням на південь і південний схід вона поступово зменшується. За останні 200 років площі під лісами в Україні катастрофічно зменшилися. На жаль, цей процес продовжується і понині. Цікаво, що ще у XVIII ст. понад половину українських земель було вкрито лісами.

У лісах України ростуть шпилькові, твердолистяні та м'яколистяні породи дерев. Переважають хвойні, на які припадає 54% загального запасу деревини. Сосна (35%) зосереджена переважно на Поліссі. В карпатських лісах переважає ялина (16%) та ялиця (3%). Близько 40% загальних запасів деревини складають твердолистяні породи: дуб (22%), бук (13%), граб (2%). Дуб переважає на Поліссі та в Лісостепу, бук – на заході і в Криму. М'яколистяні породи – береза, осика, вільха, липа, тополя тощо – займають 7% загального запасу деревини і зосереджені на Поліссі та в Лісостепу.

Ліси України багаті на ягоди, гриби, плоди дикорослих рослин, лікарські рослини. В них поширені груша, яблуня, черешня, смородина, обліпиха, шипшина, ліщина, терен, глід, суниця, малина, ожина, чорниця тощо. Із грибів тут ростуть боровики, рижики, підберезники, підосичники, масляки, опеньки та інші. У лісах живуть цінні звірі та птахи.

Природа України багата на тваринний світ, який нараховує майже 45 тис. видів, серед яких ссавці складають 98 видів, птахи – 352 (гніздяться 252), плазуни – 20, земноводні – 17, риби – понад 200, членистоногі – 39 тис., черви – понад 2 тис., найпростіші – близько 1500 видів.



Із ссавців у лісах України розповсюджена косуля, а в Карпатах і Кримських горах – європейський олень. У північній частині країни та в Карпатах зустрічаються кабан, ведмідь, вовк, лисиця, білка, куниця, тхір, ласка, видра, норка. По всій території розповсюджений заєць русак. На полях зустрічаються ховрахи, хом'яки, полівки. У Чорному морі живуть дельфіни.

Серед птахів можна відмітити тетерука, рябчика та глухаря, які зустрічаються в лісах Полісся та Карпат. По всій території України розповсюджені куріпка та перепел. Ставки та болота населені численними видами качок. На полях найбільш численні різноманітні види жайворонків. Для невеликих населених пунктів характерна білі лелека. Морські побережжя заселені численними видами куликів, чайок та крячків.

Із плазунів найбільше розповсюджені черепаха болотяна, ящірка прудка та вуж звичайний. У північній частині України зустрічається гадюка звичайна та ящірка живородна. На півдні живуть гадюка степова, вуж водяний, в гірській частині Криму – ящірка скельна та гефон кримський.

Земноводні України представлені широко розповсюдженими жабами – ставковою, озерною, зеленою, гостромордою, трав'яною, деревною тощо. На заході України розповсюджені саламандра, тритон, жаба очеретяна, джерелянка жовточеревна, жаба прудка.

Серед промислових риб найбільше господарське значення мають короп, лящ, судак, щука. У Чорному морі в значній кількості ловлять оселедці, камсу, тюльку, кефаль та інші риби.

Тваринний світ України поповнювався шляхом акліматизації деяких цінних видів. Таким чином тут з'явилися єнотоподібний собака, ондатра, бобр, а із птахів – фазан.

### **8.1.6. Природні зони**

Територія України лежить у помірному географічному поясі. Виключення складає південний берег Криму, який характеризується природними елементами, типовими для субтропічного поясу. В її межах виділяють такі

природні зони: змішаних лісів, лісостепова, степова, Українські Карпати та Кримські гори. (Рис. 8.4).

