

Шановні дев'ятикласники та дев'ятикласниці!

Цей підручник продовжує серію підручників з курсу «Біологія», вивчення якого ви розпочали в попередніх класах. Щоб успішно опанувати навчальний матеріал, вам потрібно пригадати раніше набуті знання щодо будови та життєдіяльності основних груп організмів. Адже в цьому навчальному році підручник поведе вас шляхом пізнання **властивостей живого**.

Ви вже знаєте, що підручник – не книжка для читання. Дуже важливо вміти працювати з ним: виділяти та запам'ятовувати головне, швидко знаходити потрібну інформацію. А для цього необхідно знати, як побудовано саме цю книжку. Отже, спочатку погортайте сторінки підручника, ознайомтеся з його структурою.

Щоб підручником було зручно користуватися, кожен параграф розпочинається на непарній сторінці, а закінчується – на парній. Схеми, таблиці, фотографії розміщено в нижній частині тієї самої сторінки, де на них є посилання в тексті параграфа. Там же до них пропонуються завдання – це дасть вам змогу ретельно опрацьовувати частину змісту параграфа одразу під час його вивчення. Ви будете покроково сприймати інформацію, аналізувати її, узагальнювати цю набуті знання, а значить, краще підготуетесь до подальшої роботи над новим матеріалом. Кожне завдання має відповідне позначення залежно від того, який вид роботи пропонується виконати:

❓ – виконуйте завдання самостійно;

❗ – працюйте в групі: обговорюйте проблеми, висловлюйте судження, формулюйте висновки.

Наприкінці кожного параграфа містяться завдання рубрики **«Повторіть, поміркуйте»**. Вони допоможуть вам повторити основні поняття параграфа в цілому, учитися порівнювати, аналізувати, узагальнювати інформацію, виносити судження, робити висновки.

Виконуючи **лабораторні дослідження, лабораторні та практичні роботи**, ви матимете змогу практично застосовувати набуті знання, розвивати свою дослідницьку інтуїцію.

Тестові завдання рубрики **«Самоконтроль навчальних досягнень»** до кожної теми допоможуть вам ґрунтовно проконтролювати рівень власних навчальних досягнень, удосконалити навички роботи з тестовими завданнями різної форми. Це стане вам

у пригоді під час підготовки до державної підсумкової атестації та складання зовнішнього незалежного оцінювання. Завдання з відкритою відповіддю спонукатимуть до роздумів над складними або проблемними питаннями.

Є в підручнику й додаткова інформація. Зокрема її розміщено в рубриці «**Цікавинки**». Сподіваємося, вона буде для вас справді цікавою.

Водночас пам'ятайте, що сучасна біологія – захоплююча, але дуже складна, багатогранна наука. І шкільний підручник – лише своєрідний дороговказ у світі знань про неї. А факти, закони, гіпотези й теорії надто численні, щоб умістити їх на сторінках підручника. Тож радимо вам користуватися додатковою літературою та інтернет-ресурсами – джерелами, які дадуть вам змогу розширювати межі відомого, поповнювати скарбницю власних знань, знаходити відповіді на найрізноманітніші та найскладніші запитання.

Бажаємо успіхів в опануванні основ біологічної науки!

Автори



Вступ.

§ 1. Біологія — наука про живе. Рівні організації біологічних систем

Згадаємо!

Що вивчає біологія?

Які ознаки живого?

Ви вже знаєте, що біологія досліджує різні прояви життя. Її назву в 1802 р. незалежно один від одного запропонували французький учений Жан Батіст Ламарк (1744–1829) і німецький – Готфрід Рейнхольд Тревіранус (1766–1837).

🟡 **Біологія** (від грец. *біос* – життя та *логіс* – учення) – це сукупність наук про живі істоти, їхню будову, процеси життєдіяльності, взаємозв'язки між собою та умовами навколишнього середовища, закономірності поширення по земній кулі, походження, історичний розвиток та різноманітність.

Методи біологічних досліджень. Ще прадавня людина спостерігала за організмами, намагалася досліджувати та описувати їх (рис. 1). Деякі становили для неї небезпеку, інші були їжею, шкури тварин зігрівали її, рослини загоювали рани.

Досліджують живу природу за допомогою різних методів, основними з яких є порівняльно-описовий, експериментальний, моніторинг та моделювання.

Засновником **порівняльно-описового методу** вважають давньогрецького ученого Арістотеля. Суть методу полягає в описі об'єкта дослідження та порівнянні з іншими подібними об'єктами для встановлення його своєрідності. Прикладом результатів таких досліджень слугують книги, на сторінках яких дослідники описували різні види рослин і тварин (рис. 2).

Рис. 1. Зображення тварин у печері Альтаміра в Кантабрійських горах (Іспанія, 15 – 8 тис. до н. е.)



Зображення чудово збереглися й дивують точністю відтворення анатомічної будови тварин.

Рис. 2. Сторінки із книжки Карла Ліннея «*Genera Insectorum*», 1789



Експериментальний метод виник пізніше. Він полягає в зміні дослідниками умов існування об'єктів вивчення й спостереженні за наслідками цих змін (рис. 3). Експерименти бувають польові та лабораторні. Польові експерименти проводять у природних умовах, а лабораторні – у спеціально обладнаних приміщеннях – лабораторіях.

Моніторинг (від лат. *монітор* – той, що спостерігає) – стеження за перебігом певних процесів в екосистемах чи за станом конкретних біологічних об'єктів протягом тривалого часу. Метод дає змогу визначати стан певних об'єктів і прогнозувати можливі зміни. Завдяки моніторингу розробляють заходи щодо охорони окремих популяцій організмів, екосистем і біосфери в цілому.

Моделювання (від лат. *модулюс* – устрій, зразок) – це метод дослідження та демонстрування структур, функцій, процесів за допомогою їх імітації, тобто моделі. Моделі в біології застосовують під час досліджень різних об'єктів – від молекул до екосистем (рис. 4). Останні, наприклад, мають значення для обґрунтування місць розташування промислових та аграрних підприємств на певних територіях. Сучасні наукові дослідження неможливі без застосування електронно-обчислювальної техніки та інформаційних технологій (ІТ).

Біологічні науки. Зв'язок біології з іншими науками. У попередніх класах ви ознайомилися з основами біологічних наук, об'єктами вивчення яких є: мікроскопічні організми – мікробіологія; гриби – мікологія; рослини – ботаніка; тварини – зоологія; внутрішня будова організмів – анатомія; процеси життєдіяльності організмів – фізіологія.

У цьому навчальному році ви дізнаєтеся про досягнення й інших біологічних наук: біохімії, цитології, біології індивідуального розвитку, генетики, екології, еволюційного вчення, систематики, палеонтології. Дані цих і багатьох інших біологічних наук дають змогу вивчати закономірності, влас-

Рис. 3. Дослід Я. Б. ван Гельмонта

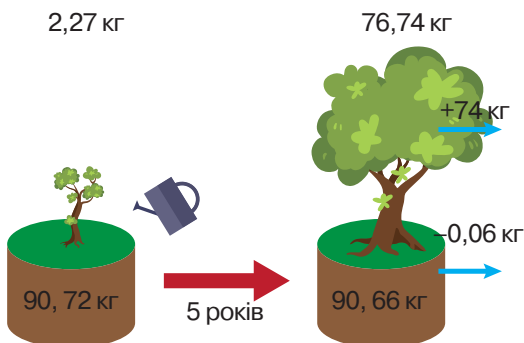


Рис. 4. Модель екосистеми – акваріум



? Проаналізуйте схему дослідження вченого.

1. Які умови існування рослини контролював учений під час досліджу?
2. Які результати дослідження?
3. Який висновок можна зробити за результатами дослідження?

? Чому акваріум вважають моделлю?

