

П.Г. Балан, Ю.Г. Вєрвєс, В.П. Поліщук

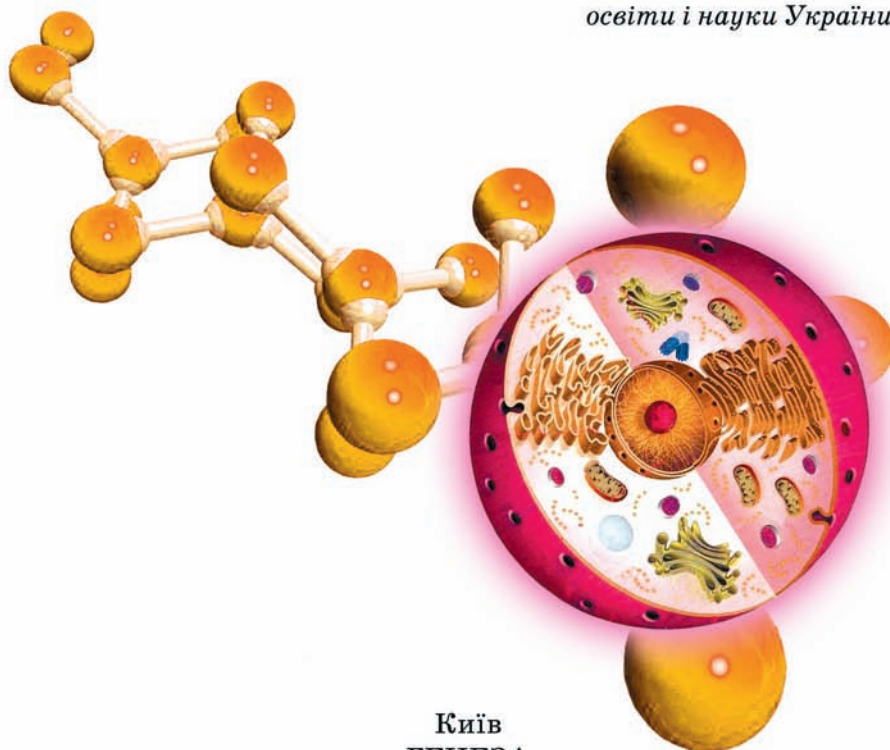
БІОЛОГІЯ

10

Рівень стандарту, академічний рівень

*Підручник для загальноосвітніх
навчальних закладів*

*Рекомендовано Міністерством
освіти і науки України*



Київ
«ГЕНЕЗА»
2010

Дорогі десятикласники!

Протягом попередніх років навчання ви ознайомилися з різноманітним світом організмів: бактерій, рослин, грибів, тварин. Ви також докладно вивчали будову та процеси життєдіяльності людини.

У 10-му класі ви ознайомитеся з досягненнями таких біологічних наук, як біохімія, цитологія, гістологія тощо. Ви дізнаєтеся про загальні закономірності функціонування живої природи на різних рівнях її організації (молекулярному, клітинному та організмовому) та узагальните набуті раніше знання. Ці знання допоможуть вам краще зорієнтуватися у складному, різноманітному і надзвичайно цікавому світі живих істот, зрозуміти їхні взаємозв'язки із середовищем життя, єдність органічного світу. Сподіваємося, ви усвідомите необхідність оберігати навколишнє природне середовище та поліпшувати його стан, охороняти та раціонально використовувати природні ресурси.

Важливою складовою уроку біології є лабораторні та практичні роботи, які допоможуть вам глибше опанувати теоретичний матеріал та набути елементарних практичних умінь у різних галузях біології. Підручник, окрім обов'язкових даних для рівня стандарту, містить матеріал, вивчення якого передбачено програмою для учнів, які опановують біологію на академічному рівні. Цей матеріал певним чином виділений у тексті. Утім, ці відомості є цікавими та корисними і для тих десятикласників, які вивчають основи цієї науки на рівні стандарту.

Короткий словник термінів і понять, полегшить вам роботу з підручником.

Життя на нашій планеті вражає складністю й різноманітністю проявів. Охопити їх усі в шкільному курсі неможливо, тому ми розглянемо лише основні загальні закономірності. Потрібно пам'ятати, що і тепер, коли біологія досягла значних успіхів у вивченні живої природи, перед цією наукою постає багато невирішених питань, на які вчені ще нездатні дати обґрунтовану відповідь. Багато положень сучасної біології є лише припущеннями, і, можливо, ви станете свідками нових видатних відкриттів.

Отже, успіхів вам у пізнанні складного та цікавого світу живих організмів! Сподіваємося, що знання, які ви здобудете, вивчаючи біологію, стануть вам у пригоді в подальшому житті.



ВСТУП

- система біологічних наук;
- значення біології в житті людини;
- рівні організації живої матерії;
- методи досліджень у біології;
- основні досягнення сучасної біології;
- основні завдання біологічних наук на сучасному етапі.

§ 1. СИСТЕМА БІОЛОГІЧНИХ НАУК. ЗВ'ЯЗОК БІОЛОГІЧНИХ НАУК З ІНШИМИ НАУКАМИ



Пригадайте: які біологічні науки вам відомі? Яких ви знаєте видатних учених-біологів?

• **Біологія – комплексна наука про живу природу.** Ви вже знаєте, що біологія досліджує різні прояви життя. Як самостійна природнича наука біологія зародилася ще до нашої ери, а її назву запропонували 1802 року незалежно один від одного французький учений **Жан-Батіст Ламарк** (1744–1829) і німецький – **Готфрід Рейнхольд Тревіранус** (1766–1837).

Протягом попередніх років навчання у школі ви вже ознайомилися з основами таких біологічних наук, як ботаніка, мікологія, зоологія, анатомія та фізіологія людини та ін. Протягом наступних років ви дізнаєтеся й про досягнення інших біологічних наук: біохімії, цитології, вірусології, біології індивідуального розвитку, генетики, екології, еволюційного вчення, систематики, палеонтології тощо. Дані цих і багатьох інших біологічних наук дають змогу вивчати закономірності, притаманні всім живим організмам. Розгляньте малюнок 1.1 і ознайомтеся з короткою характеристикою основних біологічних наук. (Поміркуйте, які з біологічних наук, зазначених на схемі, на вашу думку, найбільше пов'язані між собою.)

Біологію називають провідною наукою XXI ст. Без досягнень біології нині неможливий прогрес аграрних наук, охорони здоров'я і навколишнього природного середовища, біотехнології тощо.

• **Взаємозв'язки біології з іншими науками.** Біологія тісно пов'язана з іншими природничими та гуманітарними науками. Унаслідок взаємодії з





Біологія – система наук про життя на різних рівнях його організації; вивчає живі організми та узагальнює закономірності, притаманні всім організмам; її завдання – пізнання суті життя

Біохімія – наука про хімічний склад живих організмів і хімічні процеси, які в них відбуваються

Цитологія – наука про будову та процеси життєдіяльності клітин

Біотехнологія – прикладна наука, яка розробляє й впроваджує у виробництво промислові методи з використанням живих організмів і біологічних процесів

Біологія індивідуального розвитку – наука про закономірності індивідуального розвитку організмів від зародження до смерті

Екологія – наука про взаємозв'язки організмів між собою та умовами середовища мешкання, структуру та функціонування багатовидових систем (екосистем, біосфери). Екологічні принципи слугують теоретичним підґрунтям *охорони природи*

Ботаніка – наука про рослини

Систематика – наука про видову різноманітність сучасних і вимерлих живих істот. Систематики описують нові для науки види, відносять їх до вищих систематичних одиниць – родів, родин і т. д. та на основі узагальнення досягнень інших галузей біології впорядковують (класифікують) знання про живу матерію, створюючи систему організмів. Її завдання: опис нових для науки видів, розподіл їх по систематичних одиницях – родах, родинях тощо

Зоологія – наука про тварин

Фізіологія – наука про процеси життєдіяльності організмів. Підрозділи фізіології: *фізіологія рослин, тварин, людини*

Молекулярна біологія вивчає процеси, що відбуваються в живих системах на молекулярному рівні

Гістологія – наука про будову та функції тканин тварин (тканини рослин вивчає *анатомія рослин*)

Ембріологія – наука про зародковий етап розвитку організмів

Вірусологія – наука про неклітинні форми життя – віруси

Генетика – наука про закономірності спадковості та мінливості, механізми передачі спадкової інформації від батьків нащадкам

Селекція – прикладна наука про створення нових штамів мікроорганізмів, сортів рослин і порід тварин

Еволюційне вчення – наука, яка встановлює закономірності історичного розвитку живої матерії на нашій планеті

Філогенія – наука про конкретні шляхи та етапи історичного розвитку різних груп живих організмів

Палеонтологія – наука, яка досліджує вимерлі організми

Мікологія – наука про гриби

Бактеріологія – наука про прокаріотичні організми

Анатомія – наука, яка досліджує форму, будову окремих органів, систем органів та організму в цілому. Підрозділи анатомії: *анатомія тварин, людини; морфологія та мікроскопічна анатомія рослин*

Мал. 1.1. Коротка характеристика основних біологічних наук



хімією виникла *біохімія*, а з фізикою – *біофізика*. *Біогеографія* – комплексна наука про поширення живих організмів на Землі – розроблена зусиллями кількох поколінь учених, що вивчали флору, фауну, угруповання видів у різних географічних частинах нашої планети. В усіх галузях біології застосовують математичні методи обробки зібраного матеріалу.

Унаслідок взаємодії екології з гуманітарними науками виникла *соціоекологія* (вивчає закономірності взаємодії людського суспільства та навколишнього природного середовища), а взаємодія *біології людини* з гуманітарними науками сформувала *антропологию* – науку про походження та еволюцію людини як особливого біосоціального виду, людські раси тощо.

Філософія біології – наука, що виникла внаслідок взаємодії класичної філософії з біологією. Вона вивчає проблеми світосприйняття у світлі досягнень біології.

Дані біологічних наук про людину (анатомії, фізіології, генетики людини тощо) слугують теоретичною базою *медицини* (науки про здоров'я людини та його збереження, захворювання, методи їхньої діагностики та лікування).

У другій половині XX ст. завдяки успіхам різних природничих наук (фізики, математики, кібернетики, хімії та інших) сформувалися нові напрями біологічних досліджень:

- **космічна біологія** – вивчає особливості функціонування живих систем в умовах космічних апаратів і Всесвіту;
- **біоніка** – досліджує особливості будови та життєдіяльності організмів з метою створення різних технічних систем і приладів;
- **радіобіологія** – наука про вплив різних видів іонізуючого випромінювання на живі системи;
- **кріобіологія** – наука про вплив на живу матерію низьких температур.

Сучасне суспільство часто стикається з проблемами, що виникають на стику з іншими науками. Наприклад, для оцінки наслідків антропогенних впливів на живі системи (як-от, радіаційних, хімічних тощо) потрібні спільні зусилля біологів, медиків, фізиків, хіміків та ін. Створення біоінформаційних технологій (наприклад, для вивчення структури і функцій наборів спадкової інформації організмів) неможливо без спеціальних комп'ютерних програм. Вивчення спадкових хвороб людини – також завдання для багатьох наук (генетики, біохімії, медицини тощо).

Ключові терміни та поняття. *Біологія, система біологічних наук.*

**Коротко
про
головне**

- Біологія – комплекс наук, які досліджують різні прояви життя. Назву «біологія» запропонували 1802 року французький учений Ж.-Б. Ламарк і німецький – Г.Р. Тревіранус.
- Біологія має тісні зв'язки як з іншими природничими науками, так і з гуманітарними. Унаслідок взаємодії з іншими науками виникли біохімія, біофізика, біогеографія, радіобіологія та багато інших.



**Запитання для
самоконтролю**

1. Хто і коли запропонував термін «біологія»?
2. Які основні біологічні науки ви знаєте?
3. Наведіть приклади взаємодії біології з іншими науками.

Поміркуйте. Прочитайте нарис з історії біологічної науки. Які винаходи людства сприяли розвитку біології?





Завдання для роботи в групі

Використовуючи різноманітні джерела інформації, підготуйте короткі повідомлення про життя і діяльність всесвітньо відомих вітчизняних учених, які зробили вагомий внесок у розвиток української біологічної науки: О.О. Ковалевського, І.І. Мечникова, С.Г. Навашина, В.І. Вернадського, І.І. Шмальгаузена, О.В. Фоміна, М.Г. Холодного, М.М. Гришка, К.Ф. Кесслера, В.О. Караваєва, В.О. Топачевського, О.В. Палладіна, С.М. Гершензона, Д.К. Заболотного, О.О. Богомольця, В.Ю. Чаговця, П.Г. Костюка, О.П. Маркевича.

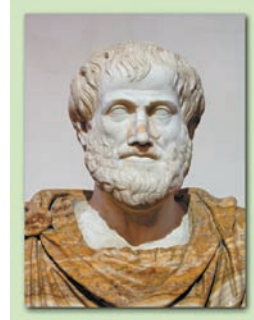
НАРИС З ІСТОРІЇ РОЗВИТКУ БІОЛОГІЧНОЇ НАУКИ

Людина як складова частина природи ще з давніх-давен прагнула вивчати тих тварин і рослини, які її оточували, адже від цього залежало її виживання. Перші спроби впорядкувати накопичені дані про будову тварин і рослин, процеси їхньої життєдіяльності й різноманітність належать ученим Давньої Греції – **Арістотелю** (мал. 1.2) та **Теофрасту**. Арістотель створив першу наукову систему для близько 500 видів відомих на той час тварин та заклав підвалини порівняльної анатомії (*спробуйте визначити завдання цієї науки*). Вважав, що жива матерія виникла з неживої. Теофраст (372–287 рр. до н. е.) описав різні органи рослин та заклав основи ботанічної класифікації. Системи живої природи цих двох вчених стали підґрунтям для розвитку європейської біологічної науки та істотно не змінювались аж до VIII ст. н. е.

У період середньовіччя (V–XV ст. н. е.) біологія розвивалася здебільшого як описова наука. Накопичені факти в ті часи часто були спотвореними. Приміром, трапляються описи різних міфічних істот, як-от «морського монаха», що ніби з'являвся морякам перед штормом, або морських зірок з обличчям людини тощо.

