

ТЕМА 2 ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ

План

- 2.1 Особливості хімічного складу живих організмів.
- 2.2 Різноманіття і функції мінеральних речовин живих організмів.
- 2.3 Властивості води та її функції в організмі.
- 2.4 Вуглеводи.
- 2.5 Ліпіди.
- 2.6 Амінокислоти.
- 2.7 Білки.
- 2.8 Ферменти.
- 2.9 Нуклеїнові кислоти.
- 2.10 Вітаміни.
- 2.11 Гормони.
- 2.12 Завдання до практичної роботи

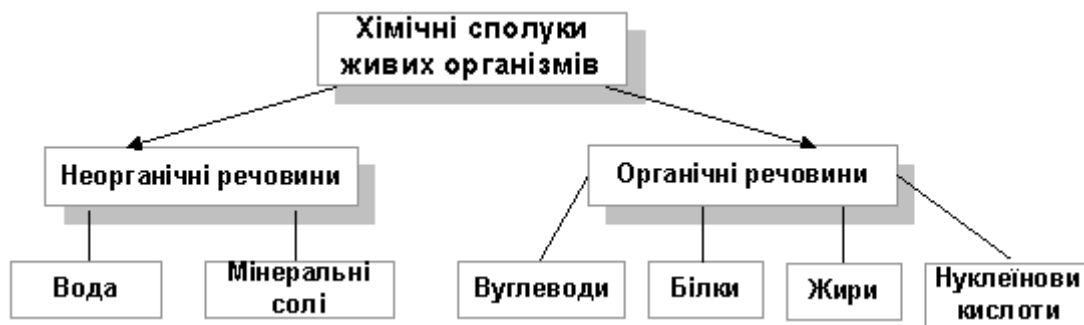


2.1 Особливості хімічного складу живих організмів

Майже всі відомі елементи зустрічаються в живих організмах, але їх співвідношення в живих і неживих об'єктах є різним. Якщо в неживих об'єктах на нашій планеті за кількістю атомів найбільш поширеними є О (63%), Si (21,2%), Al (6,5%), Na (2,4%), Fe (1,9%) і Ca (1,9%), то в живих перші місця за вмістом займають Н (64%), О (25,6%), С (7,5%), N (1,25%), Р (0,24%), S (0,06%). Така відмінність обумовлена певними особливостями елементів, які переважають у живих об'єктах. Це прямо пов'язано з їхніми хімічними й фізичними властивостями. Так, кисень і водень утворюють воду, яка є універсальним розчинником і середовищем, у якому відбуваються біохімічні реакції. Наявність водню вкрай важлива для утворення найважливіших інформаційних молекул – ДНК і РНК. Фосфор бере участь в утворенні макроергічних зв'язків, тобто є найважливішим компонентом систем забезпечення клітин енергією. А сульфур відіграє важливу роль у формуванні просторової будови біологічних молекул.

Якщо ж узяти, наприклад, силіцій, якого надзвичайно багато на нашій планеті, то він, як і карбон, здатен зв'язуватись із чотирма іншими атомами, але, через більший діаметр свого атома, він гірше утворює макромолекулярні ланцюжки.

Хімічні сполуки живих організмів



Вміст хімічних сполук у клітині (у масових %):

Вода 70-80%

Мінеральні солі 1-1,5%

Органічні речовини: Вуглеводи 0,2-2%

Білки 10-20%

Жири 1-5%

Нуклеїнові кислоти 1-2%

АТФ, вітаміни та інші органічні речовини 0,1-0,5%

За вмістом у живих організмах хімічні елементи можна поділити на три групи: **макроелементи, мікроелементи й ультрамікроелементи.**

Хімічні елементи живих організмів

Хімічні елементи у складі живих організмів		
Макроелементи	Мікроелементи	Ультрамікроелементи
Становлять від 10 до 0,001% маси тіла	Становлять від 0,001 до 0,000001% маси тіла	Становлять менше ніж 0,000001% маси тіла
C, H, O, N, P, S, Na, K, Mg, Ca, Cl	Fe, Cu, Zn, Mn, Co, I, Mo, V, Ni, Cr, F, Se, Si, Sn, B, As	U, Ra, Au, Hg, Se