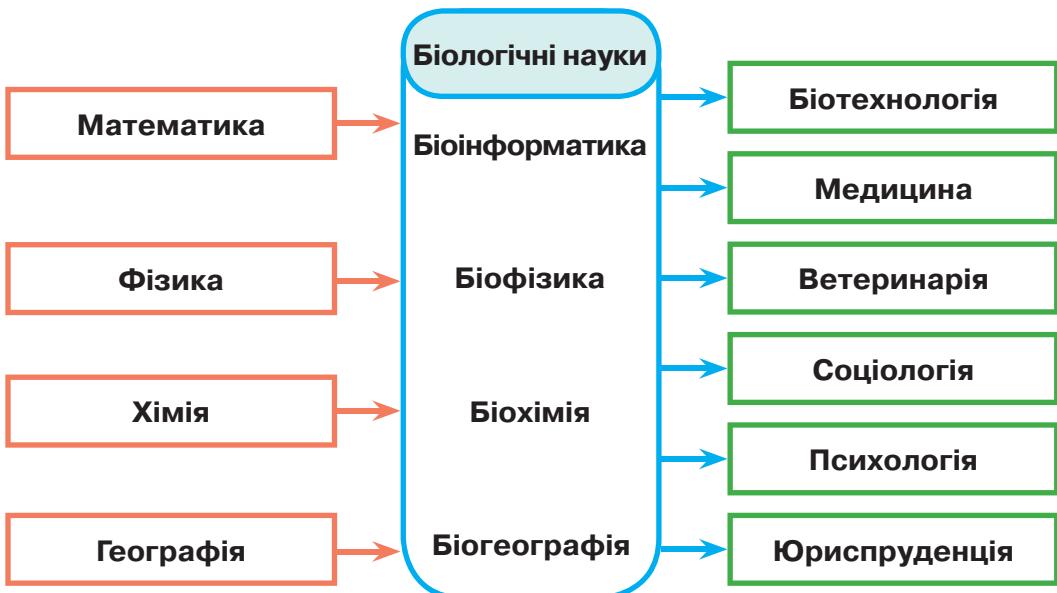
тиві всім організмам. Біологія має тісний зв'язок з іншими природничими й гуманітарними науками. Унаслідок досліджень на межі біології з точними науками виникли нові її галузі – біохімія, біофізика, біоінформатика та ін. Водночас біологія є невід'ємною складовою медичних, ветеринарних, сільськогосподарських наук, деяких галузей виробництва (біотехнології), пов'язана із соціологією, юриспруденцією тощо (схема 1).

Сучасне уявлення про життя. Хоча біологія досліджує різні прояви життя протягом багатьох століть, навіть на сучасному етапі її розвитку важко дати чітке й стисле означення поняття *життя*. Живе характеризується сукупністю ознак, відомих вам з попередніх курсів біології: обміном речовин та енергії з навколишнім середовищем, сталістю внутрішнього середовища, саморегуляцією, відтворенням собі подібних, ростом, розвитком, подразливістю та адаптацією до умов існування. Жодна з ознак не є головною й такою, що самостійно може характеризувати живе (*наведіть відомі вам приклади прояву окремих ознак у неживій природі*). Жива й нежива природа побудовані з однакових атомів, але на молекулярному рівні різниця між ними суттєва – нуклеїнові кислоти та білки утворюються лише в живих об'єктах, забезпечуючи збереження спадкової інформації та її реалізацію. Ви ознайомилися з різними біологічними об'єктами – клітиною, організмом, екосистемою. Усі вони містять пов'язані між собою компоненти (*пригадайте їх складові*). Тому можна стверджувати, що клітина, організм та екосистема є біологічними системами. Ці системи є відкритими, тобто існують завдяки енергії, яку вони отримують з навколишнього середовища.

Життя – це відкрита система, побудована з білків та нуклеїнових кислот і здатна до самовідновлення, саморегуляції та самовідтворення.

Схема 1

ЗВ'ЯЗОК БІОЛОГІЇ З ІНШИМИ ПРИРОДНИЧИМИ Й ГУМАНІТАРНИМИ НАУКАМИ



Рівні організації біологічних систем. Рівні організації живої природи – це відносно одноманітні біологічні системи, складові яких пов’язані між собою. Розрізняють такі рівні організації: **молекулярний, клітинний, організмовий, популяційно-видовий, екосистемний, біосферний** (*перелічені за висхідним принципом*).

Найнижчий рівень організації – **молекулярний**. На цьому рівні відбувається перебіг хімічних реакцій та перетворення енергії, зберігається й реалізується спадкова інформація, закодована в молекулах нуклеїнових кислот.

На **клітинному рівні** здійснюються процеси обміну речовин і перетворення енергії за участі органел клітини, забезпечуються процеси розмноження та передавання потомству спадкової інформації.

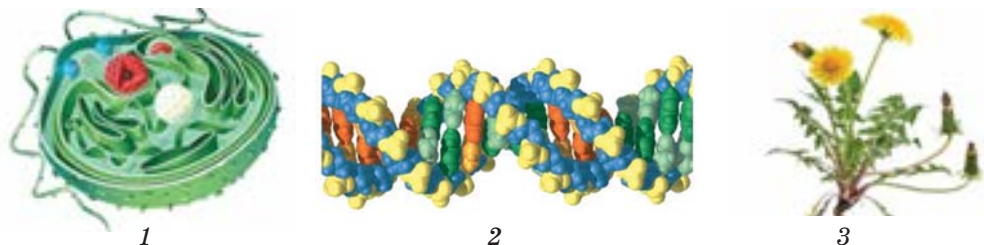
Організмовий рівень характеризується взаємодією тканин, органів, а у тварин – систем органів. На рівні організму відбувається обмін речовин та енергії з навколишнім середовищем, розмноження. Одноклітинні організми можна одночасно розглядати на організмовому та клітинному рівнях.

Організми одного виду мають однакові риси будови й життєві функції. Вони об’єднані в групи – популяції, що поширені на певних частинах території. Особливістю **популяційно-видового** рівня організації живого є обмін спадковою інформацією та передавання її потомству в межах одного виду.

Популяції різних видів, що взаємодіють між собою, входять до складу екосистем. Для **екосистемного** рівня характерні обмін енергією між популяціями різних видів і колообіг речовин між живою та неживою частинами екосистеми.

Окремі екосистеми утворюють біосферу – оболонку Землі, населену організмами. **Біосферний** рівень є найвищим рівнем організації живого. Він характеризується колообігом речовин та енергії за участю всіх організмів нашої планети (рис. 5).