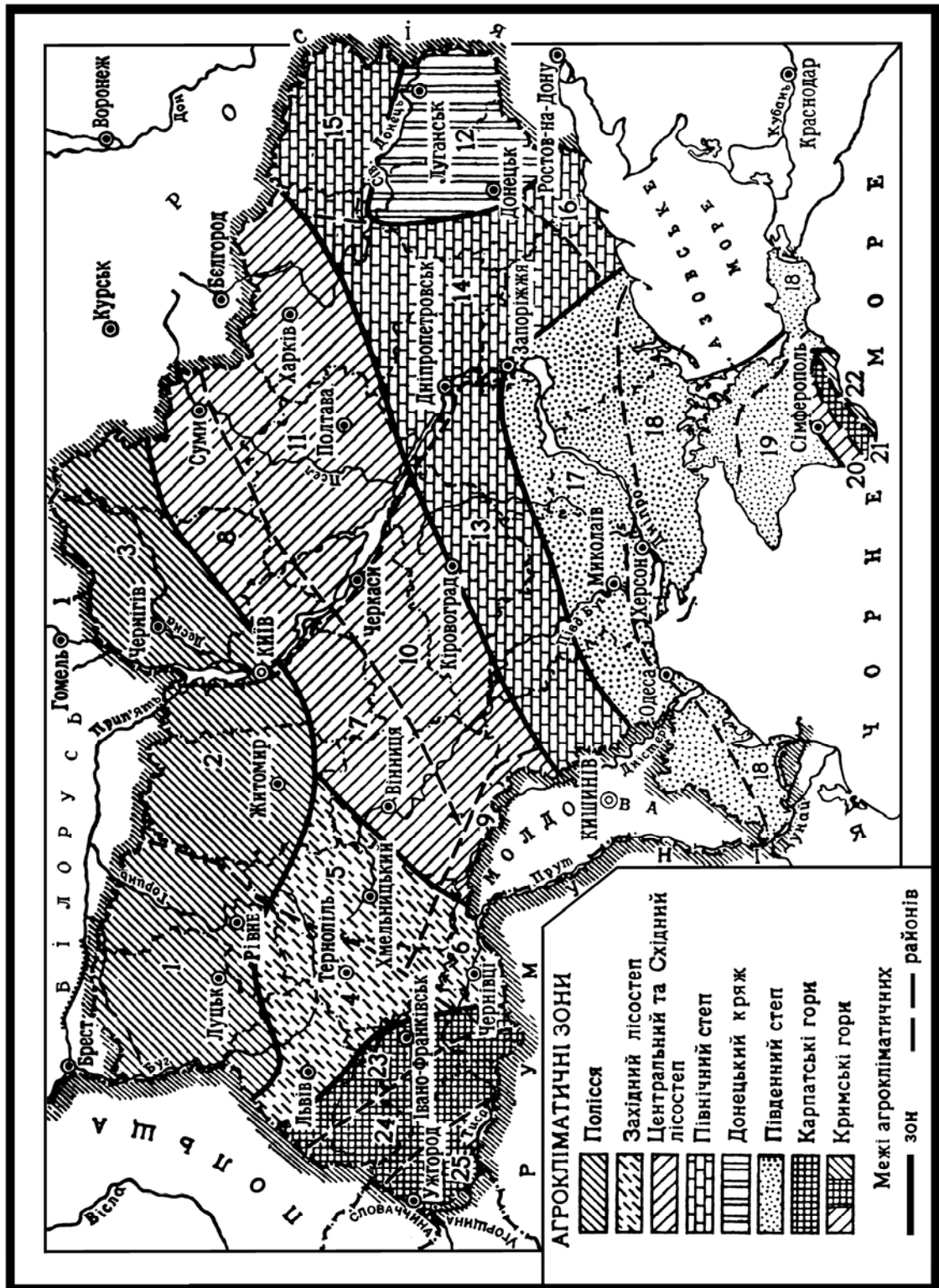


Рис. 8.4. Агрокліматичне районування України

Зона змішаних лісів, або Українське Полісся знаходиться на півночі України і займає близько 20% її території. Південна межа зони проходить по лінії Устилуг – Рівне – Шепетівка – Житомир – Київ – Ніжин – Батурин – Кролевець. Полісся характеризується низовинним рівнинним рельєфом, значною зволоженістю земель та наявністю заболочених масивів і боліт, відносно великими запасами водних ресурсів. Це – одна з найбільш зволених територій країни, де середньорічна кількість опадів становить 600-700 мм, більша частина з яких випадає влітку. На Поліссі переважають дерново-опідзолені та болотяні ґрунти. Провідне місце у структурі земельних угідь належить ріллі (близько 40%). Далі йдуть ліси, переважно соснові, та чагарники (30%), сінокоси й пасовища (20%), болота (2%). Зона змішаних лісів за природними умовами та ресурсами неоднорідна. Ця особливість полягає у тому, що із заходу на схід зменшується кількість опадів, вологість повітря та ґрунтів, заболоченість території, питома вага лісів, луків та пасовищ, зростає континентальність клімату та доля орних земель.

Лісостепова зона розташована в центральній частині України і займає близько 35% її території. Південна межа зони починається на заході у районі Котовська і далі на сході проходить приблизно через Первомайськ, Кіровоград, Кременчук, Красноград та Вовчанськ. Характерною особливістю Лісостепової зони є поєднання в ній лісових та степових ландшафтів. У північній частині зони здебільшого переважають природні особливості, типові для Полісся, а у південній – типові для Степу. Її рельєф характеризується чергуванням височин з низинами з переважанням перших, головними з яких є Волинно-Подільська, Придніпровська та відроги Середньо-руської височини. Тут розташована значна за площею Придніпровська низовина.

Клімат Лісостепу відзначається збільшенням континентальності у східному напрямку. Ґрунти тут представлені різновидами чорноземів та сірих лісових ґрунтів, крім яких у південній та південно-східній частинах зустрічаються солончаки та солонці. Типове явище зони – водна ерозія ґрунтів.

Лісостеп характеризується високою господарською освоєністю території. Близько 70% його території займають орні землі, що свідчить про досить інтенсивний розвиток сільського господарства. Найважливішими сільськогосподарськими культурами тут є цукровий буряк, озима пшениця, кукурудза, просапні тощо. Добре розвинене товарне овочівництво та садівництво. Лісові масиви становлять 12% території зони.

Найбільшою природною зоною України є Степова зона, яка на півдні займає 40% її території і простягається з південного заходу на північний схід. Рельєф зони характеризується чергуванням височин та низин. Тут знаходяться Причорноморська, Приазовська, Північно-Кримська низовини та відносно невеликі височини: Приазовська, Донецький кряж, південно-східні відроги Волино-Подільської та Придніпровської височин.

Степ характеризується найвищими у країні температурами і найтривалішим вегетаційним періодом. Тут випадає найменше в Україні опадів – 300-500 мм на рік, а випаровуваність вологи висока і становить 450-1000 мм на рік. Внаслідок цього постійно відчувається значний дефіцит вологи, особливо гострий під час вегетації рослин. Крім того, переважно у східній частині, практично щорічно бувають часті суховії та посухи. Річкова мережа розвинена слабо. В умовах дефіциту вологи на півночі Степової зони сформувалися переважно збіднені на гумус чорноземи, а в південних районах – каштанові ґрунти. Зустрічаються тут і різні типи засолених земель, переважно на півдні.

Степ – головний у країні регіон зрошувального землеробства та розораності земель. Природний степ зберігся лише в заповідниках і частково на схилах ярів. Рілля складає тут майже 80% території, а ліси займають всього 3% з переважанням полезахисних лісових насаджень. Це – великий землеробський регіон, що спеціалізується на вирощуванні озимої пшениці, кукурудзи, соняшнику, овочів, баштанних культур, фруктів та винограду.

Українські Карпати простягаються з північного заходу на південний схід майже на 280 км при середній ширині 100 км. Це – середньовисокі гори з вологим теплим кліматом та чітко визначеною вертикальною зональністю.

Близько 40% території Карпат вкрито лісами, які відзначаються високою якістю деревини: буком, ялиною (смерекою), ялицею тощо. Вище лісових масивів значні площі займає субальпійський пояс, представлений чагарниковими заростями з сосни гірської, ялівця сибірського, вільхи зеленої, рододендрона східнокарпатського. Близько третини Українських Карпат зайнято лучними рослинами. На вершинах та схилах багатьох гірських масивів знаходяться субальпійські та альпійські луки – полонини, що їх використовують переважно як природні пасовища. Карпатські гори багаті дикорослими плодами та ягодами (малиною, ожиною, чорницею, шипшиною тощо), різноманітною лікарською сировиною. У цій природній зоні переважають різновиди бурих лісових ґрунтів.