В епоху Відродження швидкий розвиток промисловості, сільського господарства, видатні географічні відкриття поставили перед наукою нові завдання, чим стимулювали її розвиток. Так, з винайденням світлового мікроскопа пов'язане становлення *цитології*. Світловий мікроскоп з окуляром та об'єктивом з'явився на початку XVII ст., однак його винахідник достеменно невідомий; зокрема, великий італійський вчений Г. Галілей демонстрував винайдений ним дволінзовий збільшувальний прилад ще в 1609 р. А 1665 року, вивчаючи за допомогою вдосконаленого власноруч мікроскопа тоненькі зрізи корка бузини, моркви та ін., **Роберт Гук** (мал. 1.3) відкрив клітинну будову рослинних тканин і запропонував сам термін *клітина*. Приблизно в цей самий час голландський натураліст **Антоні ван Левенгук** (мал. 1.4) виготовив унікальні лінзи з 150–300-кратним збільшенням, через які вперше спостерігав одноклітинні організми (одноклітинні тварини й бактерії), сперматозоїди, еритроцити та їхній рух у капілярах.

Усі накопичені наукові факти про різноманіття живого узагальнив видатний шведський учений XVIII ст.



Мал. 1.2. Арістотель
(384–322 рр. до н. е.)



Мал. 1.3. Роберт Гук
(1635–1703)



Мал. 1.4. Антоні ван Левенгук
(1632–1723)





Мал. 1.5. Карл
Лінней (1707–1778)

Карл Лінней (мал. 1.5). Він наголошував на тому, що в природі існують групи особин, які нагадують одна одну за особливостями будови, потребами до довкілля, заселяють певну частину поверхні Землі, здатні схрещуватися між собою та давати плідних нащадків. Такі групи, кожна з яких має певні відмінності від інших, він вважав *видами*. Лінней започаткував сучасну систематику, а також створив власну класифікацію рослин і тварин. Він ввів латинські наукові назви видів, родів та інших систематичних категорій, описав понад 7500 видів рослин і близько 4000 видів тварин.



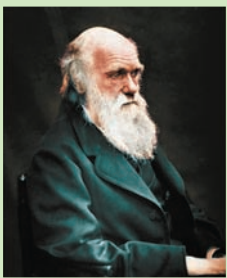
Мал. 1.6. Теодор
Шванн (1810–1882)

Важливий етап у розвитку біології пов'язаний зі створенням *клітинної теорії* та розвитком еволюційних ідей. Зокрема, було виявлено ядро в клітині: уперше його 1828 року спостерігав у рослинній клітині англійський ботанік **Роберт Броун** (1773–1858), який згодом (1833) запропонував термін «ядро». 1830 року ядро яйцеклітини курки описав чеський дослідник **Ян Пуркіне** (1787–1869). Спираючись на праці цих учених та німецького ботаніка **Маттіаса Шлейдена** (1804–1881), німецький зоолог **Теодор Шванн** (мал. 1.6) 1838 року сформулював основні положення клітинної теорії, згодом доповнені німецьким цитологом **Рудольфом Вірховим** (1821–1902).



Мал. 1.7. Жан-Батіст Ламарк
(1744–1829)

На початку XIX ст. **Жан-Батіст Ламарк** (мал. 1.7) запропонував першу цілісну еволюційну гіпотезу (1809), звернув увагу на роль чинників навколишнього середовища в еволюції живих істот. Найвагоміший внесок у подальший розвиток еволюційних поглядів зробив один з найвидатніших біологів світу – англійський учений **Чарльз Дарвін** (мал. 1.8). Його еволюційна гіпотеза (1859) започаткувала теоретичну біологію й значно вплинула на розвиток інших природничих наук. Учення Ч. Дарвіна згодом було доповнене і розширене працями його послідовників і як завершена система поглядів під назвою «дарвінізм» остаточно сформувалося на початку XX ст. Найбільшу роль у розвитку дарвінізму того часу відіграв знаменитий німецький учений **Ернст Геккель** (мал. 1.9), який, зокрема, запропонував 1866 року назву науки про взаємозв'язки організмів та їхніх угруповань з умовами середовища життя – *екологія*. Він намагався з'ясувати та схематично зобразити шляхи еволюції різних систематичних груп тварин і рослин, заклавши основи *філогенії*.



Мал. 1.8. Чарльз
Дарвін (1809–1882)

Важливий внесок у розвиток учення про вищу нервову діяльність та фізіологію травлення хребтних тварин і людини зробили російські вчені – **Іван Михайлович Сеченов** та **Іван Петрович Павлов** (мал. 1.10, 1.11), про що вам уже відомо з курсу біології 9-го класу.

У середині XIX ст. були закладені підвалини науки про закономірності спадковості й мінливості організмів – *генетики*. Датою її народження вважають 1900 рік, коли три вчені, які робили дослід з гібридизації рослин, – голландець **Гуго де Фріз** (1848–1935) (йому належить термін



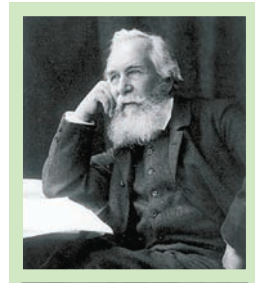


мутація), німець **Карл Еріх Корренс** (1864–1933) та австрієць **Еріх Чермак** (1871–1962) – незалежно один від одного нагнали на забуту працю чеського дослідника **Грегора Менделя** (мал. 1.12) «Досліди над рослинними гібридами», видану ще 1865 року. Ці вчені були вражені тим, наскільки результати їхніх дослідів збігалися з отриманими Г. Менделем. Згодом закони спадковості, встановлені Г. Менделем, сприйняли науковці різних країн, а ретельні дослідження довели їхній універсальний характер. Назву «генетика» запропонував 1907 року англійський учений **Уільям Бетсон** (1861–1926). Величезний внесок у розвиток генетики зробив американський учений **Томас Хант Морган** (мал. 1.13) зі своїми співробітниками. Підсумком їхніх досліджень стало створення *хромосомної теорії спадковості*, яка вплинула на подальший розвиток не лише генетики, а й біології в цілому. Нині генетика стрімко розвивається і посідає одне з центральних місць у біології.

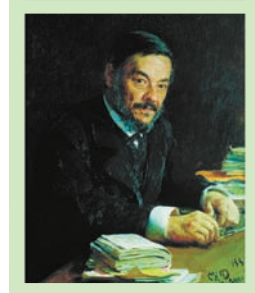
Наприкінці XIX ст. (1892) російський учений **Дмитро Йосипович Івановський** (1864–1920) відкрив неклітинні форми життя – віруси. Цю назву невдовзі запропонував голландський дослідник **Мартин Віллем Бейєринк** (1851–1931). Однак розвиток вірусології став можливий лише з винайденням електронного мікроскопа (30-ті роки XX ст.), здатного збільшувати об'єкти досліджень у десятки й сотні тисяч разів. Завдяки електронному мікроскопу людина змогла детально вивчити клітинні мембрани, найдрібніші органели та включення.

У XX ст. бурхливо розвивалися *молекулярна біологія, генетична інженерія, біотехнологія* тощо. Американський учений – біохімік **Джеймс Уотсон**, англійські – біолог **Френсис Крік** (мал. 1.14) та біофізик **Морріс Уїлкінс** (1916–2004) у 1953 році відкрили структуру ДНК (за це їм 1962 року присуджено Нобелівську премію в галузі фізіології та медицини), а згодом з'ясували роль нуклеїнових кислот у збереженні й передачі спадкової інформації.

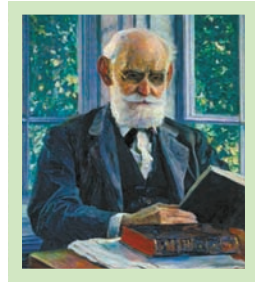
Два біохіміки – іспанець **Северо Очоа** (1905–1993) та американець **Артур Корнберг** (1918–2001) стали лауреатами Нобелівської премії в галузі фізіології та медицини



Мал. 1.9. Ернст Геккель (1834–1919)



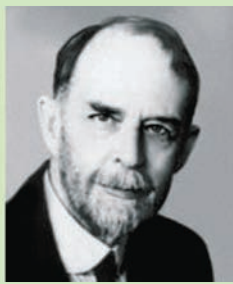
Мал. 1.10. І. М. Сеченов (1829–1905)



Мал. 1.11. І. П. Павлов (1849–1936)



Мал. 1.12.
Грегор Мендель
(1822–1884)



Мал. 1.13. Томас
Хант Морган
(1866–1945)



Мал. 1.14. Джеймс Уотсон
(1928 р. н.) (1) і Френсис Крік
(1916–2004) (2)





Мал. 1.15.
О.О. Ковалевський
(1840–1901)



Мал. 1.16.
І.І. Шмальгаузен
(1884–1963)



Мал. 1.17.
І.І. Мечников
(1845–1916)



Мал. 1.18.
С.Г. Навашин
(1857–1930)

1959 року за відкриття механізмів біосинтезу РНК і ДНК. А протягом 1961–1965 років завдяки роботам лауреатів Нобелівської премії в галузі фізіології та медицини 1968 року американських біохіміків **Маршалла Ніренберга** (1927–2010), **Роберта Холлі** (1922–1993) та індійського біохіміка **Хара Гобінда Хорани** (1922–2010) було розшифровано генетичний код і з'ясовано його роль у синтезі білків.

У розробці біотехнологічних процесів часто застосовують методи генетичної та клітинної інженерії. **Генетична інженерія** – це прикладна галузь молекулярної генетики та біохімії, яка розробляє методи перебудови спадкового матеріалу організмів вилученням або введенням окремих генів чи їхніх груп. Поза організмом гени вперше синтезував 1969 року Х.Г. Хорана. Того ж року вперше вдалося виділити в чистому вигляді гени бактерії – кишкової палички. За останні десятиріччя вчені розшифрували структуру спадкового матеріалу різних організмів (мух-дрозофіл, кукурудзи та ін.), і людини зокрема. Це дає можливість вирішити багато проблем, наприклад, лікування різноманітних хвороб, збільшення терміну життя людини, забезпечення людства продуктами харчування та ін.

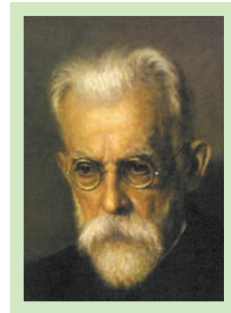
За свої дослідження в галузі біохімії отримали Нобелівську премію по фізіології та медицині 1953 року два біохіміки німецького походження – англійський **Ханс Адольф Кребс** (1900–1981) та американський **Фріц Альберт Ліпман** (1899–1986) за відкриття циклу біохімічних реакцій під час кисневого етапу енергетичного обміну (названий циклом Кребса). Американський хімік **Мелвін Калвін** (1911–1997) вивчив етапи перетворення карбон(II) оксиду на вуглеводи під час темної фази фотосинтезу (цикл Кельвіна), за що отримав Нобелівську премію з хімії в 1961 році. 1997 року американському лікарю-біохіміку **Стенлі Прузінеру** (1942 р. н.) було присуджено Нобелівську премію з фізіології та медицини за дослідження пріонів – білкових інфекційних частинок, здатних спричиняти смертельно небезпечні захворювання головного мозку людини та сільськогосподарських тварин («коров'ячий сказ» та ін.).

Важливий внесок у розвиток біології належить українським ученим. Зокрема, дослідження **Олександра Онуфрієвича Ковалевського** (мал. 1.15) та **Івана Івановича Шмальгаузена** (мал. 1.16) відіграли важливу роль у розвитку порівняльної анатомії тварин, філогенії та еволюційних поглядів. **Ілля Ілліч Мечников** (мал. 1.17) відкрив явище фагоцитозу і розвинув теорію клітинного імунітету, за що йому було присуджено Нобелівську премію з фізіології та медицини в 1908 році. Він також запропонував гіпотезу походження багатоклітинних тварин. О.О. Ковалевського та І.І. Мечникова справедливо вважають засновниками еволюційної ембріології. Всесвітню славу українській ботанічній школі приніс **Сергій Гаврилович Навашин** (мал. 1.18), який 1898 року відкрив процес подвійного запліднення у квіткових рослин.





Важко уявити сучасний розвиток екології без праць нашого видатного співвітчизника – **Володимира Івановича Вернадського** (мал. 1.19). Він створив учення про *біосферу* – єдину глобальну екосистему планети Земля, а також *ноосферу* – новий стан біосфери, спричинений розумовою діяльністю людини. Як це часто буває, ідеї В.І. Вернадського випередили свій час. Лише тепер його прогнози про *ноосферу* розглядають як своєрідну програму, покликану забезпечити гармонійне співіснування людини та навколишнього природного середовища, яке спирається на екологізацію всіх сфер діяльності людини: промисловості, транспорту, тваринництва та рільництва. В.І. Вернадський започаткував нову науку – *біогеохімію*, що вивчає біохімічну діяльність живих організмів з перетворення геологічних оболонок нашої планети.



Мал. 1.19.
В.І. Вернадський
(1863–1945)

Великі досягнення в українській ботанічній науці належать **Олександру Васильовичу Фоміну**, **Миколі Григоровичу Холодному**, **Миколі Миколайовичу Гришку** (1901–1964), зоологічній – **Карлу Федоровичу Кесслеру** (1815–1881), **Володимиру Опанасовичу Караваєву** (1864–1939), **Вадиму Олександровичу Топачевському** (1930–2004), біохімії – **Олександру Володимировичу Палладіну**, **Миколі Євдокимовичу Кучеренку** (1938–2008), гідробіології – **Олександру Вікторовичу Топачевському** (1897–1975), радіобіології – **Дмитру Михайловичу Гродзинському** (1929 р. н.), генетиці – **Сергію Михайловичу Гершензону**, мікробіології – **Данилу Кириловичу Заболотному** та **Миколі Григоровичу Холодному**, фізіології людини і тварин – **Олександру Олександровичу Богомолю**, **Василію Юрійовичу Чаговцю** (1873–1941), **Платону Григоровичу Костюку**, паразитології – **Олександру Прокоповичу Маркевичу** (1905–1999) та багатьом іншим (мал. 1.20).



Мал. 1.20. Вітчизняні вчені-біологи: О.В. Фомін (1869–1935) (1); М.Г. Холодний (1882–1953) (2); О.В. Палладін (1885–1972) (3); С.М. Гершензон (1906–1998) (4); О.О. Богомолець (1881–1946) (5); Д.К. Заболотний (1866–1929) (6); П.Г. Костюк (1924–2010) (7)



§ 2. РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ



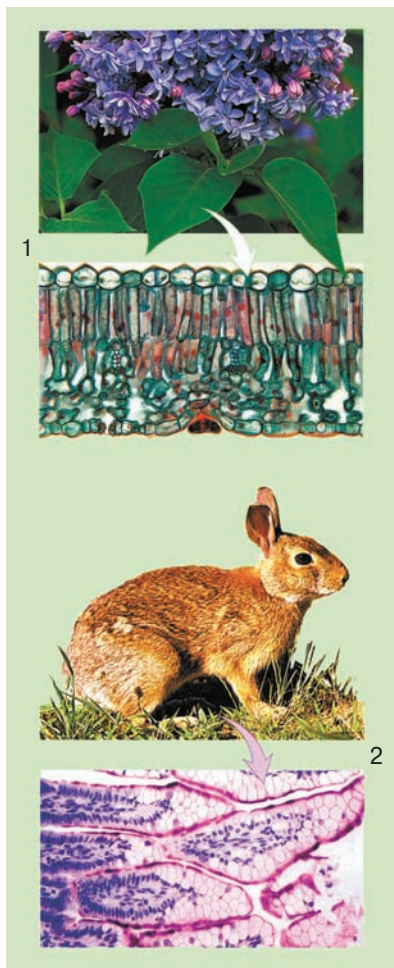
Пригадайте: які ознаки притаманні рослинам, грибам, бактеріям і тваринам? Що таке подразливість? Які організми називають еукаріотами та прокаріотами? Що таке регенерація, подразливість, рефлекс, розмноження? Що таке система, популяція, екосистема, біосфера, колообіг речовин?