Рис. 5. Біологічні системи, що перебувають на різних рівнях організації живого

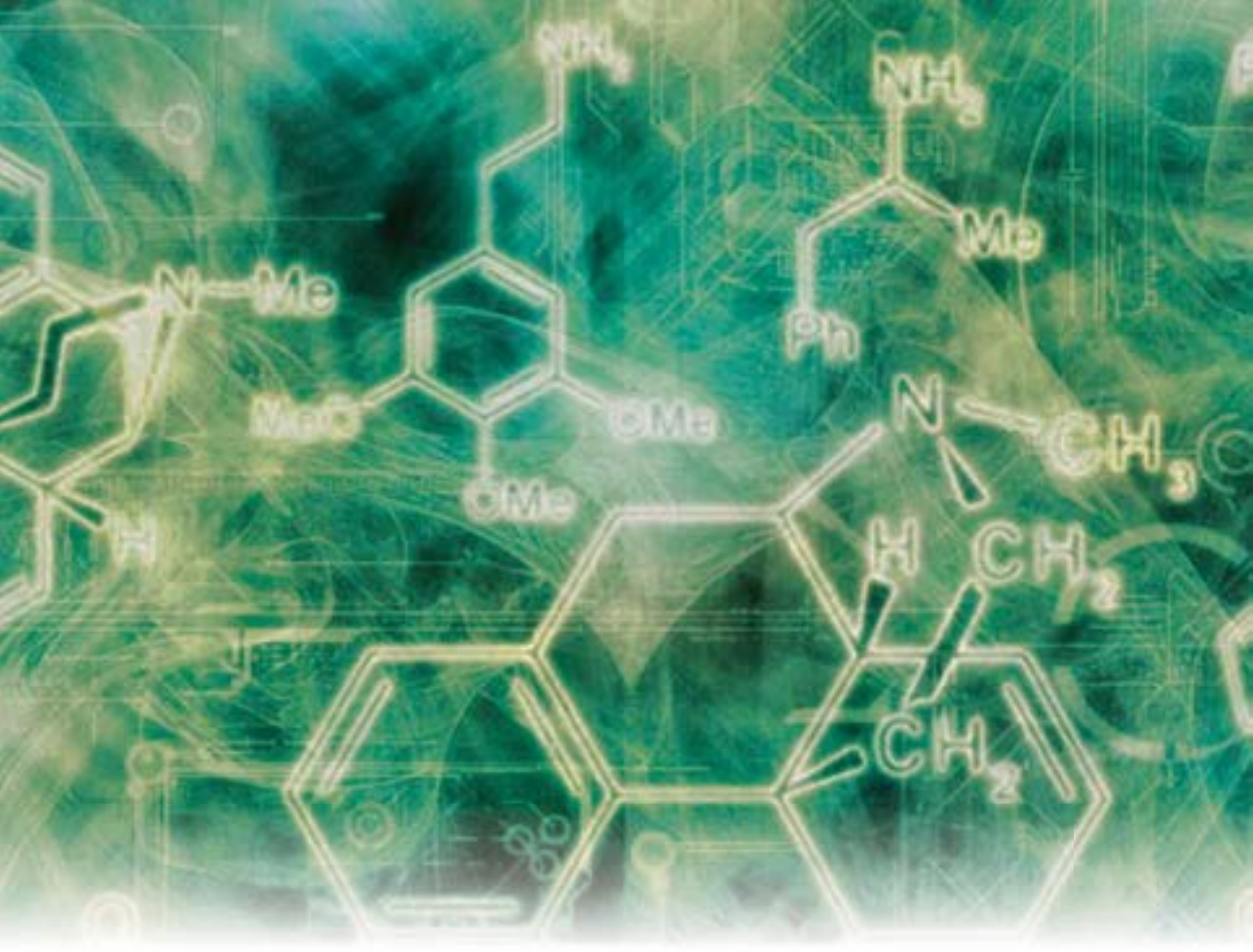


(?) Проаналізуйте будову зображених біологічних систем і дайте відповіді на запитання.

1. Які складові біологічної системи, позначеної цифрою 1?
2. Яка з біологічних систем, позначених цифрами 1 і 2, перебуває на вищому рівні організації?
3. Яка з біологічних систем перебуває на вищому рівні організації порівняно з двома іншими?
4. Яку біологічну систему можна розглядати одночасно на двох різних рівнях організації живої природи?

ПОВТОРІТЬ, ПОМІРКУЙТЕ

1. Дайте означення поняття *біологія*.
2. Схарактеризуйте методи біологічних досліджень.
3. За якими ознаками можна визначити живий об’єкт?
4. Наведіть приклади біологічних систем.
5. Назвіть рівні організації біологічних систем.
6. Доведіть, що клітина є біологічною системою.



Тема 1
**ХІМІЧНИЙ СКЛАД КЛІТИНИ
ТА БІОЛОГІЧНІ МОЛЕКУЛИ**



3 історії відкриттів

Людина здавна залежала від навколишнього середовища. Хоча рослини і тварини часто становили для неї небезпеку, вона розуміла, що докільля допомагає виживати: рослини й тварини були для неї їжею, основою для виготовлення ліків, фарб і тканин. Тож людина спостерігала, експериментувала, вивчала речовини, що утворюють живе. І поступово вчилася використовувати хімічні перетворення в живих організмах. Так з'явилися технологічні процеси: хлібопечення, сироваріння, виноробство тощо. «Шматок добре випеченого хліба є одним із найважливіших винаходів людського розуму», – зазначав російський природодослідник К. А. Тімірязєв.

Перші речовини, що їх описав середньовічний перський філософ і лікар Авіценна, належали до ліків. Швейцарський алхімік Парацельс уважав, що хвороби спричиняють порушення хімічного складу організму. Ян Баптист ван Гельмонт – голландський хімік, фізіолог, лікар – описав процеси травлення й утворення сечі, виявив воду навіть у сухій речовині рослин.

Початок XIX ст. ознаменувався відкриттям органічних сполук. Пошуки вели німецькі хіміки: у 1828 р. Фрідріх Велер уперше синтезував органічну речовину – сечовину з неорганічних речовин, а Юстус фон Лібіх першим схарактеризував основні речовини тканин організмів – білки, вуглеводи, ліпіди.

Основні досягнення біохімії кінця XIX – першої половини XX ст. пов'язані з дослідженнями білків та нуклеїнових кислот. У 1868 р. швейцарський біохімік Йоганн Фрідріх Мішер відкрив нуклеїнові кислоти. Німецький хімік Еміль Фішер установив, що білки складаються з амінокислот. За вивчення природи хімічного зв'язку, у тому числі й тих, що утворюють біополімерні сполуки, Нобелівську премію в 1954 р. отримав американський хімік і фізик Лайнус Карл Полінг, а в 1958 р. – англійський біохімік Фредерік Сенгер за встановлення структури білків, зокрема інсуліну. Важливий внесок у вивчення структури нуклеїнових кислот зробили британські вчені – дослідниця в галузі біофізики Розалінд Франклін, молекулярний біолог і нейробіолог Френсіс Крік, фізик і молекулярний біолог Моріс Вілкінс, американці – біохімік Ервін Чаргафф, біолог Джеймс Вотсон. Троє з цих учених – Д. Вотсон, Ф. Крік і М. Вілкінс у 1962 р. стали лауреатами Нобелівської премії за відкриття просторової структури молекули ДНК. В Україні найбільшим науковим центром біохімічних досліджень є Інститут біохімії ім. О. В. Палладіна Національної академії наук України. Олександр Володимирович Палладін був його засновником, а основні наукові праці видатного українського вченого присвячені біохімії нервової системи, м'язової діяльності та вивченню вітамінів.



Д. Вотсон і Ф. Крік біля моделі ДНК



Інститут біохімії
ім. О. В. Палладіна Національної
академії наук України

§ 2. Хімічний склад клітини. Неорганічні сполуки

Згадаємо!

Які речовини входять до складу клітини?

Якої речовини найбільше в клітині?

Які компоненти їжі засвоюються в організмі людини внаслідок процесів травлення?

Хімічний склад клітини. Ви вже знаєте, що всі організми складаються з клітин. Деякі організми складаються з однієї клітини, інші – з багатьох. Процеси, які відбуваються всередині клітин, є основою функціонування як одноклітинних, так і багатоклітинних організмів. Різноманітність сполук в організмах набагато більша, ніж в об'єктах неживої природи. Внутрішньоклітинні процеси забезпечуються взаємодією багатьох хімічних речовин. Для того щоб зрозуміти, як побудована та функціонує клітина, ознайомимося спочатку з її хімічним складом (схема 2). Типова клітина організму людини містить як органічні, так і неорганічні речовини: 65 % води, 1,5 % інших неорганічних сполук, 20 % білків, 12 % ліпідів, близько 1 % нуклеїнових кислот й менше 0,5 % вуглеводів та інших органічних речовин (за масою).