Макроелементи. До цієї групи відносять елементи, маса яких становить від 10 до 0,001% маси тіла. Вони є основною масою речовин живих організмів і беруть участь в утворенні органічних і неорганічних сполук. C, H, O, N, P і S входять переважно до складу органічних сполук. Чотири елементи (C, H, O, N), які за загальною масою та кількістю атомів у органічних сполуках значно перевищують усі інші, називають органогенними. Na, K, Mg, Ca і Cl у живих організмах частіше за все зустрічаються у вигляді іонів.

Мікроелементи. До цієї групи відносять елементи, маса яких становить від 0,001 до 0,000001 % маси тіла. Вони входять до складу

ферментів, гормонів і ряду інших важливих сполук. Наприклад, I входить до складу гормонів щитоподібної залози, а Fe – до складу гемоглобіну. Деякі з них мають велике значення лише для певних систематичних груп організмів. Так, бурі водорості містять багато I, молюски – багато Cu, який входить до складу їх дихальних пігментів, а хвощі – багато Si та Cr, які виконують захисні функції.

Ультрамикроелементи. До цієї групи відносять елементи, маса яких становить менше ніж 0,000001 % маси тіла. Їх біологічна роль мало досліджена. Скоріше за все, вони потрапляють до організму випадково у вигляді домішок у складі необхідних речовин. Проте в ряді випадків було відмічено їхній вплив на організм. Наприклад, препарати, які містили дуже низькі концентрації Au, виявили суттєвий профілактичний ефект щодо атеросклерозу.

Проблеми, пов'язані з порушенням вмісту елементів. Порушення вмісту хімічних елементів у живих організмах досить часто призводить до негативних для них наслідків. Причиною негативних наслідків може бути як нестача, так і надлишок елемента. Так, нестача I у людини призводить до порушення роботи щитоподібної залози, а надлишок важких металів (Hg, Pb, Cu, As тощо) викликає важкі отруєння та порушує роботу печінки та нирок. Нестача Fe у людини викликає анемію, нестача P підвищує ламкість кісток, а його надлишок викликає ураження нервової системи.

Дефіцит N у рослин пригнічує їхній ріст, викликає пожовтіння й опадання листя та зменшує врожайність. Дефіцит P також викликає пригнічення росту і зміну забарвлення листків. Різноманітні порушення розвитку рослин і забарвлення їх окремих частин викликає й дефіцит таких елементів, як Fe, Mo, Ca, Mg тощо. Надлишок Mn викликає у рослин пожовтіння листків, а надлишок бору призводить до відмирання країв листків.

2.2 Різноманіття і функції мінеральних речовин живих організмів

Мінеральна речовина	Значення для живих організмів
Mg	При нестачі магнію припиняється ріст і розвиток рослин. У тварин магній є будівельним матеріалом для кісткової тканини (приблизно 70% усього магнію). Крім цього він бере участь у багатьох процесах клітинного метаболізму
Na	Натрій є основним позаклітинним катіоном. Він бере участь у підтриманні кислотно-лужної рівноваги та входить до складу бікарбонатної, фосфатної буферних систем. Обмін натрію є основою водно-сольового обміну організму. Натрій забезпечує постійність осмотичного тиску в організмі. За участі його іонів передається збудження по нервовому волокну; від них залежить нервово-м'язова активність. Разом з калієм натрій відіграє основну роль у скоротливій функції