• **Властивості живої матерії.** Хоча біологія досліджує різні прояви життя протягом багатьох сторіч, навіть на сучасному етапі її розвитку важко дати чітке й стисле визначення поняття «життя». Тому перелічимо основні властивості, притаманні живій матерії. Більшість з них вам відомі з попередніх курсів біології.

Кожна жива істота, або організм, складається з окремих часток – клітин (мал. 2.1). Неживі предмети (за винятком решток організмів) клітинної будови не мають. Таким чином, *клітина* – це структурно-функціональна одиниця організації живих організмів. Неклітинні форми життя – віруси – здатні виявляти прояви життєдіяльності лише всередині клітин тих організмів, в яких вони паразитують.

Організми та неживі об'єкти відрізняються співвідношенням хімічних елементів, що входять до їхнього складу. До складу живих істот входять ті самі хімічні елементи, з яких складаються й неживі об'єкти. Проте хімічний склад усіх організмів відносно подібний, тоді як у різних компонентів неживої природи він відрізняється. Наприклад, у водній оболонці Землі (гідросфері) переважають Гідроген та Оксиген, у газоподібній (атмосфері) – Оксиген і Нітроген, у твердій (літосфері) – Силіцій, Оксиген тощо. Натомість у складі всіх живих істот переважають чотири хімічні елементи: Гідроген, Карбон, Нітроген та Оксиген.

Живій матерії притаманний обмін речовинами та енергією з навколишнім середовищем. Живі організми здатні засвоювати органічні сполуки, причому деякі з них синтезують ці речовини з неорганічних (рослини, ціанобактерії, деякі бактерії та одноклітинні тварини). Поживні речовини (а також H_2O , CO_2 і O_2) живі істоти отримують з довкілля, тобто *живляться* та дихають. Сполуки, які надходять до



Мал. 2.1. Рослина та клітинна будова листка (1); тварина та клітинна будова її тканини (2)





живих організмів, зазнають у них змін. Частина їх використовується для забезпечення власних потреб організму в енергії, а інша частина – як будівельний матеріал, необхідний для росту та оновлення окремих клітин і організму в цілому. Нагадаємо, що енергія виділяється внаслідок розщеплення органічних сполук.

Процеси обміну речовин (**метаболізму**) становлять сукупність фізичних і хімічних процесів, що відбуваються як в окремих клітинах, так і в цілісному багатоклітинному організмі. Кінцеві продукти обміну речовин організми виводять у довкілля. Туди ж виділяється й частина енергії. Отже, будь-який організм є **відкритою системою**. Це означає, що він може тривалий час функціонувати лише за умов надходження ззовні енергії, поживних та інших речовин.

Кожна біологічна система здатна до саморегуляції. Обмін речовин забезпечує одну з найголовніших умов існування живих істот – підтримання **гомеостазу** – здатності біологічних систем зберігати відносну сталість свого складу та властивостей за змін умов навколишнього середовища. Підтримання гомеостазу забезпечують **системи, які регулюють життєві функції**. У багатьох тварин до регуляторних систем належать нервова, імунна та ендокринна, у рослин – окремі клітини, які виділяють біологічно активні речовини (фітогормони, фітонциди та ін.). Усі процеси життєдіяльності відбуваються узгоджено.

Біологічним системам притаманна здатність до підтримання своєї специфічної структури. Біологічним системам – від неклітинних форм життя (вірусів) до надорганізованих угруповань (популяцій, екосистем, біосфери в цілому) – властива чітка внутрішня структура. Наприклад, багатоклітинні організми здатні до **регенерації** – відновлення втрачених або ушкоджених структур.

Іноді здатність до регенерації може бути дуже яскраво вираженою: деяких губок можна розтерти в ступці до кашкоподібного стану; при вміщенні такої «кашки» у водне середовище окремі клітини знову об'єднуються, формуючи згодом цілісний організм. А з прикопаного невеликого пагона верби з часом виростає нове дерево.

Характерна риса організмів – здатність до рухів. Рух властивий не лише тваринам, а й рослинам (мал. 2.2). Багато мікроскопічних одноклітинних водоростей, одноклітинних тварин чи бактерій рухаються у воді за допомогою органел руху – джгутиків.

Живій матерії притаманна здатність сприймати подразники зовнішнього та внутрішнього (тобто ті, що виникають у самому організмі) середовища і певним чином на них реагувати (подразливість). Наприклад, дотик до листка мімози соромливої (зростає в Криму) спричинює його провисання. У тварин реакції на подразники, які здійснюються за участі нервової системи, називають **рефlekсами**.

Усім біологічним системам притаманна здатність до самовідтворення. Організми здатні утворювати собі подібних, тобто вони здатні до **розмноження**. Завдяки здатності до розмноження існують не лише окремі види, а й життя взагалі.



Мал. 2.2. Колові рухи ліан навколо стовбура дерева



Живі організми здатні до росту та розвитку. Завдяки *росту* організми збільшують свої розміри та масу. При цьому одні з них (наприклад, рослини, риби) ростуть протягом усього життя, інші (наприклад, птахи, ссавці, людина) – упродовж лише певного часу. Ріст зазвичай супроводжується *розвитком* – якісними змінами, пов'язаними з набуттям нових рис будови та особливостей функціонування.

Пригадайте будову заплідненої яйцеклітини, зародка людини, який з неї розвивається, та дорослого організму. Ви не заперечуватимете, що зародок, а тим паче доросла людина, організовані значно складніше, ніж клітина, з якої вони розвинулись. Це пов'язано з тим, що під час розвитку багатоклітинних організмів збільшується кількість клітин, з яких вони складаються, відбуваються їхня диференціація, формування нових органів.

Існування організмів тісно пов'язане зі збереженням спадкової інформації та її передачею нащадкам під час розмноження. Це забезпечує стабільність існування видів, адже нащадки зазвичай більш-менш схожі на своїх батьків. Водночас живим істотам притаманна й *мінливість* – здатність набувати нових ознак протягом індивідуального розвитку. Завдяки мінливості організми здатні набувати нових ознак і пристосовуватися до змін довкілля. Це необхідна передумова як для виникнення нових видів, так і для історичного розвитку життя на нашій планеті, тобто еволюції.

Біологічні системи здатні до адаптацій. Нагадаємо, що *адаптаціями* називають виникнення пристосувань у живих систем у відповідь на зміни, які відбуваються в їхньому зовнішньому чи внутрішньому середовищі.



Мал. 2.3. Зимове (1) і літнє (2) «вбрання» зайця білого

казано дві форми зайця білого – літня та зимова. абарвлення на біле зимове – це пристосування до о покриву, що робить тварину менш помітною для ть бути пов'язані зі змінами особливостей будови еретинки у водоплавних птахів чи крокодилів), і (зимова сплячка бурих ведмедів), поведінки (пепадптації визначають можливість існування живих овах довкілля.

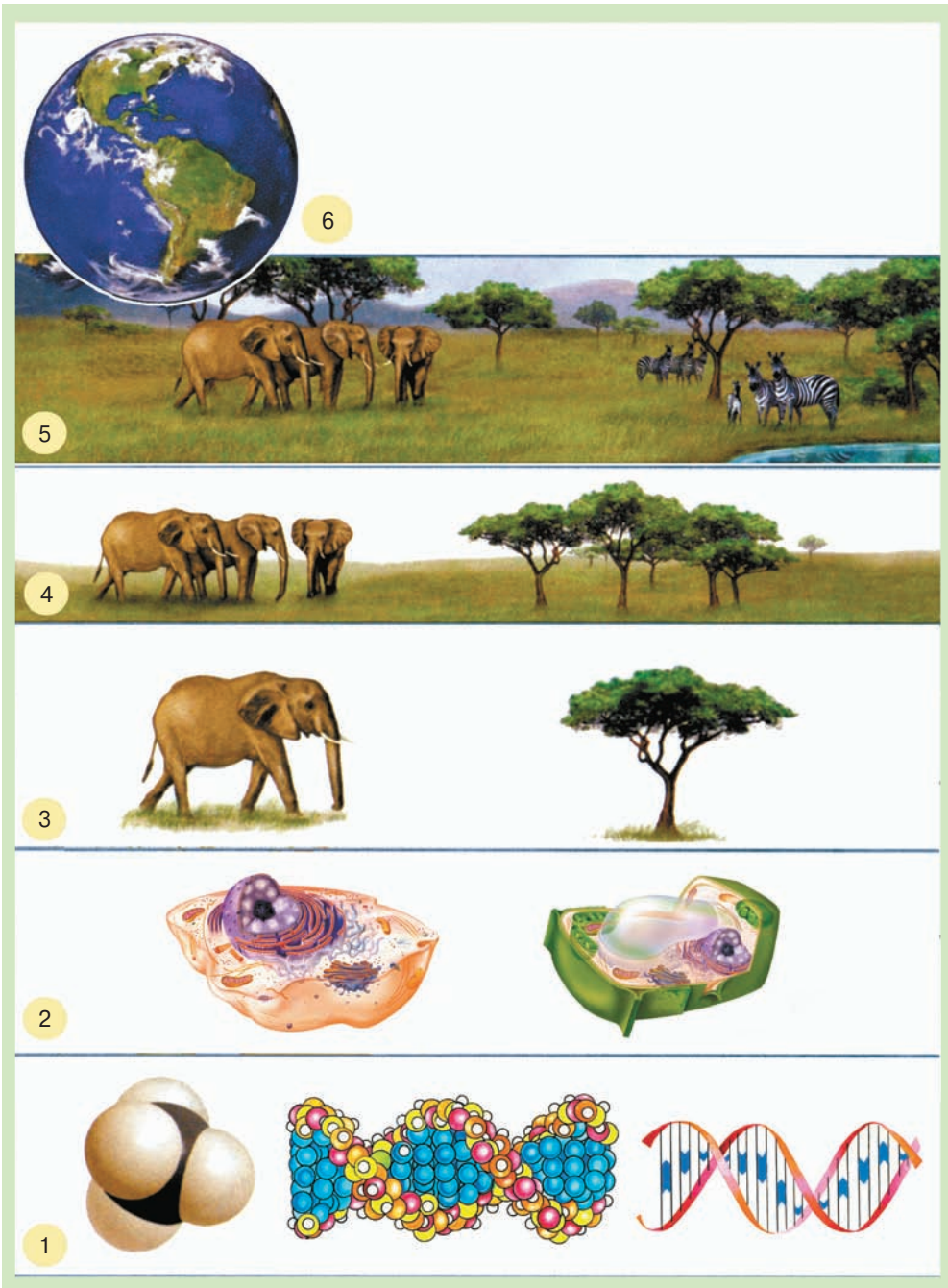
та надорганізмів системи – це цілісні біологічні оновлення, саморегуляції та самовідтворення. еребувати на різних рівнях організації, що постуодесі її еволюції, – від простих до складніших.

івої матерії. Розрізняють такі рівні організації ярний, клітинний, організмовий, популяційно-або біогеоценологічний, і біосферний (мал. 2.4).

івні (мал. 2.4, 1) відбуваються хімічні процеси і також зберігається, змінюється і реалізується і молекулярному рівні існують елементарні біолод віруси. Цей рівень організації живої матерії добіологія, біохімія, генетика, вірусологія.

анізації живої матерії (мал. 2.4, 2) характеризу-клітині як одноклітинних, так і багатоклітинних обмін речовин і перетворення енергії, зберігається та реалізується спадкова інформація. Клітини здатні до розмноження і передачі спадкової інформації дочірнім клітинам. Отже, клітина є





Мал. 2.4. Рівні організації живої матерії: 1 – молекулярний (відбуваються біохімічні реакції, кодується спадкова інформація); 2 – клітинний (клітини складаються з молекул); 3 – організмівий (багатоклітинні організми складаються з клітин); 4 – популяційно-видовий (види складаються з популяцій, а популяції – з окремих особин одного виду); 5 – екосистемний, або біогеоценотичний (складається з різних видів); 6 – біосферний (біосфера – сукупність усіх екосистем планети)



елементарною одиницею будови, життєдіяльності і розвитку живої матерії. Клітинний рівень організації живої матерії вивчають *цитологія, гістологія, анатомія рослин*.

Організмовий рівень (мал. 2.4, 3). У багатоклітинних організмів під час індивідуального розвитку клітини спеціалізуються за будовою та виконуваними функціями, часто формуючи тканини. З тканин формуються органи. Різні органи взаємодіють між собою у складі певної системи органів (наприклад, травна система). Цим забезпечується функціонування цілісного організму як інтегрованої біологічної системи (в одноклітинних організмів організовий рівень збігається з клітинним). Таке функціонування насамперед пов'язане із здійсненням обміну речовин та перетворенням енергії, що забезпечує сталість внутрішнього середовища.

Організмовий рівень організації живої матерії вивчає багато наук. Окремі групи організмів досліджують *ботаніка* (об'єкт дослідження – рослини), *зоологія* (об'єкт дослідження – тварини), *мікологія* (об'єкт дослідження – гриби), *бактеріологія* (об'єкт дослідження – бактерії). Будову організмів вивчає *анатомія*, а процеси життєдіяльності – *фізіологія*.

Популяційно-видовий рівень. Усі живі організми належать до певних біологічних видів. Організми одного виду мають спільні особливості будови та процесів життєдіяльності, екологічні вимоги до середовища мешкання. Вони здатні залишати плодючих нащадків. Особини одного виду об'єднуються в групи – *популяції*, які мешкають на певних частинах території поширення даного виду (мал. 2.4, 4). Популяції одного виду більш-менш відмежовані від інших. Популяції є не тільки елементарними одиницями виду, а й еволюції, оскільки в них відбуваються основні еволюційні процеси, про які ви дізнаєтеся згодом. Ці процеси здатні забезпечити формування нових видів, що підтримує біологічне різноманіття нашої планети.