Елементний склад клітин. З курсу хімії вам уже відомо, що хімічні речовини складаються з молекул, а ті, у свою чергу, з атомів хімічних елементів. В організмах виявлено майже всі хімічні елементи, які є в об'єктах неживої природи, що свідчить про єдність живої і неживої природи. Вони утворені однаковими атомами, проте їх кількість може суттєво різнитися. Як доказ цього розглянемо схему вмісту деяких хімічних елементів в організмі

Схема 2



❗ Використовуючи додаткову літературу та інтернет-ресурси, знайдіть інформацію щодо кількості речовин (у відсотках) у рослинній клітині.

людини (схема 3). Він дещо подібний (але не ідентичний) до складу морської води, проте суттєво відрізняється від складу земної кори. В організмі людини наявні атоми 60 хімічних елементів, але лише на чотири із них – Гідроген, Оксиген, Карбон та Нітроген припадає близько 99% від кількості атомів та 96% маси організму людини.

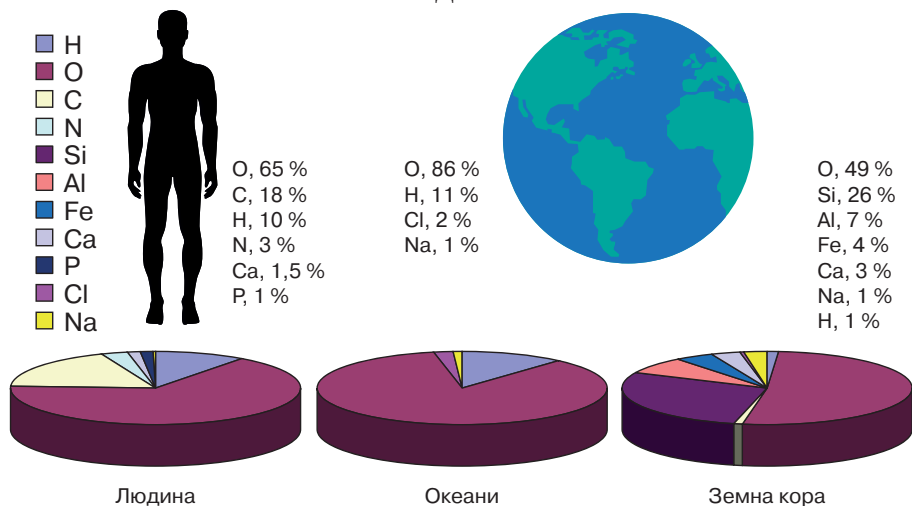
Нестача тих чи інших елементів може призвести до обмеження росту та розвитку, а інколи – навіть до загибелі організму. Адже хімічні елементи утворюють органічні й неорганічні сполуки, які забезпечують життєдіяльність клітини та організму в цілому. Тож ознайомимося із значенням основних хімічних елементів для живого.

Значення хімічних елементів для живого. За значенням для живого хімічні елементи поділяють на кілька груп.

1. Карбон, Гідроген, Оксиген і Нітроген формують 98% маси організмів. Ці чотири елементи називаються **органогенними**. Перші три елементи є обов'язковими компонентами всіх органічних сполук. Нітроген входить до складу білків і нуклеїнових кислот, а також інших речовин. Крім того, Гідроген й Оксиген складають молекулу води, яка є обов'язковим компонентом живого. Для дихання аеробним організмам необхідний кисень (O_2), утворений двома атомами Оксигену. Карбон входить до складу неорганічних сполук – вуглекислого газу (CO_2), карбонатів та гідроген-карбонатів, що мають важливе значення для живих організмів.
 2. На сім інших хімічних елементів припадає близько 1,9% кількості атомів. Незважаючи на відносно невелику кількість, вони необхідні для функціонування всіх відомих організмів:
- Натрій, Калій і Хлор у вигляді відповідних йонів (Na^+ , K^+ , Cl^-) необхідні для нормального функціонування кожної клітини. У тварин ці йони бе-

Схема 3

УМІСТ ДЕЯКИХ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ, МОРСЬКІЙ ВОДІ ТА ЗЕМНІЙ КОРИ



❓ Проаналізуйте схему.

1. Визначте хімічні елементи, за вмістом яких організм людини подібний до морської води.
2. Визначте хімічний елемент, якого найбільше в складі всіх трьох об'єктів.

руть участь у забезпеченні здатності нервових і м'язових клітин до подразливості й збудження. Хлоридна кислота створює кисле середовище в шлунку хребтних тварин і людини, забезпечуючи активність ферментів шлункового соку.

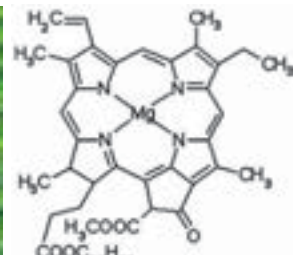
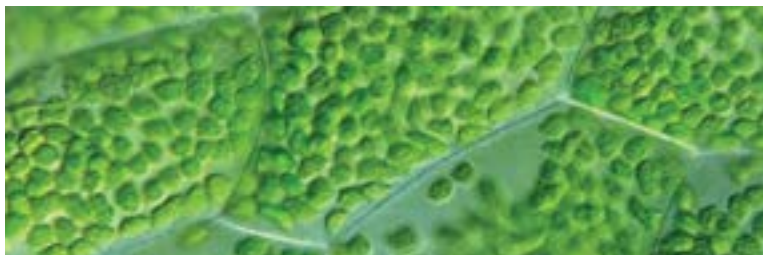
- **Кальцій** у складі карбонатів, сульфатів і фосфатів забезпечує міцність кісток, зубів, черепашок, ячної шкаралупи тощо (рис. 6). Як йон Ca^{2+} він бере участь у регуляції багатьох внутрішньоклітинних функцій. Зокрема він є необхідним для забезпечення процесів виділення (секреції) з клітини багатьох гормонів, ферментів, медіаторів, потрібен для скорочення м'язів. В організмі людини йон Ca^{2+} бере участь у зсіданні крові.
 - **Фосфор** у вигляді ортофосфат-аніона (PO_4^{3-}) входить до складу багатьох життєво важливих органічних сполук, зокрема ортофосфатної кислоти, необхідної для синтезу АТФ та нуклеїнових кислот.
 - **Магній** входить до складу деяких ферментів, активуючи їх. У рослин цей елемент є обов'язковим компонентом молекули хлорофілу в хлоропластах (рис. 7).
 - **Сульфур** входить до складу деяких амінокислот, що утворюють білки в усіх живих організмах.
3. Наступні елементи є в живому в загальній кількості 0,1%. Вони потрібні для життєдіяльності багатьох, але не всіх організмів. До цієї групи належать Бор, Флуор, Силіцій, Ванадій, Хром, Манган, Ферум, Кобальт, Нікель, Купрум, Цинк, Йод, Молібден, Селен. Вони є компонентами деяких життєво необхідних речовин у певних видів або груп організмів. Наприклад, Йод входить до складу гормонів щитоподібної залози хребтних тварин, а Силіцій – до складу опорних структур деяких організмів: клітинних стінок хвощів, панцирів діатомових водоростей, внутрішньоклітинного скелета радіолярій, скелета деяких губок. За допомогою мікроскопа можна

Рис. 6. Черепашки моллюсків, форамініфер та шкаралупа пташиних яєць, складовою яких є Ca^{2+}



❓ Поясніть функції зображених компонентів організму тварин.

Рис. 7. Хлоропласти листка рослини та молекула хлорофілу



❓ Який процес відбувається за участю хлорофілу?

побачити еритроцити червоного кольору, що зумовлений наявністю гемоглобіну, до складу якого входить Ферум.