	міокарду
Са	Кальцій є основним структурним елементом кісткових тканин, впливає на проникність клітинних мембран, бере участь у роботі багатьох ферментних систем, передачі нервових імпульсів, м'язовому скороченні, відіграє важливу роль у всіх стадіях зсідання крові
К	Калій є у складі тканин рослинних і тваринних організмів. Однією з найважливіших функцій калію є підтримка потенціалу клітинної мембрани. Конкурентність між іонами калію й натрію обумовлює участь калію в регуляції кислотно-лужної рівноваги в організмі
СІ	Хлор у формі хлорид-аніону бере участь у регуляції тургору в деяких рослинах. Переміщаючись разом з калієм, він підтримує в клітинах електронейтральність
І	Йод бере участь у метаболізмі щитоподібної залози та гормонів, які вона виробляє. Нестача йоду призводить до виникнення характерних симптомів: слабкості, пожовтіння шкіри, відчуття холоду й сухості. Лікування тиреоїдними гормонами або йодом усуває ці симптоми. Нестача тиреоїдних гормонів може призвести до збільшення щитоподібної залози. Надлишок гормонів щитоподібної залози призводить до виснаження, нервозності, тремору, втрати ваги та підвищеної пітливості
Хлоридна кислота	Виробляється у шлунку хребетних тварин. Відіграє важливу роль у процесах травлення

У живих організмах мінеральні речовини зустрічаються у вигляді іонів або нерозчинних солей (катіони K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , аніони Cl^- , HCO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-} та інші). Нерозчинними сполуками в живих організмах є $Ca_2(PO_4)_2$ і $CaCO_3$. Ряд живих організмів здатен виробляти неорганічні кислоти, наприклад, хлоридну й сульфатну.

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 цілих організмів відіграють кислоти, луки та солі.



2.3 Властивості води та її функції в організмі

Води в живих організмах міститься дуже багато. У більшості випадків вона становить більш ніж половини маси живого організму, а інколи її частка в організмі сягає 95-99%. Усе це обумовлено надзвичайно великою роллю

води для життєдіяльності живих організмів. Своїми особливими властивостями вода завдячує своїй будові.

Молекула води складається із двох атомів гідрогену і одного атома кисню. Ці атоми утворюють полярні полюси молекули (позитивний полюс – атоми гідрогену, а негативний полюс – атом кисню). Існування полюсів робить можливим утворення водневих зв'язків, які дозволяють молекулам води утворювати між собою та з іншими речовинами різноманітні комплекси. Подібні комплекси молекул суттєво підвищують температури кипіння і танення води (у порівнянні зі схожими молекулами) та збільшують її теплоємність. Вони також роблять воду дуже гарним розчинником і сприятливим середовищем для перебігу цілого ряду реакцій.

Найважливішими для живих організмів властивостями води можна назвати такі:

1. Вода є чудовим розчинником для полярних і неполярних речовин, які мають заряджені ділянки.

2. Вода здатна утворювати агрегатні групи молекул між своїми молекулами та з молекулами інших речовин. Це значно посилює силу поверхневого натягу, що дозволяє воді підійматися по капілярах ґрунту й судинах рослин.

3. Через наявність між молекулами води водневих зв'язків її випаровування потребує великої кількості енергії, а в разі її замерзання виділяється тепло. Тому наявність на нашій планеті води у трьох агрегатних станах значно пом'якшує її клімат. Крім того, багато організмів використовує випаровування води за умов високих температур для охолодження свого організму.

4. Найбільшої густини вода досягає за 4°C. Лід має меншу густину, ніж вода. Тому взимку він розміщується на поверхні водойм і захищає організми, які в них живуть, від переохолодження. Молекули органічних або неорганічних речовин, які є полярними або мають заряджені ділянки, легко взаємодіють з молекулами води та, відповідно, легко в ній розчиняються. Такі речовини називають **гідрофільними**. Якщо ж молекули органічних або неорганічних речовин не є полярними та не мають заряджених ділянок, то вони мало взаємодіють з молекулами води та, відповідно, у ній не розчиняються. Такі речовини називають **гідрофобними**.

Через те що вода в рідкому стані все ж таки не має жорсткої внутрішньої структури, тепловий рух молекул призводить до постійного перемішування молекул водного розчину. Це явище називають дифузією. Внаслідок дифузії концентрації розчинених речовин у різних частинах розчину вирівнюються.