Українські Карпати характеризуються найінтенсивнішими у країні опадами – 800-1600 мм на рік та більше. Зона багата прісними та мінеральними водами.

Кримські гори займають понад 20% території Криму. Тут переважає помірноконтинентальний клімат. На Південному березі він має риси середземноморського з м'якою зимою та помірно жарким посушливим літом. Тут переважають ресурси підземних прісних вод.

Ліси (кримська сосна, бук, дуб та інші породи) займають понад 10% території Кримських гір, частина крутих схилів яких позбавлена рослинності. Вище лісових масивів розташовані альпійські луки – яйли.

Найкраще освоєний людиною Південний берег Криму, який є найбільшим в Україні регіоном відпочинку та лікування населення. Тут також вирощуються високоякісні, а нерідко і унікальні, сорти винограду.

## **8.2. Населення**

Україна – одна із найгустіше населених країн Європи. Щільність населення в ній становить понад 80 чоловік на 1 км<sup>2</sup>. Найгустіше заселені індустриальні області: Донецька, Київська, Львівська, Дніпропетровська, Луганська, Харківська (в межах 100-200 чол./км<sup>2</sup>). Найменша щільність населення (в

межах 40-50 чол./км<sup>2</sup>) в Чернігівській, Херсонській, Кіровоградській, Житомирській, Волинській областях.

Уже згадувалось, що загальна кількість населення в Україні сьогодні становить 47,6 млн. чоловік. У 80-ті роки тут ще мав місце, хоч і невеликий (4%), щорічний приріст населення. Але сьогодні швидко розвивається демографічна криза, бо, починаючи з 1991 р., набирає швидкості так званий від'ємний приріст населення., коли смертність перевищує народжуваність. Звичайно, це явище ніякою мірою не пов'язане з набуттям Україною незалежності, бо розпочалося ще в 60-ті роки ХХ століття, коли намітилася стійка тенденція падіння темпів народжуваності та зростання смертності українського населення.

Скорочення приросту населення України супроводжувалося суттєвими змінами в його національній структурі, що, врешті-решт, призвело до зменшення частки українців серед її громадян. Якщо в 1959 р. ця частка становила 76,8%, то в 1989 р. – лише 72,7%, або зменшилася на 4,1%. Питома вага другою за чисельністю національності – росіян – зросла за відповідний період з 16,9 до 22,1%, або на 5,2%. Причому ріст числа росіян за цей же період набагато перевищив ріст числа українців – 60,1% проти 16,4%. Серед мешканців України зростає також частка інших національностей (азербайджанців, циганів, вірменів, німців тощо). Правда, ці явища мають місце внаслідок не природного приросту, а механічного, тобто міграційного припливу неукраїнців.

Україна – багатонаціональна держава. Українці складають близько три чверті її населення і становлять більшість майже на всій території за винятком Криму та деяких промислових центрів південних та південно-східних областей. Понад 22% загальної кількості мешканців України становлять росіяни. Найбільша їх кількість у Криму (67%), в Донецькій, Луганській, Харківській та Запорізькій областях. Вони проживають здебільшого у містах та селищах міського типу.

В Україні живуть також євреї (переважно в містах Київської, Одеської та Чернівецької областей), білоруси (в північних районах), молдавани (Черні-

вещька, Одеська області), болгари (Донецька, Одеська та Запорізька області), поляки (в західних областях України), угорці (Закарпаття) та інші національності, які всі разом становлять лише 6% загальної кількості населення України.

Трагічна доля українців склалася так, що впродовж століть вони перебували під гнітом сусідніх країн і зазнавали цілеспрямованої асиміляції та денаціоналізації. За таких умов значна частина їх вимушена була залишати батьківщину у пошуках кращої долі. Внаслідок цього сформувалася потужна українська діаспора (від гр. *diaspora* – розсіювання), яка нараховує понад 10 млн. чоловік. За межами батьківщини найбільше українців проживає в Росії (4,4 млн. чол.), США (1,2 млн.), Канаді (1,0 млн.), Казахстані (0,9 млн.), Молдові (0,6 млн.), Польщі (0,6 млн.), Бразилії (0,4 млн.), Румунії (0,3 млн.), Аргентині (0,2 млн.).

Розвиток суспільства та індустріалізація його виробничої діяльності зумовлюють зростаючу концентрацію населення в містах. Так за останні 50 років частка міських жителів України зросла з 34 до 68%, а сільських – відповідно зменшилася з 66 до 32%. Варто наголосити, що така тенденція в зміні структури населення країни за типами поселень продовжується.

Україна складається з 25 областей і нараховує 436 міст та 925 селищ міського типу. Найбільш щільна мережа міських поселень склалася в Донбасі: у Донецькій та Луганській областях зосереджено відповідно 50 і 36 міст, а також 136 і 109 селищ міського типу. Це становить близько четвертої частини всіх міських поселень країни. У Донбасі ці поселення характеризуються порівняно високою щільністю заселення. У західній частині України також зосереджена густа мережа міських поселень, але щільність заселення більшості з них незначна.

Найбільшими населеними пунктами країни є її столиця м. Київ з населенням понад 2,6 млн. чол., Харків (понад 1,6 млн. чол.), Дніпропетровськ (1,2 млн.), Донецьк (понад 1,1 млн.), Одеса (1,1 млн.). До мільйонного рубежу наближаються Запоріжжя (897 тис.) і Львів (802 тис. чол.). Кількість насе-

лення в межах 100-500 тис. чол. мають близько 40 міст України. В Україні розташована велика кількість середніх (50-100 тис. чол.) та малих (до 50 тис) міських поселень, частина яких має необхідні територіальні ресурси для свого розвитку. Такі міста є у всіх областях, але найбільше їх сконцентровано у західній частині держави, включаючи Хмельницьку, Вінницьку та Черкаську області.