Екологічні та ендемічні захворювання людини. Ще понад 2000 років тому Гіппократ та інші мислителі зазначали, що фактори навколишнього середовища впливають на виникнення захворювань людини. Завдяки дослідженням нині вчені виокремлюють екологічні та ендемічні захворювання.

Екологічні захворювання спричиняються шкідливим впливом хімічних та фізичних факторів середовища. Такий вплив чинять деякі речовини, які надходять в організм з водою та їжею. Наприклад, для організму людини небезпечне надходження солей важких металів, як-то Плюмбуму, Хрому, та радіонуклідів. Ці сполуки можуть відігравати роль канцерогенних, тобто таких, що сприяють утворенню в організмі злоякісних пухлин. Для організму людини небезпечні радіоактивні ізотопи багатьох хімічних елементів: Йоду, Цезію, Стронцію, Урану тощо. Радіоактивний ізотоп Стронцій може відкладатися в кістках, заміщуючи Кальцій, унаслідок чого кістки стають крихкими. Радіоактивний ізотоп Йоду порушує функції щитоподібної залози. Значні концентрації радіонуклідів можуть накопичувати рослини. З рослинною їжею вони згодом потрапляють в організм людини.

Ендемічні захворювання – захворювання, характерні для певної місцевості, пов’язані з нестачею або надмірним умістом у середовищі якого-небудь хімічного елемента. Прикладом може слугувати ендемічний зоб – захворювання, яке характеризується збільшенням щитоподібної залози. Розвиток захворювання спричиняє нестача Йоду – йододефіцит. Добова потреба організму людини в цьому елементі становить 150 мкг, а в ендемічних районах організм отримує лише до 50 мкг Йоду на добу. Йод міститься у воді, йодованій солі, харчових продуктах (рис. 8).

Рис. 8. Уміст Йоду в харчових продуктах, мкг/100 г продукту



200



110



75

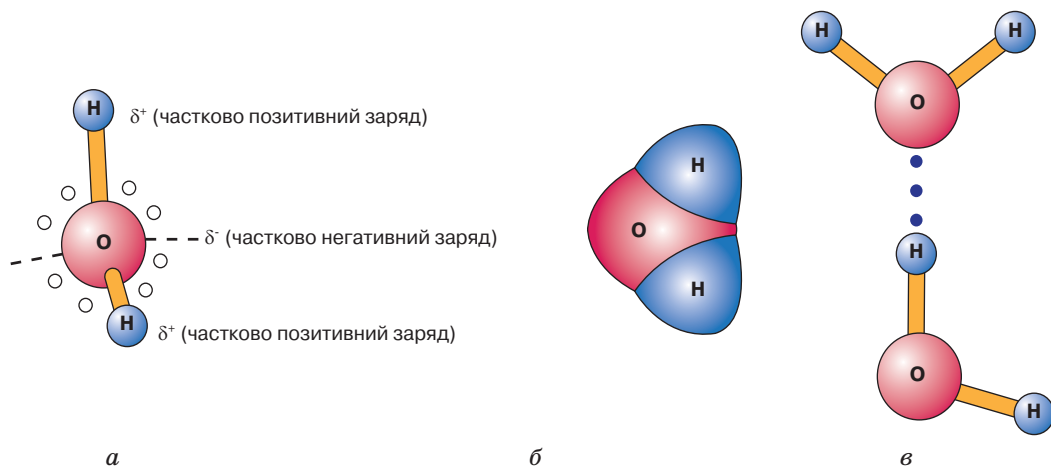
(?) Обчисліть кількість кожного продукту в раціоні людини, що може забезпечити добову потребу в Йоді.

Вода та її біологічна роль. Вода належить до найпоширеніших речовин на Землі. Вона займає близько $\frac{2}{3}$ поверхні планети, у вигляді льоду й снігу вкриває високі гори й величезні простори Арктики й Антарктиди. Багато води є в атмосфері. Це пара, туман і хмари. Значна кількість води міститься й у земній корі у вигляді підземних вод. У природі вода перебуває не тільки у вільному стані, а й у хімічно зв'язаному. Вона є складовою багатьох гірських порід і всіх організмів. Це основна неорганічна речовина, що входить до складу живих організмів. Уміст води в них становить 60 – 70 %, а в деяких випадках – до 98 %. Цитоплазма більшості клітин містить приблизно 80 % води, кров і лімфа людини – понад 80 %. Отже, вода є основою внутрішнього середовища організмів.

Молекула води складається з двох атомів Гідрогену, сполучених з атомом Оксигену ковалентними зв'язками. Молекула води є полярною – атом Оксигену в її складі має частково негативний заряд, тоді як атоми Гідрогену – частково позитивний. Завдяки цьому дві сусідні молекули взаємно притягуються. Так виникає водневий зв'язок (рис. 9). Цим пояснюється головна особливість води – вона є **розчинником** для інших речовин полярної будови. У розчині молекули води орієнтовані так, що негативно заряджений атом Оксигену спрямований до позитивних зарядів розчинених частинок, а позитивно заряджені атоми Гідрогену – до негативних. Залежно від розчинності у воді сполуки поділяють на гідрофільні (добре розчинні) і гідрофобні (поганорозчинні). До гідрофільних належать більшість солей, глюкоза, деякі амінокислоти та білки. Гідрофобними є жири та інші подібні до них речовини. Як розчинник вода є **середовищем для перебігу багатьох хімічних реакцій**. Крім того, вона може сама вступати в певні реакції або утворюватися як продукт їх перебігу. Завдяки добрій розчинності різних речовин вода бере участь у їх **транспортуванні**, переносючи

Рис. 9. Моделі будови молекули води:

а – кулестержнева; б – масштабна; в – схема утворення водневого зв'язку



поживні речовини, продукти обмінних процесів тощо (наприклад, з кров'ю в організмі людини або в судинах рослин). В організмі вода розподілена нерівномірно. Це залежить від інтенсивності процесів обміну речовин між органами й тканинами. Як приклад наводимо схему розподілу води в різних органах і тканинах організму людини (схема 4).

Як й інші рідини, вода погано стискається, а тому може виконувати **механічну функцію**. Заповнені рідиною порожнини в тілі тварин працюють як гідроскелет (*пригадайте, яким тваринам він властивий*). У рослин вода забезпечує пружність клітин та частин тіла (*пригадайте, що таке тургор*). Рідина, яка заповнює простір між головним мозком та кістками черепа, забезпечує амортизацію під час ударів (*пригадайте, як називається така рідина*). Завдяки воді послаблюється тертя між різними поверхнями (наприклад, у суглобах).

З курсу фізики доцільно пригадати, що вода має порівняно високі питому теплоємність і теплоту випаровування. Унаслідок цього вона виконує **терморегуляторну функцію**. При випаровуванні води з поверхні організму він втрачає велику кількість теплоти (*пригадайте, як у спеку охолоджуються кішки або собаки*). Вода переносить теплоту від більш нагрітих органів до холодніших. Наприклад, під час інтенсивної фізичної роботи кров нагрівається в м'язах й охолоджується в шкірі.

Вода може змінювати свої властивості, зокрема температури замерзання й кипіння, залежно від кількості розчинених у ній речовин. Унаслідок збільшення концентрації розчинених речовин знижується температура, за якої вода переходить у твердий стан, і організми мають змогу пристосовуватися до змін температури навколишнього середовища. Наприклад, із настанням зими в клітинах рослин підвищується вміст вуглеводів у розчині, у членистоногих – гліцеролу (§ 4, с. 24), у риб – білків тощо.

Схема 4



(?) Проаналізуйте схему.

У яких складових організму людини води міститься найбільше, а в яких – найменше? Чим це можна пояснити?

ПОВТОРІТЬ, ПОМІРКУЙТЕ

1. Назвіть хімічні складові клітини.
2. Які хімічні елементи називають органогенними й чому?
3. Поясніть на прикладах значення неорганічних сполук у життєдіяльності організмів.
4. Обґрунтуйте взаємозв'язок властивостей та функцій води.