Популяційно-видовий рівень організації характеризується високим біорізноманіттям. Ви знаєте, що на нашій планеті мешкає майже 2,5 млн видів бактерій, ціанобактерій, рослин, грибів, тварин.

Екосистемний, або біогеоценологічний, рівень. Популяції різних видів, які населяють спільну територію, взаємодіють між собою та з чинниками неживої природи, входять до складу надвидових біологічних систем – *екосистем* (мал. 2.4, 5). Нагадаємо, що екосистеми, які охоплюють територію з подібними фізико-кліматичними умовами, називають також *біогеоценозами*. Біогеоценози здатні до самовідтворення. Для них характерні постійні потоки енергії між популяціями різних видів, а також постійний обмін речовиною між живою та неживою частинами біогеоценозів, тобто *колообіг речовин*.

Біосферний рівень. Окремі екосистеми нашої планети разом утворюють *біосферу* – частину оболонки Землі, населену живими організмами (мал. 2.4, 6). Біосфера становить єдину глобальну екосистему нашої планети. Біосферний рівень організації живої матерії характеризується глобальним колообігом речовин і потоками енергії, які забезпечують функціонування біосфери. Надорганізмові рівні організації живої матерії – популяції, екосистеми та біосфера в цілому – вивчає *екологія*.

Запам'ятайте: усі рівні організації живої матерії взаємопов'язані між





собою: нижчі рівні входять до складу вищих.

Ключові терміни та поняття. Гомеостаз, відкрита система, адаптація, популяція, біогеоценоз, колообіг речовин.

Основні властивості, притаманні живій матерії:

- ▶ Кожна жива істота, або організм, складається з окремих структурно-функціональних одиниць – клітин. Неклітинні форми життя – віруси – паразитують усередині клітин інших організмів.
- ▶ Живі організми та неживі об'єкти відрізняються співвідношенням хімічних елементів, що входять до їхнього складу. У живих організмах переважають чотири хімічні елементи: Гідроген, Карбон, Нітроген та Оксиген.
- ▶ Живі системи відкриті, тобто здатні до обміну речовин (метаболізму) та енергією з довкіллям.
- ▶ Кожна біологічна система здатна до саморегуляції шляхом підтримання гомеостазу.
- ▶ Біологічним системам притаманна здатність до підтримання своєї специфічної структури.
- ▶ Характерна риса більшості живих організмів – здатність до рухів.
- ▶ Живій матерії притаманна подразливість, тобто здатність сприймати подразники зовнішнього та внутрішнього середовища і певним чином на них реагувати.
- ▶ Для всіх біологічних систем характерна здатність до самовідтворення.
- ▶ Організмам властиві ріст і розвиток.
- ▶ Існування організмів тісно пов'язане зі збереженням спадкової інформації та її передачею нащадкам під час розмноження. Водночас живим істотам притаманна й мінливість – здатність набувати нових ознак протягом індивідуального розвитку.
- ▶ Біологічні системи здатні до адаптацій – пристосувань до змін, які відбуваються в зовнішньому чи внутрішньому середовищах.
- ▶ Розрізняють такі рівні організації живої матерії: молекулярний, клітинний, організмовий, популяційно-видовий, екосистемний, або біогеоценотичний, і біосферний.

**Коротко
про
головне**



Запитання для самоконтролю

1. Які хімічні елементи найпоширеніші в сполуках живих організмів?
2. Чому біологічні системи належать до відкритих? 3. Що таке гомеостаз? 4. Які ви знаєте рівні організації живої матерії? 5. Як співвідносяться різні рівні організації живої матерії між собою? 6. Що слугує середовищем життя для біосфери?

Поміркуйте. 1. Чим можна пояснити наявність різних рівнів організації живої матерії? 2. Користуючись матеріалом параграфа, спробуйте сформулювати поняття «життя». Чи можна вважати його повним?



§3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ У БІОЛОГІЇ. ЗНАЧЕННЯ ДОСЯГНЕНЬ БІОЛОГІЧНОЇ НАУКИ В ЖИТТІ ЛЮДИНИ І СУСПІЛЬСТВА



Пригадайте: за допомогою яких методів досліджують одноклітинні організми?

• **Основні методи біологічних досліджень.** Живу матерію на різних рівнях організації досліджують також різними методами, основні з яких – порівняльно-описовий, експериментальний, моніторинг і моделювання. Отримані результати обробляють за допомогою математично-статистичного аналізу.

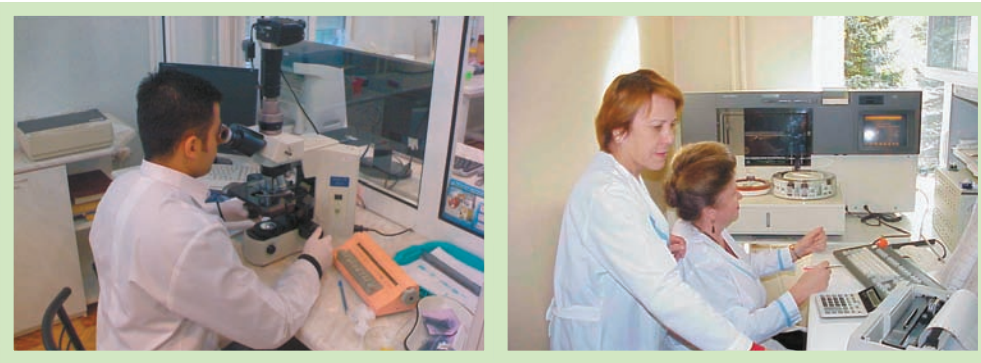
За допомогою **порівняльно-описового методу** описують нові для науки види організмів, процеси чи явища. Його започаткував давньогрецький учений Арістотель. Однак часто замало просто описати новий вид організмів, процес, явище тощо. Щоб встановити своєрідність об'єкта досліджень, його необхідно порівняти з іншими подібними об'єктами, процесами чи явищами. Наприклад, відкриття нових для науки видів неможливе без аналізу їхньої подібності та відмінностей від близьких форм. Те саме стосується органічних сполук, біохімічних процесів, будови та функцій клітин, тканин, організмів, екосистем тощо.

Для наукового дослідження будь-який біологічний об'єкт потрібно **класифікувати**, тобто визначити його належність до тієї чи іншої групи (наприклад, органічних речовин – до білків, ліпідів, вуглеводів чи нуклеїнових кислот тощо, живих істот – до відповідного виду, роду, родини і т. д.). Порівняння об'єктів дослідження можливе лише в межах певного рівня організації (наприклад, порівняння певної молекули з іншими молекулами, клітини – з іншими клітинами, виду – з іншими видами тощо).

Експериментальний метод полягає в тому, що дослідники активно втручаються в будову об'єктів досліджень, перебіг тих чи інших процесів, явищ і спостерігають за наслідками такого втручання. Експерименти бувають польові та лабораторні. **Польові експерименти** здійснюють у природних умовах: на експериментальних ділянках вивчають дію певних речовин на ріст рослин, випробовують заходи боротьби зі шкідниками, досліджують вплив господарської діяльності людини на природні екосистеми тощо. **Лабораторні експерименти** проводять у спеціально обладнаних приміщеннях (лабораторіях) (мал. 3.1). У таких дослідженнях часто використовують піддослідні організми, яких дослідники штучно розводять та утримують. Деякі лабораторні культури дали початок промисловим культурам, які використовують для одержання потрібних людині продуктів. Це один з напрямів досліджень у біотехнології (наприклад, використання дріжджів у хлібопекарській справі, виноробстві; бактерій і грибів – для отримання антибіотиків тощо).

Моніторинг – постійне стеження за перебігом певних процесів в окремих популяціях, екосистемах, біосфері в цілому чи за станом певних біологічних об'єктів. Його здійснюють здебільшого на популяційно-видовому, біогеоценотичному чи біосферному рівнях. Він дає змогу не тільки визначати стан певних об'єктів, а й прогнозувати можливі зміни, аналізувати їхні наслідки. Наприклад, зміни клімату на нашій планеті можливі в зв'язку з накопичен-





Мал. 3.1. Сучасні біологічні лабораторії

ням в атмосфері вуглекислого газу. Здійснюючи моніторинг його вмісту в атмосфері, можна припустити, як це впливатиме на зміну клімату нашої планети. Таким чином, моніторинг дає можливість своєчасно виявляти негативні зміни у структурі та функціонуванні окремих популяцій, біогеоценозів чи біосфері в цілому і своєчасно розробляти заходи їх охорони.

Моделювання – метод дослідження та демонстрування структур, функцій, процесів за допомогою їхньої спрощеної імітації. Моделювання є обов'язковим етапом багатьох наукових досліджень, бо дає змогу вивчати об'єкти та процеси, які неможливо безпосередньо спостерігати чи відтворювати експериментально. Будь-яка модель неминуче спрощена. Вона не може виявити всю складність об'єктів, процесів чи явищ, які спостерігають у природі, а відображає лише їхні загальні риси чи ймовірний перебіг. За допомогою моделювання учені прогнозують можливі наслідки тих чи інших процесів або явищ, створюють певні ідеальні об'єкти чи явища й порівнюють з ними реальні. Наприклад, для дослідження багатьох небезпечних хвороб людини створюють моделі цих процесів у піддослідних тварин.

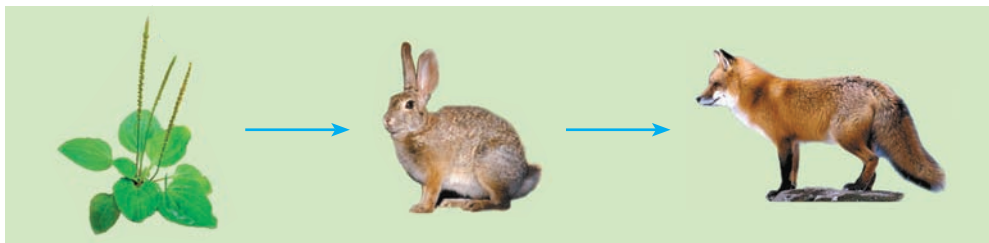
Моделі можуть бути статичними та динамічними. Приклади *статичних моделей* вам не раз демонстрували на уроках біології, наприклад моделі будови квітки, головного мозку чи інших органів. Їх можна роздивлятися, не втручаючись в їхню структуру. А ось за допомогою акваріума (мал. 3.2) можна створити *динамічну модель* водної екосистеми. Змінюючи видовий склад організмів, хімічний склад води тощо, можна спостерігати за наслідками такого втручання.

Теоретичні основи математичних моделей біологічних процесів і явищ розробляє *математична біологія*. **Математична модель** – це чисельне вираження парних зв'язків (у вигляді системи диференціальних рівнянь) у межах певного об'єкта, процесу чи явища. Змінюючи числове значення одного з показників, введених у модель, можна спостерігати, як змінюватимуться й інші, тобто як поводитиме себе дана система за певних умов. Наприклад, можна створити модель харчових



Мал. 3.2. Акваріум як модель водної екосистеми





Мал. 3.3. Харчові зв'язки між організмами можна описати за допомогою математичної моделі. (Розв'яжіть задачу. Зайцю, для того щоб збільшити масу на 5 кг, треба з'їсти 50 кг рослин. Лисиця, якщо з'їсть зайця масою 5 кг, збільшить свою масу лише на 500 г. Визначте, яка частина їжі засвоюється, а яка – втрачається)

зв'язків у екосистемі, описуючи зв'язки між окремими видами: рослина – рослиноїдний вид, рослиноїдний вид – хижак і т. д. (мал. 3.3).

Математичне моделювання в біології – сукупність математичних методів аналізу складних кількісних взаємозв'язків і закономірностей у біологічних системах. Його здійснюють за допомогою комп'ютерної техніки, яка дає змогу зберігати величезні обсяги даних і швидко їх обробляти за допомогою спеціальних програм. Математичне моделювання дає змогу спостерігати за можливими варіантами перебігу подій, виділяти окремі зв'язки, комбінувати їх тощо. Передумовою створення правильної математичної моделі слугують накопичення даних спостережень або експериментів про певні явища чи процеси.

Математичну модель створюють у декілька етапів. Послідовно висувують робочу гіпотезу та формують запитання, відповіді на які повинна дати модель; розробляють відповідний математичний апарат; на його основі вираховують певні дані; порівнюють їх з результатами спостережень та експериментів, перевіряючи правильність моделі. У разі істотних розходжень результатів моделювання з реальними даними модель докорінно переробляють або відкидають, оскільки це свідчить про помилковість робочої гіпотези або неправильно розроблений математичний апарат.

Гіпотеза – науково обґрунтоване припущення, висунуте для пояснення того чи іншого факту, процесу або явища. Гіпотеза, підтверджена практикою, стає **науковою теорією**.

Математичні моделі, наприклад, дають змогу визначати, яку кількість особин промислових тварин можна виловити з природних популяцій, щоб це не позначилося на їхній чисельності; прогнозувати масові розмноження шкідників, наслідки антропогенного впливу на окремі екосистеми та біосферу (наприклад, як збільшення концентрації вуглекислого газу в атмосфері впливає на окремі групи організмів і клімат планети загалом) тощо.

Статистичний метод. Будь-який накопичений матеріал, отриманий у результаті спостережень, експериментів або моделювання, потребує статистичної (математичної) обробки. Маса зібраних фактів, не проаналізованих і не оброблених статистично, не дає можливості виявити весь об'єм інформації, встановити певні закономірності. Перед обробкою результатів дослідники визначають завдання, які потрібно вирішити, і залежно від цього обирають той чи інший метод математичної статистики. Математич-





на обробка необхідна для визначення ступеня достовірності та правильного узагальнення отриманих результатів.

Статистично достовірну закономірність у біології можна вважати **правил**ом або **науковим законом**. **Біологічні закони** – це статистично вивірені закономірності, що зазвичай не мають винятків і можуть бути витлумачені лише певним чином (пригадайте закони, які ви вивчали з інших предметів). З часом ви ознайомитеся з основними біологічними законами, зокрема екологічними та законами спадковості.

• **Значення біології у житті людини.** Бурхливий розвиток наук про життя у другій половині ХХ ст. сприяв багатьом відкриттям у галузі біології. Це, зокрема, відкриття і розшифрування генетичного коду, головних ланок синтезу білка, багатьох процесів обміну речовин у живій клітині, триває інтенсивна робота з розшифрування геному людини, рослин і тварин.