Значний інтерес має визначення частки міських та сільських жителів серед різних національностей, що проживають в Україні. Найвищу питому вагу серед міських жителів тут займають євреї (понад 99% від усіх євреїв країни). Різко переважають міські жителі серед найбільшої національної меншини – росіян (понад 87%). Більшість малочисельних національностей (осетини, асирійці, киргизи, араби тощо) повністю проживає у містах. Цікаво, що у містах мешкає всього 60% українців держави.

Протягом останніх десятиліть в Україні спостерігалися швидкі зміни географії сільського розселення, які полягали у зменшенні кількості сільських населених пунктів та мешканців у них. Особливо інтенсивним цей процес спостерігався у східних та південних областях України. Причому, скорочення сільського населення відбувається за рахунок жителів не малих, а великих сіл. За таких умов останні перетворюються у села менших розмірів, а в ряді випадків – у міста і селища міського типу, а також включаються до складу міст.

### **8.3. Культура**

Національна культура складається із специфічних елементів, серед яких визначальними є мова, фольклор, мистецтво, історія, вірування, звичаї, обряди, стан побуту та цілий ряд інших.

Сьогодні практично все населення України письменно, у тому числі мають вищу освіту понад 10% її громадян, середню спеціальну понад 18%, середню загальну 31%. В Україні функціонує майже 150 вищих навчальних закладів, де навчається понад 800 тис. студентів, що складає 1,7% загальної



чисельності населення країни. Для порівняння наведу аналогічні показники по деяких розвинутих країнах світу: Канада – 2,9, США – 2,6%, Куба – 2,4%, Франція – 1,6%, Німеччина – 1,4%, Італія – 1,4%, Польща – 1,0%.

Україна має високий науковий потенціал. Тут діє понад 400 науково-дослідних закладів, де працюють біля 7 тис. докторів та 75 тис. кандидатів наук. Світове визнання здобули творчі досягнення таких науково-дослідних колективів як Інститут електрозварювання, Інститут кібернетики, Південь-маш. Далеко за межами України відомі продуктивні та високоякісні сорти сільськогосподарських рослин, а особливо соняшника, озимої пшениці, цукрових буряків, створених українськими селекціонерами.

Українська земля подарувала людству таких геніїв як Шевченко Т.Г., Л. Українка, Франко І.Я., Сковорода Г.С., Остроградський М.В., Кондратюк Ю.М., Березовський М.С., Крушельницька С.А., а також десятки видатних політичних діячів, вчених, музикантів, письменників, поетів, діячів релігії, педагогів, художників, акторів.

Український народ має потужну духовну спадщину. Зовсім не буде перебільшеним твердження, що ні один народ світу не має такого багатого як за обсягом, так і за художньою досконалістю фольклору – дум, пісень, легенд, переказів, казок, загадок, приказок, прислів'їв тощо. Ці шедеври народної творчості наповнені глибоким етичним змістом – любов'ю до рідної землі, до її природи, шаную до славних предків, повагою до старших і особливо до жінки – матері, дівчини, дружини. Кількість українських народних пісень та дум сягає далеко за межі 300 тис. Добре відомо, що мелодії української народної пісні використовували у своїй творчості такі відомі композитори як П.І. Чайковський, М.В. Лисенко, Л. Бетховен, Й.С. Бах та інші.

Гармонія з рідною природою, її неповторна краса знайшли відображення в українському народному мистецтві – гончарстві, вишивці, килимарстві. А краса і художнє багатство нашого національного одягу загально визнані у всьому світі.

Самовияв людини, її духовний і самобутній розвиток пов'язані з материнською мовою. Мова є ключем до національної культурної спадщини. З втратою мови нація позбавляється доступу до свого духовного життєдайного джерела і перестає існувати.

Про це надзвичайно виразно написав А. Сент-Екзюпері: "... нове покоління займе селище як варвари, які не матимуть радощів від твоїх скарбів. Вони не зможуть ними користуватися, бо не володіють ключем твоєї мови. Для тих, хто пішов у небуття, це селище..., його огорожі..., і дерева..., і будівлі мали своє значення. І у кожного дерева була своя історія, і в кожній родині свій звичай, і у кожної огорожі своя таємниця. Своєю прогулянкою по селищу ти здійснював як музику, і кожний крок був узгоджений як нота, що звучить згідно твоєму бажанню... Але войовничий варвар не вмів викликати звучання цього селища. Він нудьгує тут і, натрапляючи на зачинені двері, руйнує стіни і розкидає твої речі... Щоб помститися інструменту, яким він не вмів користуватися, варвар коїть пожежу, винагороджуючи себе хоча б вогнем. Після цього його опановують смуток і позіхи. Адже треба знати, що ти спалюєш, щоб вогонь був прекрасний, як свіча Богу”.

Отже, немає мови – немає народу, немає народу – немає держави. Чи буде боронити Україну той вояк, який зневажає мову її народу? Адже такий вояк не сприймає Україну батьківщиною.

Українська мова є однією з найбагатших і найрозвиненіших мов світу. Її лексикон, поряд з англійською, складає до 1 млн. слів. Це – одна з найдревніших, найкрасивіших і наймелодійніших мов світу. Про це свідчать численні дослідження вчених-мовників різних країн світу. Паризький конгрес лінгвістів 1934 року включив українську мову у першу трійку за красою (фарсі, французька, українська). Наступний конгрес підтвердив такий висновок.

Після Другої Світової війни вчені різних країн світу на підставі археологічних знахідок, у тому числі в нашій країні (Трипілля), незалежно один від одного дійшли висновку, що колискою сучасної, індоєвропейської цивілізації є місцевість нинішньої України у басейні Десни та середньої течії Дніп-

ра. Було також виявлено, що в древніх священних текстах індійського народу „Ведах” описана природа української землі. Зарубіжними вченими-мовниками виявлена спорідненість лексики української мови та санскриту.

Український народ, як нація, сформувався е XVI-XVII ст. і за 200 років до США створив першу в світі демократичну республіку – Запорізьку Січ з її землями. Це – лагідний, доброзичливий, охайний та працьовитий народ. Кожен українець може пишатися історією свого народу, бо це історія боротьби за волю, за визволення від ярма поневолення сусідніми державами, історія натхненної праці хлібороба, а не історія кріпацтва, загарбницьких воєн та творення імперії поневолених народів.