Наявність у живих організмах біологічних мембран призводить до появи явища **осмосу**. Внаслідок того, що біологічні мембрани є напівпроникні, через них не можуть проходити великі органічні молекули, але можуть проходити молекули води. У випадку, коли концентрація великих молекул по різні боки мембрани є різною, молекули води починають інтенсивно переміщуватися на той бік, де концентрація розчинених речовин є

вищою. Внаслідок цього й виникає надлишок речовин по один бік мембрани, що можна спостерігати у вигляді осмотичного тиску.

Осмотичний тиск є дуже важливим для живих організмів. Завдяки йому виникає тургор (пружність рослинних тканин) та відбувається клітинний транспорт.

Вміст 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 витрачанням води живою системою.

Вода визначає фізичні властивості клітин – їхній об'єм і внутрішньоклітинний тиск (тургор).


Вода – універсальний розчинник. Речовини, які 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 користуючись питною водою певних стандартів якості. Перед споживанням вода має бути очищена. Методи очищення стічних вод поділяють на механічні, фізико-хімічні та біологічні.

 **Основні органічні речовини** живих організмів можна розділити на такі великі групи, як **ліпіди, білки, вуглеводи й нуклеїнові кислоти**. Усі ці речовини зазвичай представлені дуже великими молекулами, до складу яких входять тисячі, десятки тисяч або навіть мільйони атомів. Але всіх їх ми можемо назвати **біополімерами**, бо складаються ці величезні молекули з невеликих компонентів, які зібрані у складі єдиної структури.

Так, молекули нуклеїнових кислот складаються з окремих нуклеотидів, молекули білків – з амінокислот, а молекули оліго- та полісахаридів – з моносахаридів. Більшість ліпідів утворюються з гліцерину й жирних кислот, але їх буде розглянуто окремо. Крім утворення макромолекул малі біологічні молекули виконують і різноманітні спеціальні функції.

 **2.4 Вуглеводи** – це сполуки, у яких співвідношення С:Н:О здебільшого відповідають формулі $(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O})_n$, де n дорівнює трьом і більше. Проте є вуглеводи, в яких співвідношення зазначених елементів дещо інше, а деякі містять також атоми Нітрогену, Фосфору чи Сульфуру. У клітинах тварин і грибів вуглеводи містяться у незначній кількості (близько 1% сухої маси, у клітинах печінки та м'язів – до 5%), а в рослинних клітинах їхній вміст значно більший (до 60-90 %). Залежно від кількості мономерів, що

входять до складу молекул, вуглеводи поділяють на **моносахариди, олігосахариди та полісахариди.**

Моносахариди, або прості цукри, є органічними сполуками із загальною формулою $(\text{CH}_2\text{O})_n$. У моносахаридів n може приймати значення від трьох до семи. Усі вони мають у своєму складі гідроксильні групи, тому добре розчиняються у воді. За кількістю атомів Карбону в молекулі моносахариди поділяють на п'ять груп – тріози, тетрози, пентози, гексози й гептози (рис.2.1).

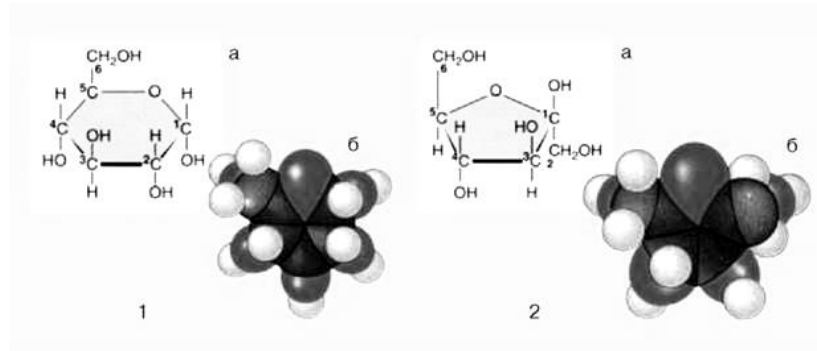


Рис. 2.1 Моносахариди глюкоза (1) і фруктоза (2): а – хімічна формула; б – просторова модель