За участі учених-біологів досягнуто значного прогресу у своєчасному встановленні причин (діагностуванні) різноманітних захворювань людини, свійських тварин і культурних рослин, їхній профілактиці та лікуванні. На основі біологічно активних речовин, які виробляють різноманітні організми, дослідники створюють ефективні лікарські препарати. Сучасні вчені здатні штучно змінювати спадковий матеріал різноманітних організмів. Наприклад, до клітин бактерії кишкової палички введено гени, що відповідають за утворення гормонів, необхідних для лікування низки захворювань людини (карликовість, цукровий діабет та ін.), (*згадайте про причини цих захворювань*). Раніше ці речовини видобували з тварин у невеликих кількостях, а тепер їх можна отримувати в мікробіологічних лабораторіях згідно з потребами.

Організми із зміненим спадковим матеріалом (їх називають *генетично модифікованими*) вирізняються стійкістю до захворювань, високою продуктивністю тощо. Проте застосування цих організмів нині обмежене, оскільки ще досконало не досліджено вплив їхнього споживання на організм людини та свійських тварин.

Сучасні дослідження в галузі молекулярної біології та генетики дають змогу виявляти дефектні гени, які спричиняють спадкові захворювання, та замінювати їх на нормальні копії.

Екологія – наука, покликана своїми дослідженнями переконати людей у необхідності дбайливого ставлення до природи, жити за її законами, а не намагатися їх змінити в будь-який спосіб. Тому вона слугує теоретичною базою для планування і здійснення охорони навколишнього природного середовища. На базі екологічних досліджень створюються нові напрями охорони як окремих видів організмів, так і їхніх угруповань.

• **Завдання сучасної біології** насамперед полягають у розв'язанні найважливіших проблем людства: збільшення продовольчого потенціалу планети; поліпшення екологічного стану середовища життя людини, збереження її здоров'я і довголіття; одержання альтернативних джерел енергії. Тому актуальним буде:

- встановлення контролю над самовідновленням біоресурсів;
- створення штучних біологічних систем з потрібними людині компонентами, не порушуючи екологічної рівноваги;



- вивчення складних фізіолого-генетичних функцій організму для подолання та попередження онкологічних та інших небезпечних захворювань людини;
- використання генетично модифікованих організмів для одержання від них білків, антитіл, ферментів, гормонів, вакцин для медицини і ветеринарії;
- вивчення енергетичних і синтетичних процесів у клітині для перетворення їх у промислові біотехнології.

Ключові терміни та поняття. Моніторинг, моделювання.

Коротко
про
головне

- ▶ Живу матерію на різних рівнях організації досліджують різними методами. Основні з них – порівняльно-описовий, експериментальний, моніторинг і моделювання.
- ▶ Отримані внаслідок досліджень результати обробляють за допомогою математично-статистичного аналізу.
- ▶ Для наукового дослідження будь-який біологічний об'єкт потрібно класифікувати, тобто визначити його належність до тієї чи іншої групи (наприклад, органічних речовин – до білків, ліпідів, вуглеводів чи нуклеїнових кислот тощо, живих істот – до того чи іншого виду, роду, родини і т. д.).
- ▶ Застосування математично-статистичних методів сприяло перетворенню біології з описової науки в точну, яка базується на математичному аналізі одержаних даних.



Запитання для самоконтролю

1. Які ви знаєте методи досліджень у біології? **2.** Для чого використовують порівняльно-описовий метод дослідження? **3.** Чим характеризується експериментальний метод? **4.** Яке значення має моніторинг? **5.** Що собою становить математичне моделювання?

Поміркуйте.

1. Які можливості відкриває комп'ютерна графіка в біологічних дослідженнях? **2.** Ознайомтеся з коротким нарисом розвитку біологічної науки (с. 7–11). Які сучасні досягнення біологічної науки, на вашу думку, допоможуть розв'язати такі головні проблеми сьогодення, як забезпечення людства продовольством та енергією?





ТЕСТ НА ЗАКРІПЛЕННЯ ЗНАНЬ

I. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ПРАВИЛЬНУ

1. **Укажіть, як називають сукупність процесів надходження поживних речовин із зовнішнього середовища, їхнього перетворення в організмі та виділення продуктів життєдіяльності:** а) фагоцитоз; б) метаболізм; в) гомеостаз; г) подразливість.
2. **Визначте, як називають здатність біологічних систем зберігати відносну стабільність складу та властивостей свого внутрішнього середовища:** а) фагоцитоз; б) метаболізм; в) гомеостаз; г) адаптація.
3. **Назвіть організми, яким притаманні рефлекси:** а) прокаріоти; б) гриби; в) рослини; г) тварини.
4. **Зазначте біологічні системи, які перебувають на молекулярному рівні організації живої матерії:** а) гриби; б) рослини; в) ціанобактерії; г) віруси.
5. **Визначте найвищий рівень організації живої матерії:** а) популяційно-видовий; б) біосферний; в) організмий; г) екосистемний.
6. **Назвіть метод, який учені застосовують при описанні нових видів:** а) експериментальний; б) порівняльно-описовий; в) математичне моделювання; г) моніторинг.

II. ВИБЕРІТЬ ІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ВІДПОВІДЕЙ ДВІ ПРАВИЛЬНІ

1. **Укажіть біологічні системи, здатні до саморегуляції:** а) популяція в дикій природі; б) порода тварин; в) поле пшениці; г) екосистема.
2. **Назвіть об'єкти, які належать до надорганізмів біологічних систем:** а) екосистема; б) таламус; в) популяція; г) мітохондрія.
3. **Укажіть особливості біологічних систем, які відрізняють їх від неживих об'єктів:** а) здатність до розмноження; б) здатність до росту; в) наявність особливих хімічних елементів; г) здатність до сприйняття подразників.
4. **Укажіть, які надвидові рівні організації живої матерії вивчає екологія:** а) клітинний; б) популяційно-видовий; в) екосистемний; г) біосферний.

III. ЗАВДАННЯ НА ВСТАНОВЛЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ

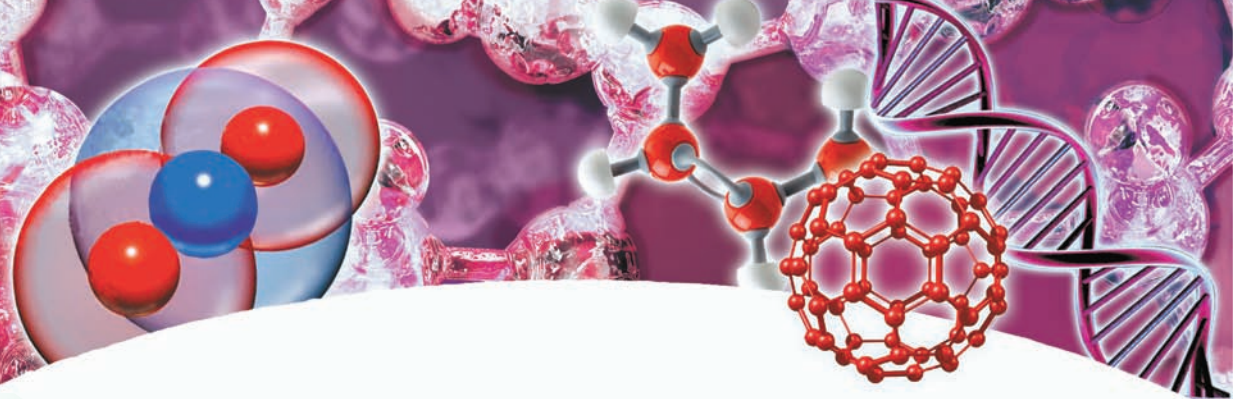
Установіть відповідність між об'єктами, процесами та явищами і рівнями організації живої матерії, яким вони відповідають:

Об'єкти, процеси та явища	Рівні організації живої матерії
1 Поділ клітини	А Молекулярний
2 Глобальний колообіг речовин	Б Клітинний
3 Жаба гостроморда	В Популяційно-видовий
4 Вірус імунodefіциту людини (ВІЛ)	Г Екосистемний
	Д Біосферний

IV. ЗАПИТАННЯ ПІДВИЩЕНОЇ СКЛАДНОСТІ

1. **Що спільного та відмінного в будові та функціонуванні клітин одноклітинних організмів і клітин, що входять до складу тих чи інших тканин?**
2. **Що спільного та відмінного в проявах подразливості в багатоклітинних рослин і багатоклітинних тварин?**





РОЗДІЛ І. **МОЛЕКУЛЯРНИЙ РІВЕНЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ЖИТТЯ**

ТЕМА 1. НЕОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ ОРГАНІЗМІВ

- хімічний склад живих організмів та особливості молекулярного рівня організації живої матерії;
- властивості й функції неорганічних сполук живих організмів;
- необхідність контролю хімічного складу води та їжі людини;
- норми вживання води людиною в різних умовах навколишнього середовища;
- можливості усунення захворювань людини, що виникли через нестачу або надлишок у її раціоні деяких хімічних елементів.

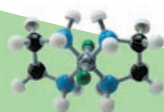
§4. ЕЛЕМЕНТНИЙ СКЛАД ОРГАНІЗМІВ



Пригадайте: що спільного між живими та неживими системами? Які гормони виділяє щитоподібна залоза? Яка їхня біологічна роль?

Ви вже знаєте, що науку, яка вивчає хімічний склад живих організмів, будову, властивості і роль виявлених у них сполук, шляхи їхнього виникнення та перетворення, називають біологічною хімією, або **біохімією**. Вона досліджує процеси обміну речовин і перетворення енергії в організмах на молекулярному рівні. Одне з головних завдань біохімії – з'ясування механізмів регуляції життєдіяльності клітин і організму в цілому, які забезпечують єдність процесів обміну речовин і перетворення енергії в організмі.

• **Елементний склад живих організмів.** Хімічний склад організмів, на відміну від об'єктів неживої природи, **відносно сталий**. З понад 100 різних типів атомів хімічних елементів та їхніх ізотопів у живих організмах виявляють майже 60. Одні з них є обов'язковими в усіх організмах без винятку, інші – лише в окремих. Разом з тим у живих організмах не виявлено жодного з хімічних елементів, якого б не було в неживій природі. Це одне зі свідчень єдності живої і неживої природи.

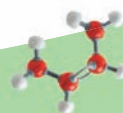


Найбільше в організмах так званих **макроелементів**, тобто хімічних елементів, сумарна частка яких – близько 99,9 % їхньої маси. До них належать Гідроген, Карбон, Нітроген, Оксиген, Кальцій, Калій, Натрій, Ферум, Магній, Сульфур, Хлор, Фосфор (див. табл. 4.1). Перші чотири з них відносять до **органогенних елементів**, оскільки їхня сумарна частка становить майже 98 % маси живих істот. Крім того, ці елементи є основними складовими органічних сполук, про які йтиметься в наступній темі.

Таблиця 4.1.

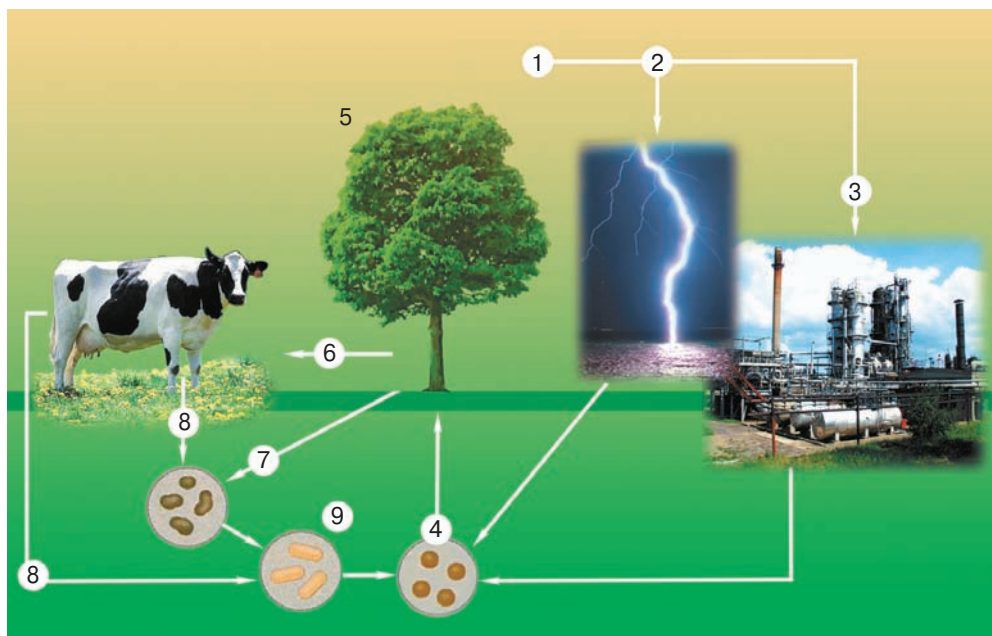
**Деякі хімічні елементи в складі живих організмів
та їхнє біологічне значення**

Елемент і його символ	Вміст від маси клітини, %	Біологічне значення
Оксиген (O)	65–75	Входить до складу молекул води, багатьох неорганічних та органічних сполук; завдяки окисненню сполук вивільняється енергія, необхідна організму
Карбон (C)	15–18	Входить до складу молекул усіх органічних і багатьох неорганічних сполук; входить до складу зовнішнього (черепашки форамініфер, молюсків, кутикула десятиногих раків тощо) та внутрішнього (хребетні тварини) скелетів; вуглекислий газ (CO_2) фіксують організми в процесі фотосинтезу
Гідроген (H)	8–10	Входить до складу молекул води, інших неорганічних та органічних сполук
Нітроген (N)	1,5–3,0	Складова амінокислот, білків, нуклеїнових кислот, АТФ та деяких інших біомолекул; сполуки Нітрогену потрібні для росту рослин
Фосфор (P)	0,2–1,0	Входить до складу білків, нуклеїнових кислот, АТФ, деяких інших біомолекул; солі ортофосфатної кислоти – компонент скелетів різних тварин
Калій (K)	0,15–0,4	Один з основних позитивно заряджених йонів живих організмів; бере участь у забезпеченні транспорту сполук через клітинні мембрани, регуляції роботи серця ссавців, створенні електричного потенціалу на мембранах клітин
Сульфур (S)	0,15–0,2	Входить до складу білків (зокрема, кератину) і деяких інших біологічно значущих органічних речовин
Хлор (Cl)	0,05–0,1	Основний негативно заряджений йон живих організмів; входить до складу хлоридної кислоти – складової шлункового соку людини і багатьох тварин, плазми крові
Кальцій (Ca)	0,04–2,0	Входить до складу зубів, кісток і черепашок, в йонній формі бере участь у регуляції обміну речовин, скорочень скелетних м'язів, діяльності серця; необхідний для забезпечення зсідання крові у людини та інших ссавців
Магній (Mg)	0,02–0,03	Як небілкова частина входить до складу багатьох ферментів, молекули хлорофілу

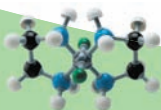


Елемент і його символ	Вміст від маси клітини, %	Біологічне значення
Натрій (Na)	0,02–0,03	Один з провідних позаклітинних позитивно заряджених йонів; бере участь у забезпеченні транспорту сполук через клітинні мембрани; входить до складу плазми крові
Ферум (Fe)	0,01–0,015	Входить до складу деяких біомолекул: (дихального пігменту – гемоглобіну, білка м'язів – міоглобіну, складних ферментів тощо
Цинк (Zn)	0,0003	Компонент деяких ферментів і гормонів
Купрум (Cu)	0,0002	Входить до складу деяких ферментів, дихального пігменту деяких безхребетних тварин – гемоціаніну
Йод (I)	0,0001	Входить до складу гормонів щитоподібної залози
Флуор (F)	0,0001	Входить до складу емалі зубів

Важко переоцінити роль органогенних елементів у забезпеченні нормального функціонування організмів. Так, з атомів **Гідрогену** й **Оксигену** складаються молекули води. Докладніше біологічну роль води, її влас-



Мал. 4.1. Колообіг Нітрогену в природі: атмосферний азот (1) унаслідок низки хімічних реакцій (2, 3) перетворюється на нітрат-іони (4); рослини (5) вбирають їх за допомогою кореневої системи і синтезують молекули, які споживають тварини (6); рештки рослин (7) і тварин (8) розкладають бактерії (9), повертаючи сполуки Нітрогену у вигляді натрат-іонів у ґрунт (4)



тивості та функції у біологічних системах ми розглянемо згодом. Варто пригадати роль кисню (O_2) у процесі дихання організмів. Надходячи в організм живої істоти під час дихання, він забезпечує окиснення різних органічних сполук. Унаслідок цих процесів вивільняється енергія, що забезпечує різноманітні процеси життєдіяльності. Лише деякі організми, переважно бактерії та паразитичні тварини, можуть існувати за відсутності кисню; їх називають *анаеробними*.