Звичаї та обряди українського народу сягають у давні дохристиянські часи. Основним змістом їх є поклоніння землі, сонцю, природним стихіям, богу родючості. Обряди базуються на віковічних спостереженнях селянина над природою. Через обряди нащадкам передавались необхідні знання, навички і традиції сільськогосподарського виробництва. Згодом вони змішалися з християнськими обрядами. Через сиву давнину дійшли до нас також обряди та звичаї сімейного життя – одруження, народження дитини, її виховання, обладнання помешкання тощо.

Давні наші предки мали свою, досить складну релігію, яка, згідно сучасних уявлень, була подібна до індуїзму. У X ст. в Київській Русі було запроваджено християнство, яке відіграло в свій час роль носія освіти та моралі. Значення релігії в житті людей і сьогодні залишається важливим, бо є єдиним носієм моральних настанов.

## **8.4. Господарство**

Господарство України майже протягом 400 років розвивалося у тісному зв'язку з Росією.

У сучасному господарстві нашої країни є всі галузі матеріального виробництва – промисловість, будівництво, сільське господарство, транспорт тощо, які тісно пов'язані між собою.

Найважливішою ланкою господарського комплексу України є промисловість, де зайнято близько 40% працюючого населення. Традиційними промисловими галузями є цукрова, металургійна та вугільна. Крім того, добре розвинені такі галузі як тракторобудівна, верстатобудівна, приладобудівна, автомобільна, авіаційна, атомного машинобудування, електротехнічна, мікробіологічна, синтезу штучних алмазів, волокон, пластмас тощо.

У структурі української промисловості велику частку займають галузі важкої індустрії – машинобудування, чорна металургія та вугільна промисловість, а виробництво предметів народного споживання – харчова та легка промисловість розвинуті недостатньо.

В Україні недостатній розвиток має також торгівля, а сфері громадського харчування та послуг ще далеко до рівня цих галузей у розвинутих країнах світу.

У структурі господарства України важливе місце посідає агропромисловий комплекс (АПК), де зайнято близько 20% усіх працюючих. До його складу входять такі ланки: сільське господарство; заготівля, збереження, транспортування і переробка сільськогосподарської продукції; промисловість, що виробляє машини, устаткування, хімікати та інші матеріали для сільського господарства і переробної промисловості.

Основною ланкою АПК є сільське господарство. В Україні вельми сприятливі умови для розвитку як рослинництва, так і тваринництва. На рослинництво припадає понад 40%, на тваринництво близько 60% сільськогосподарської продукції.

Рослинництво має всі основні галузі: рільництво, овочівництво, луківництво та садівництво. У рільництві провідним є виробництво зерна. Основною зерною культурою є озима пшениця, під якою зайнята третина всієї площі зернових. Серед інших культур – кукурудза, цукрові буряки, соняшник, ячмінь, гречка, просо, жито, овес, горох, квасоля, соя, льон, коноплі. В Україні вирощується близько 40 видів овочевих культур: картопля, капуста,

огірки, помідори, столові буряки, морква, цибуля тощо. Добре розвинені також баштанництво, садівництво та виноградарство.

Тваринництво тісно пов'язане з рослинництвом. Найважливішою його ланкою є вирощування великої рогатої худоби на м'ясо та молоко, поширене по всій Україні. Другою важливою ланкою тваринництва є свинарство. Поширене також птахівництво, вівчарство, ставкове рибальство, бджільництво, шовківництво, звірівництво.

Характеристика господарства України буде не повною, якщо не сказати, що тут розвинуті всі види сучасного транспорту: залізничний, автомобільний, повітряний, річковий, морський та трубопровідний.

У територіальному відношенні спостерігається значне відхилення від середніх показників по країні. Наприклад, у таких індустріально розвинутих областях, як Донецька, Луганська, Дніпропетровська та деякі інші, за питомою вагою переважає промислове виробництво. У багатьох індустріально-аграрних областях (Харківській, Полтавській, Черкаській, Вінницькій, Волинській та інших) у структурі господарства домінує аграрний сектор. Свою специфіку мають області з розвинутим санаторно-курортним господарством – Кримська, Одеська, Закарпатська.

## **8.5. Сучасний екологічний стан**

### **8.5.1. Традиції природокористування**

Стан навколишнього середовища того чи іншого краю у великій мірі залежав від способу життя й господарювання його населення. Як свідчить історія, корінні народи, які віками мешкали на своїй землі, розуміли й любили її, дбайливо ставилися до рідної природи, користувалися її ресурсами на основі багатовікового досвіду й традицій своїх предків, завжди дбали про те, щоб довкілля могло самовідновлюватись, розвиватись, щоб земля була спроможна годувати не лише сучасне покоління, а й онуків та правнуків.

Прийшли, тимчасові етноси, особливо загарбники, не знаючи й не розуміючи природи чужого краю, жорстокі не тільки до людей поневоленого краю, а й до його природи, завдавали цій природі в більшості випадків дуже великої шкоди: палили, нищили, грабували, ламали, розоряли. Не пристосовані до чужої природи, вони виявляли вандалізм, переробляючи на свій смак природу й культуру, деформуючи екосистеми.

Формування української нації відбувалося на території, яка споконвічно була контактною зоною різноманітних народів. Це негативно позначалося на стані довкілля взагалі і його природних ресурсів зокрема. Як відомо, після входження українських земель до складу Великого князівства Литовського починається інтенсивне використання природних багатств України. У ті часи це стосувалося, перш за все, лісів, які нещадно вирубувалися для постачання деревини в Західну Європу. Наслідком такого господарювання стало знищення великих лісових масивів у верхів'ях Південного Бугу, басейні Дністра, Росі, рік Волині, де вже в XVI ст. лісів практично не стало, внаслідок чого значно скоротилося й поголів'я звірів.