§ 3. Органічні молекули. Біологічні макромолекули – біополімери

Згадаємо!

Які органічні речовини ви знаєте?

Які хімічні елементи називають органогенними?

Які біологічні полімери ви знаєте?

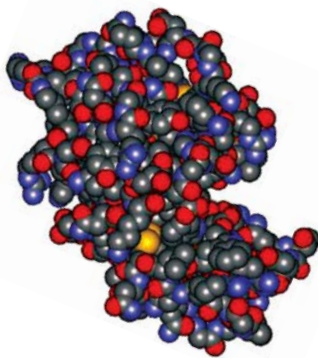
Поняття про органічні речовини. Найбільш різноманітними за хімічною будовою сполуками, з яких складаються організми, є органічні. Вони наявні в атмосфері, поверхневих і підземних водах, осадах, ґрунтах і гірських породах. Основою їх молекул є ланцюги, утворені атомами Карбону, сполученими між собою ковалентними зв'язками. Такі карбонові ланцюги можуть мати різноманітну будову – утворювати довгі лінійні або розгалужені ланцюги, замикатися в цикли (кільця). Окрім Карбону молекули органічних сполук містять атоми Гідрогену та Оксигену, а також часто Нітрогену (рис. 10). Уміст органічних сполук у клітинах становить у середньому 20 – 30 %. Нині людству відомо понад 20 млн різноманітних природних та штучно синтезованих органічних сполук. Органічні речовини характеризуються великою енергоємністю та відносно великою молекулярною масою. Зокрема, молекулярна маса більшості білків становить від 6 000 до 1 000 000, деяких нуклеїнових кислот – сягає кількох мільярдів дальтонів (1 дальтон відповідає $1/_{12}$ атомної маси ізотопу Карбону ^{12}C , тобто $1,67 \cdot 10^{-24}$ г).

Властивості органічних речовин залежать не лише від якісного й кількісного складу, а й від будови молекул.

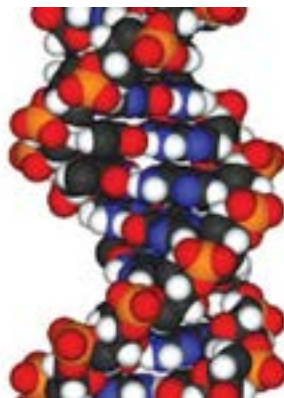
Рис. 10. Приклади молекул органічних речовин (атоми різних хімічних елементів представлено кульками різного кольору, масштаби зображень атомів різних молекул неоднакові)



Глюкоза, 24 атоми



Лізоцим, 2 303 атоми



ДНК (фрагмент), мільярди (10^9) атомів

❓ Пригадайте значення речовин, молекули яких зображено, для організму людини. Молекула якої речовини має найменшу молекулярну масу, а якої – найбільшу?

❗ **Органічними** називають сполуки, утворені атомами Карбону, що сполучені між собою ковалентними зв'язками, та атомами Гідрогену.

За особливостями будови та властивостями виділяють різні групи органічних речовин. Серед них найважливішими для функціонування живих структур є **вуглеводи, ліпіди, білки й нуклеїнові кислоти**.

Біополімери. Важливою властивістю органічних сполук є здатність встановлювати хімічні зв'язки між окремими молекулами. Сполуки, утворені великою кількістю однотипних ланок (простих молекул), з'єднаних між собою в довгі лінійні або розгалужені ланцюги, називаються **полімерами**, або макромолекулами. Молекули, повторенням яких утворюється полімер, – **мономерами**. Полімерними можуть бути штучно синтезовані сполуки, наприклад відомий вам поліетилен. У курсі біології ми будемо розглядати лише полімери, що входять до складу організмів, – біополімери. До них належать усі білки, нуклеїнові кислоти та деякі вуглеводи (рис. 11).

❗ **Біополімери** – високомолекулярні сполуки організмів, молекули яких складаються з мономерів, з'єднаних між собою в довгі лінійні або розгалужені ланцюги.

Мономери можуть бути як абсолютно однаковими, так і різними, але хімічно однорідними. Полімери, утворені повторенням однакових мономерів, називаються гомополімерами. Наприклад, уже відомий вам полімер целюлоза складається лише із залишків глюкози (ідеться не про молекулу мономера, а про залишок, оскільки під час утворення хімічних зв'язків молекули втрачають певні атоми). Гетерополімери – полімери, молекули яких складаються із залишків різних, але хімічно однорідних мономерів. Наприклад, білки складаються із залишків 20 різних амінокислот, що мають подібну будову (рис. 12).

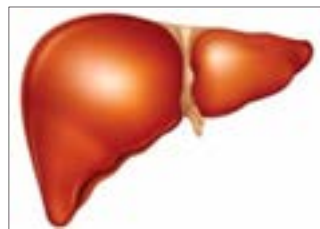
Рис. 11. Приклади біологічних об'єктів, що містять полімери



Клітинна стінка бавовнику містить *целюлозу*



У клітинах бульби картоплі накопичується *крохмаль*



У клітинах печінки людини накопичується *глікоген*

❓ Пригадайте функції зазначених полімерів.

Рис. 12. Складання схем будови гомо- та гетерополімеру



❓ На рисунку мономери двох різних полімерів позначено різними геометричними фігурами. Змодельюйте в зошиті будову гомо- та гетерополімеру, використовуючи запропоновані умовні позначення (вам знадобляться кольорові олівці або папір для аплікацій).

До складу молекул біополімерів можуть входити від кількох десятків залишків мономерів (невеликі білки) до кількох мільйонів (молекули ДНК). Значна довжина полімерних молекул дає змогу утворювати величезну кількість різноманітних й унікальних молекул. Наприклад, кількість різних варіантів поєднання лише 5 амінокислот із 20 можливих становить 3,2 млн. А кількість можливих варіантів структур білків із 100 амінокислот становитиме більш ніж 10^{130} (для порівняння: кількість атомів у Всесвіті оцінюється в 10^{80}). Молекули різної будови можуть виконувати різні функції. Саме тому переважна кількість процесів усередині клітин забезпечується полімерними сполуками – білками. Ще більшу кількість варіантів забезпечує довжина молекул ДНК – вони можуть складатися з мільйонів мономерів. Завдяки цьому молекули ДНК найкраще виконують функцію збереження спадкової інформації, зокрема й щодо структури всіх білків організму.

Проте унікальність та різноманітність будови є важливою не для всіх біополімерів. Деякі з них потрібні для зменшення кількості мономерів у клітині та зручнішого їх збереження. Такі полімери виконують резервну функцію. Інші макромолекули формують довгі нитки, з'єднані численними зв'язками, що надає їм міцності. Ці речовини виконують механічну функцію. Ви вже ознайомлені з деякими з них, спробуйте знайти їх на рис. 11.

Пігменти, вітаміни, антибіотики, алкалоїди. Окрім перелічених найважливіших чотирьох груп органічних сполук у клітинах є й інші, які також виконують важливі функції. Наприклад, у рослин та деяких бактерій наявні фотосинтезуючі **пігменти**, що забезпечують синтез органічних сполук за допомогою світла (рис. 13). Для нормального існування організмів необхідні **вітаміни** – біологічно активні низькомолекулярні органічні

Рис. 13. Забарвлення талому водоростей різними пігментами



Бура водорість – ламінарія



Червона водорість – порфіра

❗ Різне забарвлення талому водоростей зумовлене наявністю хлорофілу та інших специфічних пігментів. Бурі водорості містять ксантофіли, а червоні – фікобіліни, які поглинають сині та фіолетові промені. Пригадайте, яка особливість розповсюдження червоних водоростей із цим пов'язана.