Атоми **Нітрогену** входять до складу мінеральних сполук, які споживають з ґрунту рослини. Сполуки Нітрогену сприяють росту рослин, підвищенню їхньої зимостійкості. Азот (N_2) переважає серед інших атмосферних газів (близько 79 %). І хоча для більшості живих істот цей газ інертний, його можуть засвоювати з атмосфери деякі організми (наприклад, азотфіксуючі бактерії, ціанобактерії). Завдяки цьому сполуки Нітрогену надходять у ґрунт, зберігаючи та підвищуючи його родючість (мал. 4.1).

Оскільки Нітроген входить до складу білків та інших органічних речовин, його сполуки необхідні для нормального росту організмів. А ще пригадайте, що Нітроген входить до складу *хітину* – складової клітинної стінки грибів і зовнішнього скелета членистоногих (мал. 4.2), яка надає їм додаткової міцності.

Карбон у складі CO_2 забезпечує повітряне живлення рослин і деяких інших організмів, здатних до фотосинтезу (пурпурні та зелені сіркобактерії, ціанобактерії, деякі одноклітинні тварини). Ці *автотрофні організми* фіксують CO_2 й використовують Карбон для синтезу власних органічних речовин. А далі по ланцюгах живлення створені ними органічні сполуки передаються *гетеротрофним організмам*, наприклад тваринам.

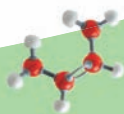
Сполуки **Кальцію** входять до складу черепашок моллюсків, деяких одноклітинних тварин (форамініфер), панцирів раків, кісток і зубів хребтних тварин тощо. Важливе значення має достатнє надходження сполук Кальцію до організму дітей і вагітних жінок. Нестача сполук Кальцію в дітей може спричинити викривлення кісток – рахіт. Посилені витрати сполук Кальцію в організмі вагітних жінок пов'язані з тим, що в цей час формується скелет зародка. Сполуки Кальцію містять курячі яйця, молочні продукти, зокрема м'який сир тощо.

Сполуки **Калію** необхідні для нормальної діяльності нервової та серцево-судинної систем, мускулатури. Важлива роль сполук Калію і Кальцію в регуляції роботи серця: підвищена концентрація йонів Ca^{2+} прискорює роботу серця, а йонів K^+ – уповільнює. Ці особливості впливу йонів K^+ використовують для створення ліків, що нормалізують роботу серця. Багато сполук Калію міститься в картоплі, фруктах (абрикосах, сливах тощо).

Сполуки Калію та **Купруму** підвищують холодостійкість рослин і тим самим забезпечують краще переживання зимового періоду.



Мал. 4.2. Нітроген входить до складу хітину, що є складовою клітинних стінок грибів (1) та зовнішнього скелета членистоногих (2)





► Мал. 4.3. Роль Феруму в житті організмів: 1 – еритроцити, до складу яких входить дихальний пігмент гемоглобін; 2 – молекула гемоглобіну, до складу якої входить атом Феруму; 3 – нестача Феруму в ґрунті спричиняє хлороз рослин

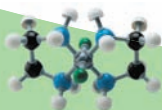
Ви вже знаєте, що атом **Феруму** входить до складу дихального пігменту – гемоглобіну (мал. 4.3, 2). Гемоглобін здатний зв'язувати гази (*пригадайте, які!*) та транспортувати їх по організму. Тому за умови нестачі в організмі Феруму чи при порушенні засвоєння цього хімічного елемента можуть порушуватися процеси утворення еритроцитів, виникає захворювання – **недокрів'я**, або **анемія**. Сполуки Феруму, необхідні для кровотворення, містяться в яблуках та інших продуктах рослинного походження (абрикосах, зелені петрушки тощо), а також печінці та яйцях.

Сполуки Феруму та **Магнію** необхідні рослинам для того, щоб в їхніх клітинах утворювався пігмент **хлорофіл**. Атом Магнію входить до складу молекули хлорофілу, а для синтезу хлорофілу необхідна наявність Феруму. За нестачі або відсутності цих хімічних елементів листки рослин стають блідо-зеленими чи взагалі втрачають зелений колір. Унаслідок цього процеси фотосинтезу порушуються або припиняються, і рослина зрештою гине. Таке захворювання має назву **хлороз** (мал. 4.3, 2).

Фосфор сприяє роботі головного мозку, бере участь у формуванні скелета тощо. Сполуки Фосфору в значних кількостях потрібні й рослинам. Зокрема, вони сприяють швидшому дозріванню плодів і забезпечують зимостійкість рослин. Сполуки Фосфору надходять до нашого організму з молоком і молочними продуктами, рибою, яйцями та ін.

Понад 60 хімічних елементів належать до групи **мікроелементів** (Йод, Кобальт, Манган, Купрум, Молібден, Цинк тощо), адже їхній вміст становить 10^{-12} – 10^{-3} % маси живих істот. Серед них виділяють групу **ультра-мікроелементів** (Плюмбум, Бром, Аргентум, Аурум та ін.), відсотковий вміст яких ще нижчий. Мікроелементи, що містяться в клітині, входять до складу органічних і неорганічних сполук або перебувають у вигляді йонів.

Хоча вміст мікроелементів в організмах незначний, їхня роль у забезпеченні нормального функціонування організмів може бути важливою. Пригадайте, **Йод** необхідний для того, щоб щитоподібна залоза виробляла гормони (тироксин, трийодтиронін). Недостатнє надходження Йоду в організм людини з їжею чи водою може спричинити порушення синтезу цих гормонів. Як ви пригадуєте з курсів *Основи здоров'я* та *Біологія 9-го класу*, це може призвести до важких захворювань людини, пов'язаних з





Мал. 4.4. Ендемічний зоб – наслідок нестачі Йоду у воді та їжі



Мал. 4.5. Нестача Флуору спричиняє карієс – руйнування емалі зубів

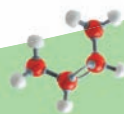
порушенням обміну речовин, як-от **мікседеми, кретинізму**. У людей, що мешкають у місцевостях, де вода та ґрунт містять мало Йоду, часто розвивається захворювання **ендемічний зоб** (ендемічний у перекладі з грецької – місцевий, притаманний даній місцевості), коли розростаються тканини щитоподібної залози (мал. 4.4). При цьому виробляється менше від норми гормону тироксину. Для профілактики йододефіциту в таких місцевостях йодують сіль: до кухонної солі додають калій йодид. Багато сполук Йоду містять бурі водорості, наприклад ламінарія, або морська капуста.

Ви вже знаєте, що до складу емалі зубів входить **Флуор**, який надає їй міцності. Нестача цього елемента в організмі призводить до руйнування емалі зубів. Як ви пригадуєте, це захворювання називають **карієсом** (мал. 4.5). Тому, обираючи зубну пасту, звертайте увагу на вміст у ній Флуору і Кальцію, які зміцнюють зуби. Ці елементи є і в деяких продуктах харчування: молоці, сирах, шпинаті тощо. **Цинк** необхідний для утворення гормонів підшлункової залози, **Бром** – гормонів гіпофіза. (Пригадайте, які гормони виробляють ці залози.)

Кобальт і **Купрум** – необхідні для процесів кровотворення (пригадайте, до складу дихальний пігментів яких тварин входить Купрум). Кобальт входить до складу вітаміну B_{12} (ціанкобаламіну), нестача якого в організмі призводить до зловідного неокрів'я (анемії). Для людини основним джерелом надходження вітаміну B_{12} є продукти харчування тваринного походження – печінка великої рогатої худоби, нирки, м'ясо, сир, рибні продукти тощо.

Сполуки **Силіцію** входять до складу опорних структур деяких організмів: клітинних стінок хвощів, панцирів діатомових водоростей, внутрішньоклітинного скелета радіоларій, скелета деяких губок тощо. Разом з тим потрапляння сполук Силіцію в органи дихання може порушити їхнє функціонування. Так, унаслідок довготривалого вдихання виробничого пилу, що містить SiO_2 , виникає небезпечне захворювання легень – **силікоз**. Тому людям, робота яких пов'язана з промисловим пилом (наприклад, шахтарям), слід захищати дихальні шляхи за допомогою марлевих пов'язок або респіраторів.

Ключові терміни та поняття. Макроелементи, мікроелементи, органічні елементи.



Коротко
про
головне

- ▶ Хімічний склад живих організмів, на відміну від об'єктів неживої природи, відносно сталий. У живих організмах трапляється майже 60 хімічних елементів. Одні з них обов'язкові для усіх організмів без винятку, інші – знайдені лише в представників окремих видів.
- ▶ Залежно від вмісту в організмах хімічні елементи поділяють на макро- (вміст понад 99,9 %) та мікроелементи (менше ніж 0,1 %).
- ▶ Гідроген, Карбон, Нітроген, Оксиген відносять до органогенних елементів, оскільки вони найчастіше трапляються у складі органічних сполук, а їхня сумарна частка становить майже 98 % хімічного вмісту живих істот.
- ▶ Понад 60 елементів належать до групи мікроелементів (Йод, Кобальт, Манган, Купрум, Молібден, Цинк тощо), їхній вміст у клітині становить від 10^{-12} % до 10^{-3} %.

Запитання для
самоконтролю

1. На які групи поділяють хімічні елементи залежно від їхнього відсоткового вмісту у складі живих істот? 2. Які хімічні елементи відносять до макроелементів? Наведіть приклади їхніх біологічних функцій. 3. Які і чому хімічні елементи називають органогенними? 4. Які елементи відносять до мікроелементів? Наведіть приклади, що ілюструють необхідність їхньої присутності у складі живих істот.

Поміркуйте. Про що може свідчити той факт, що в організмах живих істот не трапляються хімічні елементи, яких не знайдено в неживій природі?

§ 5. РОЛЬ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН У ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІЗМІВ



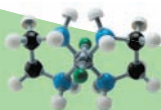
Пригадайте: які основні класи неорганічних сполук виявляють у живих організмах? Які їхні функції? Що таке радіонукліди, ізотопи?

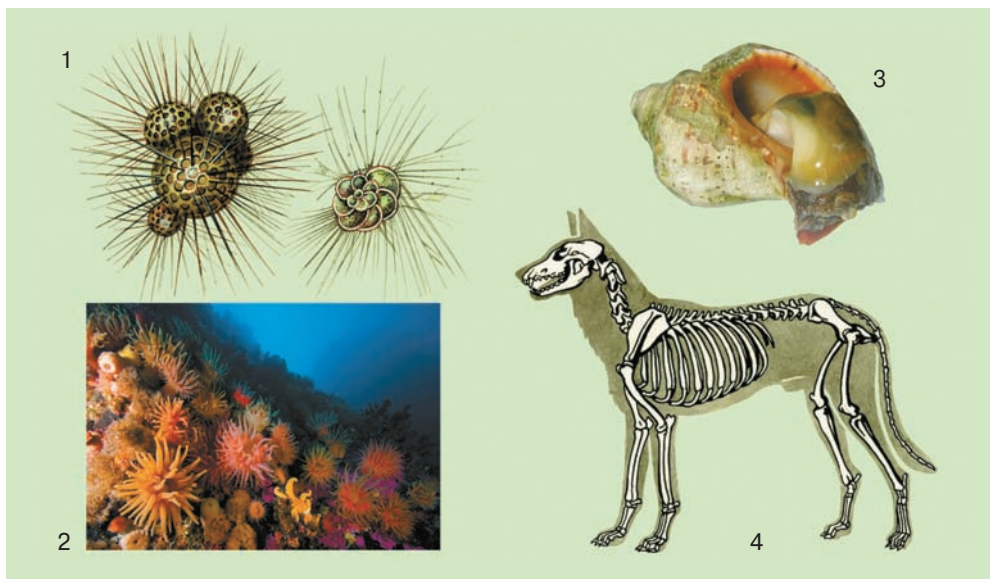
Вам уже відомо, що всі хімічні речовини поділяють на органічні та неорганічні. Загальний вміст неорганічних речовин (крім води) у різних клітинах варіює в межах від одного до декількох відсотків. Серед неорганічних речовин важливу роль у забезпеченні функціонування окремих клітин і цілих організмів відіграють вода, неорганічні кислоти, луги та солі.

• **Солі неорганічних кислот** усередині живих організмів розчинені у воді (у вигляді йонів) або перебувають у твердому стані (наприклад, солі Кальцію та Фосфору у складі скелета людини та більшості хребетних тварин) (мал. 5.1).

Йони утворені катіонами металічних елементів (Калію, Натрію, Кальцію, Магнію тощо) та аніонами неорганічних кислот (Cl^- , HSO_4^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} та ін.).