Нещадна експлуатація українських чорноземів польськими магнатами розгорнулася після підписання Люблінської унії 1569 р. Виснаження земель супроводжувалося жорстокою експлуатацією місцевого населення. Все це, а також різниця у традиціях, культурі, релігії призвело до виникнення жорстоких конфліктів між цими народами, до розвитку антагонізму, який продовжує зберігатись. Подібна ситуація мала місце й під час контактів з кримськими татарами, з турками, які протягом кількох століть здійснювали регулярні спустошливі набіги на українські землі.

А чи буде коли-небудь підраховано, в що обійшлося українському народові перебування рідної землі у складі Російської та більшовицької імперії протягом понад трьох останніх століть? Майже дорубані ліси, спотворені та забруднені річки, виснажені українські чорноземи, майже вичерпано родовища кам'яного вугілля, залізної руди, нафти тощо, зневажено національні

святині. А на кінець українському народові подаровано Чорнобильську атомну катастрофу – навічне джерело повільної генетичної смерті.

Традиційними формами господарювання, природокористування з найдавніших часів і до середини XVIII ст. в Україні були землеробство, тваринництво, мисливство, рибальство, бджільництво, садівництво. Їх роль в житті українців з часом змінювалась, але головним завжди залишалось орне землеробство. Розвиток сільського господарства і промисловості був врівноваженим, органічним. З XVIII ст., з початком інтенсивного розвитку промисловості, з відкриттям і розробкою родовищ заліза, вугілля, нафти в Україні все більшого значення набувають форми природокористування, пов'язані з екстенсивним використанням мінеральної сировини, енергоносіїв, промисловою забудовою територій. Такі принципи господарювання небезпечні для людини та її природного середовища.

Чому ми сьогодні повинні повертатись до національних традицій в усіх сферах людської діяльності? Тому що традиції – це не тільки пам'ять предків, все краще, найбільш своєрідне, притаманне тій чи іншій нації в галузі культури, народної творчості, побуту, релігії, виробництва. Традиції – це також різноманітність культур, засобів існування, принципів та способів виробничої діяльності. А несхожість народів між собою – така ж важлива, як і різноманітність живих організмів для існування біосфери. Несхожість, різноманітність видів – необхідна умова їх існування та процвітання. Це – один із головних екологічних законів.

Розвиток глобальної екологічної кризи пов'язаний не тільки з загрозливими втратами біосферою все більшої кількості видів рослин та тварин, а й з нівелюванням етнічних відмінностей між народами. Втрата національного різноманіття, культурної і регіональної своєрідності веде не тільки до культурних втрат, але, як показало життя, й до тяжких екологічних наслідків: руйнування корисних традицій пристосування до ландшафтів, та застосування згубних для всіх націй хижацьких методів природокористування. В результаті формуються усереднені побут та культура, розвивається примітивне техно-

кратичне, комп'ютерне мислення, зникає людяність. Космополітичні принципи життя нівелюють все у людині та навколо неї, зменшуючи природну силу біосфери, де різноманіття залишається головним фактором виживання й самовідновлення.

Традиції – це максимально ефективно пристосування народу до рідної землі, вироблені віками гармонійні взаємовідносини з довкіллям, такий режим поведінки, релігійних обрядів, свят і господарювання, який не порушує загального балансу обміну речовини, енергії та інформації в соціоекосистемі, процесів її самоочищення та самовідтворення.

Орне землеробство, як вважають археологи, історики та етнографи, виникло саме на території сучасної України за часів трипільської культури – близько 6000 років тому і поширилося пізніше по всій Євразії. При цьому в Україні завжди переважали тенденції до індивідуального ведення сільського господарства незалежно від власності на землю. По суті, фермерське господарство є традиційним для України у порівнянні з країнами Центральної Європи і Росії, де переважали великі феодальні господарства.

Як свідчать історичні документи, в усі часи продукція землеробства України значно перевищувала внутрішні потреби. Але ріст щільності населення, в значній мірі за рахунок колонізації, розширення сільськогосподарського та промислового виробництва для потреб всієї Російської імперії, призвели до того, що до середини XIX ст. земельні ресурси в межах лісових і лісостепових ландшафтів було вже вичерпані. До сільського господарства починають залучатися землі Степової зони, аналогів якої в Центральній Європі немає. Протягом XIX ст. увесь Степ був розораний.

У наш час традиційне землеробство вже не в змозі задовольнити потреби людей, тому в Україні, як і в усьому світі, намагаються підвищити продуктивність культурних рослин через посилене внесення мінеральних добрив, застосування отрутохімікатів для боротьби з шкідниками та бур'янами.

У XX ст. форми природокористування в Україні набувають чітко виражених природоруйнівних тенденцій. Використання природних ресурсів стає



надмірно екстенсивним, по-хижацьки споживацьким. Жовтнева революція, громадянська війна, голодомор 30-х років, страшні за своїм обсягом і брутальністю політичні репресії 30-х років, друга світова війна – ці величезні соціальні потрясіння разом із концентрацією промисловості, перехімізацією сільськогосподарських угідь, виснаженням природних ресурсів за кілька десятиліть призвели до формування економіки України без врахування об'єктивних потреб та інтересів її народу, можливостей її природи. В результаті склалася одна з екологічно “найбрудніших” економік – перенасичена хімічними, металургійними, гірничорудними, нафтопереробними та військовими виробництвами, більшість із яких мають застарілі технології та обладнання. Сьогодні ми в Україні живемо в умовах екологічної кризи. У повному розпалі демографічна криза, коли смертність населення стала стабільно перевищувати народжуваність і ця різниця продовжує зростати. За прогнозами спеціалістів ООН такий процес буде продовжуватись принаймні років 50, внаслідок чого населення України зменшиться до близько 15 млн. чоловік.

### **8.5.2. Головні причини і джерела розвитку екологічної кризи**

Об'єктивний аналіз сучасної економічної ситуації, причин і джерел погіршення екологічного стану природного середовища України, погіршення здоров'я людей, виникнення демографічної кризи став можливим лише в 90-х роках минулого століття завдяки розсекреченню великої кількості архівних матеріалів (історичних, політичних, партійних, економічних та ін.). Він дав можливість чітко визначити основні причини, джерела, динаміку й напрями розвитку екологічної ситуації у межах нашої держави. Такими причинами, як уже частково згадувалось, виявилися:

1. Екстенсивне використання всіх видів природних ресурсів, що тривало протягом десятиліть, без врахування можливостей природних регіонів до самовідтворення й самоочищення.