Основні функції моносахаридів

Моносахариди	Функції
Тріози ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$)	Відіграють важливу роль проміжних продуктів у процесах дихання і фотосинтезу
Тетрози ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$)	У живих організмах зустрічаються рідко, переважно в деяких прокариотів
Пентози ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$)	Входять до складу нуклеїнових кислот, беруть участь у синтезі деяких коферментів, полісахаридів і макроергічних сполук (АМФ, АТФ тощо), у процесі фотосинтезу
Гексози ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)	Є джерелами енергії, яка вивільняється під час реакцій окиснення в процесі дихання, входять до складу оліго- та полісахаридів
Гептози ($\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_7$)	У рослин з родини Товстянкові відіграють важливу роль як один із проміжних продуктів фотосинтезу

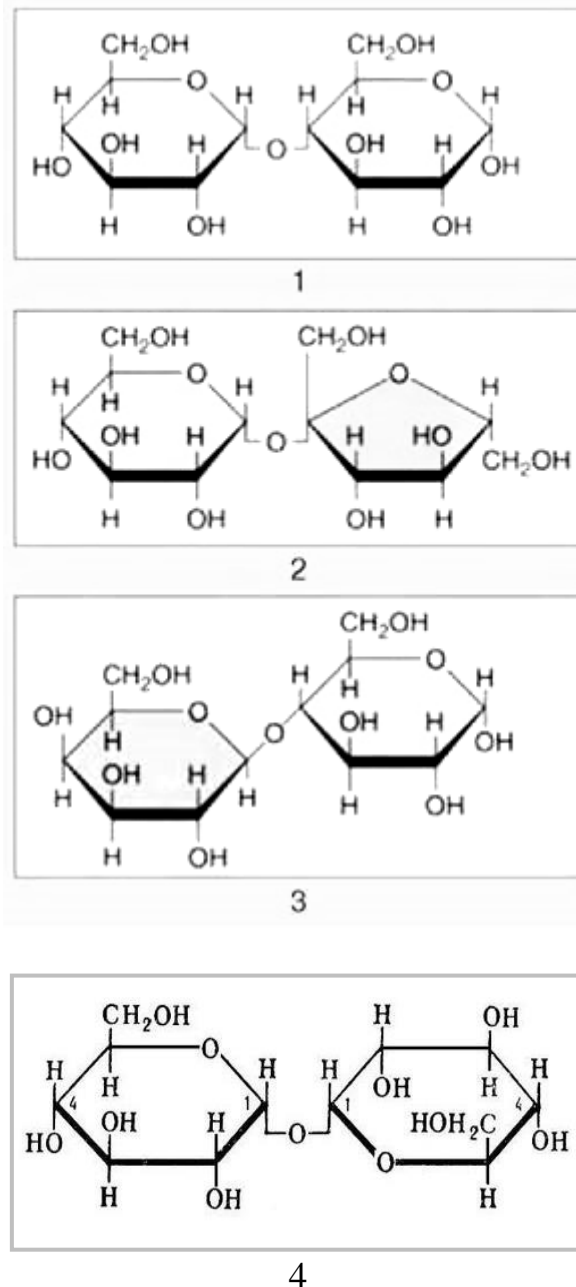


Рис.2.2 Дисахариди: 1 – мальтоза; 2 – сахароза; 3 – лактоза; 4 – трегалоза

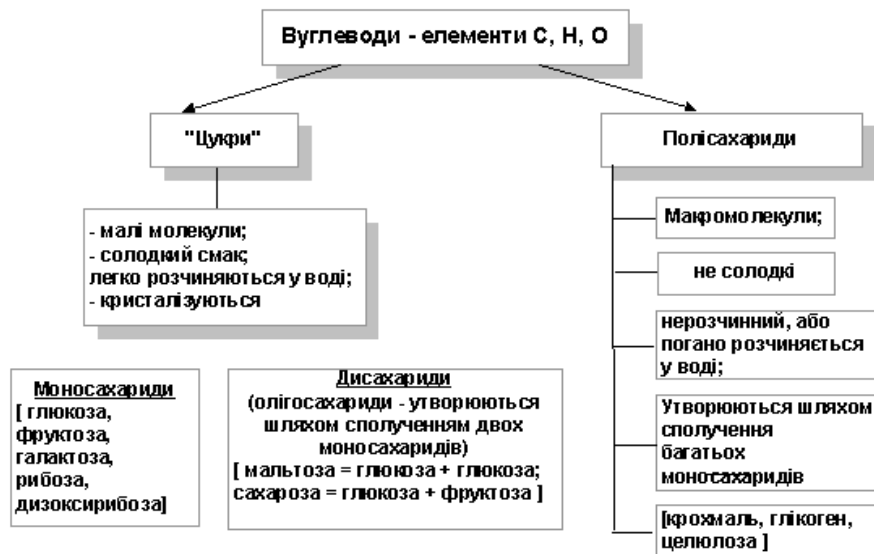
Олігосахариди – полімерні вуглеводи, в яких 2-10 моносахаридні ланки з'єднані ковалентними (глікозидними) зв'язками. Зокрема, дисахариди утворені сполученням залишків двох молекул моносахаридів (рис.2.2).

Приклади дисахаридів:

- мальтоза (солодовий цукор) – складається з двох залишків глюкози;
- сахароза (буряковий або тростинний цукор) – складається із залишків глюкози і фруктози;
- лактоза (молочний цукор) – складається з глюкози та галактози; (рис.2.2)
- трегалоза (грибний цукор) – складається з двох залишків глюкози. Вони мають солодкий смак і добре розчиняються у воді.

Полісахариди. Поділ на олігосахариди та полісахариди є кількісним.