Різна концентрація йонів Na^+ і K^+ поза клітинами та всередині них приводить до виникнення різниці електричних потенціалів на мембранах, які оточують клітини. Це забезпечує транспорт речовин через мембрани, а також передачу нервових імпульсів. До складу багатьох ферментів входять йони Ca^{2+}





Мал. 5.1. Солі Кальцію входять до складу: 1 – черепашок форамініфер; 2 – колоній коралових поліпів; 3 – черепашок молюсків; 4 – внутрішнього скелета хребетних тварин

і Mg^{2+} , які забезпечують їхню активність. Присутність у плазмі крові йонів Ca^{2+} – необхідна умова зсідання крові. За нестачі солей Кальцію порушується робота серцевого та скелетних м'язів (зокрема, виникають судоми).

Сталий вміст натрій хлориду (0,9 %) у плазмі крові – необхідна складова підтримання гомеостазу нашого організму. Розчин натрій хлориду такої концентрації ще називають *фізіологічним*. Його використовують при ін'єкціях певних ліків або вводять за незначних крововтрат (пригадайте, з якою метою).

Щодооби до організму людини має надходити 12–15 г кухонної солі (NaCl). Всмоктування солей починається ще в шлунку, а завершується в кишечнику. Рецептори, розташовані у стінках кровоносних судин і тканинах, здатні визначати концентрацію солей. Імпульси від цих рецепторів надходять до гіпоталамуса, який, у свою чергу, регулює діяльність залоз внутрішньої секреції. Залежно від вмісту солей в організмі під впливом нейрогуморальної регуляції змінюється їхній вміст у сечі.

Через порушення обміну речовин солі можуть відкладатися у суглобах, що спричиняє важкі захворювання – *остеохондроз* та *подагру*, за яких спотворюються суглоби кінцівок, втрачається гнучкість хребта, розвиваються напади болю в нирках. Ці захворювання можуть призвести до зменшення рухомості та втрати працездатності. Щоб їх уникнути, необхідно вести активний спосіб життя, не зловживати м'ясними та жирними стравами, сіллю та іншими приправами, відмовитися від алкоголю.

У порожнинах органів або їхніх вивідних проток можуть формуватися щільні утворення – «камені». Найчастіше вони утворюються в нирках, жовчному міхурі, ниркових мисках і сечовому міхурі при відкладанні там кальцієвих солей органічних (сечова та щавлева) або неорганічних (карбонатної чи ортофосфатної) кислот. Унаслідок розвивається **сечокам'яна**



хвороба – камені, поступово збільшуючись, спочатку викликають болі в поперековій ділянці, а потім, просуваючись через сечовивідні шляхи, – напади дуже сильного болю. Інколи камені закупорюють сечоводи і тоді, аби врятувати життя хворого, застосовують хірургічне втручання.

Важливі функції виконують в організмі і **неорганічні кислоти**. Ми вже згадували, хлоридна кислота створює кисле середовище в шлунку хребетних тварин і людини, забезпечуючи активність ферментів шлункового соку. У людей, в шлунку яких хлоридної кислоти виробляється недостатня кількість, порушуються процеси перетравлення білків, можливе розмноження у шлунку великої кількості шкідливих бактерій тощо. Збільшення секреції хлоридної кислоти також небезпечно для організму людини, зокрема воно спричиняє печію.

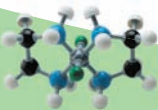
Залишки сульфатної кислоти, приєднуючись до нерозчинних у воді сполук, забезпечують їхню розчинність. Це сприяє виведенню таких речовин у розчиненому стані з клітин і організму. Ортофосфатна кислота необхідна для синтезу АТФ (є універсальним накопичувачем енергії в клітині) та різних типів нуклеїнових кислот.

• **Кислотно-лужний баланс.** Внутрішнє середовище людини має певне співвідношення позитивних і негативних йонів – **кислотно-лужний баланс**. У разі його порушення можуть виникати важкі захворювання. Зокрема, при підвищенні вмісту позитивних йонів організм погано засвоює Кальцій, Натрій, Калій, а при зростанні вмісту негативних – повільніше засвоюється їжа, що негативно впливає на функції печінки і нирок, виникають алергічні стани, загострюються хронічні захворювання тощо.

• **Екологічні захворювання.** Не всі сполуки, які надходять в організми з водою та їжею, корисні для них. Наприклад, для організму людини небезпечно надходження солей важких металів (Плюмбуму, Хрому тощо) та радіонуклідів. Багато важких металів міститься у транспортних викидах. Тому обабіч великих автомобільних трас не слід збирати гриби, бо вони здатні накопичувати у своєму тілі ці речовини, а також радіонукліди. Ці сполуки можуть відіграти роль **канцерогенних**, тобто таких, що сприяють утворенню в організмі доброякісних та злоякісних пухлин, призводять до надмірного розмноження клітин крові: лейкоцитів (лейкози), рідше – еритроцитів (еритроцитози). Потрапивши в організм вагітної жінки, радіонукліди можуть зумовити вади розвитку зародка.

Для організму людини та тварин небезпечні радіоактивні ізотопи багатьох хімічних елементів: Йоду, Цезію, Стронцію, Урану та ін. Потрапляючи в організми, Стронцій-90 може відкладатись у кістках, заступаючи Кальцій. Унаслідок цього кістки стають ламкими. Ізотоп Йоду порушує функції щитоподібної залози. Значні концентрації радіонуклідів здатні накопичувати рослини. З рослинною їжею вони згодом потрапляють в організми тварин і людини.

Унаслідок аварії на ЧАЕС радіонуклідами забруднено понад 8,4 млн га земель, серед них 3,5 млн га орних. Якщо врахувати забрудненість ґрунтів України також важкими металами та отрутохімікатами (пестицидами), то нині в незадовільному стані перебуває близько 20 % території нашої країни. Найвищий рівень забрудненості ґрунтів важкими металами зафіксовано в



Донецькій і Закарпатській областях. Так, у Донецькій області це пов'язано з діяльністю промислових підприємств і гірничодобувних шахт, а в Закарпатській – неодноразовими аваріями на гірничодобувних підприємствах Румунії, внаслідок чого значна кількість важких металів потрапила у р. Тису і під час її розливу – на сільськогосподарські угіддя.

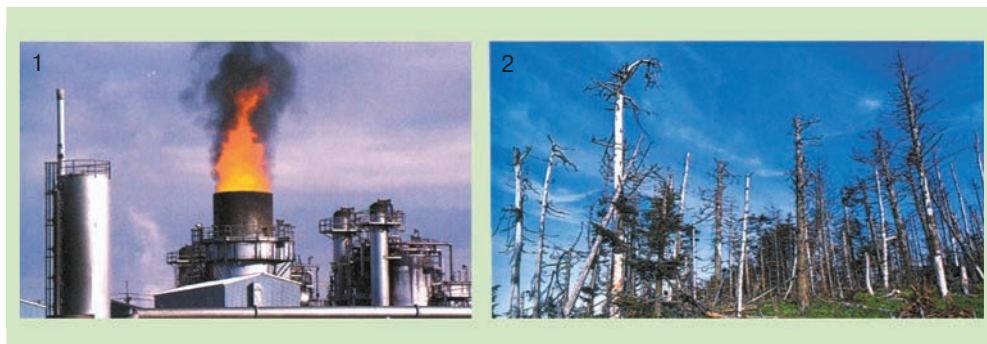
Слід зазначити, що навколо великих промислових підприємств радіус забруднення токсичними речовинами становить від 1 до 20 км і їхня концентрація може перевищувати гранично допустиму в 5–10 разів. Істотним чинником забруднення ґрунтів є викиди вихлопних газів транспортом. Уміст Пліумбуму в ґрунті навіть на відстані 50 км від траси може перевищувати допустимий у 3–4 рази.

Високий вміст нітратів в їжі та воді шкідливий для організму людини. Тому за вмістом нітратів, наприклад в овочах, має здійснюватися постійний контроль. Існують спеціальні норми вмісту нітратів та інших шкідливих сполук у продуктах харчування та воді. Згідно з ними визначені так звані **гранично допустимі концентрації (ГДК)**. Якщо вміст шкідливих речовин у воді чи продуктах харчування перевищує показники ГДК, то такі продукти і воду мають вилучати з продажу і вжитку.

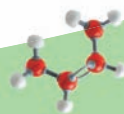
Забруднення атмосфери спричиняють викиди шкідливих для здоров'я людини й інших організмів відходів промислових підприємств, вихлопних газів автомобільного транспорту (сполук Сульфуру, Нітрогену, чадного газу CO , важких металів тощо). Підприємства будівельної і вугільної промисловості (цементні та гіпсові заводи, відкриті вугільні кар'єри тощо) є джерелами забруднення атмосфери пилом.

Особливу небезпеку для довкілля становлять кислотні дощі, спричинені забрудненням атмосфери сірчистим газом SO_2 (промислові підприємства та автотранспорт викидають в атмосферу понад 160 млн тонн сірчастого газу щорік) та оксидами Нітрогену (N_2O , N_2O_3 і NO_2). При з'єднанні з водою атмосфери ці речовини утворюють сильні неорганічні кислоти. На великих територіях промислово розвинених країн зареєстровано опади, кислотність яких перевищує нормальну від 10 до 1000 разів. Від кислотних дощів руйнуються екосистеми прісних водойм, гинуть ліси (мал. 5.2), знижується врожайність ґрунтів.

Під керівництвом Міжнародного союзу охорони природи та природних ресурсів (МСОП) нині розроблено стратегічні принципи побудови **еколо-**



Мал. 5.2. Промислові об'єкти викидають в атмосферу сірчистий газ (1); наслідком цього є кислотні дощі, які знищують ліси (2)



гічно стабільного суспільства, які погоджено з урядами більшості країн світу. Однією з умов побудови такого суспільства є чітке обмеження (квотування) промислових викидів країнами світу. При цьому країни, які не повністю використовують свої квоти (це стосується, зокрема, України), можуть продавати невикористану частину квоти іншим. Отримані кошти використовують для впровадження методик, спрямованих на поліпшення стану довкілля.

Коротко про головне

► Загальний вміст неорганічних речовин (крім води) у клітинах різних типів варіює в межах від одного до декількох відсотків. Серед цих сполук важливу роль у забезпеченні нормального функціонування окремих клітин і цілісних організмів відіграють кислоти, луги та солі.



Запитання для самоконтролю

1. Які неорганічні сполуки входять до складу живих організмів?
2. Яка роль неорганічних сполук у забезпеченні функціонування організмів?
3. Як радіонукліди впливають на живі організми?

Поміркуйте. Під час Чорнобильської катастрофи 1986 року дітям і дорослим з постраждалих територій давали препарати, що містили сполуки Йоду. З якою метою це робили?

§ 6. ФУНКЦІЇ ВОДИ В ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІЗМІВ

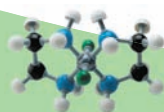


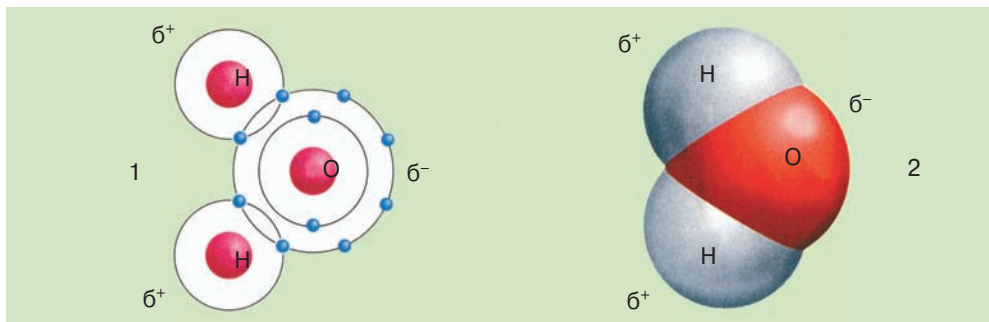
Пригадайте: яка будова молекули води? Як відбувається водно-сольовий обмін в організмі людини? Що таке адаптації, транспірація, ковалентний і водневий типи зв'язків між молекулами?

Серед усіх хімічних сполук виняткова роль у забезпеченні процесів життєдіяльності організмів належить воді. Саме у водному середовищі виникло життя на нашій планеті, тому без води неможлива життєдіяльність жодних організмів.

Вміст води в організмах становить 60–70 %, а в деяких випадках – до 98 %. Цитоплазма більшості клітин містить приблизно 80 % води. Кров і лімфа людини містять понад 80 % води. Отже, вода утворює **основу внутрішнього середовища організмів** (цитоплазми одноклітинних тварин, крові, лімфи, порожнинної рідини багатоклітинних організмів, соків рослин тощо). У водному середовищі відбуваються процеси обміну речовин і перетворення енергії. Вода бере безпосередню участь у реакціях розщеплення органічних сполук.

• **Структура, властивості та функції води.** Воді притаманні унікальні хімічні й фізичні властивості. Погляньте на малюнок 6.1: **молекула води** (H_2O) складається з двох атомів Гідрогену, сполучених з атомом Оксигену ковалентними зв'язками. На полюсах молекули води розміщені позитивні і негативні заряди, тобто вона **полярна**. Завдяки цьому дві сусідні молекули зазвичай взаємно притягуються за рахунок сил електростатичної взаємодії між негативним зарядом атома Оксигену однієї молекули та позитивним зарядом атома Гідрогену іншої. При цьому виникає водневий





Мал. 6.1. Молекула води складається з атома Оксигену та двох атомів Гідрогену: 1 – електронна модель; 2 – масштабна модель

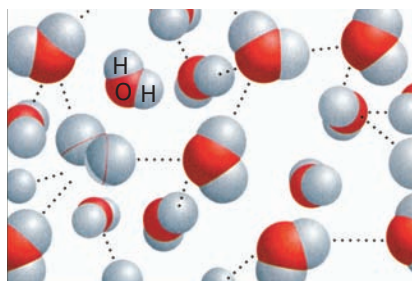
зв'язок (мал. 6.2), у 15–20 разів слабший за ковалентний. Коли вода перебуває в рідкому стані, її молекули безперервно рухаються і водневі зв'язки постійно то розриваються, то виникають знову.

Частина молекул води формує водну оболонку навколо деяких сполук (наприклад, білків). Таку воду називають **зв'язаною**, або **структурованою** (4–5 % загальної кількості води в організмах). Структурована вода, що формує водну оболонку навколо певних молекул, запобігає їхній взаємодії. Крім того, вода бере участь у підтриманні структури певних молекул, наприклад білків. Решта 95–96 % води має назву **вільної**: вона не пов'язана з іншими сполуками.

Залежно від температури середовища вода здатна змінювати агрегатний стан. За зниження температури вода з рідкого стану може переходити в твердий, а за підвищення – у газуватий.

Утворення кристаликів льоду в клітинах організмів руйнує клітинні структури. Це призводить до загибелі клітин і всього організму. Саме тому ссавців і людину неможливо заморозити, а потім – розморозити без втрати здатності відновлювати процеси життєдіяльності.