2. Довготривале адміністративно-командне концентрування на невеликих площах великої кількості надпотужних хімічних, металургійних, нафтопереробних і військових промислових комплексів та інших “гігантів соціалістичної індустрії”, прискорена реалізація гігантоманських планів втручання в природне середовище.

3. Повне нехтування традиціями господарювання, можливостями природних зон і інтересами корінного населення.

4. Надмірне, науково необґрунтоване вживання отрутохімікатів та мінеральних добрив у сільському господарстві й хибні колгоспно-радгоспні заводи його організації у вигляді величезних господарств.

5. Розгортання меліораційних робіт і їх проведення у величезних обсягах без належних наукових підстав і ефективних технологій.

6. Повна відсутність об'єктивних довгострокових екологічних експертиз усіх планів і проектів розвитку промисловості, енергетики, транспорту протягом повоєнного періоду.

7. Використання на переважній більшості виробництв старих і дуже старих технологій і обладнання, які вже давно потребують заміни.

8. Відсутність ефективно діючих законів щодо охорони природного середовища й підзаконних актів для їх ефективної реалізації.

9. Відсутність постійного об'єктивного інформування широких мас населення про екологічний стан довкілля, причини його погіршення, винуватців забруднень і заходи для поліпшення ситуації.

10. Надзвичайно низький рівень екологічної освіти не лише широких мас населення, а й керівників підприємств, урядових організацій і, як наслідок, – загальна низька екологічна свідомість і культура.

11. Різке прискорення негативних економічних, соціально-політичних і екологічних процесів в Україні в зв'язку з найбільшою техногенною катастрофою ХХ ст. – аварією на Чорнобильській АЕС.

12. Відсутність дійових економічних стимулів ресурсо- й енергозбереження.

13. Відсутність дійового державного контролю за виконанням законів про охорону природи й системи ефективного покарання за шкоду довкіллю.

Основними антропогенними джерелами розростання екологічної кризи в Україні є, перш за все, великі промислові комплекси – ненажерливі споживачі сировини, енергії, води, повітря, земельного простору, транспорту й водночас страхітливі отруювачі довкілля практично всіма видами забруднень (механічних, хімічних, фізичних, біохімічних). Сконцентровані вони навколо родовищ корисних копалин, великих міст і водних об'єктів: Донеччина, Центральне Придніпров'я, Криворіжжя, Прикарпаття, Керч, Маріуполь, більшість обласних центрів. Серед цих об'єктів найбільшими забруднювачами довкілля є металургійні, хімічні, нафтопереробні та машинобудівні заводи, кар'єри та збагачувальні фабрики, деякі військові підприємства.

Була й залишається найнебезпечнішим джерелом шкоди навколишньому середовищу військова діяльність: за обсягами використання палива для техніки й забруднень від його спалювання в двигунах літаків, танків, автомобілів тощо; за обсягами використання мінеральної сировини, необхідної для виробництва військової техніки; обсягами споживання енергії; витратами на утримання армії і військових підприємств; обсягами забруднень довкілля від цих підприємств і, звичайно, за розмірами збитків, пов'язаних з випробуванням різних видів зброї, у тому числі й атомної, а також проведенням маневрів, навчань і воєн. Україна повною мірою відчула це протягом останнього століття.

До основних забруднювачів довкілля відносяться також і об'єкти енергетики, перш за все теплоелектроцентралі (ТЕЦ) та державні районні електростанції (ДРЕС). Поглинаючи величезну кількість нафтопродуктів, природного газу та вугілля, вони викидають в атмосферу мільйони кубічних метрів шкідливих газів, аерозолів і сажі, займають сотні гектарів землі шлаками та золою.

Іншим джерелом забруднення природи України є транспорт – автомобільний, повітряний, водний, залізничний. В усіх великих містах частка за-

бруднень повітря від автотранспорту останнім часом досягла 70-90 % загального рівня забруднень.

Нарешті, для наших сільськогосподарських районів найбільш характерним джерелом забруднень природних вод і ґрунтів є перенасичення їх залишками мінеральних добрив, не спожитими рослинами, та отрутохімікатами, які десятками років у величезних кількостях використовувалися на полях. Лише 5-10 % їх споживалося рослинами чи діяло на шкідників, збудників хвороб та бур'яни, а 90 % змивалося дощовими й сніговими водами, здувалося вітрами й осідало в річках, озерах, ґрунтах і ґрунтових водах, стаючи шкідливими компонентами екосистем.

Небезпечними забруднювачами довкілля є також об'єкти, що генерують потужні фізичні поля – електромагнітні, радіаційні, шумові, ультразвукові й інфразвукові, теплові, вібраційні, які у надмірній кількості продукуються потужними радіостанціями, системами релейного зв'язку, трансформаторними підстанціями, мережами електропередач, теплоцентралями, атомними електростанціями тощо.

Сучасний напружений екологічний стан більшості регіонів України (Центральне Полісся, Передкарпаття, Причорномор'я, Крим, Азовське море. Центральне Придніпров'я і Донеччина) є наслідком хибної екологічної політики наших урядовців протягом останніх десяти років: розвиток територіально-промислових комплексів, енергетики, сільського господарства без врахування специфіки природних умов краю, інтересів українського народу, екологічних законів.

## **8.6. Рідний край**

### **ЗМІСТ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВОЄЇ ОБЛАСТІ**

**1. Географічне положення.** Місце області на карті України. На якій відстані та в якому напрямку розташований обласний центр від столиці. Оцінка економіко-географічного положення області. Визначення географічних координат свого населеного пункту.

**2. Природні умови та ресурси.** Рельєф території області та її освоєність. Погодно-кліматичні умови (середньорічна та сезонні температури, кількість опадів, вітри). Річки та озера, їх використання. Загальна характеристика ґрунтів. Ерозія ґрунтів та боротьба з нею. Корисні копалини та їх використання. Рослинний і тваринний світ. Екологічна ситуація. Основні джерела забруднення довкілля. Заходи з охорони природи та життєвого середовища людини. Заповідники та заповідні території.