Обидві групи вуглеводів утворюються шляхом об'єднання молекул моносахаридів у полімерні структури. Якщо кількість молекул моносахаридів у полімері є невеликою, то його відносять до олігосахаридів. Якщо ж кількість молекул моносахаридів у складі полімеру досягає сотень і тисяч, то його називають полісахаридом. Частіше за все в живих організмах зустрічаються дисахариди (складаються із двох молекул моносахаридів), трисахариди (складаються із трьох молекул моносахаридів) і полісахариди (складаються з кількох тисяч молекул моносахаридів).



Особливості будови й функції оліго- і полісахаридів

Назва речовини	Особливості будови	Функції
Сахароза	Дисахарид, який складається із залишків двох молекул – глюкози і фруктози	Дуже поширена речовина, що широко використовується рослинами як транспортна форма вуглеводів
Лактоза	Дисахарид, який складається із залишків двох молекул – глюкози й галактози	У великій кількості міститься в молоці ссавців, може входити до складу гліколіпідів
Мальтоза	Дисахарид, який складається із залишків двох молекул глюкози	Основний структурний елемент ряду полісахаридів (наприклад, крохмалю і глікогену). У великій кількості міститься у пророслих насінинах злаків

Інулін	Полісахарид, який складається із залишків фруктози	Полісахарид рослин, який відкладається у підземних органах представників родини Айстрові та деяких інших родин
Крохмаль	Полісахарид, який складається із залишків глюкози	Основний резервний вуглевод більшості рослин
Глікоген	Полісахарид, який складається із залишків глюкози. Має сильно розгалужені молекули	Основний резервний вуглевод більшості тварин і грибів
Целюлоза	Полісахарид, який складається із залишків глюкози	Основний структурний полісахарид клітинної стінки рослин і покривних структур деяких тварин (наприклад, асцидій)

Крім того, здатність моносахаридів утворювати як лінійні, так і розгалужені молекули призводить до того, що один моносахарид може утворити кілька різних полісахаридів, і ці полісахариди можуть досить сильно відрізнятись за своїми властивостями.