Під впливом розчинених у ній речовин вода може змінювати свої властивості, зокрема точки температур замерзання (плавлення) і кипіння, що має важливе біологічне значення. Наприклад, у клітинах рослин з настанням зими підвищується концентрація розчинів вуглеводів, членистоногих – гліцерину, риб – білків тощо. Це знижує температуру, за якої вода переходить у твердий стан, що запобігає промерзанню. Уявіть собі: серед комах відомі льодовичники (мал. 6.3), здатні зберігати активність на сніговому покриві (вони мешкають і в Україні).



Мал. 6.2. Утворення водневих зв'язків (....) між молекулами води



Мал. 6.3. Льодовичник



Молекулам води притаманна здатність до іонізації, коли вони розщеплюються на йони Гідрогену та гідроксилу. При цьому між молекулами води та йонами встановлюється динамічна рівновага:



Хоча іонізація хімічно чистої води дуже слабка (за температури +25 °C із 10^7 молекул тільки одна перебуває в іонізованому стані), вона відіграє важливу біологічну роль. Від концентрації йонів Гідрогену, яку оцінюють за **водневим показником (pH)** – значення негативного десяткового логарифма концентрації йонів H^+), залежать структурні особливості та активність макромолекул тощо. Нейтральній реакції розчину відповідає pH 7,0. Якщо його значення нижче – реакція розчину кисла, вище – лужна. У різних частинах організму і навіть однієї клітини можна спостерігати різні значення водневого показника. Це важливо для здійснення процесів обміну речовин, оскільки одні ферменти активні в лужному середовищі, інші – у кислому. Наприклад, в інфузорії-туфельки травні вакуолі періодично «подорожують» по клітині, опиняючись то в кислому, то в лужному середовищі. При цьому послідовно активні то одні травні ферменти, то інші, що сприяє кращому перетравленню поживних речовин. **Пригадайте:** у людини та ссавців ферменти шлункового соку активні в кислому середовищі, а підшлункового – у лужному.

Водні розчини, здатні протистояти зміні їхнього показника pH при додаванні певної кількості кислоти або лугу, називають **буферними системами**. Вони складаються зі слабкої кислоти (донора H^+) і основи (акцептора H^+), здатних відповідно зв'язувати йони гідроксилу (OH^-) та Гідрогену (H^+), завдяки чому pH усередині клітини майже не змінюється.

Вода визначає фізичні властивості клітин – об'єм і внутрішньоклітинний тиск (*тургор*). Порівняно з іншими рідинами в неї відносно високі температури кипіння та плавлення, що зумовлено водневими зв'язками між молекулами води.

Вода – значно кращий розчинник, ніж більшість інших відомих рідин. Тому всі речовини поділяють на такі, що добре розчиняються у воді (**гідрофільні**) та нерозчинні (**гідрофобні**).

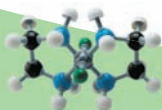
До гідрофільних сполук належить багато кристалічних солей, наприклад кухонна сіль (NaCl), глюкоза, фруктоза, тростинний цукор тощо. Гідрофільні сполуки містять полярні (частково заряджені) групи, здатні взаємодіяти з молекулами води або іонізуватися (утворювати заряджені йони з нейтральних частин своєї молекули). Це, наприклад, амінокислоти, які містять карбоксильні ($-\text{COOH}$) та амінні ($-\text{NH}_2$) групи.

Гідрофобні речовини (майже всі ліпіди, деякі білки) містять неполярні групи, які не взаємодіють з молекулами води. Вони розчиняються переважно в неполярних органічних розчинниках (хлороформ, бензол).

Існують й **амфідільні речовини**, наприклад фосфоліпіди (сполуки ліпідів із залишками ортофосфатної кислоти), ліпопротеїди (сполуки ліпідів з білками), багато білків. Одна частина молекули цих сполук виявляє гідрофільні властивості, інша – гідрофобні.

Коли певна сполука переходить у розчин, її молекули набувають здатності до руху і їхня реакційна здатність зростає. Саме тому більша частина біохімічних реакцій відбувається у водних розчинах.

Вода як універсальний розчинник відіграє важливу роль в обміні речовин. Проникнення речовин у клітину та виведення з неї продуктів життєдіяльності можливе здебільшого лише в розчиненому стані.



Вода як універсальний розчинник відіграє надзвичайно важливу роль у транспорті різних сполук у живих організмах. Розчини органічних і неорганічних речовин рослини транспортують по провідних тканинах або міжклітинниках. У тварин таку функцію виконують кров, лімфа, тканинна рідина тощо.

Вода бере участь у складних біохімічних перетвореннях. Наприклад, за участі води відбуваються реакції **гідролізу** – розщеплення органічних сполук з приєднанням до місць розривів йонів H^+ та OH^- .

З водою пов'язана здатність організмів регулювати свій тепловий режим. Їй властива висока теплоємність, яка зумовлює здатність поглинати тепло за незначних змін власної температури. **Теплоємність** – кількість тепла, необхідного для нагрівання тіла або середовища на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Завдяки цьому вода запобігає різким змінам температури в клітинах та організмі в цілому за різних її коливань у навколишньому середовищі. Оскільки на випаровування води витрачається багато теплоти, організми в такий спосіб захищають себе від перегрівання (наприклад, транспірація у рослин, потовиділення у ссавців, випаровування вологи зі слизових оболонок тварин).

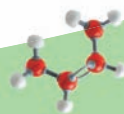
Завдяки високій теплопровідності **вода забезпечує рівномірний розподіл теплоти між тканинами та органами організму.** Наприклад, завдяки циркуляції рідин внутрішнього середовища у тварин або руху розчинів по тілу рослини.

Водні розчини певних сполук слугують мастилом, яке захищає поверхні, що постійно зазнають тертя. Наприклад, рідина, яка заповнює порожнину суглобів, полегшує ковзання суглобових поверхонь, зменшуючи тертя між ними. Вона також живить хрящ, що вкриває суглобові поверхні кісток.

Кожному виду організмів притаманний **водний баланс** – певне співвідношення між надходженням води та її витрачанням. Якщо витрати води перевищують її надходження до організму, спостерігають **водний дефіцит**, що негативно впливає на різні процеси життєдіяльності (у рослин – фотосинтезу, транспірації, у рослин і тварин – терморегуляції, перебігу біохімічних процесів тощо). Тому підтримання водного балансу – одна з умов нормального функціонування будь-якого організму.

• **Водний баланс людини.** Вміст води в організмі людини становить близько 65 %. Тобто, якщо маса людини становить 60 кг, то з них 39 кг припадає на воду. Слід зазначити, що вміст води залежить і від віку: у новонароджених він становить близько 75–80 %, у період завершення росту – 65–70 %, а в людей похилого віку – лише 55–60 %. Між різними органами і тканинами людини вода розподілена нерівномірно: найбільше її в крові та нирках – 82–83 %, головному мозку – до 80 %, печінці – 75 %, м'язах – 70–76 %, натомість у жировій тканині – близько 30 %, кістках – близько 20 %.

Оскільки організм людини щоденно витрачає приблизно 2–2,5 л води (вона виводиться з неперетравленими рештками їжі, сечею, потом, випаровується з поверхні слизових оболонок ротової порожнини та дихальних шляхів), то така сама її кількість має постійно надходити туди. Шляхи надходження води до організму різні. Крім того, близько 1 л води по-



трапляє з продуктами харчування, ще майже 300 мл води утворюється внаслідок окиснення жирів, білків і вуглеводів (так звана метаболічна вода).

Кількість спожитої за добу води залежить від умов, у яких перебуває людина. Так, у спекотну погоду або під час здійснення важкої фізичної праці витрати води зростають через посилене потовиділення та значне випаровування через слизові оболонки. Зневоднення організму (*дегідратація*) можливе і внаслідок порушень роботи кишечника (сильні проноси), значних крововтрат тощо. За таких умов споживання води має збільшитися до 4–7 л на добу. Унаслідок зневоднення уповільнюються процеси травлення та всмоктування поживних речовин, порушуються процеси терморегуляції; гусне кров, порушується її транспортна функція, у судинах можуть виникати згустки (тромби). Втрата понад 20 % води – смертельно небезпечна для людини.

Людина, яка виконує важку фізичну працю за умов підвищеної температури (наприклад, у доменному цеху), втрачає за годину лише внаслідок посиленого потовиділення до 1,6 л води! Тож добова потреба у воді в неї може зростати до 20 л за добу.

Першим сигналом недостатнього вмісту води в організмі є відчуття спраги, яке виникає при збудженні відповідного центру в гіпоталамусі (структура проміжного мозку). Його рецептори збуджуються як унаслідок зростання концентрації солей в рідині організму, так і в разі підвищення концентрації йонів Натрію. Ці подразники сприймають різні групи рецепторів. Відчуття спраги виникає, якщо організм людини втрачає близько 1 % вологи свого тіла, і зникає після споживання певної кількості води, в середньому 0,25–0,5 л.

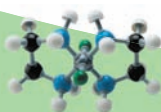
Отже, основні свої потреби у воді людина задовольняє за рахунок питної води. Тому розглянемо вимоги до її якості.

• **Питна вода та вимоги до її якості.** В Україні вимоги до якості питної води визначені Державним стандартом. Згідно з ним питна вода має бути епідеміологічно безпечною та нешкідливою за хімічним складом. Безпеку води в епідеміологічному відношенні визначають як загальною кількістю мікроорганізмів (не більше 100 в 1 см³ води), так і за кількістю клітин кишкової палички (не більше 3 в 1 дм³ води). Питна вода не повинна містити водні організми, помітні неозброєним оком, та плівку на поверхні.

Основними забруднювачами водних об'єктів у нашій країні є промисловість (понад 55 % від загального скиду) та житлово-комунальне господарство (понад 40 %). Небезпечне забруднення водойм радіонуклідами. Стічні води з високою радіоактивністю (100 і більше Кюрі¹ на 1 л води) мають бути поховані в підземних безстічних басейнах або резервуарах.

Вам уже відомо, що в річках, озерах та інших водоймах відбуваються природні процеси самоочищення. У них беруть участь різноманітні організми: бактерії, водорості, одноклітинні тварини, губки, двостулкові мо-

¹Кюрі (Ки) відповідає активності елемента Радону, який перебуває в стані радіоактивної рівноваги з 1 г радію-226. 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Беккерелів (Бк). 1 Бк дорівнює швидкості розпаду, коли за секунду розпадається ядро радіоактивного ізотопу.



люски тощо. Але ці процеси тривають досить повільно, тому за інтенсивного забруднення неочищеними побутовими та промисловими стоками водні екосистеми нездатні самостійно очиститися.

Методи очищення стічних вод поділяють на механічні, фізико-хімічні та біологічні (мал. 6.4). *Механічні методи* полягають в очищенні стічних вод від завислих у них частинок відстоюванням і фільтрацією. Ці методи дають змогу видаляти з побутових стічних вод до 2/3 нерозчинних домішок, а з промислових – до 9/10.

За допомогою різноманітних *фізико-хімічних методів* зі стічної води видаляють розчинні неорганічні та органічні домішки, а також завислі в ній найдрібніші часточки.

Завершальним етапом очищення стічних вод є застосування *біологічних методів* з використанням штучно створених ланцюгів живлення, до яких входять певні види бактерій, одноклітинних і багатоклітинних тварин.

Сира вода з природних водойм, а також недостатньо очищена питна вода може стати джерелом збудників різноманітних захворювань: дизентерії, холери, черевного тифу (сальмонельозу), глистних захворювань тощо. Тому перед споживанням воду з колодязів, струмків, бюветів слід добре прокип'ятити, а водопровідну – профільтрувати через спеціальні очисні побутові фільтри.

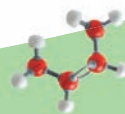
Для обмеження втрат і збереження якості прісної води потрібні такі заходи:

- зменшення витрат води для забезпечення роботи промисловості, транспорту та об'єктів сільського господарства;
- зменшення витрат прісної води для побутових потреб¹;



Мал. 6.4. Приклад сучасної очисної споруди: 1 – розподільчий колодязь; 2 – відокремлювач твердих часток; 3 – відокремлювач жирівмісних речовин; 4 – сорбційний фільтр; 5 – контрольний колодязь

¹Якщо у великих містах Європи кожен мешканець протягом року використовує від 100 до 200 л, то в нашій країні цей показник перевищує 300 л.



- охорона малих річок, які відіграють важливу роль у загальному водному балансі планети, зокрема живлять великі річки, від них залежить рівень підземних вод;
- створення умов для самоочищення водойм;
- проведення лісоохоронних заходів, оскільки внаслідок знищення лісів часто міліють річки та інші водойми;
- упровадження ефективних методів очищення стічних вод, здійснення постійного контролю за санітарним станом водойм і якістю питної води;
- створення замкнених систем водопостачання промислових, аграрних та енергетичних об'єктів.
- постійний контроль за станом джерел питної води.

Ключові терміни та поняття. *Гідрофільні, гідрофобні та амфіфільні сполуки, гідроліз, водний баланс.*

**Коротко
про
головне**

- ▶ Уміст води в організмах становить 60–70 %.
- ▶ Вода утворює основу внутрішнього середовища живих організмів, у якому відбуваються процеси обміну речовин і перетворення енергії. Вода бере безпосередню участь у реакціях розщеплення органічних сполук.
- ▶ Водний баланс – це певне співвідношення між надходженням і витратанням води живою системою.
- ▶ Вода визначає фізичні властивості клітин – їхній об'єм і внутрішньоклітинний тиск (тургор).
- ▶ Вода – універсальний розчинник. Речовини, здатні добре розчинятися у воді, називають гідрофільними (полярними), нерозчинні – гідрофобними (неполярними).
- ▶ Вода відіграє надзвичайно важливу роль у транспорті різних сполук у живих організмах. Вона бере участь у складних біохімічних реакціях і процесах терморегуляції організмів.
- ▶ Основні свої потреби людина задовольняє за рахунок питної води певних стандартів якості. Перед споживанням вода має бути очищена. Методи очищення стічних вод поділяють на механічні, фізико-хімічні та біологічні.



**Запитання для
самоконтролю**

1. Чому воду вважають універсальним розчинником? 2. Які властивості води як основи внутрішнього середовища живих організмів? 3. Яка роль води в процесах терморегуляції організмів? 4. Що таке водний баланс? 5. Що таке гідрофільні та гідрофобні сполуки? 6. Які вимоги висувають до питної води? 7. Які заходи потрібно вживати для збереження джерел питної води та поліпшення її якості?

Поміркуйте.

1. Чому вчені вважають, що життя на нашій планеті виникло саме у водному середовищі? 2. Які процеси забезпечують самоочищення природних водойм?