**3. Населення.** Динаміка кількості населення області. Співвідношення між міським та сільським населенням. Щільність населення. Типи та кількість населених пунктів. Національний склад населення. Зайнятість населення в різних галузях діяльності. Особливості культури: мова, історія, традиції. Вищі навчальні та науково-дослідні заклади на території області. Видатні або відомі діячі, пов'язані з областю.

**4. Господарство.** Промислові підприємства на території області, їх спеціалізація, сировинна база, виробничі зв'язки. Сільське господарство області та його спеціалізація. Стан рослинництва, врожайність провідних вирощуваних культур. Специфіка тваринництва. Виробництво молока та м'яса. Продуктивність сільськогосподарських тварин. Характеристика транспорту (дороги, вокзали тощо). Негативний екологічний вплив господарства області на довкілля та заходи по його мінімалізації. Забезпеченість житлом, побут та харчування населення, стан торгівлі. Заклади побутового, медичного та культурного обслуговування. Зв'язки області з іншими регіонами країни та перспективи її розвитку.

#### *Запитання. Завдання*

1. У чому полягають особливості географічного положення України.
2. Опишіть головні особливості рельєфу України.
3. Дайте загальну характеристику клімату України.
4. Які фактори впливають на кліматичну ситуацію в Україні? Охарактеризуйте їх.

5. Назвіть найзначніші родовища викопних енергоносіїв України.
6. Дайте загальну характеристику рудних та нерудних корисних копалин України.
7. Охарактеризуйте водні ресурси України.
8. Яку роль в економіці України відіграють Чорне та Азовське моря?
9. Які види ґрунтів поширені в Україні? Дайте їх загальну характеристику.
10. Охарактеризуйте рослинний і тваринний світ України.
11. Дайте порівняльну характеристику природним зонам України.
12. Розкрийте особливості населення України.
13. У чому полягає явище демографічної кризи? Поясніть сучасний стан цієї кризи в Україні.
14. З яких специфічних елементів складається національна культура?
15. Назвіть видатних людей минулого і сучасності, що прославили Україну на весь світ у різних напрямках (музика, мова, історія, політика тощо).
16. Охарактеризуйте українську мову як одну з найбагатших і найрозвиненіших мов світу.
17. Назвіть звичаї та обряди українського народу, що збереглися до нашого часу.
18. Які галузі промисловості розвинені в Україні? Охарактеризуйте їх.
19. Розкрийте особливості агропромислового комплексу України.
20. Назвіть традиції природокористування в Україні.
21. Охарактеризуйте сучасний екологічний стан України та визначте його причини.
22. Які шляхи виходу з екологічної кризи Ви вважаєте найбільш прийнятними?

## Література

- Абдурахманов Г.М., Лопатин И.К., Исмаилов Ш.И. Основы зоологии и зоогеографии: Учебник для студентов педагогических университетов. – М.: Академия, 2001. - 496 с.
- Багров М.В., Боков В.О., Черваньов І.Г. Землезнавство: Підручник для студентів вищих закладів освіти. – К.: Либідь, 2000. – 464 с.
- Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екології: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: Либідь, 2004. – 408 с.
- Бобильов Ю.П. Концепції сучасного природознавства: Посібник для студентів вищих навчальних закладів – К.: ЦНЛ, 2003. – 244 с.
- Векірчик К. М. Мікробіологія з основами вірусології: Підручник для студентів педагогічних вищих навчальних закладів. – К.: Либідь, 2001. – 310 с.
- Долгачева В.С., Алексахина Е.М., Ботаника: Учебное пособие для студентов педагогических университетов / 2-е изд. – М.: Academia, 2003. – 416 с.
- Заставний Ф.Д. Географія України: Посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Львів: Світ, 1994. – 472 с.
- Капра Ф. Паутина жизни. Новое научное понимание живых систем / Пер. с англ. – К.: София; М.: Гелиос, 2002. – 336 с.
- Ковальчук Г.В. Зоологія з основами екології: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів – Суми: Університетська книга, 2003. – 591 с.
- Кордон М.В. Українська та зарубіжна культура: Навчальний посібник. – К.: ЦУЛ. 2003. – 508 с.
- Леонтьєв Д.В., Акулов О.Ю. Загальна мікологія: Підручник для вищих навчальних закладів. - Харків: Основа, 2007. – 228 с.
- Лукин Е.И. Зоология: Учебник для студентов вузов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 384 с.

Мороз І.В., Гришко-Богменко Б.К. Ботаніка з основами екології: Навчальний посібник для педагогічних інститутів. – К.: Вища школа, 1994. – 240 с.

Мороз С.А. Історія біосфери Землі: Навчальний посібник у 2-х кн. – К.: Заповіт, 1996. – 440 с.; 422 с.

Никонова М.А., Данилов П.А. Землеведение и краеведение: Учебное пособие для студентов педагогических вузов. – М.: Академия, 2002. – 236 с.

Олійник Я.Б., Федорищак Р.П., Шищенко П.Г. Загальне землезнавство: Підручник для студентів вищих навчальних закладів – К.: Знання-Прес. – 2008. – 342 с.

Теоретическая и математическая биология / Пер. с англ. – М.: Мир, 1968. – 448 с.

Тинберген Н. Поведение животных / Пер. с англ. – М.: Мир, 1969. – 192 с.

Українська культура. Історія і сучасність: Навчальний посібник / За ред. Черепанової С.О. – Львів: Світ, 1994. – 456 с.

Федорищак Р.П. Загальне землезнавство: Навчальний посібник для студентів університетів. – К.: Вища школа, 1995. – 223 с.

Цингер А.В. Занимательная ботаника. – Тверь: Римикс, 2009. – 273 с.

Цингер Я.А. Занимательная зоология. – М.: Просвещение, 1963. – 184 с.

Шкундина И.С., Тер-Аванесян М.Д. Прионы. – Успехи биологической химии. – 2006. – Т. 46. – С. 3-42.

Шмальгаузен И.И. Кибернетические вопросы биологии. – Новосибирск: Наука, 1968. – 224 с.