сполуки, що мають різну хімічну природу та надходять з їжею (*пригадайте, які вітаміни потрібні людині для нормальної життєдіяльності*). Вітаміни беруть участь в обміні речовин і перетворенні енергії здебільшого як компоненти ферментів. Наразі відомо близько 20 різних вітамінів і вітаміноподібних сполук, які по-різному впливають на організми. Деякі вітаміни в незначних кількостях синтезуються в організмах людини й тварин або з речовин-попередників – провітамінів (наприклад, вітамін D утворюється в шкірі людини під дією ультрафіолетового випромінювання), або симбіотичними мікроорганізмами (зокрема, у кишечнику людини симбіотичні бактерії синтезують вітаміни К, В₆, В₁₂). Речовини, що синтезуються бактеріями та грибами в природі для захисту від негативного впливу інших видів мікроорганізмів, називаються **антибіотиками**. Їх характерною особливістю є здатність порушувати певні ланки обміну речовин мікроорганізмів або дію деяких їхніх ферментів. Антибіотики використовують у медицині, ветеринарії та рослинництві для боротьби з інфекційними хворобами.

Деякі організми для захисту або полювання утворюють отруйні речовини. З курсу біології тварин вам відомі тварини, «озброєні» отрутою для захисту та нападу (рис. 14). Вони можуть бути небезпечними для людини. Рослини утворюють **алкалоїди** – нітрогеновмісні органічні сполуки, більшість з яких мають властивості слабкої органічної основи. Функції алкалоїдів ще недостатньо вивчено, але вчені вказують на їх роль у захисті рослин від паразитичних грибів, комах і рослиноїдних хребетних тварин.

Спектр будови та функцій органічних сполук у живій природі надто широкий, аби мати змогу розглянути їх усі. Тож більш детально ми вивчатимемо найголовніші з них.

Рис. 14. Отруйні тварини



Гадюка звичайна



Каракурт

 Опишіть стратегію поведінки зображених отруйних тварин.

ПОВТОРІТЬ, ПОМІРКУЙТЕ

1. Дайте означення поняття *органічні речовини*.
2. Що таке біополімери? Перелічіть відомі вам біологічні полімери.
3. Порівняйте гомо- та гетерополімери.
4. Поясніть значення пігментів і вітамінів для життєдіяльності організмів.
5. Які організми продукують антибіотики та алкалоїди? Яке це має пристосувальне значення?

§ 4. Вуглеводи та ліпіди

Згадаємо!

Який вуглевод утворюється внаслідок фотосинтезу?

Які вуглеводи запасуються в клітинах рослин, тварин та грибів?

Якого співвідношення білків, жирів та вуглеводів повинна дотримуватися людина для раціонального харчування? Чому?

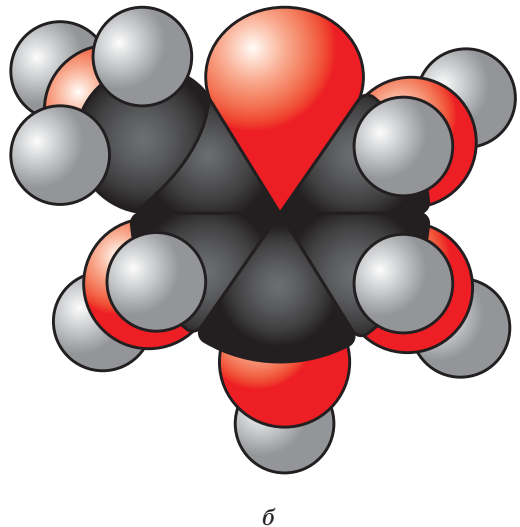
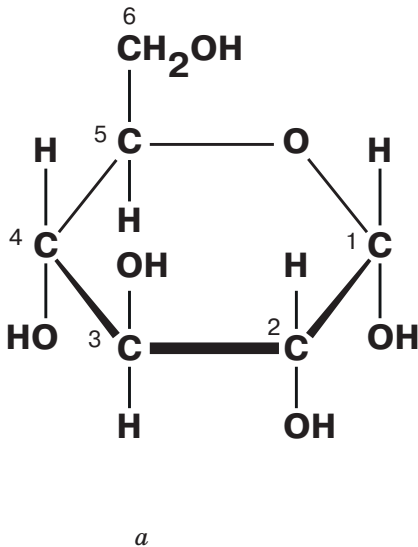
Будова, властивості та біологічна роль вуглеводів. Масова частка вуглеводів у живій природі більша, ніж інших органічних сполук. У клітинах тварин і грибів вуглеводи містяться в незначній кількості (близько 1 % сухої маси, у клітинах печінки та м'язів – до 5 %), натомість у рослинних клітинах їх вміст значно більший (60 – 90 %). Вуглеводи утворюються переважно в результаті фотосинтезу. Гетеротрофні організми отримують вуглеводи з їжі або ж синтезують їх з інших органічних сполук (жирів, амінокислот тощо).

Вуглеводи – це органічні сполуки, у яких співвідношення атомів Карбону, Гідрогену, Оксигену здебільшого відповідає формулі $(\text{CH}_2\text{O})_n$, де $n = 3$ й більше. Проте є вуглеводи, у яких це співвідношення дещо інше, а деякі містять також атоми Нітрогену, Фосфору чи Сульфору.

До вуглеводів належать моносахариди, олігосахариди й полісахариди.

Моносахариди – добре розчинні у воді речовини, мають солодкий смак. Розглянемо будову молекули моносахаридів на прикладі глюкози. Її молекулярна формула $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (рис. 15).

Рис. 15. Будова молекули глюкози: а – структурна формула; б – масштабна модель



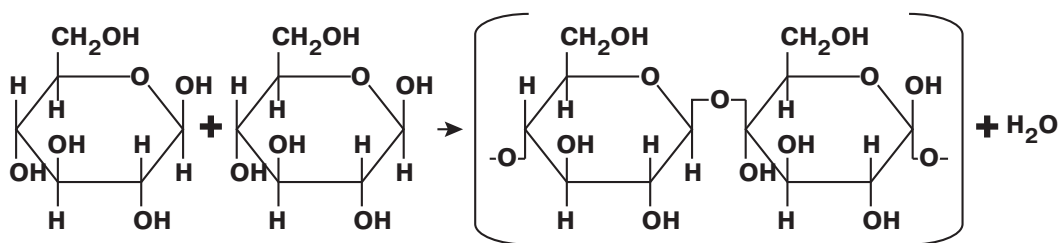
Моносахариди класифікують за кількістю атомів Карбону в їхніх молекулах. Найбільш важливими для живої природи є пентози (сполуки з п'ятьма атомами Карбону) та гексози (сполуки з шістьма атомами Карбону). Поширеними гексозами окрім глюкози є фруктоза та галактоза. З пентоз поширені рибоза та дезоксирибоза, залишки яких входять до складу мономерів нуклеїнових кислот. Моносахариди здатні сполучатися між собою за допомогою -OH- груп. При цьому утворюється хімічний зв'язок між двома залишками моносахаридів через атом Оксигену (-O-) (рис.16).

Олігосахариди та полісахариди складаються із залишків моносахаридів. **Олігосахариди** – полімерні вуглеводи, у яких 2–10 моносахаридних ланок з'єднані ковалентними зв'язками. Наприклад, дисахариди утворені двома залишками моносахаридів. У природі поширені такі дисахариди: звичайний харчовий цукор – сахароза (складається із залишків глюкози й фруктози) та молочний цукор – лактоза (складається із залишків глюкози й галактози).

У результаті взаємодії моносахаридів можуть формуватися ланцюжки в сотні й тисячі залишків – **полісахариди**. Ці сполуки погано розчинні у воді та не мають солодкого смаку. У природі поширені полісахариди, утворені із залишків глюкози: целюлоза, глікоген і крохмаль (*пригадайте, це гомо- чи гетерополимери*). Інший поширений у природі полісахарид – хітин складається з нітрогеновмісних похідних глюкози.

Функції вуглеводів досить різноманітні. **Енергетична** функція зумовлена тим, що внаслідок повного розщеплення 1 г вуглеводів вивільняється 17,6 кДж енергії. Частина цієї енергії забезпечує функціонування організму, а частина виділяється у вигляді теплоти. Найбільша кількість енергії вивільняється внаслідок окиснення вуглеводів киснем, проте розщеплення вуглеводів із виділенням енергії може відбуватися й за його відсутності.

Рис. 16. Схема утворення полісахаридів на прикладі целюлози (зображено фрагмент молекули)



? Залишки яких моносахаридів утворюють целюлозу?

Скільки молекул води виділяється внаслідок утворення ковалентного зв'язку між двома залишками моносахаридів?

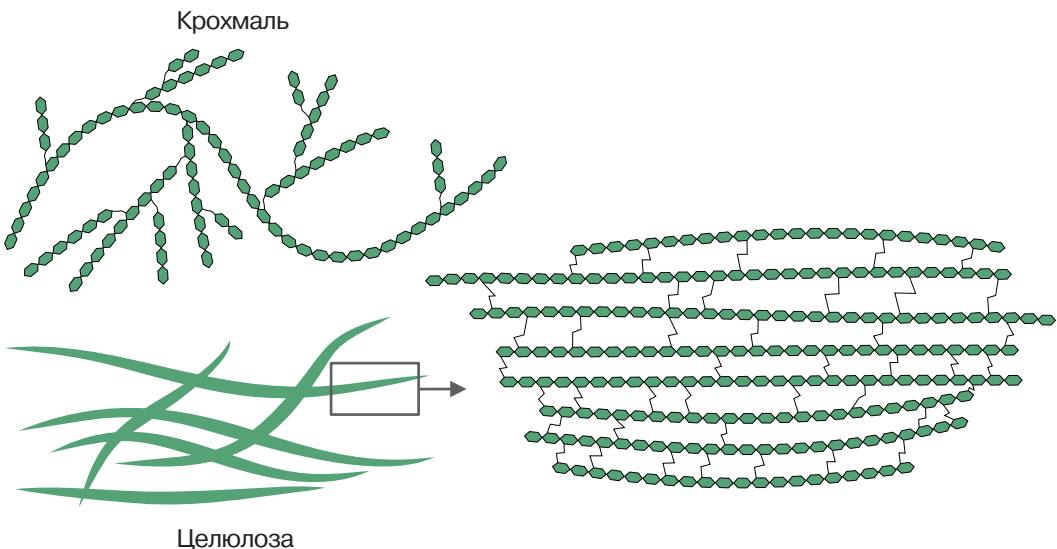
Це важливо для організмів, які існують в умовах нестачі або відсутності кисню (*пригадайте таких тварин*).

Полісахариди можуть накопичуватися в клітинах, тобто виконувати **резервну** функцію. У клітинах тварин і грибів накопичується глікоген, у клітинах рослин – крохмаль. **Будівельна (структурна)** функція вуглеводів полягає в тому, що полісахариди входять до складу певних структур. Так, хітин формує зовнішній скелет членистоногих і міститься в клітинній стінці грибів, а целюлоза – у клітинній стінці рослин. Вуглеводи, пов'язані з білками та ліпідами, розташовуються ззовні плазматичної мембрани тваринної клітини та клітинної стінки бактерій. Особливі сполуки вуглеводів з білками (мукополісахариди) виконують в організмах хребетних тварин і людини функцію мастила – вони входять до складу рідини, що змащує поверхні суглобів.

Ланцюги полісахаридів можуть лінійно розташовуватися в просторі або ж розгалужуватися, що пов'язано з їхніми функціями. Ланцюги полісахаридів, які входять до складу структур клітини або організму, з'єднуються численними зв'язками між собою, що забезпечує міцність та хімічну стійкість цих речовин. Натомість більшість полісахаридів, що є резервними речовинами тваринних і рослинних клітин, мають численні розгалужені ланцюги, унаслідок чого в клітині ці молекули швидко розщеплюються до глюкози в багатьох точках одночасно (рис. 17).

Будова, властивості та біологічна роль ліпідів. До складу кожної клітини організму входять ліпіди. **Ліпіди** – це похідні жирних кислот і багатоатомних спиртів або альдегідів. Жирними кислотами є органічні кислоти з ланцюгом від чотирьох атомів Карбону, зазвичай нерозгалуженим. Деякі ліпіди мають дещо іншу будову, але також погано

Рис. 17. Полісахариди



? Поясніть взаємозв'язок будови та функцій зображених полісахаридів.

розчиняються у воді. Ліпіди гідрофобні, але добре розчиняються в неполярних розчинниках: бензені, хлороформі, ацетоні.

Велику групу ліпідів становлять жири. **Жири** – естери трьохатомного спирту гліцеролу й трьох залишків нерозгалужених жирних кислот. Одна з найважливіших функцій жирів – **енергетична**. У разі повного розщеплення 1 г жирів виділяється 38,9 кДж енергії – удвічі більше ніж за повного розщеплення аналогічної кількості вуглеводів або білків. **Резервна** функція полягає в тому, що жири містяться в цитоплазмі клітин у вигляді включень – у клітинах жирової тканини, насінні соняшнику тощо. Запаси жирів можуть використовуватись організмами як резервні поживні речовини та як **джерело метаболічної води** (при окисненні 1 г жирів утворюється майже 1,1 мл води). Накопичуючись у підшкірній жировій клітковині тварин, жири захищають організм від дії різких змін температури, виконуючи **теплоізоляційну** функцію. Ця функція жирів зумовлена їх низькою теплопровідністю (рис. 18). Запаси жирів в організмі можуть виконувати й захисну функцію. Зокрема вони захищають внутрішні органи від механічних ушкоджень. Подібними до жирів за будовою сполуками є **воски**, шар яких вкриває листки та плоди наземних рослин, поверхню хітинового скелета багатьох членистоногих, запобігаючи надлишковому випаровуванню води з поверхні тіла (рис. 19). Окрему групу ліпідів утворюють **стероїди**. Найважливішим стероїдом організму тварин є холестерин – складова клітинних мембран, а також є попередником для синтезу вітаміну D, гормонів надниркових і статевих залоз. Серед ліпідів є сполуки, що утворені в результаті взаємодії молекул простих ліпідів з іншими речовинами. До них належать ліпопротеїди (сполуки ліпідів і білків), гліколіпіди (ліпідів і вуглеводів), фосfolіпіди (містять залишки ортофосфатної кислоти). Фосfolіпіди є основою біологічних мембран і виконують будівельну функцію.

Рис. 18. Накопичення жирів в організмі тварин



Верблюди



Нерпа

❗ Як розподіляються жирові відкладення в тілах верблюда та нерпи? Поясніть відмінності, виходячи з функцій ліпідів та умов середовища, у яких мешкають тварини.

Рис. 19. Восковий захисний шар



Плоди й листки сливи



Жук-носоріг

❗ Наведіть інші приклади рослин і тварин, воскові утвори яких є пристосуванням до умов середовища.

ПОВТОРІТЬ, ПОМІРКУЙТЕ

1. Дайте означення понять **вуглеводи** й **ліпіди**.
2. Наведіть приклади моносахаридів, олігосахаридів і полісахаридів.
3. Які речовини належать до ліпідів?
4. Поясніть біологічну роль вуглеводів.
5. Обґрунтуйте взаємозв'язок властивостей жирів та їх функцій.